



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

“2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria”

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

**“DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA
PARA LA GENERACIÓN DE SOFTWARE EDUCATIVO
USANDO EL APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS”.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
**DOCTOR EN CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA**

PRESENTA:

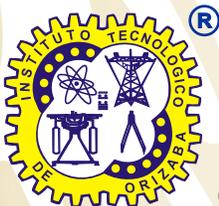
M.S.C. Humberto Marín Vega

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Giner Alor Hernández

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Ramón Zaratain Cabada



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

MARZO 2020



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

FECHA: 05/03/2020
DEPENDENCIA: POSGRADO
ASUNTO: Autorización de Impresión
OPCIÓN: I

C. HUMBERTO MARIN VEGA
CANDIDATO A GRADO DE DOCTOR EN:
CIENCIAS DE LA INGENIERIA

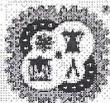
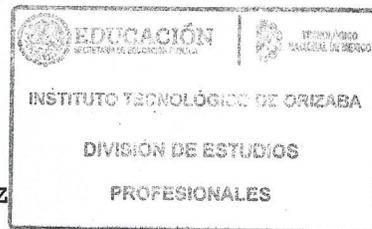
De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA LA GENERACION DE SOFTWARE EDUCATIVO USANDO EL APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS".

Comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

A T E N T A M E N T E


MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRIGUEZ
JEFE DE LA DIV. DE ESTUDIOS DE POSGRADO



Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México

Tel. 01 (272) 7 24 40 96, Fax. 01 (272) 7 25 17 28 e-mail: orizaba@itorizaba.edu.mx

www.orizaba.tecnm.mx





EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

FECHA : 30/01/2020

ASUNTO: Revisión de Trabajo Escrito

C. MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRIGUEZ

JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACION.

P R E S E N T E

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C. :

HUMBERTO MARIN VEGA

la cual lleva el título de:

"DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA LA GENERACION DE SOFTWARE EDUCATIVO USANDO EL APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS".

Y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E

PRESIDENTE : DR. GINER ALOR HERNANDEZ

SECRETARIO : DR. GUILLERMO CORTES ROBLES

PRIMER VOCAL : DR. ULISES JUAREZ MARTINEZ

SEGUNDO VOCAL : DR. CUAUHTEMOC SANCHEZ RAMIREZ

TERCER VOCAL : DR. GALO RAFAEL URREA GARCIA

VOCAL SUP. : DRA. MARIA LUCIA BARRON ESTRADA

[Handwritten Signature]
FIRMA

EGRESADO(A) DEL DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA

OPCION: I Tesis



Agradecimientos

A Dios por la oportunidad de vivir y se mejor día a día.

A mis padres Bentura Marín Aguilar y Paula Evelia Vega Nieto por apoyarme en todo, por ser un gran ejemplo a seguir y por todos sus sacrificios, quienes nunca les podre pagar todo lo que me han dado, por sus grandes enseñanzas de vida ; Mil gracias, los amo!

A mis hermanas por esta siempre a mi lado apoyándome, cuidándome y brindándome su apoyo.

Al Dr. Giner Alor Hernández por compartir su conocimiento, apoyo y consejos en el desarrollo de la tesis, por siempre guiar de la mejor manera este proyecto de investigación, y aunque no fui su mejor alumno mil gracias por todo lo aprendido a lo largo de estos años trabajando con usted.

A los miembros de mi jurado por sus consejos, observaciones y sugerencias para enriquecer mi trabajo de tesis.

A todos mis maestros por compartir sus conocimientos para enriquecer mi aprendizaje.

A mis amigos y familiares por todos aquellos momentos que pasamos juntos.

A mis santos y a mis muertos por estar siempre conmigo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por el apoyo económico otorgado.

Índice

Resumen	viii
Abstract	ix
Introducción	x
Capítulo 1. Antecedentes	1
1.1 Marco teórico	1
1.1.1 Proceso de enseñanza-aprendizaje	1
1.1.2 Aprendizaje basado en el juego	2
1.1.3 Gamificación	4
1.1.4 Juegos serios	6
1.1.5 Atributos de aprendizaje	8
1.1.6 Actividades de aprendizaje	8
1.1.7 Categorías de juegos	10
1.1.8 Motor de videojuegos (<i>Games engines</i>)	11
1.1.8.1 Marcos de trabajo basados en HTML5 (<i>HTML5-based frameworks</i>) para el desarrollo de juegos educativos y juegos serios	12
1.1.8.2 Marcos de trabajo propietarios (<i>Proprietary game engines</i>) para el desarrollo de juegos educativos y juegos serios	13
1.1.9 Cómputo en la nube (<i>Cloud Computing</i>)	14
1.1.10 Realidad Aumentada	16
1.2 Planteamiento del problema	19
1.3 Objetivos	22
1.3.1 Objetivo general	23
1.3.2 Objetivos específicos	23
1.4 Hipótesis	23
1.5 Justificación	24
1.6 Contribución al conocimiento	25
Capítulo 2. Estado del arte	26
2.1 Uso de técnicas de gamificación y juegos serios en aplicaciones educativas	26
2.2 Plataformas de generación de juegos educativos y juegos serios	30

2.3 Metodología y modelos para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.	34
2.4 Herramientas y arquitecturas para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.	37
Capítulo 3. Aplicación de la metodología.....	42
3.1 Metodología de investigación.....	42
3.2 Etapa de análisis.....	43
3.2.1 Revisión sistemática de técnicas de gamificación en aplicaciones educativas.	43
3.2.2 Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.	46
3.2.3 Análisis de motores de videojuegos propietarios (Proprietary game engines) para el desarrollo de juegos serios.	49
3.2.4 Requerimientos funcionales de la plataforma Web para la generación de software educativo	52
3.3 Etapa de diseño	54
3.3.1 Identificación de categorías de juegos y atributos de juegos.	54
3.3.2 Maquetación del prototipo de la herramienta a desarrollar.	55
3.3.3 Identificación del espacio de trabajo de los juegos serios.....	63
3.3.4 Proceso de incorporación de gamificación a juegos serios con realidad aumentada	65
3.3.5 Proceso de generación de juegos educativos con realidad aumentada	67
3.3.6 Arquitectura de generación de juegos serios con realidad aumentada.	73
3.3.7 Juegos serios con características de realidad aumentada a generar ...	80
3.3.8 Estructura del proyecto generado.....	82
3.4 Etapa de desarrollo	85
3.4.1 Prototipo del desarrollo de Zeus AR: una herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada.	85
Capítulo 4. Resultados	93
4.1 Primer caso de estudio: Generar juegos educativos basados en reglas para un entorno Web en la plataforma Zeus.	93
4.2 Evaluación de la herramienta Zeus.....	94
4.2.1 Estudio de usuario	96

4.2.2	Diseño y planificación de estudios de caso	96
4.2.3	Procedimiento de recopilación de datos.....	98
4.2.4	Análisis de datos y validación	98
4.2.5	Resultados	99
4.3	Segundo caso de estudio: generar un juego educativo serio con características de realidad aumentada para un entorno Web	102
4.4	Evaluación Zeus AR.....	111
4.4.1	Estudio de usuario	113
4.4.2	Resultados y discusión	117
4.4.2.1	Resultados	117
4.4.2.2	Discusión	121
Capítulo 5. Conclusiones	123
Productos académicos	126
Referencias	128

Índice de figuras

Figura 1.1 Tipos de juegos y características.....	5
Figura 1.2 Características de los juegos serios.....	7
Figura 1.3 Proceso del funcionamiento de un sistema de realidad aumentada....	16
Figura 3.1 Metodología de investigación.....	43
Figura 3.2 Tipos de actividades de aprendizaje encontradas en los artículos seleccionados.....	44
Figura 3.3 Categorías de juegos encontradas en los artículos seleccionados.	45
Figura 3.4 Diagrama de casos de uso de los requerimientos funcionales de la herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada.	54
Figura 3.5 Diseño de la interfaz de selección del game engine.....	57
Figura 3.6 Diseño de la interfaz de selección de la categoría.....	57
Figura 3.7 Diseño de la interfaz de selección de la actividad de aprendizaje.....	58
Figura 3.8 Diseño de la interfaz de selección del proyecto base.	58
Figura 3.9 Diseño de la interfaz de configuración de los atributos del juego.	59
Figura 3.10 Diseño de la interfaz de vista previa del juego.....	59
Figura 3.11 Diseño de la interfaz de selección de las acciones aplicables de realidad aumentada.....	60
Figura 3.12 Diseño de la interfaz de agregar contenido de realidad aumentada..	60
Figura 3.13 Diseño de la interfaz de selección de la biblioteca de realidad aumentada.	61
Figura 3.14 Diseño de la interfaz de agregar información de la aplicación (Configuración).....	61
Figura 3.15 Diseño de la interfaz de selección de la plataforma a generar	62
Figura 3.16 Diseño de la interfaz de selección de la plataforma móvil a generar. 62	
Figura 3.17 Diseño de la interfaz de descarga.....	63
Figura 3.18 Proceso de incorporación de técnicas de gamificación a juegos serios con realidad aumentada.....	66
Figura 3.19 Etapa de análisis del proceso de integración de realidad aumentada a video juegos.	68

Figura 3.20 Etapa de configuración del proceso de integración de realidad aumentada a video juegos.	70
Figura 3.21 Etapa de generación del proceso de integración de realidad aumentada a video juegos.	72
Figura 3.22 Arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada.	74
Figura 3.23 Flujo de trabajo dentro de la Arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada.....	80
Figura 3.24 A) Estructura del proyecto de la aplicación móvil.....	83
Figura 3.25 Representación gráfica del esquema XML.	84
Figura 3.26 Selección del game engine.	86
Figura 3.27 Selección de la categoría del juego.	86
Figura 3.28 Selección de la actividad de aprendizaje.	87
Figura 3.29 Selección del proyecto base del juego educativo.	87
Figura 3.30 Configuración de los atributos del juego.	88
Figura 3.31 Vista previa del juego.	88
Figura 3.32 Selección de las acciones aplicables.	89
Figura 3.33 Selección del contenido aumentado.	90
Figura 3.34 Selección de la biblioteca de realidad aumentada.	90
Figura 3.35 Agregar información de la aplicación (Configuración).....	91
Figura 3.36 Selección de la plataforma a generar.....	92
Figura 3.37 Descarga	92
Figura 4.1 Representación gráfica del medidor de satisfacción (Smileyometer).	100
Figura 4.2 Representación gráfica de los resultados de la tabla de repetición (Again – Again table).....	101
Figura 4.3 Configuración de los atributos del juego.	105
Figura 4.4 Selección de las acciones aplicables.	105
Figura 4.5 Selección del contenido aumentado.	106
Figura 4.6 Selección de la biblioteca de realidad aumentada.	107
Figura 4.7 A) Inicio del memorama.	108

Figura 4.8 Archivo de configuración XML en las secciones de (1) Información de la aplicación y (2) información del autor.....	109
Figura 4.9 Archivo de configuración XML en las secciones de (3) descripción del juego y sus atributos, (4) descripción de las acciones aplicables y (5) información para la compilación de realidad aumentada.....	111
Figura 4.10 Archivo de configuración XML en la sección (6) Información de construcción.	111
Figura 4.11 Representación gráfica de Respuestas obtenidas de la evaluación de usabilidad.	119
Figura 4.12 Grafica representativa de las respuestas SUS sobre facilidad de uso	120
Figura 4.13 Grafica representativa de las respuestas SUS sobre facilidad de integración de contenido aumentado	120
Figura 4.14 Resultados del análisis de rendimiento.....	121

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de aprendizaje y sus actividades de aprendizaje.....	9
Tabla 2. Categorías de juegos y los atributos de cada categoría.....	10
Tabla 3. Uso de técnicas de gamificación en aplicaciones educativas.	29
Tabla 4. Plataformas de generación de juegos educativos y juegos serios.	33
Tabla 5. Metodología y modelos para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.	36
Tabla 6. Herramientas y arquitecturas para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.....	40
Tabla 7. Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.	46
Tabla 8. Análisis de motores de videojuegos propietarios (Proprietary game engines) para el desarrollo de juegos serios.....	50
Tabla 9. Requerimientos funcionales.....	53
Tabla 10. Diseño del espacio de trabajo por la categoría de juego.....	64
Tabla 11. Identificación de actividades de juegos serios con realidad aumentada.	82
Tabla 12. Resultados del medidor de satisfacción (Smileyometer).....	99
Tabla 13. Resultados obtenidos en el clasificador de diversión (Fun Sorter).....	100
Tabla 14. Resultados de la tabla de repetición (Again-Again table).....	101
Tabla 15. Especificaciones del juego serio con realidad aumentada de la evaluación de usabilidad.	116
Tabla 16. Respuestas obtenidas de la evaluación de usabilidad.	118

Resumen

El aprendizaje basado en el juego como su nombre lo dice hace uso de juegos digitales empleándolos en el área de educación con el fin de contribuir al proceso enseñanza-aprendizaje de forma significativa. En lo que respecta al desarrollo de software educativo que implemente el aprendizaje basado en el juego según la literatura citada se carecen de procesos de desarrollo formales que consideren aspectos de gamificación, más aun si se requieren incorporar tecnologías como realidad aumentada.

El objetivo del presente trabajo de investigación consistió en el desarrollo de una plataforma tecnológica para la generación de software educativo usando el aprendizaje basado en juegos mediante una arquitectura basada en cómputo en la nube, desarrollo multi-dispositivo y características de realidad aumentada que facilite la generación de juegos educativos con realidad aumentada con un objetivo de aprendizaje específico con base en actividades de aprendizaje. La contribución de este trabajo de investigación es un proceso de desarrollo de software para la generación de software educativo. Para la implementación del proceso propuesto se presenta el diseño de una arquitectura para el desarrollo herramientas generadoras de juegos serios con realidad aumentada. Con la implementación del proceso propuesto a partir de la arquitectura diseñada se provee a los usuarios un método formal y automatizado para desarrollar juegos serios con realidad aumentada; independientemente de la tecnología de desarrollo o lenguaje de programación a implementar.

La plataforma tecnológica para la generación de software educativo usando el aprendizaje basado en juegos con características de realidad aumentada llamada Zeus AR implementó el proceso de desarrollo de software y la arquitectura de cómputo en la nube propuestos en este trabajo de investigación; para validación de la plataforma Zeus AR se realizaron dos casos de estudio. El primer caso de estudio fue el desarrollo de juegos educativos basados en reglas aplicados en el área de aritmética, el caso de estudio se validó por medio del instrumento de evaluación The Fun Toolkit. El segundo caso de estudio fue el desarrollo de juegos serios basados en reglas con características de realidad aumentada aplicados en el área de geometría; la validación del segundo caso de estudio se realizó mediante una evaluación de características de software en escala de SUS y un análisis de rendimiento de los juegos generados. El resultado obtenido en ambos casos de estudio fue un nivel de aceptación favorable entre la población muestra; además de que se comprobó que tuvo un impacto favorable en el proceso de enseñanza aprendizaje y se comprobó por medio del análisis de rendimiento que la plataforma Zeus AR genera juegos serios con realidad aumentada de una manera fácil y rápida.

Abstract

As its name suggests, game-based learning (GBL) makes use of games for learning purposes. The goal of GBL is to contribute to a significant teaching-learning process. In the literature, there is no evidence that current initiatives for GBL-based educational software development rely on formal gamification techniques, especially when emergent technologies, such as augmented reality (AR), are to be incorporated.

The goal of this research is to develop a GBL-based software development platform using a cloud-computing architecture. The platform can generate multi-device educational game apps with AR characteristics. Each game app responds to a specific learning outcome, which is reached through learning activities. As its main contribution, this work develops a GBL-based software development process. To implement this process, we design an AR serious game development architecture. Our serious game app development process, along with the architecture, is a formal and automatic method for users to develop AR serious game apps. Similarly, both the process and the architecture can be implemented regardless of the development techniques or programming languages used by developers.

Our serious game app development process and the corresponding game app development architecture are called Zeus AR. To validate Zeus AR, we conducted two case studies. In the first one, users were asked to develop rule-based serious game apps to learn arithmetic, and the case study was assessed using the fun toolkit. The second case study involved users developing AR rule-based serious game apps, also to learn arithmetic. To validate the second case study, we assessed the characteristics of the AR game apps, using the System Usability Scale (SUS), as well as their performance. In both case studies, the results showed a high level of user acceptance. Similarly, it was proved that Zeus AR has a positive impact on the teaching-learning process. Finally, in terms of performance, our results demonstrated that Zeus AR can generate AR serious game apps easily and rapidly.

Introducción

La necesidad de mejora en la educación es indispensable, el desarrollo de nuevas herramientas y metodologías que favorezcan el proceso de enseñanza - aprendizaje y sobre todo que enriquezcan la calidad de la educación. Sin embargo, para que estas herramientas cumplan satisfactoriamente su objetivo es necesario tener en consideración que los avances tecnológicos tienen influencia en los procesos educativos de las últimas décadas; por lo que es necesario incorporar diversas tecnologías para el desarrollo de estas nuevas herramientas. Por otra parte, los estudiantes también cambiaron su forma de interactuar, entretenerse y aprender; es por ello que actualmente los alumnos exigen ser protagonistas de su propio aprendizaje, por lo que requieren contenidos interactivos atractivos y que sean accesibles a través de los dispositivos que más utilizan.

En la educación el aprendizaje basado en el juego es un factor motivador, la implementación de juegos en el proceso de enseñanza aprendizaje suele ser atractivo; debido al conjunto de reglas, dinámicas, sistemas de recompensas y entornos que permiten adquirir conocimiento con base a experiencias de aprendizaje lúdicas (Prensky, *Computer games and learning: Digital game-based learning.*, 2005).

Por su parte la gamificación es el concepto de la aplicación de la mecánica de juego y técnicas de diseño de juegos para involucrar y motivar a las personas a lograr sus metas (Gartner, 2014). La plataforma desarrollada genera juegos serios educativos implementando técnicas de gamificación, con el objetivo de que el usuario desarrolle experiencias agradables con el propósito del aprendizaje. El uso de juegos serios (*Serious Games*, SG) es comúnmente motivada por la necesidad de educar, formar o informar sobre un tema determinado. Los juegos serios incluyen experiencias de juego de roles y proceso social, simulaciones inmersivas para explorar el desarrollo interpersonal, el pensamiento adaptativo, la diplomacia, logística, y el liderazgo.

La realidad aumentada por su parte es una evolución de la realidad virtual, la realidad aumentada permite la percepción del mundo real con interacción de objetos virtuales e información adicional; la realidad aumentada se toma cualidades de las tecnologías derivadas de la visualización para la construcción de aplicaciones (Somolinos, 2002; López-Pombo, 2010). Un sistema de realidad aumentada generalmente incorpora elementos del mundo real (imágenes, audio, videos por mencionar algunos). El sistema de realidad aumentada procesa diversos elementos para la identificación de marcadores, el reconocimiento de patrones y marcas; este proceso es el que le permite al sistema de realidad aumentada identificar en qué área se tiene que remplazar el objeto del mundo real

por uno virtual, posicionando el objeto virtual sobre un espacio (el espacio de video) en una posición y perspectiva indicada por el sistema de realidad aumentada. La importancia de la realidad aumentada en juegos serios educativos y aplicaciones con gamificación radica en aprovechar la motivación extrínseca del jugador en el proceso de enseñanza aprendizaje por medio de objetos virtuales que enriquezcan su experiencia de aprendizaje.

Los beneficios de un juego serio es que son atractivos debido a que no sólo proporcionan el contenido del curso, si no que facilita el desarrollo de experiencias de aprendizaje de los estudiantes. Por otro lado, la incorporación de realidad aumentada en un juego serio desarrolla una experiencia memorable en el usuario y una conexión con el ambiente que permite enlazar el conocimiento con la experiencia. Un juego serio con realidad aumentada trabaja sobre dos aspectos importantes para el usuario en su proceso de adquisición de conocimiento como lo es la motivación y la interactividad. El aprendizaje en un juego a través de la realidad aumentada es más natural, la información que se transmite es más condensada y por lo tanto más fácil de asimilar; en otras palabras, por la forma en que presenta los contenidos, la realidad aumentada transforma el ambiente de aprendizaje en un lugar emocionante, esto provoca en los estudiantes interés y motivación por aprender. La interactividad tiene un papel importante en un juego serio debido a que combina actividades del juego con un ambiente real.

Por otra parte, un proceso de desarrollo de software es la descripción de una secuencia de pasos para generar un producto de software (Li, 2008). Comprender los requisitos para ese producto de software, incluidos los requisitos reglamentarios, es fundamental para el desarrollo de un proceso de software; así como la integración de las diversas tecnologías que se implementan para ese producto de software. En el caso de los juegos serios como producto de software no se cuentan con procesos o guías formales que establezcan los pasos para la integración de diversas tecnologías que enriquezcan el juego serio con sus propiedades y características. El proceso de desarrollo propuesto en este trabajo de investigación plantea la integración de realidad aumentada a juegos serios con el objetivo de enriquecer el contenido del juego serio, debido a la necesidad de buscar nuevas formas de motivar a los usuarios de un juego serio a construir experiencias de aprendizaje atractivas para construir conocimiento según la literatura consultada.

El definir un proceso de integración de características de realidad aumentada a juegos serios es necesario, debido a que un proceso provee los pasos a seguir para la incorporación de contenido aumentado a juegos serios independientemente de la tecnología o lenguaje de programación empleado para el desarrollo del juego serio. El proceso propuesto en este trabajo de investigación

sirve como un estándar para desarrollar un juego serio con características de realidad aumentada o modificar un juego serio existente, desarrollando así una nueva versión. Dentro de los beneficios del proceso de desarrollo de juegos serios con características de realidad aumentada propuesto se encuentran beneficios comunes al establecer un proceso de desarrollo de software. Los beneficios son la facilidad de toma de decisiones al establecer acciones aplicables dentro del juego o del contenido; la mejora de la gestión e implementación de recursos, al establecer directamente el contenido aumentado en las acciones aplicables; el aumento de la satisfacción del cliente, al motivar a sus usuarios con el contenido aumentado; entre otros beneficios como proveer de un estándar que guíe la incorporación de realidad aumentada a juegos serios.

Los procesos de desarrollo de software a menudo son muy complejos debido al tamaño de requisitos, la complejidad del producto del software a desarrollar o incluso los requisitos impuestos que deben cumplir; la complejidad se incrementa si se requiere hacer la integración de tecnologías como es el caso de la realidad aumentada, es por ello el desinterés de algunos autores a definir un proceso de desarrollo de software.

Un proceso es un conjunto de etapas sucesivas para alcanzar un objetivo o concretar una operación (Li, 2008), definir un proceso en el desarrollo de un videojuego o una aplicación educativa es importante debido a que establece las funciones a seguir para obtener el desarrollo deseado; este trabajo de investigación consiste en el desarrollo de un proceso para la generación de juegos serios con características de realidad aumentada implementando atributos del juego y contenido aumentado; como caso de prueba se desarrolló una herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada, la cual toma como base un juego serio previamente desarrollado y le incorpora características de realidad aumentada. El proceso presentado se divide en tres fases importantes que es el análisis del juego serio sin realidad aumentada para ver si es idóneo para la incorporación de realidad aumentada; la segunda fase es la configuración de las acciones aplicables identificadas en el juego para la incorporación de contenido aumentado; y la tercera fase es la generación del juego serio con realidad aumentada. La herramienta generadora implementa una arquitectura en capas propuesta en esta investigación para una fácil interacción entre diversos módulos que la conforman.

Este trabajo es presenta el desarrollo de una herramienta generadora de juegos serios educativos multi-dispositivo con la implementación de características de realidad aumentada a partir de una descripción de atributos del juego y actividades de aprendizaje; el desarrollo de la herramienta se hizo siguiendo un proceso formal de desarrollo de software y aplicando una arquitectura que valide la

interacción de los componentes que conforman la herramienta generadora. Este documento está estructurado en cinco capítulos, estos describen los aspectos fundamentales del proyecto de investigación, los hallazgos y los principales avances presentados.

El capítulo 1 presenta la revisión de los fundamentos teóricos que sirven como base conceptual de este proyecto de investigación, y que permiten comprender el contenido de la tesis doctoral. En este capítulo también se presentan el objetivo general y los objetivos específicos; así como la hipótesis, el planteamiento del problema, la justificación y la contribución al conocimiento.

En el capítulo 2 se presenta una revisión del estado del arte, en la cual se discuten brevemente algunos de los trabajos más relevantes y que se encuentran relacionados con el presente trabajo de investigación. El estado del arte de encuentra dividido en 1) Uso de técnicas de gamificación y juegos serios en aplicaciones educativas, 2) Plataformas de generación de juegos educativos y juegos serios, 3) Metodología y modelos para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada y 4) Herramientas y arquitecturas para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

El capítulo 3 describe la metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo de investigación, así como los resultados de la aplicación de esta metodología. La metodología se divide en el análisis, diseño y desarrollo; como parte del análisis se realizó una revisión sistemática de técnicas de gamificación en aplicaciones educativas, así como un análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) y motores de videojuegos propietarios (*Proprietary game engines*) para desarrollar juegos serios educativos, y se definieron los requerimientos funcionales de la plataforma Web para la generación de software educativo. En la etapa de diseño se realizó la identificación de categorías de juegos y atributos de juegos, la maquetación del prototipo de la herramienta a desarrollar, la identificación del espacio de trabajo en la herramienta, la definición del proceso de generación de juegos educativos con realidad aumentada, y la arquitectura de generación de juegos serios con realidad aumentada; así como la identificación de los juegos serios con características de realidad aumentada a generar y la estructura del proyecto generado. Por último, en la etapa de desarrollo de elaboró el prototipo de la herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada.

El capítulo 4 describe los resultados obtenidos, para ellos se elaboraron dos casos de estudio el primero trata de la generación juegos educativos basados en reglas para un entorno Web en la plataforma Zeus y el segundo caso de estudio trata de la generación de un juego educativo serio con características de realidad

aumentada para un entorno Web en la plataforma Zeus AR. Como validación a los dos casos de estudio se presentan sus evaluaciones respectivas. El primer caso de estudio se evaluó mediante el método "*Fun Toolkit*" para evaluar la experiencia del usuario de los juegos educativos. El método "*Fun Toolkit*" es un conjunto de herramientas cuyo objetivo principal es medir la diversión con los niños mediante el uso de diversos instrumentos. El segundo caso de estudio se evaluó mediante una escala de SUS (*System Usability Scale*) para evaluar la usabilidad de la herramienta Zeus AR; de igual manera se realizó un análisis de rendimiento para evaluar el desempeño del desarrollo de un juego serio con realidad aumentada en la herramienta Zeus AR.

Finalmente, el capítulo 5 describe las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación y trabajo a futuro.

Capítulo 1. Antecedentes

En este capítulo se presentan los antecedentes, es decir se describen los conceptos básicos dentro del contexto del proyecto de tesis. También se describe el planteamiento del problema el cual dio origen a este trabajo de tesis y sus objetivos junto con su hipótesis, justificación y contribución al conocimiento.

1.1 Marco teórico

En este apartado se describen los conceptos básicos dentro del contexto del proyecto de tesis, dentro de los conceptos básicos se encuentra el aprendizaje basado en el juego debido a que es uno de los ejes principales del presente trabajo de tesis. El aprendizaje basado en el juego (*Game-Based Learning, GBL*) consiste en la implementación de juegos como una herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza - aprendizaje. El aprendizaje basado en el juego establece una combinación entre la gamificación y los juegos serios, debido a que la gamificación se basa en incorporar dinámicas o mecanismos de juego; mientras que los juegos serios son aquellos juegos cuyo objetivo es aprender en vez de entretener. Es por ello que en esta sección se exponen los términos del aprendizaje basado en el juego, gamificación, juegos serios y realidad aumentada; así como las definiciones de actividades de aprendizaje, atributos de aprendizaje y clasificaciones de juegos para entender el trabajo realizado en la presente tesis.

1.1.1 Proceso de enseñanza-aprendizaje

El proceso aprendizaje es un proceso constructivo que implica “buscar significados”; así los estudiantes construyen conocimiento con base en el conocimiento previo, relacionando conceptos u objetos para dar sentido a lo aprendido. *“Por su parte, la enseñanza es realizar las actividades que lleven al estudiante a aprender, en particular, instruirlo y hacer que ejercite la aplicación de las habilidades. Por lo tanto el proceso de enseñanza-aprendizaje se concibe como el espacio en el cual el principal protagonista es el alumno y el profesor cumple con una función de facilitador de los procesos de aprendizaje”* (Doménech, 2012). En el proceso de enseñanza-aprendizaje son los alumnos quienes construyen el conocimiento a partir actividades y experiencias, reflexionando sobre ellas; de igual manera, el estudiante comparte experiencias y puntos de vista con su entorno enriqueciendo así el conocimiento adquirido. En este entorno, se pretende que el estudiante disfrute las experiencias de aprendizaje y se comprometa con el aprendizaje de por vida.

Por su parte Benítez (2013) define que *“los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje constituyen los fines o resultados, previamente concebidos como un proyecto abierto y flexible, que guían las actividades de profesores y estudiantes para alcanzar las transformaciones necesarias en estos últimos”*.

Como expresión del encargo social que se plantea a la escuela reflejan el carácter social del proceso de enseñanza, sirviendo así de vínculo entre la sociedad y la escuela. Como se deduce de la definición anterior; los objetivos constituyen el componente que mejor refleja el carácter social de proceso de enseñanza-aprendizaje e instituyen la imagen del hombre que se intenta formar, en correspondencia con las exigencias sociales que compete cumplir a la escuela. Además de esta característica, juega una función de orientación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que equivale a decir que influye en el desenvolvimiento de los restantes elementos de este proceso, por ello cumple las funciones siguientes:

- Un objetivo del proceso de enseñanza-aprendizaje es el elemento didáctico en el cual se establece y concreta la intencionalidad educativa.
- Influye en el comportamiento del resto de los componentes y estos en relación de subordinación y coordinación influyen sobre el mismo.
- Un objetivo orienta la actividad de profesores y estudiantes al especificar el fin a lograr; guía la estructura del proceso para lograrlo y los niveles de desarrollo.

Constituye un criterio de valoración de la efectividad o calidad del proceso, permite, en unión de otras determinaciones procedentes de la práctica, evaluar las acciones logradas en los estudiantes, la propia actividad del profesor y la programación previamente planificada en su proceso de realización y comparar la diferencia alcanzada entre el nivel de entrada y salida de los estudiantes.

La determinación del carácter abierto y flexible de los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje no agota su caracterización en una nueva conceptualización de este componente. En particular, en nuestra concepción, resulta de gran importancia el contenido de su formulación, el tipo de lenguaje que en ella se utiliza.

1.1.2 Aprendizaje basado en el juego

El aprendizaje basado en el juego (*Game Based Learning, GBL*) como su nombre lo dice es la aplicación del juego en el proceso de enseñanza aprendizaje. El aprendizaje basado en el juego se produce cuando se utilizan estrategias, planteamientos, herramientas o mecánicas lúdicas en el proceso de enseñanza aprendizaje con el objetivo de que los estudiantes construyan o mejoren sus conocimientos, competencias y habilidades. Un juego independientemente de su tipo es potencialmente una herramienta para adquirir conocimiento, pero regularmente el termino aprendizaje basado en el juego se relaciona con la implementación de videojuegos, juegos digitales o de software lúdico usado con

propósitos educativos, o software educativo utilizado de un modo lúdico en el proceso de enseñanza aprendizaje.

De acuerdo con Hogle (1996), los juegos tienen unas características básicas que habitualmente incluyen *“un conjunto de fortalezas físicas o mentales, requiriendo de los participantes el seguimiento de un grupo de reglas en orden a la consecución de un objetivo. Los juegos incluyen un elemento de azar o fantasía. Un juego implica la competición con otros, con una computadora o con uno mismo”*. Por otra parte, Gómez-Martín, Gómez-Martín & González-Calero (2004) señalan que *“los buenos juegos son intrínsecamente motivadores y ofrecen la cantidad justa de dificultad. La cuantificación de dicha dificultad parte de la elaboración de un perfil de usuario en el que se almacenan los conocimientos del jugador/aprendiz y por tanto el software ajusta los niveles de dificultad en función de los logros que vaya alcanzando el alumno, evoluciona considerando tanto sus actuaciones como sus decisiones.*

En la educación el aprendizaje basado en el juego es un factor motivador, los juegos en el aprendizaje suelen ser atractivos debido a sus reglas, el sistema de recompensas y sus entornos (Premsky, Computer games and learning: Digital game-based learning., 2005). La motivación en el aprendizaje de los estudiantes tiene un impacto significativo en el rendimiento y los logros de los estudiantes con el aprendizaje basado en el juego, debido a que las experiencias desarrolladas en un juego digital son mejores que las desarrolladas con la enseñanza tradicional, de esta manera se comprueba que el aprendizaje basado en el juego alcanza el objetivo de aprender de manera efectiva (Ching-Hsue & Chung-Ho, 2012).

El aprendizaje basado en el juego (Torrente et al., 2011) consiste en la implementación de juegos digitales desarrollados a partir de un objetivo de aprendizaje, en el aprendizaje basado en el juego los juegos son implementados como una herramienta de contribución a la adquisición del conocimiento. El aprendizaje basado en el juego en inglés conocido como *Game-Based Learning* o *educational gaming*, o incluso *serious games*.

Estudios realizados en el área de la educación validan la conexión entre el juego (tanto digital como de otra índole) y el aprendizaje. Diversos argumentos apoyan la implementación de juegos digitales en el proceso de aprendizaje, teniendo como referente la mejora en la motivación de los alumnos, debido a la naturaleza inmersiva de un juego. De hecho, los juegos digitales proporcionan experiencias a los jugadores que promueven su satisfacción intrínseca, incrementando así el compromiso y la motivación en el proceso de aprendizaje.

Por otro lado, una de las principales causas del uso de juegos digitales en la educación es que suponen un reto para el jugador, el cual por medio de su uso lleva a cabo un aprendizaje continuo y progresivo para llegar a dominar el juego. De hecho, en la mayoría de los juegos por lo general el reto aumenta en medida al progreso del jugador; es por ello que los jugadores incrementan el desarrollo de sus habilidades, así como de nuevas estrategias hasta culminar el juego o alcanzar el objetivo planteado.

Otra característica de los juegos digitales relacionada con el aprendizaje es que estos proporcionan ciclos cortos de retroalimentación. Esto permite a los jugadores explorar el entorno del juego, poniendo en práctica sus propias hipótesis, desarrollando su conocimiento mediante ensayo y error, y obteniendo información inmediata para redefinir conceptos e hipótesis erróneas, todo ello en un entorno libre de riesgos y motivando así al desarrollo de nuevas experiencias sin miedo a fracasar o a equivocarse. La retroalimentación inmediata tiene una aplicabilidad directa en el proceso de aprendizaje debido a que los alumnos necesitan recibir valoraciones o comentarios que los guíen hacia el desarrollo de nuevas experiencias, esta retroalimentación inmediata supone una ventaja sobre enfoques educativos tradicionales.

Por lo tanto, como los juegos digitales sitúan al jugador en un entorno libre para explorar sin requerir de la intervención de agentes externos como un profesor, suponen un medio ideal para promover procesos de aprendizaje activos y auto dirigidos (*learning by doing*). Además, el considerable avance tecnológico en el área de la simulación de juegos digitales permite a los usuarios experimentar la resolución de problemas en escenarios virtuales complejos de una manera más fácil, sin riesgos y con una retroalimentación inmediata, en contraposición a los métodos tradicionales de aprendizaje como es la memorización.

1.1.3 Gamificación

Gamificación es el concepto de la aplicación de la mecánica de juego y técnicas de diseño de juegos en una aplicación para involucrar y motivar a las personas a lograr sus metas (Gartner, 2014). A través de gamificación no sólo se crea una mentalidad que anima a los estudiantes a probar cosas nuevas, a no tener miedo de fracasar (Chung-Ho & Ching-Hsue, 2013), sino que también permite a los estudiantes a participar en experiencias agradables con el propósito del aprendizaje.

“La gamificación consiste en el uso de mecánicas, elementos y técnicas de diseño de juegos en contexto que no son juegos para involucrar a los usuarios y resolver problemas” (Zichermann & Cunningham, 2011; Werbach & Hunter, 2012).

La gamificación no se debe confundir con los juegos serios, los cuales son juegos desarrollados con el fin de alcanzar un objetivo. La diferencia entre juego y jugar consiste en que el juego implica un sistema explícito de reglas que guían a los usuarios hacia metas discretas y resultados deseados (Borrás, 2015). El juego se encuentra dentro de su propio mundo separado del mundo real, el objetivo de la gamificación es involucrar al jugador en ese mundo de acción. Por otro lado, jugar proporciona al sujeto libertad de diversión dentro de los límites establecidos en el mundo del juego.

Los juegos ejercen una gran influencia debido a que desarrollan adicción; además, entretenimiento como su función principal. La “teoría de juegos” es un conjunto de técnicas, algoritmos y formulas cuantitativas que analizan la estrategia en la toma de decisiones. Los juegos son una serie de caminos con elecciones, pero a la hora de jugar el usuario es libre de tomar cualquier opción dentro de las establecidas por el juego. Existen diversos elementos en común con los videojuegos como son el uso de avatares, niveles de posición, sistemas de recompensas, sistemas de retroalimentación entre otros. En la figura 1.1 se observan los tipos de juegos y sus características, relacionadas con su finalidad. En este caso es importante resaltar la gamificación, donde no solo cuenta con una finalidad de entretenimiento.

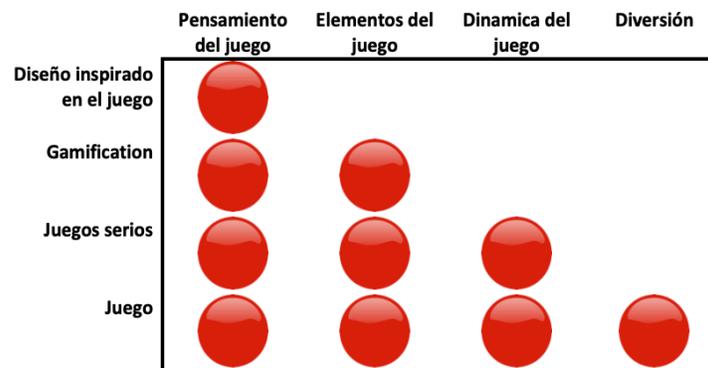


Figura 1.1 Tipos de juegos y características.

Elementos de los juegos que son aplicados a la gamificación:

- Voluntario: alguien obligado a jugar no juega
- Aprender o resolver un problema
- Balance entre estructura y libertad (explorar).

A continuación, las razones para tener en cuenta en el desarrollo de una aplicación con gamificación:

- Incrementa la motivación durante el proceso de aprendizaje

- Retroalimentación constante
- Aprendizaje más significativo permitiendo mayor retención en la memoria al ser más atractivo
- Compromiso con el aprendizaje y fidelización o vinculación del estudiante con el contenido y con las tareas en sí.
- Resultados más medibles (niveles, puntos, entre otros).
- Generar competencias adecuadas y alfabetizan digitalmente
- Aprendices más autónomos
- Generan competitividad a la vez que colaboración
- Capacidad de conectividad entre usuarios en el espacio en línea.

1.1.4 Juegos serios

Los juegos serios son juegos cuyo objetivo principal es la educación, un juego serio esta diseñado y desarrollado para cumplir un objetivo de aprendizaje, a diferencia del entretenimiento (Abt, 1970; Michael & Chen 2006; Marcano, 2008), “usando características de un videojuego para generar motivación y experiencias de aprendizaje inmersivo” (Sellami, 2014). Como se mencionó en los videojuegos, los juegos serios tienen una convergencia entre lo tecnológico, lo lúdico y lo educativo o formativo, pero haciendo hincapié en este último. Además, permiten desarrollar múltiples entornos de formación intuitivos, asequibles y accesibles con propósitos educativos y formativos (Bredl y Bösche, 2013)

El uso de juegos serios (*Serious Games*, SG) es comúnmente motivada por la necesidad de educar, formar o informar sobre un tema determinado (Michael & Chen, 2005). La potencia de los juegos serios como una herramienta para el aprendizaje se basa fundamentalmente en la capacidad de equilibrar el entretenimiento, la interactividad y la re-jugabilidad de los juegos típicos con los objetivos de aprendizaje de un objetivo educativo determinado. Los juegos serios incluyen experiencias de juego de roles y proceso social, simulaciones inmersivas para explorar el desarrollo interpersonal, el pensamiento adaptativo, la diplomacia, logística, y el liderazgo. Aunque los juegos serios a menudo se implementan como soluciones independientes, también sirven como puntos de entrada a una formación integral en la que el contenido se entrega a través de diferentes medios de comunicación para ampliar rápidamente la formación de inmersión y la educación para audiencias masivas.

Los juegos serios son un tipo de juegos diseñados para conseguir uno o varios objetivos diferentes al entretenimiento o la diversión. Estos objetivos son el desarrollo de habilidades, la adquisición de conocimiento o el desarrollo de competencias. (Marcano, 2008). Aunque el termino juego serio parezca contradictorio, la expresión no se considera un oxímoro. En realidad, el término

serio se le añade porque la finalidad de este tipo de juegos es cumplir con un objetivo independientemente de la diversión o el entretenimiento.

A continuación, la figura 1.2 presente las características básicas de los juegos serios:

- Diversión. Resultan divertidos porque son juegos.
- Motivación. Aumentan la motivación de los jugadores al presentar entornos atractivos para el jugador y diversas opciones para alcanzar un objetivo.
- Sin límite de edad. Aunque los juegos se asocian con la infancia, la dinámica de un juego es independiente de la edad de jugador.
- Manipulativos. Los juegos implican cierto grado de manipulación tanto de ideas, como de objetos (materiales, instrumentos, herramientas, entre otros). La manipulación implica practicar una tarea y ejercitar una rutina, lo que aumenta el grado de experiencia.

Con el tiempo, la experiencia aumenta la pericia de la persona. Por tanto, la manipulación lleva asociadas las siguientes características: práctica, ejecución y experiencia. (Ma, Oikonomou & Jain, 2011).



Figura 1.2 Características de los juegos serios

Fuente: <https://pdfs.semanticscholar.org/bb8c/1eec4dd238351d52cff7c53ed6a2b493689e.pdf>

Los juegos serios se clasifican en función de su ámbito de aplicación. Así, a partir de la clasificación de Rodríguez-Hoyos & Gomes (2013) se establece la siguiente clasificación:

- *Edutaiments*: son juegos que se emplean únicamente con fines educativos.
- *Advergames*: son aquellos juegos que se emplean con fines comerciales.
- *Traingames*: son juegos destinados al entrenamiento de diferentes habilidades.

- *Subergames*: son juegos que tratan de transmitir o denunciar un mensaje social y político.

Los juegos serios presentan diversos efectos independientemente del tipo de juego serio y del soporte que provee. A continuación, se mencionan algunos efectos en la formación de personas mayores tomando como referencia a Pinazo & Sánchez (2009):

- Contribuye al proceso de enseñanza – aprendizaje.
- Propicia la resolución de problemas.
- Contribuye al desarrollo de habilidades sensomotoras.
- Desarrolla la creatividad.
- Funciona como auxiliar en terapias médicas.
- Son un primer paso para usar la computadora.
- Son implementados en entrenamiento ante diversas situaciones.

1.1.5 Atributos de aprendizaje

Los juegos serios mejoran los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciertos enfoques del aprendizaje y la enseñanza, así como estrategias de enseñanza faciliten el aprendizaje. En los juegos, no es infrecuente que los estudiantes utilicen los juegos de manera lúdica con poca atención en el aspecto del aprendizaje (Connolly et al., 2012), poniendo de manifiesto el aprendizaje fortuito o incidental donde los estudiantes aprenden sin insinuar un objetivo de aprendizaje (Erhel & Jamet 2013). La evaluación de los efectos del aprendizaje utilizando juegos serios mediante la aplicación de un enfoque de valor agregado proporciona evidencia empírica sobre la asignación de elementos del juego al aprendizaje (Harteveld et al., 2010; Hirumi et al., 2010). Los investigadores que desarrollan taxonomías, clasificaciones de juego y atributos de aprendizaje (por ejemplo, Hainley et al., 2011, Arnab et al., 2014, Bedwell et al., 2012) concluyen en que esto significa personalizar las experiencias de aprendizaje en el juego.

1.1.6 Actividades de aprendizaje

Las actividades de aprendizaje en juegos tienen el objetivo de obtener resultados de aprendizaje establecidos por el instructor. El resultado de algunas actividades se utiliza como inicio para otras personas como resultado del seguimiento en el juego que se adapta durante la ejecución de la actividad de aprendizaje. Una actividad de aprendizaje basado en el juego a diferencia del contenido del juego es el propósito central para trabajar en el diseño del aprendizaje, el cual que tiene raíces históricas en el campo más amplio de diseño instruccional (McLean & Scott, 2011).

En el juego las actividades de aprendizaje son una acción situada - que está influenciado por las creencias y valores que poseen los maestros como los diseñadores de juegos en contextos concretos de la práctica, como un proceso iterativo emergente que se produce durante y antes a la orquestación de la actividad de aprendizaje en el juego (Lameras, 2015). Para esto describe una clasificación de las actividades de aprendizaje que se presenta a continuación en la tabla 1:

Tabla 1. Tipos de aprendizaje y sus actividades de aprendizaje.

Tipos de actividades de aprendizaje	Actividades de aprendizaje
<p>Transmisión de información</p> <p>Son actividades que permiten reflejar la información en el aprendizaje del jugador (Beetham, 2008), (Gunter, Kenny & Vick, 2006).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conferencias, notas de lecturas, diapositivas. • Memorización de conceptos. • Esquemas • Ejemplos • Declaraciones incompletas • Resumen • Audios
<p>Individual</p> <p>Son actividades para desarrollar en solitario y adquirir conocimiento (Lameras, 2015).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Web-quest (Búsqueda y recuperación de información) • Resolución de ejercicios • Experimentación científica • Reflexiones • Simulaciones • Modelo • Juegos de rol • Investigación • Determinación de pruebas • Análisis de la evidencia • Formulación de pruebas • Conectar explicaciones sobre conocimientos
<p>Colaborativo</p> <p>Actividades que permiten adquirir conocimiento involucrando a varias personas para obtener un resultado en común (Lameras, 2015).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reuniones • Proyectos en grupo • Web-quest en grupo • Rangos y reportes • Grupo de estudiantes que se presentan preguntas entre ellos • Simulaciones en grupo • Resolución de problemas en grupo • Recopilación de datos en grupo • Análisis de datos en grupo • Reflexiones en grupo
<p>Discusión y argumentación</p> <p>Actividades que permiten la retroalimentación (Lameras, 2015).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Discusiones guiadas (tema de discusión proporcionado por el maestro) • Discusiones abiertas (tema de discusión proporcionado por los estudiantes) • Opciones: datos sobre los eventos y varias opciones para hacer comentarios por parte de los estudiantes. • Debates.

La actividad de aprendizaje también se define como una "interacción específica de estudiantes con otras personas que utilizan herramientas y recursos específicos, orientados a resultados específicos" (Beetham, 2008).

1.1.7 Categorías de juegos

Los atributos del juego son objeto de estudio de varios trabajos como Lundgren & Bjork (2003) que definieron los atributos del juego como una forma de resumir las reglas del juego, aunque deja en duda si solo abarca las reglas que definen la mecánica o abarca características utilizadas en el diseño (Lameras, 2015). Desde una perspectiva educativa Cook (2006) interpretó los atributos de juego dando énfasis a las propiedades de retroalimentación al tiempo que reconoce las relaciones entre las normas y los atributos del jugador. Los atributos del juego tienen que considerarse en el diseño del juego para garantizar un equilibrio entre los desafíos y las habilidades necesarias para alcanzar los objetivos.

Con base en los atributos de un juego, Lameras (2015) los clasificó en categorías de juegos dependiendo de sus atributos relevantes. Se realizó un intento para asignar categorías de juego generales comprendiendo los atributos en el juego que se utilizan para la creación de instancias de atributos de juego en la práctica educativa; por ejemplo, las reglas se realizan a través de puntuación. El autor hace esta clasificación debido a que no hay una taxonomía que clasifique los atributos del juego en categorías específicas, la clasificación la elaboró con el objetivo de ayudar a los diseñadores de juegos y de instrucción. En la tabla 2 se presentan las categorías del juego presentadas por Lameras (2015) y los atributos del juego presentes en cada categoría:

Tabla 2. Categorías de juegos y los atributos de cada categoría.

Categorías de juegos	Atributos de juegos
Juegos de reglas	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de puntuación • Niveles de movimiento • Temporizadores • Barras de progreso • Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria
Juegos de objetivos y opciones	<ul style="list-style-type: none"> • Diario de juego • Misiones • Tarjetas objetivas • Historias • Diálogos anidados • Rompecabezas • Avatares / NPCs
Juegos de tareas y desafíos	<ul style="list-style-type: none"> • NPC descripción de las tareas basadas • Barras de progreso • Múltiples opciones para elegir • Tareas principales

Tabla 2. Categorías de juegos y los atributos de cada categoría.

Categorías de juegos	Atributos de juegos
	<ul style="list-style-type: none"> • Tareas de rama • Rompecabezas • Puntos de investigación • Requisitos
Juegos de colaboración y competencia	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de roles • Colaboración de la comunidad • Sentido épico • Bonos • Temporizadores • Descubrimiento líder • Concursos • Puntuación • Inventarios • Tablas
Juegos de retroalimentación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Consejos de juego • Personajes • Niveles de juego • Obtención y pérdida de vidas • Barras de progreso • Cuadros de mando

La clasificación de las categorías de Lamerias (2015) resulta ser una clasificación sustentada por el estudio de los atributos del juego presentes en las actividades de aprendizaje que el autor identificó y evaluó en su taxonomía. El trabajo de este autor provee una clasificación clara de los juegos y la descripción de los atributos que están presentes en esa clasificación.

1.1.8 Motor de videojuegos (*Games engines*)

Un motor de videojuegos es un marco de software diseñado para la creación y desarrollo de videojuegos para consolas, dispositivos móviles y computadoras personales. Normalmente, un motor de juego incluye programas de soporte, bibliotecas y un lenguaje interpretado para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto (Nagle, 2014). Los motores de juego se clasifican en marcos de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) y marcos de trabajo propietarios (*Proprietary game engines*). Los primeros se desarrollan en el lenguaje HTML5 (Nagle, 2014), y la mayoría de ellos no necesitan una plataforma o software especial para ejecutarse. Normalmente, los marcos de trabajo basados en HTML5 solo necesitan un navegador para implementar la aplicación que se creó. Por otro lado, los motores de videojuegos propietarios son marcos desarrollados en un lenguaje específico y necesitan una plataforma o software particular para implementar la aplicación creada con ellos.

1.1.8.1 Marcos de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) para el desarrollo de juegos educativos y juegos serios

Los marcos de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) permiten el desarrollo de juegos multiplataforma y de plataforma única (Nagle, 2014). En este sentido, este apartado proporciona un resumen de los marcos basados en HTML5 más comunes para el desarrollo de juegos. Para seleccionar esos marcos, se realizó un análisis de sus características. Las características analizadas incluyeron soporte para gráficos 2D y 3D, soporte para audio y video, licencia de software, última versión, si el marco era un motor multiplataforma y si se usaba en aplicaciones educativas. Como resultado del análisis, se seleccionaron los siguientes diez marcos de trabajo basados en HTML5 más comunes:

- **Construct 2** ® es un editor basado en HTML5 que utiliza una funcionalidad de arrastrar y soltar que permite a los usuarios crear juegos complejos y atractivos. No se requiere experiencia en programación, y es una de las herramientas de desarrollo de juegos 2D más accesibles (Bura, 2014).
- **ImpactJS** ® es un motor de videojuegos de JavaScript que permite a los usuarios desarrollar juegos basados en HTML5 para navegadores de escritorio y dispositivos móviles (Nagle, 2014).
- **Quintus** ® es un marco basado en HTML5 diseñado para ser modular y liviano, con una sintaxis concisa de JavaScript. El motor es fácil; HTML5 y JavaScript se usa para desarrollar videojuegos de dispositivos múltiples que se ejecutan en un navegador (Sonmez, 2016).
- **WADE** ® es un editor visual basado en la Web. Cuida diferentes resoluciones, optimizaciones de bajo nivel y varios dispositivos de entrada, haciendo que los juegos multiplataforma sean fáciles y rápidos (Chilli, 2016).
- **pixi.js** ® es un motor de gráficos para sitios Web, juegos y desarrollo de aplicaciones móviles. Este motor de juego permite a los usuarios crear y visualizar gráficos interactivos, crear escenas y transiciones animadas, y desarrollar juegos y aplicaciones de plataforma cruzada para múltiples resoluciones de pantalla usando WebGL (Van der Spuy, 2015).
- **EaselJS** ® proporciona una lista de visualización que permite a los usuarios trabajar con elementos de visualización en un lienzo como objetos anidados. También ofrece un marco simple para proporcionar interacciones de mouse basadas en formas en los elementos de la lista de visualización (Nagle, 2014).

- **MelonJS**® es un marco de trabajo gratuito y liviano basado en HTML5. El motor integra el formato de mapa embaldosado, lo que facilita el diseño del nivel (MelonJS, 2016).
- **Three.js**® es una biblioteca que proporciona una API de JavaScript muy fácil de usar basada en las características de WebGL. Además, se crean gráficos 3D sin mucha experiencia WebGL (Dirksen, 2014).
- **Phaser**® es un framework gratuito de código abierto basado en HTML5 que permite construir juegos 2D completamente desarrollados en un navegador con poco conocimiento previo del desarrollo de juegos o JavaScript para diseñar para un navegador en general (Palef, 2014).
- **PlayCanvas**® es un editor basado en la nube basado en HTML5 para juegos 3D con un enfoque en la colaboración en tiempo real (Eastcott, 2015).

1.1.8.2 Marcos de trabajo propietarios (*Proprietary game engines*) para el desarrollo de juegos educativos y juegos serios

Un motor de juego propietario es un marco de software diseñado para la creación y desarrollo de videojuegos. Muchos motores de juego patentados hoy en día permiten el desarrollo de juegos entre plataformas cruzadas y navegadores (Martins, 2015). Para seleccionar los motores de juegos patentados más comunes, se realizó un análisis de sus características con el objetivo de identificar la mayor cantidad de elementos admitidos. Las características analizadas incluyeron soporte para gráficos 2D y 3D, soporte para audio y video, licencia de software, última versión, si el marco era un motor multiplataforma, y si se utilizó para el desarrollo de aplicaciones educativas. Sin embargo, una de las principales características de los motores de juegos propietarios es el lenguaje de programación implementado para su desarrollo. A continuación, se presentan los ocho motores como los más utilizados actualmente:

- **Unity**® es un motor de juego que maneja desde un juego en línea multijugador masivo hasta un simple juego individual (Creighton, 2010).
- **CryEngine**® es una poderosa herramienta de desarrollo de juegos en tiempo real con cómputo escalable. Facilita la creación de scripts, animaciones y objetos (Corporation, 2016).
- **Unreal engine 4**® es una suite profesional completa que ofrece nuevas funciones de flujo de trabajo y un conjunto de herramientas profundo, con un código fuente completo de C++ (Games, 2016).

- **Cocos2D** ® es un marco de trabajo de juegos de plataforma de código abierto escrito en C ++ / Javascript / Lua (Cocos, 2016).
- **Blender** ® es un producto de software de gráficos 3D para computadora de código abierto profesional y gratuito que se utiliza para crear películas animadas, efectos visuales, arte, modelos impresos en 3D, aplicaciones 3D interactivas y videojuegos (Wartmann, 2011).
- **BigWorld** ® se basa en el lenguaje de scripting de Python y se utiliza para desarrollar algoritmos de inteligencia artificial (AI) y lógica de juegos, como los sistemas de puntuación (Pty, 2012).
- **Leadwerks** ® es el motor de juego más fácil para hacer juegos 3D impulsados por OpenGL 4.0 (Corporation, 2016).
- **HeroEngine** ® es un motor de juego en 3D y una plataforma de tecnología de servidor para la construcción de juegos masivos multijugador (*Massive Multiplayer Online Game, MMO*) (Fabrik, 2016).

1.1.9 Cómputo en la nube (*Cloud Computing*)

El *cloud computing* es una tecnología que permite acceder a una variedad de servicios, aplicaciones y recursos a través del Internet. En este tipo de sistemas, el usuario accede a todo tipo de servicios sin la necesidad de instalar un software en su computadora. Un ejemplo sencillo del uso de *cloud computing* son los correos electrónicos, como Hotmail ®, Gmail ® o Yahoo ®, para acceder a sus cuentas de correos no es necesario instalar ningún software, solo es necesario acceder mediante un navegador a la página principal para el cliente del correo y colocar su nombre de usuario y contraseña. De este modo, el cliente administra su correo, envía, recibe e incluso almacena mensajes sin necesidad de tener instalado un software u ocupar espacio de almacenamiento de su computadora, la información de una cuenta de correo electrónico se almacena en los servidores de las empresas prestadoras de servicios y el usuario accede a ella desde cualquier computadora (Vásquez, 2009).

Las ventajas del cómputo en la nube son:

- Acceso a la información y los servicios desde cualquier lugar.
- Disponibilidad del servicio y/o aplicación web 24h/7días/365días.
- Accesibilidad mediante diferentes tecnologías compatibles, tales como: asistente digital personal (*Personal Digital Assistant, PDAS*), móviles, portátiles, tabletas entre otros.
- Servicios gratuitos y de pago según las necesidades del usuario.

- No saturación del uso del disco duro en el ordenador o aplicación que se usa, debido a que solo se necesita un navegador Web, e internet.
- Empresas con facilidad de escalabilidad
- Capacidad de procesamiento y almacenamiento sin instalar máquinas localmente.

Clases de cómputo en la nube

Cómputo en la nube (*Cloud Computing*) es un concepto que se usa en múltiples contextos para referirse a una gran variedad de cosas (Vásquez, 2009). Pero en común acuerdo se clasifican en tres clases fundamentales que a continuación se mencionan:

- **Software como servicio (*Software as a Service, SaaS*):** El Software como Servicio es un modelo de distribución de software donde la empresa ofrece los servicios de mantenimiento, soporte y operación durante un determinado tiempo establecido en el contrato por parte del cliente; durante este tiempo el cliente usará el sistema alojado por la empresa, la cual tendrá a su cargo el resguardo de la información en sus sistemas y proveerá de los recursos necesarios para explorar esa información. Ejemplos: Salesforce, Basecamp (Vásquez, 2009).
- **Infraestructura como servicio (*Infrastructure as a Service, IaaS*):** Infraestructura como Servicio es un modelo de distribución de infraestructura de cómputo como un servicio normalmente como una plataforma de virtualización. En vez de adquirir servidores, espacio en un centro de datos o equipamiento de redes, los clientes contratan todos estos recursos a un proveedor de servicios externo. El aprovisionamiento de estos servicios se hace de manera integral a través de la Web. Ejemplos: Amazon Web Services EC2 ® y GoGrid ® (Vásquez, 2009).
- **Plataforma como servicio (*Platform as a Service, PaaS*):** Es una evolución de SaaS, la Plataforma como servicios es un modelo en el que se ofrece todo lo necesario para soportar el ciclo de vida completo de construcción y puesta en marcha de aplicaciones y servicios Web disponibles únicamente en Internet, sin la necesidad de descargar software para los desarrolladores. En este modelo se ofrecen múltiples servicios, todos provisionados como una solución integral en la Web. Aunque algunos servicios de Amazon ® Web Services como SimpleDB y SQS considerados PaaS, otro ejemplo es Google App Engine ® (Vásquez, 2009).

1.1.10 Realidad Aumentada

Los sistemas de realidad aumentada son la evolución de una tecnología más antigua: la realidad virtual. La realidad virtual es un sistema que interactúa con el usuario simulando un mundo real en un entorno ficticio (Somolinos, 2002; López-Pombo, 2010). Este tipo de sistemas provee al usuario la experiencia de que lo que está visualizando es real, aunque no sea cierto. La realidad virtual es una técnica que permite movimiento y desplazamientos a 360 grados, ofreciendo libertad absoluta de acción, lo que genera una amplia sensación de realismo en el usuario mediante la estimulación de sus cinco sentidos.

En términos generales, la realidad virtual es un sistema informático que simula un entorno ficticio ofreciendo al usuario la sensación de que el entorno con el que interactúa es real, así como todas las acciones que suceden en él. La evolución de la realidad virtual es la realidad aumentada.

La realidad aumentada consiste en simular un entorno ficticio de realidad virtual sobre un escenario real. De esta manera la escena que el usuario logra visualizar esta enriquecida con información y elementos que no existen en el escenario físico original y que es proporcionada por un sistema informático. La definición formal de realidad aumentada es que son sistemas informáticos que mezclan información virtual de cualquier tipo sean imágenes en 2D, 3D, texto o figuras con un escenario físico real (Cawood, 2008; Bimber, 2005; López-Pombo, 2010).

En todo sistema de realidad aumentada tiene en común al menos cuatro fases que son descritas como el proceso de funcionamiento de aumento. El proceso de funcionamiento de un sistema de realidad aumentada consiste en la (i) captación de escena, (ii) identificación de escena, (iii) mezclado de realidad y aumento, y (iv) visualización; como se observa en la figura 1.3 forma esquemática este proceso.

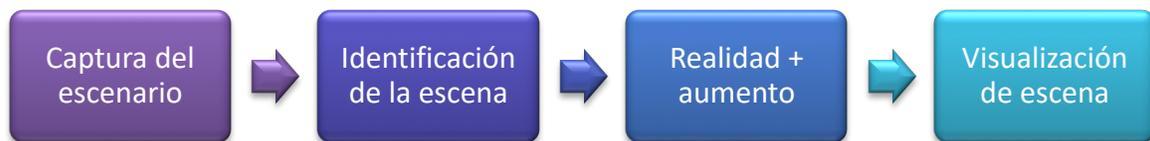


Figura 1.3 Proceso del funcionamiento de un sistema de realidad aumentada.

Captación de la escena

En el proceso de funcionamiento de un sistema de realidad aumentada la primera tarea es la identificación del escenario que se desea aumentar. En el caso de los sistemas que utilizan reconocimiento visual cuentan con mecanismos que les permiten recoger la escena para posteriormente procesarla. A continuación, se analizan diferentes tipos de dispositivos físicos que permiten captar escenarios.

Los dispositivos de captura de imágenes son aquellos dispositivos físicos que sirven de medio para recoger la realidad que será ampliada. Este tipo de dispositivos se agrupan en la siguiente clasificación:

- **Dispositivos *video-through*:** son aquellos dispositivos que realizan la captura de imágenes o videos. En esta clasificación se encuentran las cámaras de video o dispositivos móviles que cuenten con una cámara).
- **Dispositivos *see-through*:** son los dispositivos que realizan la captura de la escena real y al mismo tiempo presentan la información aumentada al usuario en tiempo real, convirtiendo así el procesamiento de realidad aumentada más complejo. Dentro de este grupo se encontrarían aquellos dispositivos conocidos como *head-mounted*. Cabe remarcar que estos dispositivos *see-through* llevan años siendo usados, por ejemplo, los aviones de combate utilizan *Head Up Displays* (HUDs) para presentar a la piloto información sobre su navegación como es el caso de la altura, velocidad, identificación de blancos, y otros sin necesidad de apartar la vista de la zona frontal de la cúpula de su cabina.

Identificación de escenas

El proceso de identificación de escenas consiste en identificar qué escenario físico real es el que el usuario requiere aumentar información digital (Bomber, 2005; López-Pombo, 2010). Este proceso se lleva a cabo, básicamente, de dos maneras: utilizando marcadores o sin utilizarlos.

Reconocimiento por marcadores

En un sistema de realidad aumentada, un marcador es un objeto identificado por el sistema (Cawood, 2008; Choudary, 2009; Tateno, 2007; López-Pombo, 2010). El sistema reconoce el marcador mediante su geometría, su color o mediante ambas características.

En el proceso de reconocimiento de marcadores se utiliza un primer escaneo sobre la imagen más pesado computacionalmente debido a que tiene el objetivo de localizar el marcador deseado. Una vez localizado el marcador, en primer lugar, se establece un rango de variación en el movimiento del marcador para el posterior fotograma. En el procesamiento del fotograma, el rango de búsqueda ya se encuentra acotado a un espacio muy inferior a la inicial, por lo cual disminuye el tiempo de procesamiento considerablemente. Además de que se utilizan menos técnicas de reconocimiento, empleando así un número menor de cálculos para localizar un marcador. Una vez detectado el marcador el sistema inicia las tareas necesarias para el mezclado y aumento del entorno. Este proceso se efectúa de forma iterativa en tiempo de ejecución.

El proceso anteriormente descrito sólo modificará su comportamiento si no se encontrase el marcador en algún fotograma en la región de búsqueda. En esta circunstancia existen diversas posibilidades de actuación:

- **Realizar un nuevo escaneo en búsqueda del marcador.** Este proceso consiste en realizar un nuevo escaneo sobre toda la imagen con el objetivo de encontrar el marcador, este proceso es efectivo si el marcador se encuentra desplazado de su posición deseada.
- **Buscar de forma recursiva en las regiones vecinas el marcador.** Esta solución se optimiza si el marcador desplazado se encuentra cerca de la región de búsqueda inicial.
- **Utilizar predicción de movimiento.** Este proceso se lleva a cabo prediciendo una variación de la posición del marcador a causa de un movimiento o bien mediante el uso de acelerómetros.

Un sistema de realidad aumentada implementa un número de marcadores ilimitado y dependiente del algoritmo empleado.

Reconocimiento sin marcadores

El reconocimiento sin marcadores consiste en identificar la escena mediante imágenes, una estimación de la posición o una combinación de ambas técnicas en función de la situación; a este tipo de identificación se le llama híbrida. En cada una de las dos técnicas mencionadas se encuentran diversas variaciones que dependerán en gran medida de las prestaciones que ofrece el sistema, así como de las capacidades y posibilidades técnicas.

Bibliotecas de realidad aumentada

Para el proceso de aumento es necesario disponer de software adecuado para sobreponer a la imagen real la información aumentada deseada. Para este propósito existen diversas bibliotecas disponibles al público. Las más famosas son:

- **ARToolKit** ®: biblioteca de realidad aumentada que permite la detección de marcadores específicos y realiza las tareas de superposición de imágenes (ARToolKit, 2017). Está desarrollada en lenguaje C++.
- **ARToolKitPlus** ®: versión más especializada de la biblioteca ARToolKit [ART P 10].
- **JARToolKit** ®: es la versión de la biblioteca ARToolKit ® desarrollada en lenguaje Java [JART 10].
- **AR.js**: Es una biblioteca de código abierto que utiliza los elementos de HTML5 en combinación con JavaScript para proveer la tecnología de

realidad aumentada en cualquier dispositivo que cuente con un browser y una cámara Web, sin necesidad de instalar nada en el dispositivo, tiene como características que es muy rápido, apegado a los estándares Web y de código abierto.

- **Vuforia®**: Es un Kit de Desarrollo de Software de Realidad Aumentada (SDK) para dispositivos móviles que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Utiliza la tecnología Computer Vision para reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D simples, como cuadros, en tiempo real. Esta capacidad de registro de imágenes permite a los desarrolladores ubicar y orientar objetos virtuales, como modelos 3D y otros medios, en relación con imágenes del mundo real cuando se visualizan a través de la cámara de un dispositivo móvil.

Las bibliotecas que se presentaron en esta sección tienen la ventaja de formar paquetes de realidad aumentada para sistemas por marcadores, estas bibliotecas pierden su utilidad para el reconocimiento de escenarios o de otro mecanismo de reconocimiento.

Visualización de escena

La visualización de escena es uno de los procesos más importantes dentro de un sistema de realidad aumentada, debido a que consiste en la visualización de la escena real con la información de aumento. Sin este proceso, la realidad aumentada no tendría razón de ser.

Reconocimiento de imágenes

El reconocimiento de imágenes consiste en la identificación del escenario real que se quiere aumentar por medio de la extracción de imágenes del dispositivo del usuario (Javidi, 2002; López-Pombo, 2010). Dentro de este tipo de técnica de identificación, en el mundo de la realidad aumentada se diferencian claramente dos conjuntos de técnicas de reconocimiento de imágenes, que son el reconocimiento automático de escenarios mediante técnicas de visión artificial, y el reconocimiento por marcadores específicos definidos y conocidos por el sistema.

1.2 Planteamiento del problema

Las aplicaciones educativas representan una alternativa para complementar y reforzar el aprendizaje adquirido a través de los profesores y facilitan un medio por el cual el alumno desarrolla su capacidad de entendimiento, al mismo tiempo que despierta el interés por aprender nuevas cosas al tener una herramienta de aprendizaje siempre disponible y que le permita repetir cuantas veces sea necesario la actividad o conocimiento de su interés.

Dentro de las aplicaciones educativas los juegos con fines educativos tienen un papel importante debido al aumento en el interés de los educadores en las estrategias utilizadas en los juegos más populares para crear ambientes de aprendizaje atractivos. El aprendizaje es más divertido y atractivo en juegos educativos digitales y en consecuencia es más eficaz.

Sin embargo, hasta el momento se reportan pocos estudios de investigación para el diseño de juegos atractivos y entretenidos con el fin de mejorar el aprendizaje. Por otra parte, los profesores eligen los juegos educativos establecidos en la educación formal lo que provoca desinterés por lo estudiantes. Los juegos educativos para uso en el aula a menudo difieren en la naturaleza de los juegos en casa, que a menudo son más de entretenimiento que de aprendizaje; la implementación de juegos comerciales en el proceso de enseñanza no tiene buenos resultados debido a que estos juegos tienen el objetivo del entretenimiento por lo cual en algunos casos resulta ser un distractor en lugar de una herramienta de aprendizaje, es por ello que a continuación se presentan las preguntas de investigación que dan origen a este trabajo de tesis:

- ¿Qué características o aspectos del proceso de gamificación se deben considerar en el desarrollo de una aplicación educativa?

Para contribuir a mejorar el aprendizaje por medio de un juego se deben considerar que aspectos de gamificación se implementarán en el juego educativo para alcanzar el objetivo educativo planteado, en la mayoría de los casos en el diseño de juegos educativos no se consideran técnicas de gamificación a implementar debido al desconocimiento de estas o a la falta de información de cómo implementarlas de manera implícita en un juego o aplicación educativa; además de las técnicas de gamificación, se deben tener en cuenta otros aspectos que permitan alcanzar el objetivo educativo como son las actividades de aprendizaje y atributos del juego presentes en la aplicación a desarrollar para promover el aprendizaje; por su parte, las mecánicas del juego son un aspecto que se debe considerar a la hora de su implementación con el fin de cumplir un objetivo de aprendizaje y no resulten ser un distractor en el juego educativo.

- ¿Qué tecnologías de información se pueden implementar en el desarrollo de aplicaciones educativas con gamificación?

El desarrollo de una aplicación con gamificación o juego serio considera diversas tecnologías de información, ya que incorporando varias tecnologías de vanguardia contribuirán en gran medida a la adaptabilidad del usuario hacia la aplicación desarrollada; teniendo en cuenta también aspectos como la facilidad de uso, la facilidad de mantenimiento y escalabilidad debido al soporte y durabilidad que

algunas tecnologías ofrecen; de igual manera se deben tener en cuenta tecnologías que contribuyan al proceso de enseñanza aprendizaje como es el caso de tecnologías visuales que contribuyen a la formación de conocimiento con base en una experiencia de aprendizaje como es la realidad aumentada. El desarrollo de juegos educativos para el profesor es una tarea difícil y fuera de su alcance debido a que desconoce de tecnologías de desarrollo de software a incorporar para hacer un juego educativo atractivo e innovador; es por ello la necesidad de brindar herramientas que faciliten a los profesores el desarrollo de estas tareas.

- ¿Qué aspectos se deben considerar en el proceso de integración de diversas tecnologías en el desarrollo de una aplicación educativa con gamificación?

Para el desarrollo de un software educativo como es el caso de una aplicación con gamificación o un juego serio se debe tener en claro las tecnologías de desarrollo a implementar y cómo se van a implementar para contribuir al desarrollo del software educativo de una manera fácil y rápida; en el desarrollo de software educativo la selección de las tecnologías es una tarea importante debido a que la mala implementación de una tecnología resultará un distractor que demerite el proceso de enseñanza aprendizaje, convirtiéndose en un factor en contra en el proceso de enseñanza aprendizaje; es por ello la necesidad de procesos guiados y formales que establezcan los pasos para evitar este tipo de situaciones.

- ¿Cómo se puede automatizar el proceso de gamificación de una aplicación educativa con gamificación?

Si el profesor quisiera desarrollar sus propios juegos educativos sin conocimiento de desarrollo de software sería una tarea difícil debido al desconocimiento de la integración de tecnologías en el desarrollo de una aplicación o juego, lo que provoca que implementar un nuevo paradigma de educación fuera de ser una tarea fácil y divertida a una tarea tediosa y complicada que le desviaría del objetivo inicial que es el de implementar juegos educativos para reforzar el proceso de enseñanza aprendizaje.

El desarrollo de software no es una tarea fácil debido a que para desarrollar una aplicación o juego educativo se debe de contar con un proceso guiado y formal que establezca las pautas a seguir para el desarrollo del software educativo y en el cual se cubran requerimientos y etapas de desarrollo para concluir con un producto de software deseado, más aun si se requiere combinar diversas tecnologías para tener un software de vanguardia y que cumpla el objetivo de contribuir a un proceso de adquisición de conocimiento desde diversos aspectos

como la experiencia de interacción o el alcanzar un objetivo según sea el caso. El contar con un proceso que guíe los pasos favorece el desarrollo de un juego serio o aplicación con gamificación, debido a que se automatiza las actividades y etapas a realizar para alcanzar un producto de software funcional.

— ¿Cómo se puede incorporar realidad aumentada en una aplicación educativa con gamificación?

La realidad aumentada es una tecnología innovadora que combina objetos virtuales con escenas del mundo real, es una tecnología que se incorpora en el proceso de enseñanza aprendizaje debido a que propicia una experiencia de aprendizaje para construir conocimiento. Para la incorporación de realidad aumentada en una aplicación educativa se deben tener en cuenta en qué acciones dentro del juego se va a incorporar contenido aumentado, el tipo de contenido aumentado a incorporar y cómo va a ser su implementación. Es por ello la necesidad de una guía formal que establezca los pasos para incorporar contenido aumentado.

Ante este panorama en el presente trabajo de investigación se realizó una investigación detallada sobre el uso de juegos serios en el proceso de enseñanza aprendizaje, así como resolver la falta de herramientas que faciliten la generación de aplicaciones con gamificación y juegos serios de calidad y que permitan utilizar de una mejor manera los juegos en términos de enseñanza. Las aplicaciones con gamificación representan una forma innovadora y atractiva para los alumnos de adquirir conocimiento y que les proporciona una alternativa a las vías tradicionales de aprendizaje. El impacto de esta propuesta reside en generar aplicaciones educativas con gamificación que mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de diversas tecnologías sin que ello represente un gasto para las instituciones educativas, por lo cual se utilizará una arquitectura de cómputo en la nube y se requiere abarcar la mayor cantidad de alternativas de aplicaciones educativas, a través de la generación de aplicaciones de gamificación dispositivos móviles y la Web. Este proyecto contribuirá al fortalecimiento del proceso de aprendizaje basado en juegos. La herramienta incluyen aspectos didácticos, pedagógicos y ergonómicos, que permitirán mejorar el ambiente educativo en el aula y facilitar la práctica docente.

1.3 Objetivos

Los objetivos de una investigación son las tareas básicas que se cumplen en la creación de todo tipo de conocimiento científico. Los objetivos son aquellas metas específicas que se deben alcanzar para poder responder a una pregunta de investigación y que orientan el desarrollo de la investigación (Briones, 2003).

A continuación se presentan el objetivo general y los objetivos específicos de este trabajo de investigación.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una plataforma tecnológica para la generación de software educativo usando el aprendizaje basado en juegos mediante una arquitectura basada en cómputo en la nube incorporando patrones de diseño de interfaces, características de realidad aumentada y desarrollo multi-dispositivo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir un proceso metodológico para el desarrollo de software educativo usando el aprendizaje basado en juegos.
- Representar de manera adecuada los contenidos educativos con la finalidad de apoyar al profesor en el proceso de enseñanza y de elevar el nivel de aprendizaje de los estudiantes.
- Diseñar una arquitectura de integración multi capas para la generación de juegos serios a través de una infraestructura de cómputo en la nube.
- Definir los niveles de prestación de servicios, así como las interrelaciones de los módulos y componentes de la arquitectura de integración para la generación de aplicaciones con gamificación y juegos serios.
- Desarrollar un conjunto de módulos y componentes de transformación para el desarrollo de aplicaciones con gamificación implementando computo en la nube, realidad aumentada y desarrollo multi-dispositivo.
- Desarrollar una infraestructura de software que permita a la aplicación de generación de software educativo ejecutarse bajo el esquema de cómputo en la nube.
- Definir los casos de estudio como prueba de concepto de la arquitectura de integración para la generación de aplicaciones con gamificación y juegos serios.

1.4 Hipótesis

Mediante el desarrollo de una plataforma tecnológica se permitirá la generación de aplicaciones educativas incorporando características de gamificación y juegos serios, así como realidad aumentada y el desarrollo multi-dispositivo en actividades y atributos de aprendizaje y de juego los cuales representan una ventaja para la práctica de habilidades y la retención de conocimiento.

Existe la posibilidad de generar hipótesis alternas a la planteada en el presente documento, sin embargo, esta hipótesis representa la idea central del proyecto de tesis desarrollado.

1.5 Justificación

Actualmente los usos de métodos tradicionales de enseñanza no logran el éxito esperado en la educación, debido al intento de educar a una nueva generación que cuenta habilidades digitales con técnicas tradicionales, los usos de estas técnicas empleadas dejaron de ser efectivos (Prensky, Types of learning and possible game styles, digital game-based learning, 2001). Por lo tanto, la tarea inmediata es desarrollar, usando la alta tecnología actual, nuevas formas de enseñanza y aprendizaje con el fin de proporcionar educación. La investigación educativa demuestra que obtiene una mayor participación de los estudiantes fomentando el uso de mundos virtuales, simulaciones y redes sociales (Oblinger, 2010). Por esta razón, muchas instituciones educativas comenzaron a buscar nuevos modelos para satisfacer las necesidades de sus estudiantes. Con el fin de hacer las actividades de aprendizaje de una manera más eficaz y atractiva se implementa la gamificación en la educación.

Una de las ventajas que ofrece la gamificación, es que permite al usuario la adquisición de ciertos roles con responsabilidad, para desarrollar un conjunto de competencias que los capacite para una condición real en un área específica, esta capacitación se da por medio de objetivos de aprendizaje previamente diseñados y establecidos por el instructor, esto con el fin de que el usuario asuma y cumpla con las funciones de un rol a la hora de enfrentar una situación real. Es por ello que los alumnos se sentirán en confianza utilizando aplicaciones gamificación debido a que se le proporcionarán habilidades para enfrentar una situación real desde un juego.

A pesar de que existen aplicaciones con gamificación para apoyar en los procesos de enseñanza – aprendizaje, generalmente estos se desarrollan por especialistas y se requiere invertir grandes cantidades de dinero para su adquisición; adicionalmente el profesor al estar en constante interacción con el alumno es quien conoce a fondo como impartir los temas educativos y bajo este esquema adquirir software a terceros se mantiene lejos del desarrollo de la aplicación educativa por lo que muchas veces el resultado no es el esperado o no resulta acorde a los métodos de enseñanza del profesor o la institución educativa. Generalmente las aplicaciones existentes no son lo suficientemente escalables ya que al requerir nuevos contenidos es necesario recurrir a una nueva aplicación lo que ocasiona que a la larga se tengan contenidos dispersos y no se fomente la reutilización de los mismos.

La plataforma a desarrollar es accesible a través de la nube, lo que permite que no sea necesaria ningún tipo de instalación de software o hardware, evitando así requerimientos adicionales por parte de los profesores para facilitar a sus alumnos aplicaciones educativas a la vanguardia y que les permita reforzar o adquirir nuevo conocimiento. La plataforma desarrollada provee de un proceso formal y guiado para el desarrollo de una aplicación con gamificación con características de realidad aumentada lo que permite desarrollar sin necesidad de conocimientos previos o específicos sobre el desarrollo de software o las tecnologías a implementar.

1.6 Contribución al conocimiento

El desarrollo de una plataforma de generación de aplicaciones con gamificación tiene a continuación los siguientes aportes al conocimiento:

1. Diseño de una arquitectura de integración de la plataforma de generación de software educativo usando el aprendizaje basado en juegos incorporando patrones de diseño de interfaces, características de realidad aumentada y desarrollo multi-dispositivo.
2. Proceso de generación de una aplicación de gamificación integrando atributos del juego, actividades de aprendizaje, desarrollo multi-dispositivo y características de realidad aumentada.

Capítulo 2. Estado del arte

El estado del arte que a continuación se presenta contiene una serie de trabajos relacionados que describen el área de oportunidad que se desea abordar en el proyecto de tesis doctoral. Dichos trabajos se encuentran divididos en las siguientes secciones 2.1 Uso de técnicas de gamificación y juegos serios en aplicaciones educativas, 2.2 Plataformas de generación de juegos educativos y juegos serios, 2.3 Metodologías y modelos para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada y 2.4 Herramientas y arquitecturas para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

2.1 Uso de técnicas de gamificación y juegos serios en aplicaciones educativas

En (Pereira, 2012) se estableció una taxonomía para analizar la situación actual (tendencias y deficiencias), las barreras y facilidades para la adopción de juegos serios en el aprendizaje personal, social y ético; la taxonomía es una herramienta fundamental para crear una estructurada instantánea de un estado actualizado, las tendencias y las deficiencias de un campo de interés. La taxonomía tiene dos temas de clasificación de orientación: el área de la actividad y el objetivo del juego. En (Armstrong, 2013) se definió el concepto de gamificación como una forma de aprovechar mecanismos de motivación para aumentar la inversión individual en un sistema, proceso o recurso; es por ello que se aplicaron estos mecanismos para aumentar el compromiso con el catálogo de una editorial, la implementación de gamificación satisface los objetivos de negocio y de audiencia. Una forma de aplicarlo es por medio de la motivación extrínseca en donde se participa únicamente a causa de factores externos no relacionados con la naturaleza de la actividad en sí, tales como la oportunidad de ganar un premio o mediante la amenaza de un castigo.

En (Raybourn, 2014) se presentó un nuevo paradigma para la formación y la educación más eficaz y escalable llamado aprendizaje Transmedia. El aprendizaje Transmedia se define como el sistema escalable de mensajes que representa un relato o una experiencia básica que se desarrolla a partir del uso de múltiples medios de comunicación, este paradigma de aprendizaje ofrece un uso más eficaz de los juegos serios para la formación y la educación. En (Latorre, López, Serón & Valz, 2014) se presentó el motor de videojuegos SELEAG® (aprendizaje en juegos serios) que es un sistema de aventura gráfica multijugador, inspirado en las aventuras gráficas. Este motor se utiliza para implementar el juego serio TimeMesh®, diseñado para impartir conocimientos y competencias en el área de Historia y Geografía. También se presentó un proceso completo de evaluación que consiste en la interacción con otros usuarios en diferentes etapas.

En (Dicheva, Dichev, Agre & Angelova, 2015) se presentó un estudio de la investigación empírica publicada sobre la aplicación de la gamificación a la educación. El estudio está limitado a artículos que discuten explícitamente los efectos del uso de elementos del juego en contextos educativos específicos. Emplea un diseño de mapeo sistemático. En consecuencia, el autor propone una estructura categórica para clasificar los resultados de la investigación en base a los temas extraídos discutidos en los artículos revisados. Las categorías incluyen principios de diseño de gamificación, mecánica de juego, contexto de aplicación de gamificación (tipo de aplicación, nivel educativo y tema académico), implementación y evaluación.

Esta investigación (Buckley & Doyle, 2016) examinó el impacto que diferentes estilos de aprendizaje y rasgos de personalidad tienen en los estudiantes; (1) percepciones de, (2) compromiso y, (3) rendimiento general en una intervención de aprendizaje con gamificación desarrollada usando un mercado de predicción. El estudio evidencia una gama de respuestas a la gamificación basadas en estilos de aprendizaje individuales y rasgos de personalidad. El resultado clave de esta investigación es el hallazgo de que la experiencia de la gamificación varía dependiendo del individuo atributos. Para esto se utilizó una instancia específica del aprendizaje con gamificación, que a su vez ordenó una relación específica entre los elementos de la gamificación, como tablas de clasificación, insignias, avatares, entre otros. Estos factores imponen limitaciones a la generalización de las correlaciones que se observaron.

En (Peddycord-Liu et al. 2016) se presentó un método que sugiere secuenciación curricular basada en la predicción relación entre los objetivos matemáticos. Para esto aplicó un análisis de juegos serios para la secuenciación curricular integrada al plan de estudios con el juego matemático, ST Math. El autor concluye que, al integrar juegos serios en aulas, los profesores tienen la flexibilidad de cambiar el orden de los objetivos de matemáticas para grupos de estudiantes para jugar. En (Morschheuser, Hassan, Werder & Hamari, 2017) definió que la ingeniería de juegos es un proceso complejo que involucra trabajo multidisciplinario psicología, diseño, programación solo por nombrar algunas disciplinas, es por ello que el desarrollar juegos y artefactos para juegos no solo es una tarea difícil de definir y comprender, sino adicionalmente difícil de diseñar con éxito; el autor toma como área de oportunidad para desarrollar un método y proponer principios para la ingeniería de software con gamificación, con base en una evaluación empírica y de expertos, el método desarrollado es considerado como completo, implementable y útil.

En (García, Pedreira, Piattini, et al., 2017) propuso un marco completo para la introducción de gamificación en entornos de ingeniería de software. Este marco está compuesto de una ontología, una metodología que guía el proceso y un motor de gamificación de soporte. El marco GOAL © tiene como objetivo apoyar la gamificación en las actividades de ingeniería de software mediante el soporte conceptual, metodológico y tecnológico requerido. El marco GOAL © para la gamificación de entornos SE fue evaluado por medio de su aplicación en una empresa de desarrollo de software real a través de un estudio de caso. En (Buckley, Doyle, & Doyle, 2017) realizó un estudio que explora las percepciones de los estudiantes sobre una intervención de aprendizaje con gamificación desplegado dos módulos de estudio, el autor utilizó un enfoque exploratorio. Los grupos focales se llevaron a cabo para desarrollar una comprensión matizada de las percepciones de los estudiantes sobre un ambiente de aprendizaje con gamificación, los resultados obtenidos fueron el impacto en los resultados del aprendizaje, motivación, la importancia de las apuestas, dinámica de grupo, género y los desafíos que presentan las actividades de aprendizaje mediante la gamificación.

En (Lamb, Annetta & Firestone, 2017) definió que los juegos serios son juegos diseñados para entrenar una amplia serie de tareas usando ejemplos de la vida real. Los autores definen que los juegos serios son una amplia categoría de juegos. En este estudio se proporciona evidencia de que un enfoque de aprendizaje basado en juegos se usa en muchas áreas curriculares diferentes y promueve un mayor aprendizaje, debido a que los estudiantes parecen involucrarse más fácilmente con el enfoque de aprendizaje basado en juegos y encontrarlo motivador y agradable. El autor define que el uso de juegos serios y juegos serios educativos parece ser especialmente útil en la promoción de la cognición de orden superior y el desarrollo de habilidades. En (Salomão, Victória & Vianna, 2017) estableció que los juegos serios son un ejemplo de juegos que no son de entretenimiento, están diseñados para mejorar algún aspecto específico de aprendizaje o capacitación, para utilizarse en el área de la educación o en cualquier otra. Este trabajo utiliza la metodología del estudio sistemático de mapeo para mostrar el uso de gamificación y juegos serios sobre el tratamiento de la depresión y como referente para tratar los trastornos mentales.

El concepto general de gamificación es el uso de la mecánica y elementos de un juego en una aplicación que no es un juego; por su parte Armstrong (2013) definió el concepto de gamificación como una forma de aprovechar mecanismos de motivación para aumentar la inversión individual en un sistema, proceso o recurso, para aumentar la motivación y aprovechar los mecanismos de un juego en el proceso de enseñanza aprendizaje diversos autores proponen métodos, procesos

y marcos de trabajo para implementar la gamificación de una manera formal en la mejora del aprendizaje, como es el caso del motor de videojuegos SELEAG ® (Latorre, López, Serón & Valz, 2014) que está diseñado para impartir conocimientos y competencias en el área de Historia y Geografía, por mencionar algunos ejemplos de la aplicación de la gamificación en áreas de estudio como una herramienta de mejora del aprendizaje.

También se analizaron estudios realizados sobre el impacto y la aplicación de la gamificación en la educación (Dicheva, Dichev, Agre & Angelova, 2015; Buckley & Doyle, 2016) en los que se discuten explícitamente los efectos del uso de elementos del juego en contextos educativos específicos obteniendo como resultado que la experiencia de la gamificación en la mejora del aprendizaje varía dependiendo del individuo atributos. Además, la gamificación se aplica a diversos contextos como el marco de trabajo GOAL © (García, Pedreira, Piattini, et al., 2017) que es aplicado en el área de ingeniería del software.

Como se observa en la Tabla 3 se realizó una clasificación de los tipos de actividades, categorías y atributos del juego identificadas en cada trabajo de investigación; en la tabla 3 se observa que la actividad de aprendizaje predominante es la transmisión de la información, es por ello que se concluye que la gamificación tiene como objetivo el aprendizaje la transmisión de información mediante experiencias desarrolladas por el usuario, estas experiencias son desarrolladas implementando atributos del juego en aplicaciones que por dada su naturaleza de desarrollo no son un juego, aunque contengan elementos de él como tal.

Tabla 3. Uso de técnicas de gamificación en aplicaciones educativas.

Artículo	Tipos de actividades de aprendizaje			Categoría del juego			GBL	Gamificación	Juegos serios
	Transmite información	Colaboración	Individual	Tareas y desafíos	Objetivos y opciones	Colaboración y competencia			
(Pereira, 2012)	X			X			X		X
(Armstrong, 2013)			X		X		X	X	X
(Raybourn, 2014)		X				X	X		X
(Latorre, López, Serón & Valz, 2014)		X				X	X		X
(Dicheva, Dichev, Agre & Angelova, 2015)	X				X		X	X	
(Buckley & Doyle, 2016)	X				X		X	X	

Tabla 3. Uso de técnicas de gamificación en aplicaciones educativas.

Artículo	Tipos de actividades de aprendizaje			Categoría del juego			GBL	Gamificación	Juegos serios
	Transmite información	Colaboración	Individual	Tareas y desafíos	Objetivos y opciones	Colaboración y competencia			
(Peddycord-Liu et al. 2016)	X				X		X		X
(Morschheuser, Hassan, Werder & Hamari, 2017)	X				X		X	X	
(García, Pedreira, Piattini, et al., 2017)	X				X		X	X	
(Buckley, Doyle, & Doyle, 2017)	X				X		X	X	
(Lamb, Annetta & Firestone, 2017)	X				X		X		X
(Salomão, Victória & Vianna, 2017)	X			X			X		X

2.2 Plataformas de generación de juegos educativos y juegos serios

En (Barney, 2007) se presentó Metagamer que toma como entrada las reglas de un juego específico y analiza esas reglas para construir una representación eficiente y una función de evaluación para ese juego; los resultados obtenidos son utilizados por un motor de búsqueda genérico. En (Janssens, 2014) se propuso un novedoso proceso de generación de escenario de juego virtual para un juego serio para enfrentar un ciber-acoso. El objetivo del proceso es permitir que los usuarios no técnicos modelen escenarios virtuales. Después de escribir los escenarios, los escenarios se modelan en ATTAC-L y luego traducir en XML interpretable por computadora. Este XML se usa para construir automáticamente el escenario dentro del marco de trabajo para el desarrollo de videojuegos (*games engines*) para que se reproduzca.

En (Ferreira, Pereira & Toledo, 2014) se presentó un algoritmo genético multi-población para generación de niveles de procedimiento sobre una plataforma de juegos. El algoritmo evoluciona cuatro elementos del juego durante sus generaciones: terreno, enemigos, monedas y bloques. Cada elemento tiene su propia codificación y función de población. Al final de la evolución, los mejores cuatro elementos se combinan para construir el nivel. El método tiene como entrada un vector de parámetros para configurar las características de cada elemento. Los experimentos se realizaron para evaluar la capacidad del método de generación de niveles interesantes. Los resultados mostraron el control del método para generar diferentes tipos de niveles.

En (Hale, 2015) presento una plataforma de simulación de phishing, CyberPhishing es una aplicación web del lado del cliente, la plataforma es una herramienta multifacética que proporciona capacidades de simulación y seguimiento de datos en tres medios, es decir, correo electrónico, navegación web y redes sociales. El autor también detalló un estudio de tres partes para investigar la utilidad de los juegos de rol para comprender las señales de confianza en el contenido de phishing y mejorar la conciencia del usuario a través de la capacitación. Khenissi, Essalmi & Jemnithis (2015) realizó estudios comparativos de efectividad entre estos dos tipos de juegos de aprendizaje. La comparación revela la efectividad de los juegos serios para mejorar el nivel de conocimiento de los estudiantes y la convergencia de los dos tipos de juegos de aprendizaje en términos de las satisfacciones de los estudiantes.

En (Maggiolini, Mannalà et al., 2015) se abordó el tema del diseño, creación de prototipos y prueba un editor de nivel automatizado de uso general para plataformas videojuegos. Además de presentar a los diseñadores de niveles la carga de trabajo repetitivo, la generación de contenido procesal es explotada para optimizar el proceso de desarrollo, aumentar la capacidad de reproducción, adaptar juegos a audiencias específicas y habilitar nuevos juegos mecánica. La herramienta propuesta por el autor tiene como objetivo producir niveles que son jugables y divertidos. Al mismo tiempo, que garantiza la máxima libertad para el diseñador de niveles, y sugerir correcciones funcionales a la calidad de la experiencia del jugador. El objetivo de la investigación fue diseñar, prototipar y probar un generador de niveles para plataformas basadas en PCG llamado FUN Promesa. En (Hongyan Xu, 2016) se experimentó la personalización a través del modelado del jugador, así como el ajuste apropiado del contenido de acuerdo con las necesidades y preferencias específicas, fue un paso importante hacia la generación efectiva de contenido. Para los experimentos presentaron una versión del clásico juego Tetris mejorado con 4 parámetros controlables.

En (Alves & Coelho, 2016) se presentó un marco para la generación de contenido para juegos masivos multijugador en línea (MMO). Estudiaron varios juegos MMO con el fin de comprender las propiedades comunes y presentar un marco abierto que tiene como objetivo facilitar el desarrollo de contenido para este tipo de juegos al reducir el esfuerzo del desarrollador y los requisitos de almacenamiento. En (De Oliveira, Jacob & Clua, 2016) se identificó un aspecto en especial: los ciclos en una sesión de juego, que representan una secuencia de acciones que el jugador juega repetidamente en ciertas partes del juego. Estos ciclos tienden a hacer el juego tedioso. De esta forma, es una prioridad para los diseñadores de juegos identificar los ciclos. En este artículo, proponen un enfoque que identifica los ciclos

en los juegos utilizando algoritmos secuenciales de minería de patrones sobre los datos de procedencia recopilados de la sesión del juego.

En (Gallegos, Tesar, Connor & Marts, 2017) se realizó un estudio piloto para describir la experiencia de estudiantes de enfermería con 3D Gamelab ©, una plataforma de aprendizaje basada en juegos. El autor utilizó un diseño descriptivo de investigación cualitativa para obtener reflexiones de sus experiencias por parte de los estudiantes. Para comprender mejor cómo los juegos educativos se utilizan en enfermería, se tiene que realizar más investigación para determinar los elementos más motivadores y los tipos por supuesto. 3D Gamelab © es una plataforma diseñada para tener múltiples misiones que cumplen con el mismo objetivo de aprendizaje, permitiendo así a los estudiantes seleccionar qué actividad de aprendizaje es más atractivo para ellos.

En (Summerville, Mariño et al., 2017) se presentó una colección de métricas para evaluar la calidad de los niveles de juegos de plataforma, y analizó estas métricas para evaluar si son capaces de capturar la dificultad percibida por los humanos, la estética visual y la diversión entre otros factores. El autor identificó que en algunas de las métricas propuestas los valores de correlación de rendimiento con calificaciones humanas son casi empíricos debido a los límites superiores derivados de un estudio de acuerdo inter-evaluador humano. También presenta un modelo de regresión lineal simple utilizando un subconjunto de nuestras métricas como funciones de entrada es capaz de superar sustancialmente a un enfoque anterior que utiliza una red neuronal para predecir la dificultad, estética visual y disfrute en los niveles en una plataforma de juego.

En (Rafiee et al. 2017) se presentó una plataforma interactiva para la ubicación de una turbina eólica, teniendo en cuenta la parte visual y externalidades sonoras. Esta plataforma de integración está desarrollada en el marco de trabajo Unity con base a un modelo de entorno Web unificado en 3D. La plataforma proporciona un ambiente virtual en 3D, ambiente donde los usuarios navegan a través de los datos geoespaciales existentes de todo el país y coloque diferentes tipos de aerogeneradores para explorar su impacto visual en el paisaje. La integración de un modelo de propagación de sonido en la plataforma admite el cálculo y la retroalimentación en tiempo real con respecto al sonido de la turbina de viento. El componente GIS de la plataforma permite utilización de datos georreferenciados masivos (sobre la marcha) a través de técnicas de mosaico, así como accesibilidad de datos e interoperabilidad a través de arquitectura basada en la nube y protocolos estándar geoespaciales abiertos.

Tabla 4. Plataformas de generación de juegos educativos y juegos serios.

Artículo	Tipos de actividades de aprendizaje		Categoría del juego				GBL	Gamificación	Juegos serios
	Transmite información	Colaboración	Reglas	Tareas y desafíos	Objetivos y opciones	Colaboración y competencia			
(Barney, 2007)	X		X				X	X	X
(Janssens, 2014)	X			X			X	X	X
(Ferreira, Pereira & Toledo, 2014)	X				X		X	X	X
(Hale, 2015)		X				X	X	X	X
(Khenissi, Essalmi & Jemnithis, 2015)	X			X			X	X	X
(Maggiorini, Mannalà et al., 2015)	X				X		X	X	X
(Hongyan Xu, 2016)	X			X			X	X	X
(Alves & Coelho, 2016)		X				X	X	X	X
(De Oliveira, Jacob & Clua, 2016)	X				X		X	X	X
(Gallegos, Tesar, Connor & Marts, 2017)	X			X			X	X	X
(Summerville, Mariño et al., 2017)	X			X			X	X	X
(Rafiee et al. 2017)	X			X			X	X	X

En el aprendizaje basado en el juego es un factor motivador, los juegos en el aprendizaje suelen ser atractivos debido a la interacción que ofrecen al usuario y a sus entornos, es por ello la necesidad del desarrollo de plataformas tecnológicas que permitan la generación de juegos de una manera rápida y accesible, en los trabajos presentados en la tabla 4 se refleja el interés por el desarrollo de este tipo de plataformas que auxilien a cualquier tipo de usuario a crear aplicaciones en este caso juegos para su implementación en el ámbito educativo. Los procesos de generación de las plataformas y trabajos relacionados presentados varían en procedimientos, mecanismos o herramientas para su desarrollar, pero todas las plataformas presentadas tienen como objetivo desarrollar juegos cuidando aspectos como métricas, algoritmos, plataformas entre otros.

2.3 Metodología y modelos para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

En (Liarokapis, 2009) se presentó un juego serio de realidad aumentada que se utiliza para mejorar el entretenimiento mediante una interfaz de seguimiento multimodal. El objetivo de la investigación fue diseñar e implementar interfaces genéricas generalizadas que sean fáciles de usar por una amplia gama de usuarios, incluidas las personas con discapacidad. Las interfaces generadas permitieron una interacción perfecta entre los usuarios y la información ambiental superpuesta. Para lograr esto, se han investigado varios dispositivos de interacción personalizados, como el controlador PS3, mouse 3D, etc. así como a través de controles de E / S de UMPC. En (Liarokapis & Sara, A Case Study of Augmented Reality Serious Games, 2010) se examinó algunos de los problemas relacionados con el diseño y la implementación de juegos serios que utilizan entornos de AR tangibles. Su motivación es investigar el uso de los juegos serios de realidad aumentada (ARSG) en el mundo real de los juegos para demostrar esto, evaluaron dos ARSG, un rompecabezas llamado ARPuzzle y un juego arcade ARBreakout. El autor evaluó estos ARSG y concluyó que ARPuzzle es un juego educativo más efectivo en comparación con ARBreakout porque presenta más niveles de colaboración y comentarios. En (Liarokapis, A Pervasive Augmented Reality Serious Game, 2009) y en (Liarokapis y Sara, Un estudio de caso de juegos de realidad aumentada grave, 2010) los autores estudiaron el uso de juegos serios con realidad aumentada proponiendo la incorporación de otros dispositivos y evaluar el resultado de la implementación de un juego serio con realidad aumentada.

En (Sannikov, 2015), se presentó la implementación de un contenido educativo interactivo (IEC) mediante el uso de la realidad aumentada y las tecnologías de visualización 3D en la educación secundaria. La implementación de IEC obtuvo la formación de las competencias de los estudiantes, como la comprensión de conceptos, operaciones, explicación y argumentación, entre otros. El trabajo de investigación presentó el algoritmo de la interacción de módulos de IEC y la interacción de módulos de software arquitectónicos de IEC para un sistema multiplataforma de elaboración de aplicaciones 2D y 3D utilizando Unity, Vuforia y OpenCV para la integración de AR y lógica de escenarios en un juego. La implementación de IEC se basó en modelos físicos y matemáticos reales. En (Emmerich, 2017) se presentó un marco basado en patrones para juegos AR basados en sensores, destacaron enfoques para especificar patrones de diseño y crearon un marco de patrones de diseño para juegos AR, proporcionaron ideas para la construcción de juegos basados en estos patrones, y por ejemplo, adaptó una muestra de ellos para HoloLens de Microsoft usando el motor de juego Unity.

En (Pérez-Colado, 2017) se presentó un modelo basado en la ubicación diseñado para integrarse en otras herramientas serias de creación de juegos que admiten otros géneros de juegos. Este modelo se basa en objetivos estándar para ser compatible con los modelos de mapas existentes, pero también crea una capa de interacción especialmente valiosa en juegos serios basados en la ubicación. Además, este modelo tiene como objetivo mezclar géneros de juegos y, por lo tanto, permite la integración de elementos nativos en el mapa e incluso lanzar escenas anidadas de otros géneros. Debido a esto, los autores expusieron diferentes técnicas de posicionamiento y comportamientos que deben usar elementos mixtos.

En (Diego, Leticia, Luis, Stteffano y Lourdes, 2018) presentaron un proyecto destinado a mostrar resultados alentadores para mejorar la atención en niños con TDAH utilizando un estudio de caso que ayuda a evaluar la efectividad de ARSG. A través de un prototipo llamado ATHYNOS; Fue construido utilizando un enfoque metódico formal de diseño de juegos. Incluye un espacio de actividades diseñado de acuerdo con las prácticas de intervención adecuadas establecidas por expertos en el campo del TDAH. Además, se consideró una interfaz de usuario natural, basada en los movimientos del cuerpo (uso de diferentes dispositivos, como sensores), como tecnología de asistencia para estimular el entorno de aprendizaje. Los participantes que jugaron ATHYNOS durante varias sesiones mejoraron significativamente el funcionamiento de su vida diaria en los dominios de gestión del tiempo y habilidades sociales. Como resultado, hay una mejora en su nivel de concentración.

En (Nurtihah, 2018) se presentó una herramienta de aprendizaje de Tajweed de alta calidad que implementa un proceso de diseño y desarrollo. Este estudio utilizó la gamificación y la realidad aumentada en el diseño y desarrollo del aprendizaje de Tajweed para hacer que el aprendizaje sea más cautivador y significativo. El modelo ADDIE se empleó para llevar a cabo los procesos de diseño y desarrollo. En (Julio Cristian, 2018) se creó la herramienta educativa de geometría AR mediante el uso del aprendizaje basado en el diseño y el enfoque de aprendizaje basado en el juego para crear una mejor herramienta educativa de geometría. Además, la aplicación también utilizó un ciclo de vida de desarrollo de software iterativo que requiere una serie de un prototipo para encontrar la mejor mecánica de juego AR en el proceso de aprendizaje de geometría. La herramienta implementó un sistema AR con enfoques de modelado de objetos y un enfoque de aprendizaje basado en el descubrimiento en un juego que utiliza la realidad aumentada basada en marcadores.

En (Dash, 2018) se usó la tecnología de realidad aumentada (AR) para crear ayudas visuales a través de la visualización para el aprendizaje en la primera infancia. La metodología propuesta funciona según el principio de aumentar los objetos virtuales 3D sobre los alfabetos ingleses que se utilizan como marcadores impresos. Los pasos importantes de una aplicación de AR típica basada en marcadores son: (i) detección de marcadores en el campo de visión (FOV) de la cámara, (ii) identificación del marcador, (iii) estimación de la pose del marcador, y (iv) renderizar contenido virtual en 3D sobre el marcador en una transmisión de video en vivo. Hemos formulado el proceso de identificación de marcadores como un problema de clasificación que se logra con la ayuda de redes neuronales convolucionales (CNN). En (Klimova, 2018) se presentó una revisión de las prácticas existentes en la enseñanza de los cursos de Realidad Aumentada. Se analizaron 17 cursos impartidos por las principales universidades para comprender las tendencias actuales en educación AR. El autor analizó las siguientes categorías: requisitos previos, objetivos curriculares y resultados de aprendizaje, métodos de enseñanza y medios de evaluación. Se descubrió que algunos cursos utilizan el método no tradicional de enseñanza: "método de facilitación de clase tipo taller" y el uso de una variedad de métodos de evaluación.

Tabla 5. Metodología y modelos para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

Artículo	Uso de RA	Implementación de un framework de RA	Implementación de una metodología de RA	Desarrollo de modelos de RA	Juegos Serios
(Liarokapis, 2009)	X	X			X
(Liarokapis & Sara, A Case Study of Augmented Reality Serious Games, 2010)	X	X			X
(Sannikov, 2015)	X	X	X	X	X
(Emmerich, 2017)	X	X		X	X
(Pérez-Colado, 2017)				X	X
(Diego, Leticia, Luis, Stteffano y Lourdes, 2018)	X	X		X	X
(Nurtihah, 2018)	X	X	X	X	X
(Julio Cristian, 2018)	X	X	X		X
(Dash, 2018)	X	X	X	X	X
(Klimova, 2018)	X	X			

La implementación de realidad aumentada en los juegos serios resulto ser innovadora en el desarrollo de competencias de los jugadores debido a que auxilia de manera favorable en el proceso de desarrollo de capacidades como la comprensión de conceptos, operaciones, explicaciones y argumentaciones

(Sannikov, 2015). Los estudios realizados sobre juegos serios con realidad aumentada reportan que un juego serio de realidad aumentada mejora el entretenimiento en el proceso de enseñanza aprendizaje, es por ellos la necesidad de desarrollar juegos serios que incorporen realidad aumentada de una manera fácil y formal; algunos autores (Emmerich, 2017; Pérez-Colado, 2017) desarrollaron marcos de trabajo y modelos de diseño para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada resaltando la necesidad de un proceso de desarrollo que facilite los pasos para la elaboración de un juego serio con realidad aumentada desde su diseño hasta su implementación.

En la tabla 5 como se presenta un análisis comparativo de los trabajos de investigación citados, en los cuales se identifico el uso de realidad aumentada, la implementación de un marco de trabajo de realidad aumentada o de una metodología de desarrollo de realidad aumentada entre otras características; como resultado del análisis comparativo se observa que la mayoría de los trabajos desarrollaron juegos serios con realidad aumentada con la implementación de un marco de trabajo de realidad aumentada, es por ello la necesidad de definir el proceso de desarrollo de un juego serio con realidad aumentada y la incorporación de realidad aumentada al juego serio, así como la implementación del marco de trabajo.

2.4 Herramientas y arquitecturas para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

En (Gu, 2011) se construyó un motor de juegos AR móvil que se utiliza para desarrollar juegos AR basados en imágenes estacionarias y controladas por el fabricante, este motor de juegos es compatible con los sistemas operativos Apple iPhone, Google Android y Symbian. El motor del juego es MARGE, que incluye dos niveles de estructura. En el nivel inferior, AR- Toolkit realiza funciones de procesamiento y seguimiento de imágenes y transmite información al motor de juego de nivel superior. El motor de juego de nivel superior combina la tecnología AR junto con las funcionalidades y características del juego. El soporte de la biblioteca AR de MARGE no se limita solo a ARToolkit, ya que también soporta diferentes bibliotecas AR. En (Eleftheria, 2013) se centró en la Realidad Aumentada (AR) y en la Gamificación para la creación de un libro educativo de AR. En este proyecto, los usuarios interactúan con un laboratorio virtual y realizan experimentos y completar desafíos a través del juego para ampliar y probar sus conocimientos. Utilizando técnicas de AR y gamificación, el objetivo es proporcionar una comprensión más completa de la materia, al mismo tiempo que involucra a los alumnos y aumenta su disfrute durante el proceso de aprendizaje.

En (MCCALLUM, 2013) se propuso una arquitectura basada en Realidad Aumentada (AR) y gestos, para actuar como una "columna vertebral" para desarrollar técnicas de interacción portátiles y móviles para los jugadores de edad avanzada. Este sistema de detección basado en gestos propuesto apoya la adaptabilidad de la técnica de interacción desarrollada a las habilidades especiales de cada usuario individual, y se implementa en gafas AR. La arquitectura tiene un elemento de adaptabilidad que permite la personalización de la calibración de gestos. Esta arquitectura favorece principalmente los videojuegos que tienen que ver con la manipulación de un objeto digital (es decir, Angry Birds, Worms, Wii Sports, Jenga, et al.). Por lo tanto, los autores también presentaron una maqueta de un juego similar a Angry Birds en 3D visto a través de la vista de gafas AR de un jugador anciano.

En (Vidal, 2016) se presentaron los Juegos de realidad aumentada móvil para soporte educativo (MAGIS), un marco para el desarrollo de juegos de realidad aumentada móvil (AR) para la educación. El marco admite tecnologías de vanguardia que permiten el seguimiento y la representación de AR en dispositivos móviles a nivel del consumidor, e integra estas tecnologías con herramientas de generación de contenido que simplifican el desarrollo de juegos educativos de AR. El marco MAGIS está compuesto por varios subsistemas modulares. Cada uno de estos subsistemas está diseñado para ser conectable y / o reemplazable según las demandas de la aplicación en particular. En (Rauschnabel, 2017) el marco propuesto tiene como objetivo explicar los impulsores de las reacciones actitudinales e intencionales, como la continuidad en los juegos o la disposición a invertir dinero en compras en la aplicación. Una encuesta entre 642 jugadores de Pokémon Go proporciona información sobre los controladores psicológicos de los juegos AR móviles. Los resultados muestran que los beneficios hedónicos, emocionales y sociales y las normas sociales impulsan las reacciones de los consumidores, mientras que los riesgos físicos (pero no los riesgos de privacidad de datos) obstaculizan las reacciones de los consumidores. Sin embargo, la importancia de estos controladores varía según la forma del comportamiento del usuario.

En (Sood & Singh, 2018), se propuso un marco de realidad virtual basado en EEG asistido por Optical-Fog que utiliza los recursos de la red óptica para mejorar la experiencia de aprendizaje electrónico. El marco propuesto utiliza una capa Edge-Fog y una capa Optical-Fog de la red óptica para proporcionar soluciones efectivas para ejecutar aplicaciones de juegos basadas en EEG. La representación de la aplicación de juego se realiza en los nodos de niebla óptica sin agregar congestión de red y ningún retraso de red adicional. El marco es adaptable en el sentido de que los juegos con comentarios inmediatos responden

a la experiencia, el conocimiento y sus pensamientos de los estudiantes para optimizar su experiencia de aprendizaje y mejorar la eficiencia de las aplicaciones de juego. Además, el marco propuesto administra eficientemente los recursos para jugar juegos educativos en tiempo real basados en EEG que se ejecutan en diversas ubicaciones geográficas.

En (Jeferson, 2018) se presentó el desarrollo de la plataforma CREANDO emerge para optimizar el desarrollo de experiencias de juego basadas en una narrativa generalizada. Específicamente, la herramienta permite generar experiencias en espacios cerrados, ya que son las que se encuentran en las instituciones de educación superior. La plataforma CREANDO fue validada a través de un caso de prueba, respaldado por herramientas estadísticas antes y después del uso de la experiencia por parte de los estudiantes. Se han evaluado los atributos de la jugabilidad y existe una relación entre los juegos dominantes y el atributo motivacional generado por el prototipo desarrollado. Las métricas aplicadas en la evaluación concluyeron que los juegos dominantes apoyan positivamente el proceso de motivación, socialización e inmersión de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La plataforma CREANDO está diseñada con las directivas proporcionadas por la metodología GeoPGD. En (Fazel, 2018) se presentó una nueva herramienta de realidad aumentada interactiva de múltiples marcadores asequible para construir superficies modulares de forma libre implementadas mediante la integración de dispositivos accesibles comunes. La herramienta propuesta consta de dos cámaras digitales, una pantalla montada en la cabeza, un procesador y dos marcadores que permiten al usuario ver virtualmente la ubicación precisa de cualquier objeto propuesto en el mundo real. También se diseñó un subsistema de control para mejorar la precisión de la construcción.

En (Herbert, 2018) presentó (1) Una arquitectura modular generalizada para soportar una variedad de dominios y enfoques pedagógicos; (2) capacidades de autoría mejoradas para crear cursos de AR; (3) Ahorro en el uso de anotaciones para evitar abrumar al alumno; (4) Soporte para redes y una biblioteca de abstracción para compartir datos entre ITS y AR. El autor propuso dos posibles métodos para la implementación: el ARAT no inteligente basado en el cliente y el ARAT inteligente basado en el cliente. El ARAT no inteligente basado en el cliente descarga la mayor parte del procesamiento espacial a un servidor de terceros o el ITS, mientras que el ARAT inteligente basado en el cliente realiza un procesamiento espacial. En (Ruminski, 2019) se presentó una arquitectura para servicios AR distribuidos a gran escala y una evaluación experimental del componente principal: el Middleware de Realidad Aumentada Semántica. La arquitectura se basa en un diseño cliente-servidor, que admite el modelado

semántico y la creación de presentaciones AR contextuales para una gran cantidad de usuarios. La arquitectura se basa en el paradigma de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) que permite construir sistemas distribuidos que brindan funcionalidad de aplicaciones como servicios para aplicaciones de usuario final u otros servicios. La arquitectura propuesta consta de dos componentes del lado del cliente y múltiples aplicaciones de servicios distribuidos del lado del servidor: middleware semántico y proveedores de servicios AR.

Tabla 6. Herramientas y arquitecturas para el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

Artículo	Uso de RA	Implementación de un framework de RA	Desarrollo de herramientas RA	Arquitecturas para el desarrollo de aplicaciones de RA	Juegos Serios
Gu (2011)	X	X	X		X
Eleftheria (2013)	X	X			
McCallum (2013)	X	X	X	X	X
Vidal (2016)	X	X	X		X
Rauschnabel (2017)	X				X
Sood & Singh (2018)	X	X			X
Jeferson (2018)			X		X
Fazel (2018)	X		X		
Herbert (2018)	X	X	X	X	
Ruminski (2019)	X	X		X	

En la tabla 6 se realizó un análisis comparativo de características como la implementación de un marco de trabajo de realidad aumentada, el desarrollo de herramientas de realidad aumentada y el diseño de arquitecturas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada de los trabajos citados. Como se puede observar en la tabla la mayoría de los trabajos de realidad aumentada se enfocan en el desarrollo de motores de juegos de realidad aumentada para desarrollar juegos (Gu, 2011; Vidal, 2016; Rauschnabel, 2017; Sood & Singh, 2018), lo motores de juegos de realidad aumentada propuestos implementan diversas tecnologías de vanguardia como imágenes estacionarias, desarrollo móvil e incluso de una red óptica para proporcionar soluciones efectivas para ejecutar los juegos serios con realidad aumentada; resaltando de esta manera que el desarrollo de juegos serios con realidad aumentada es un área de oportunidad para la investigación.

Por su parte (McCallum, 2013; Herbert, 2018; Ruminski, 2019) presentaron arquitecturas para la implementación de realidad aumentada en una variedad de dominios y enfoques pedagógicos, resaltando características como la adaptabilidad y escalabilidad de las arquitecturas propuestas. Una arquitectura del software es un conjunto de elementos que proporcionan un marco definido para interactuar los componentes de un software, en las arquitecturas presentadas se establece de forma modular la interacción de diversos componentes para obtener juegos, curso y aplicaciones con realidad aumentada como se puede observar en la tabla 5.

Capítulo 3. Aplicación de la metodología

En el presente capítulo se describe la metodología a utilizar para el desarrollo de la plataforma tecnológica para la generación de software educativo usando el aprendizaje basado en el juego, la arquitectura de la plataforma, las tecnologías a implementar, y se expresan a través de diversos pasos el funcionamiento de la arquitectura. Así también, se describen cada una de las actividades realizadas en el desarrollo de la plataforma tecnológica como lo son análisis y descripción técnicas de gamificación y juegos serios en aplicaciones educativas, el análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) y los motores de videojuegos propietarios (*Proprietary game engines*) para desarrollar juegos educativos y serios. En la etapa del diseño de la herramienta se realizó la identificación de categorías de juegos y atributos de juegos, así como la maquetación del prototipo de la herramienta a desarrollar y la identificación del espacio de trabajo en la herramienta. Finalmente se describe el proceso de generación de la herramienta y la arquitectura de la plataforma a desarrollar, así como los componentes que la forman y el flujo de trabajo de los componentes dentro de la arquitectura.

3.1 Metodología de investigación

Esta sección presenta la metodología propuesta para el desarrollo del proyecto de tesis doctoral la cual se basa en el método científico inductivo y se plasma en cuatro etapas: 1) Análisis, 2) Diseño, 3) Desarrollo y 4) Pruebas (como se observa en la figura 3.1). El seguimiento de cada una de estas etapas permite llegar a la solución del problema propuesto; al desarrollo de una plataforma tecnológica para la generación de software educativo usando el aprendizaje basado en el juego.

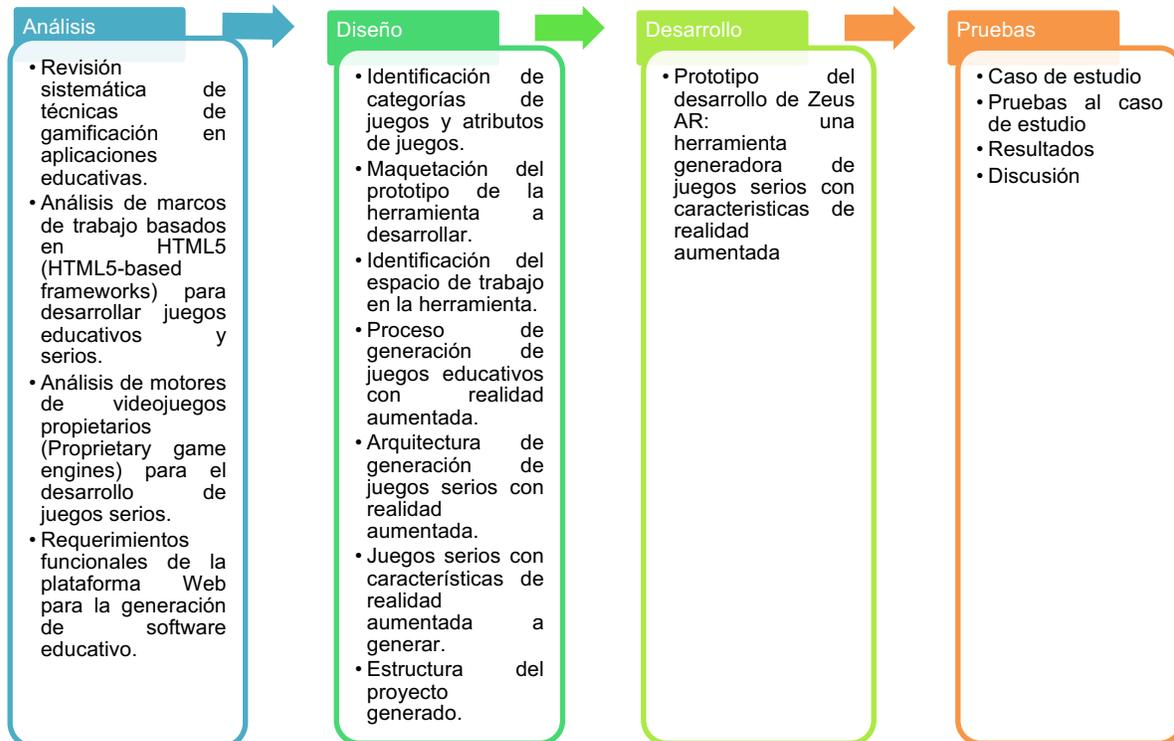


Figura 3.1 Metodología de investigación.

3.2 Etapa de análisis.

En esta etapa se llevó a cabo la revisión del estado del arte para determinar los enfoques propuestos por otros autores que tienen relación con el área de investigación de este tema de tesis; se realizó también una revisión y análisis de marcos de trabajo, bibliotecas de funciones, para el desarrollo de la plataforma tecnológico para la generación de aplicaciones con gamificación. De igual manera se tomó como base las clasificaciones de juegos propuesta por Lamerar, en la cual se analizaron los atributos del juego y las actividades de cada uno, después se elaboró una distribución de los atributos del juego dependiendo de sus características.

3.2.1 Revisión sistemática de técnicas de gamificación en aplicaciones educativas.

Las tablas 1 y 2 presentan los trabajos analizados en la revisión sistemática sometidos a la clasificación de Lamerar (2015) tomando en cuenta los tipos de actividades de aprendizaje, los atributos de los juegos y la clasificación establecida, los trabajos presentados están elaborados en diversas tecnologías con tecnologías de gamificación, juegos serios, *Information Technology Infrastructure Library* y *Technology Enhanced learning* con el objetivo encontrar atributos y tipos de actividades para encontrar un punto de referencia para su posterior integración a la gamificación.

El objetivo de las actividades de aprendizaje en juegos es obtener un resultado establecido, es por ello que se sometió a una evaluación trabajos relacionados previamente seleccionados tomando como base la clasificación de Lamerás (2015) para identificar las actividades de aprendizaje que se desempeñaron en cada uno de estos trabajos relacionados; para obtener como resultado la clasificación de qué tipo de actividades pertenece a cada trabajo relacionado y si cumplían con el propósito para el que fueron diseñados.

Después de identificar los tipos de actividades de aprendizaje se identificaron los atributos del juego que estaban presentes en cada trabajo, cabe mencionar que aunque no todos los trabajos tienen la aplicación de un juego o alguna técnica relacionada se sometieron al análisis para identificar aquellos factores que estén presentes en su desarrollo para posteriormente como trabajo a futuro integrar las diferentes tecnologías implementadas en aplicaciones con gamificación con el objetivo de fortalecer su aplicación y abarcar otras tecnologías.

El resultado de los tipos de actividades de aprendizaje presentes en los trabajos analizados se muestra en la Figura 3.2.

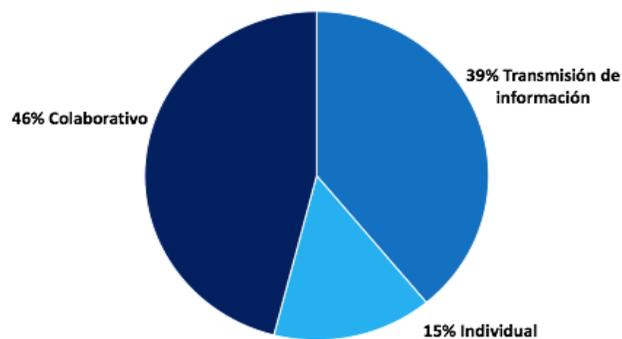


Figura 3.2 Tipos de actividades de aprendizaje encontradas en los artículos seleccionados.

El resultado obtenido en trabajos de gamificación presentan la transmisión de información, individual y colaborativo dependiendo del contexto de cada trabajo, al igual que los trabajos relacionados con los juegos serios que están presentes estos tipos de actividades de aprendizaje transmisión de información, individual y colaborativo; mientras tanto en las otras tecnologías analizadas como TEL presentó la transmisión de información y actividades del tipo individual e ITIL presentó el tipo de actividad colaborativo. Las aplicaciones con gamificación y los juegos serios al estar ligados con el uso e implementación de juegos se hizo una identificación de todos los tipos de actividades de aprendizaje ya que pertenecen a la misma área, mientras que TEL e ITIL son tecnologías que, aunque no implementan técnicas de juego se identificaron actividades de aprendizaje y

atributos del juego para en un futuro por medio de este punto en común se implementan en aplicaciones con gamificación.

Los atributos del juego presentes en los trabajos de aplicaciones con gamificación son la descripción de tareas, descripción de contenido, repetición del objetivo, misiones, jornadas de juego, niveles de juego y la colaboración de comunidad; las aplicaciones con gamificación emplean técnicas del juego es por ello que se identifican más de un atributo en cada una de las aplicaciones. En los juegos serios los atributos presentes son la colaboración de la comunidad, tablas de clasificación, descripción de la tarea y descripción del objetivo; los juegos serios son juegos cuyo objetivo está definido desde su diseño es por ello que la descripción de la tarea y del objetivo están definidas desde su diseño. Por otra parte, los trabajos relacionados con TEL presentaron los atributos de juego descripción de la tarea, niveles, requisitos de estudio y puntos de investigación. ITIL presentó la colaboración y clasificación.

Una vez identificados los atributos de los juegos, se realizó una clasificación de acuerdo a los atributos a qué categoría de juego pertenecen los trabajos, estos resultados se observan en la Figura 3.3.

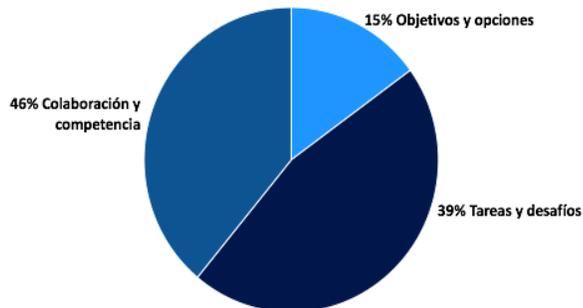


Figura 3.3 Categorías de juegos encontradas en los artículos seleccionados.

Como resultado de la revisión sistemática se obtuvo que la categoría de juegos que más se implementa en aplicaciones con gamificación y juegos serios es la categoría de “competencia y colaboración”, la cual se implementa en casi la mitad de los trabajos analizados; seguido de la categoría de “Tareas y desafíos” y “Objetivos y opciones”. Cabe destacar que en ninguno de los trabajos se encontraron atributos de juego de la categoría de “Discusión y argumentación”.

3.2.2 Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.

En esta sección, se presenta un análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 para el desarrollo de juegos. Para validar el análisis mencionado anteriormente, se seleccionaron diez marcos de trabajo basados en HTML5. Los marcos de trabajo basados en HTML5 seleccionados permiten desarrollar aplicaciones web, aplicaciones móviles y aplicaciones híbridas en algunos casos. Los marcos de trabajo basados en HTML5 seleccionados fueron: Construct 2, ImpactJS, Quintus, WADE, pixi.js, EaselJS, melonJS, three.js, phaser y playCanvas.

Al final del proceso de análisis, se determinó la importancia de los atributos del juego para el contexto educativo y la disponibilidad de los atributos de cada juego en las categorías de un juego de acuerdo con los marcos de trabajo basados en HTML5 seleccionados. No obstante, es posible que, de acuerdo con el tipo de juego educativo y el nivel académico al que se dirige este juego educativo, se requieran nuevos atributos omitidos en esta evaluación.

La Tabla 7 muestra el conjunto de atributos de juegos disponibles para cada marco de trabajo basados en HTML5. Es importante mencionar que algunos de los atributos se repiten en dos o más clasificaciones porque refuerzan los objetivos de cada clasificación. La Tabla 7 muestra los atributos de juegos disponibles y la categoría de juegos establecida por Lamer de cada motor de juego.

Tabla 7. Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.

Atributos del juego					
Marco de trabajo	Reglas	Objetivos y opciones	Tareas y desafíos	Colaboración y competencia	Retroalimentación y evaluación
Construct 2	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - -Temporizadores -Barras de progreso	de -Misiones de -Avatares de -Diálogos anidados	-Barras de progreso -Tareas principales -Múltiples tareas para elegir -Tareas de rama	de -Juegos de roles de -Colaboración de la comunidad -Bonos - -Temporizadores - -Descubrimiento líder -Puntuación -Niveles de puntuación -Inventarios -Tablas	de -Consejos de juego de -Personajes de -Niveles de juego de -Obtención y pérdida de vidas de -Barras de progreso de -Cuadros de mando

Tabla 7. Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.

Atributos del juego																														
Marco de trabajo	Reglas		Objetivos y opciones		Tareas y desafíos		Colaboración y competencia		Retroalimentación y evaluación																					
ImpactJS	-Niveles de puntuación	de -	- Rompecabezas	- Historias	- Misiones	- Avatares	- Barras de progreso	- Tareas principales	- Múltiples tareas para elegir	- Juego de rol	- Bonos	- Temporizadores	- Puntuación	- Niveles de puntuación	- Inventarios	- Tablas	- Consejos de juego	- Personajes	- Niveles de juego	- Obtención y pérdida de vidas	- Barras de progreso	- Cuadros de mando								
Quintus	-Niveles de puntuación	de -	- Rompecabezas	- Misiones	- Avatares	- Barras de progreso	- Tareas principales	- Juego de rol	- Temporizadores	- Niveles de puntuación	- Consejos de juego	- Obtención y pérdida de vidas	- Barras de progreso																	
WADE	-Niveles de puntuación	de -	- Misiones de juego	- Historias	- Diálogos anidados	- Rompecabezas	- Avatares	- Diario de juego	- Tareas principales	- Rompecabezas	- Juego de rol	- Bonos	- Temporizadores	- Puntuación	- Niveles de puntuación	- Inventarios	- Tablas	- Consejos de juego	- Personajes	- Niveles de juego	- Obtención y pérdida de vidas	- Barras de progreso	- Cuadros de mando							
pixi.js	-Niveles de puntuación	de -	- Misiones	- Tarjetas	- Historias	- Rompecabezas	- Avatares	- Misiones de juego	- Historias	- Diálogos anidados	- Rompecabezas	- Avatares	- Barras de progreso	- Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria				- Juego de rol	- Bonos	- Temporizadores	- Puntuación	- Niveles de puntuación	- Inventarios	- Tablas	- Consejos de juego	- Personajes	- Niveles de juego	- Obtención y pérdida de vidas	- Barras de progreso	- Cuadros de mando

Tabla 7. Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.

Atributos del juego								
Marco de trabajo	Reglas		Objetivos y opciones		Tareas y desafíos		Colaboración y competencia	Retroalimentación y evaluación
EaseJS	-Niveles de puntuación	de	-Misiones	-Tarjetas	-Barras de progreso	de	- Juego de rol	-Consejos de juego
	-Niveles de movimiento	de	objetivas	-Historias	-Múltiples tareas para elegir		-Bonos	-Personajes
	-		-Diálogos	-Historias	tareas para elegir		-	-Niveles de juego
	Temporizadores		anidados	-Historias	-Tareas principales		Temporizadores	-Obtención y pérdida de vidas
	-Barras de progreso	de	-	Rompecabezas	-Tareas de rama		-Puntuación	-Barras de progreso
			-Avatares	-Avatares	-Tareas de rama		-Niveles de puntuación	-Cuadros de mando
					-		- Inventarios	
					-		- Tablas	
					Rompecabezas			
					-Requisitos			
melonJS	-Niveles de puntuación	de	-Misiones	-Tarjetas	-Barras de progreso	de	- Juego de rol	-Personajes
	-Niveles de movimiento	de	objetivas	-Historias	-Múltiples tareas para elegir		-Bonos	-Niveles de juego
	-		-	-	tareas para elegir		-	-Obtención y pérdida de vidas
	Temporizadores		Rompecabezas	Rompecabezas	-Tareas principales		Temporizadores	-Barras de progreso
	-Barras de progreso	de	-Avatares	-Avatares	-Tareas principales		-Niveles de puntuación	-Cuadros de mando
	- Instrucciones del juego				-Tareas de rama		- Inventarios	
	incluyendo las condiciones de la victoria				-		- Tablas	
					Rompecabezas			
					-Requisitos			
Three.js	-Niveles de puntuación	de	-Misiones	-Tarjetas	-Barras de progreso	de	- Juego de rol	-Personajes
	-Niveles de movimiento	de	objetivas	-Historias	-Múltiples tareas para elegir		-Bonos	-Niveles de juego
	-		-	-	tareas para elegir		-	-Obtención y pérdida de vidas
	Temporizadores		Rompecabezas	Rompecabezas	-Tareas principales		Temporizadores	-Barras de progreso
	-Barras de progreso	de	-Avatares	-Avatares	-Tareas principales		-Niveles de puntuación	-Cuadros de mando
					-Tareas de rama		- Inventarios	
					-		- Tablas	
					Rompecabezas			
					-Requisitos			
Phaser	-Niveles de puntuación	de	-Diario de juego	de	-Barras de progreso	de	- Juego de rol	-Consejos de juego
	-Niveles de movimiento	de	-Misiones	-Tarjetas	-Múltiples tareas para elegir		- Colaboración de la comunidad	-Personajes
	-		objetivas	-Historias	tareas para elegir		-Bonos	-Niveles de juego
	Temporizadores		-Historias	-Historias	-Tareas principales		-	-Obtención y pérdida de vidas
	-Barras de progreso	de	-Diálogos	-Diálogos	-Tareas principales		Temporizadores	-Barras de progreso
	- Instrucciones del juego		anidados	anidados	-Tareas de rama		-Puntuación	-Cuadros de mando
			-	-	-		-Niveles de puntuación	
			Rompecabezas	Rompecabezas	-			

Tabla 7. Análisis de marcos de trabajo basados en HTML5 (HTML5-based frameworks) para desarrollar juegos educativos y serios.

Atributos del juego					
Marco de trabajo	Reglas	Objetivos y opciones	Tareas y desafíos	Colaboración y competencia	Retroalimentación y evaluación
	incluyendo las condiciones de la victoria	-Avatares de	Rompecabezas de investigación -Requisitos	-Inventarios de - Tablas	
PlayCanvas	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - Temporizadores -Barras de progreso	de juego -Misiones -Historias -Diálogos anidados - Rompecabezas -Avatares	de juego -Múltiples tareas para elegir -Tareas principales -Tareas de rama - Rompecabezas -Puntos de investigación -Requisitos	de progreso de la comunidad - Bonos - Temporizadores - Descubrimiento líder -Puntuación -Niveles de puntuación -Inventarios - Tablas	-Consejos de juego -Personajes -Obtención y pérdida de vidas -Barras de progreso

El objetivo de este análisis fue obtener una referencia para elegir un marco de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) para el desarrollo de aplicaciones educativas, juegos serios o ambos. La Tabla 7 muestra cada uno de los atributos admitidos en cada marco y sirve como referencia en función del tipo de aplicación que se desarrolla para elegir un marco que satisfaga los atributos del juego establecidos por un desarrollador.

3.2.3 Análisis de motores de videojuegos propietarios (Proprietary game engines) para el desarrollo de juegos serios.

En esta sección se presenta un análisis de los motores de videojuegos propietarios (*Proprietary game engines*) para el desarrollo de juegos. Para validar el análisis mencionado anteriormente, se seleccionaron ocho motores de juegos propietarios. Los motores de videojuegos propietarios seleccionados permiten el desarrollo de aplicaciones Web, aplicaciones móviles y aplicaciones híbridas en algunos casos. Los motores de videojuegos propietarios seleccionados fueron: Unity, CryEngine, Unreal engine 4, cocos2D, Blender, BigWorld, Leadwerks y HeroEngine. Los desarrolladores utilizan los motores de juegos patentados más populares, ya que cada motor de juegos seleccionado proporciona un conjunto de herramientas de desarrollo visual, además de componentes de software

reutilizables. Al final del proceso de análisis, se determinó la importancia de los atributos del juego para el contexto educativo y la disponibilidad de los atributos de cada juego en las categorías de juegos de acuerdo con los motores de juegos patentados seleccionados. Sin embargo, es posible que, de acuerdo con el tipo de juego educativo y el nivel académico al que se dirige este juego educativo, se requieran nuevos u otros atributos que no se encuentran presentes en esta evaluación. En la tabla 8 se puede observar el resultado del análisis de los atributos de juego en los motores de videojuegos propietarios para el desarrollo de juegos serios.

Tabla 8. Análisis de motores de videojuegos propietarios (Proprietary game engines) para el desarrollo de juegos serios.

Atributos del juego							
Marco de trabajo	Reglas	Objetivos y opciones	Tareas y desafíos	Colaboración y competencia	Retroalimentación y evaluación		
Unity	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - Temporizadores -Barras de progreso - Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria	de de - -Diálogos anidados - Rompecabezas -Personajes	-Diario de juego -Misiones -Tarjetas objetivas -Historias -Diálogos anidados - Rompecabezas -Personajes	-Barras de progreso -Múltiples tareas para elegir -Tareas principales -Tareas de rama -Rompecabezas -Puntos de investigación -Requisitos	-Juego de rol - Colaboración de la comunidad -Bonos -Concursos -Niveles de puntuación - Temporizadores -Puntuación -Inventarios -Tablas	-Consejos de juego -Personajes -Niveles de juego - Obtención y pérdida de vidas. -Barras de progreso -Cuadros de mando	
Cryengine	-Niveles de movimiento - Temporizadores -Barras de progreso - Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria	de de - - Rompecabezas -Personajes/ Avatares	-Misiones -Tarjetas objetivas - Rompecabezas -Personajes/ Avatares	-Barras de progreso -Múltiples tareas para elegir -Rompecabezas -Requisitos	-Bonos -Concursos -Niveles de puntuación - Temporizadores -Puntuación -Tablas	-Consejos de juego -Personajes -Niveles de juego -Barras de progreso -Cuadros de mando	
Unreal Engine 4	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - Temporizadores -Barras de progreso - Instrucciones del juego	de de - - Rompecabezas -Personajes/ Avatares	-Diario de juego - Misiones -Tarjetas objetivas -Historias - Rompecabezas -Personajes/ Avatares	-Barras de progreso -Múltiples tareas para elegir -Tareas principales -Tareas de rama -Rompecabezas -Puntos de investigación	-Juego de rol - Colaboración de la comunidad -Bonos -Concursos -Niveles de puntuación - Temporizadores	-Consejos de juego -Personajes -Niveles de juego - Obtención y pérdida de vidas. -Barras de progreso -Barras de progreso	

Tabla 8. Análisis de motores de videojuegos propietarios (Proprietary game engines) para el desarrollo de juegos serios.

Atributos del juego					
Marco de trabajo	Reglas	Objetivos y opciones	Tareas y desafíos	Colaboración y competencia	Retroalimentación y evaluación
	incluyendo las condiciones de la victoria		-Requisitos	-Puntuación -Inventarios -Tablas -Descubrimiento líder.	
Cocos2d	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - -Temporizadores -Barras de progreso - Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria	-Diario de juego -Misiones -Tarjetas objetivas - -Rompecabezas -Personajes/ Avatares	-NPC descripción de las tareas basadas en múltiples tareas para elegir -Tareas principales -Tareas de rama -Rompecabezas -Puntos de investigación -Requisitos	-Juego de rol de la comunidad -Bonos -Concursos -Niveles de puntuación - -Temporizadores -Puntuación -Inventarios -Tablas.	-Consejos de juego -Personajes -Niveles de juego - Obtención y pérdida de vidas. -Barras de progreso -Cuadros de mando -Barras de progreso.
Blender	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - -Temporizadores -Barras de progreso - Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria	-Misiones -Tarjetas objetivas -Personajes/ Avatares.	-Barras de progreso -Tareas principales -Tareas de rama -Rompecabezas	-Bonos -Concursos -Niveles de puntuación - -Temporizadores -Puntuación -Tablas	-Consejos de juego -Personajes -Niveles de juego -Barras de progreso -Cuadros de mando -Barras de progreso.
BigWorld	-Niveles de puntuación -Niveles de movimiento - -Temporizadores -Barras de progreso - Instrucciones del juego incluyendo las condiciones de la victoria	-Diario de juego -Misiones -Tarjetas objetivas - -Rompecabezas -Personajes/ Avatares.	- NPC descripción de las tareas basadas en múltiples tareas para elegir -Tareas principales -Tareas de rama -Rompecabezas -Puntos de investigación -Requisitos	-Juego de rol de la comunidad -Colaboración -Bonos -Concursos -Niveles de puntuación - -Temporizadores -Puntuación -Inventarios -Tablas.	-Consejos de juego -Personajes - Obtención y pérdida de vidas. -Barras de progreso -Cuadros de mando -Barras de progreso.

del juego, permitir la selección de las acciones aplicables a implementar y permitir la selección de la biblioteca de realidad aumentada por mencionar algunos.

Tabla 9. Requerimientos funcionales

Funcionalidad	Descripción
Seleccionar game engine	En esta funcionalidad la herramienta permite al usuario seleccionar el marco de trabajo para desarrollar el juego serio, las opciones son marcos de trabajo basados en HTML5 o motor de videojuegos propietarios.
Seleccionar de la categoría del juego	El usuario de la plataforma para la generación de juegos serios con realidad aumentada puede seleccionar la categoría del juego a desarrollar.
Seleccionar de la actividad de aprendizaje	Permite seleccionar al usuario la actividad de aprendizaje a implementar, cabe destacar que las técnicas de gamificación se implementan de manera implícita por medio de las actividades de aprendizaje seleccionadas.
Seleccionar el proyecto base del juego serio	Permite al usuario seleccionar el proyecto base del juego serio a desarrollar.
Configurar de los atributos del juego	Dependiendo de la actividad de aprendizaje seleccionada por el usuario la plataforma para la generación de juegos serios con realidad aumentada presenta al usuario diversos atributos del juego que desarrollan la actividad de aprendizaje seleccionada.
Visualizar el juego	Permite al usuario visualizar una vista previa del juego con el resultado de la configuración de los atributos del juego realizada.
Seleccionar acciones aplicables de realidad aumentada	Las acciones aplicables son eventos en los cuales se agrega el contenido aumentado, en esta funcionalidad se permite seleccionar que acciones aplicables el usuario va a incorporar a su juego serio con realidad aumentada.
Agregar contenido de realidad aumentada	Permite agregar del contenido aumentado a las acciones aplicables del juego serio.
Seleccionar de la biblioteca de realidad aumentada	El usuario selecciona la biblioteca de realidad aumentada a implementar, las opciones son AR.JS, AWE.JS y THREE.JS.
Configurar la aplicación	Permite agregar la configurar la información del juego serio.
Seleccionar la plataforma a generar el juego serio	El usuario selecciona la plataforma en la cual va a generar el juego serio con realidad aumentada, las opciones son Web y móvil (Android o iOS)
Descargar	Permite la descarga del juego serio con realidad aumenta.

A continuación en la figura 3.4 se presenta el diagrama de casos de uso de la plataforma generadora de juegos serios con características de realidad aumentada.

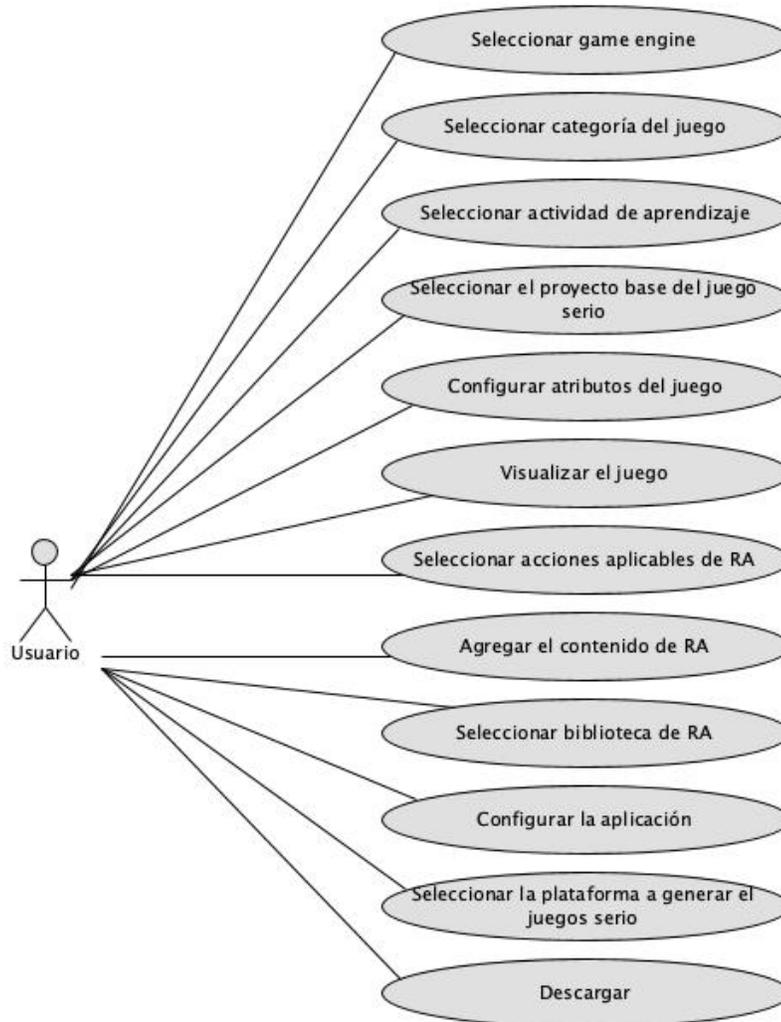


Figura 3.4 Diagrama de casos de uso de los requerimientos funcionales de la herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada.

3.3 Etapa de diseño

La etapa de diseño es cuando se traducen los requerimientos funcionales y no funcionales en una representación del sistema. El diseño es el primer paso en la fase de desarrollo de cualquier producto o sistema donde se analiza e identifican los componentes y módulos del sistema y sus interrelaciones, así como las prestaciones de servicios y validaciones del mismo. La etapa de diseño presenta una idea completa del sistema. A continuación, se presentan las actividades realizadas en esta etapa de la metodología del sistema.

3.3.1 Identificación de categorías de juegos y atributos de juegos.

En esta actividad se tomó como referencia las categorías de juegos y atributos de juegos presentadas por Lamerás (2015), el cual propuso una clasificación de

juegos con base en las características de diseño de aprendizaje y las propiedades del juego, identificando las actividades de aprendizaje dentro de los juegos. En la primera etapa de la identificación de categorías y atributos de juegos se complementó el trabajo de Lamerás, describiendo las categorías de juegos presentadas por él y describiendo la funcionalidad de cada atributo; como parte de la segunda etapa para el desarrollo de la herramienta se realizó un análisis los atributos de juegos soportados en motores de videojuegos, un motores de videojuegos es un marco de trabajo diseñado para el desarrollo de videojuegos para consolas, dispositivos móviles y computadoras, regularmente un motores de videojuegos incluye programas de soporte, bibliotecas y un lenguaje interpretado para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto. Los motores de videojuegos (*games engines*) se dividen en marcos de trabajo basados en HTML5 (*HTML5-based frameworks*) y motores de videojuegos propietarios (*Proprietary game engines*). El análisis realizado a los motores de videojuegos (*games engines*) consistió en tomar como referencia los atributos del juego identificados por Lamerás (2015) y probar el soporte ofrecido a ese atributo en cada uno de los motores de videojuegos seleccionados para así definir qué clasificaciones de juego son soportadas por cada motor de videojuegos y que atributos de esa clasificación están presentes en cada marco, para esto se eligieron los principales marcos de trabajo presentes en el mercado. Los resultados obtenidos se presentan en los artículos “Analyzing HTML5-based frameworks for developing educational and serious games” (Marín et al, 2016a) y “Analyzing proprietary games engines for developing educational and serious games” (Marín et al, 2016b).

3.3.2 Maquetación del prototipo de la herramienta a desarrollar.

Un *mockup* es un diseño de la interfaz de usuario a desarrollar. El diseño de los *mockups* sirve como guía en el proceso de desarrollo de aplicaciones, para identificar los espacios de trabajo y elementos que se implementan en la pantalla. El *mockup* es una vista preliminar de la interfaz que permiten al usuario tener un concepto de la interfaz de la aplicación a desarrollar y al desarrollador permite tener una retroalimentación del usuario final. Las modificaciones al diseño de interfaz en un *mockup* se elaboran en una fase temprana del desarrollo como lo es el diseño lo que disminuye el riesgo de problemas en etapas finales del sistema. Para el diseño de *mockups* de la plataforma Zeus AR se eligió la herramienta *Balsamiq Mockups 3*, la cual cuenta con una amplia variedad de elementos de interfaz gráfica de usuario como botones, barras de desplazamiento y otros objetos para implementar en el diseño de una interfaz.

La etapa de diseño de los mockups de la plataforma Zeus AR se realizó en dos etapas que fueron el diseño de la interfaz e identificación de la funcionalidad con el objetivo de obtener el diseño de un prototipo de interfaz de usuario funcional y de fácil uso para el usuario final. Las etapas de diseño se mencionan a continuación:

1.- Diseño de la interfaz. Esta actividad consistió en identificar las etapas del desarrollo de un juego serio con realidad aumentada dentro de una plataforma Web para la generación de software educativo; para ello se eligió implementar un *Wizard* para asistir al usuario en el proceso de desarrollo indicando en que etapa se encuentra y proporcionar conocimiento de todas las etapas que tiene que cumplir; una vez identificadas las etapas en el *wizard* se elaboró la interfaz para cada etapa identificando los objetos a implementar para proporcionar al usuario final una interfaz agradable y de fácil uso.

2.- Identificación de la funcionalidad. En esta etapa se identificó la funcionalidad principal de cada etapa del *wizard* de la plataforma Zeus AR, para establecer los servicios y/o funcionalidades que esa etapa ofrece dentro del proceso de desarrollo de juegos serios con realidad aumentada.

A continuación se presentan los *mockups* de la plataforma generadora de juegos serios con realidad aumentada Zeus AR.

Diseño de la interfaz de selección del game engine. La primera etapa consiste en identificar el motor de videojuego que se va a implementar para el desarrollo del juego serio con realidad aumentada. En la sección superior se observa la barra de navegación del *wizard* que presenta las diferentes etapas a cumplir durante el desarrollo del juego serio dentro de la plataforma Zeus AR; en la parte central de la interfaz se presentan las opciones de motor de videojuegos a implementar, en este caso las opciones son marcos de trabajo basados en HTML5 y motor de videojuegos propietarios como se observa en la figura 3.5.

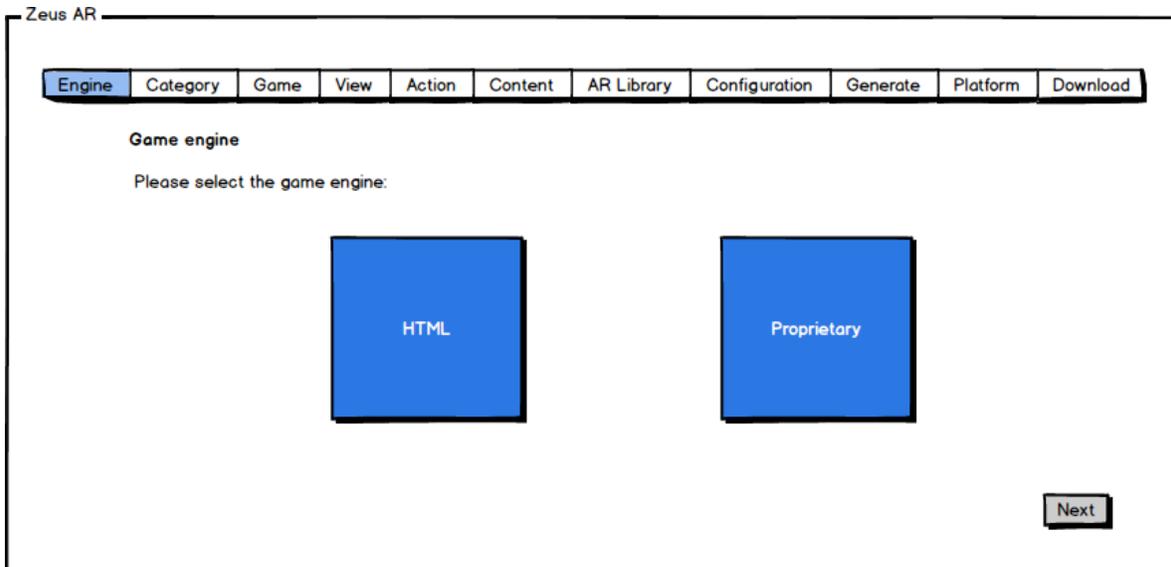


Figura 3.5 Diseño de la interfaz de selección del game engine.

Diseño de la interfaz de selección de la categoría. El objetivo de esta interfaz es presentar al usuario las opciones de las categorías de juego a desarrollar para su selección. El usuario puede seleccionar solo una y las opciones son Juegos basados en reglas, objetivos y opciones y tareas/desafíos (Figura 3.6).

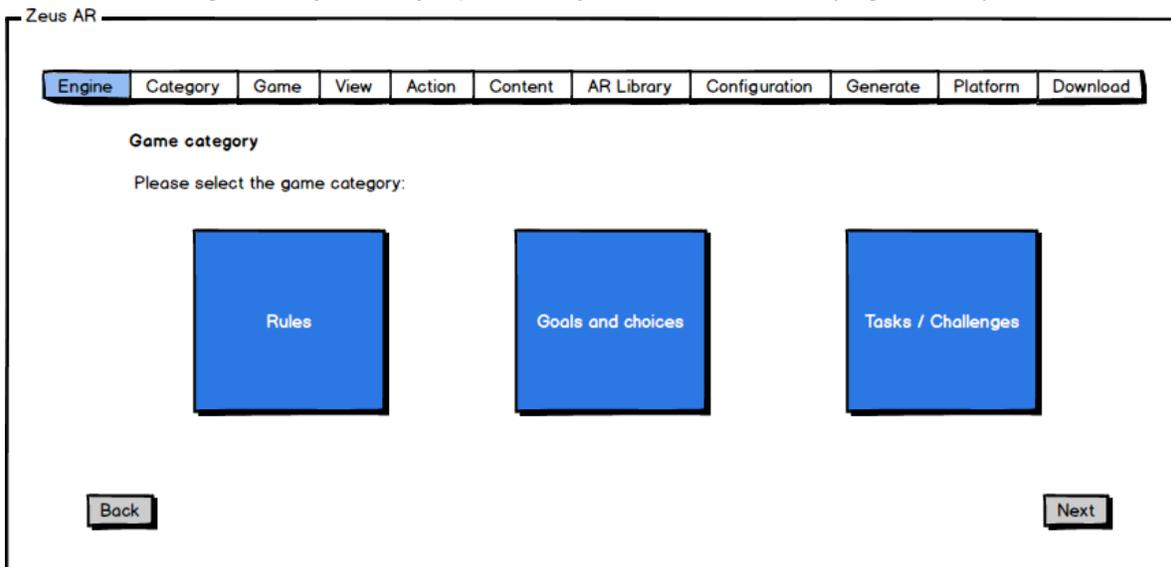


Figura 3.6 Diseño de la interfaz de selección de la categoría.

Diseño de la interfaz de selección de la actividad de aprendizaje. Como su nombre lo dice el objetivo de este *mockup* es la selección de la actividad de aprendizaje por parte del usuario final; para ello se presentan las opciones en la parte central de la pantalla y el usuario puede seleccionar solo una. Una actividad de aprendizaje es la actividad por la cual el jugador del juego a desarrollar construye conocimiento es por ello la importancia de su selección de una forma clara y fácil, para ellos se presentan las opciones de actividades de aprendizaje

soportadas por la herramienta en botones en la parte central de la interfaz como se observa en la figura 3.7, el usuario selecciona una actividad y para a la siguiente etapa del *wizard*.



Figura 3.7 Diseño de la interfaz de selección de la actividad de aprendizaje.

Diseño de la interfaz de selección del proyecto base. Este mockup tiene como objetivo seleccionar el proyecto base del juego serio a desarrollar, la plataforma Zeus AR cuenta con proyectos base de juegos serios ya desarrollados para que el usuario los configure dependiendo de su objetivo de aprendizaje, las opciones dependen de la actividad de aprendizaje que el usuario selecciono previamente; las opciones se presentan en la parte central de la interfaz como se observa en la figura 3.8.

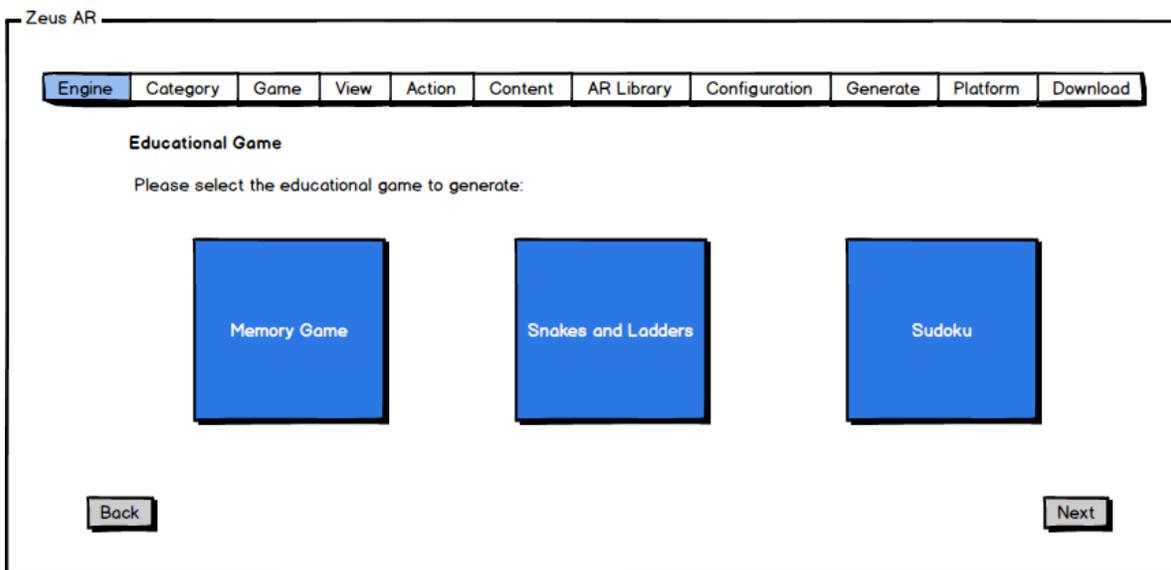


Figura 3.8 Diseño de la interfaz de selección del proyecto base.

Diseño de la interfaz de configuración de los atributos del juego. Esta interfaz tiene como objetivo proporcionar al usuario final los elementos para configurar los atributos del juego del proyecto base seleccionado; los objetos implementados buscan proporcionar una interfaz fácil de interacción para el usuario final como se observa en la figura 3.9.

The screenshot shows the Zeus AR interface for game configuration. At the top, there is a navigation bar with tabs: Engine, Category, Game, View, Action, Content, AR Library, Configuration, Generate, Platform, and Download. The 'Configuration' tab is active. Below the navigation bar, the section is titled 'Gamification configuration'. It contains several input fields: 'Subject', 'Lesson', 'Learning objective', and 'Game instructions including victory conditions', each with a corresponding text box. 'Level' and 'Points' are dropdown menus, both currently set to '3'. There is a 'Select images:' label followed by a 'Select images:' button and a text box. At the bottom left is a 'Back' button and at the bottom right is a 'Next' button.

Figura 3.9 Diseño de la interfaz de configuración de los atributos del juego.

Diseño de la interfaz de vista previa del juego. En esta interfaz la plataforma Zeus AR proporciona al usuario una vista previa del juego seleccionado y su configuración, para ello presenta el juego en un visualizador como se observa en la figura 3.10.

The screenshot shows the Zeus AR interface for game preview. At the top, there is a navigation bar with tabs: Engine, Category, Game, View, Action, Content, AR Library, Configuration, Generate, Platform, and Download. The 'View' tab is active. Below the navigation bar, the section is titled 'View Configuration'. It contains a large empty rectangular area labeled 'View' at the top left. At the bottom left is a 'Back' button and at the bottom right is a 'Next' button.

Figura 3.10 Diseño de la interfaz de vista previa del juego.

Diseño de la interfaz de selección de las acciones aplicables de realidad aumentada. Las acciones aplicables son acciones en las cuales el usuario incorpora contenido aumentado, en esta interfaz se presenta al usuario las diferentes acciones a implementar; el usuario debe seleccionar una o varias acciones aplicables por medio de un objeto *checkbox* (Figura 3.11).

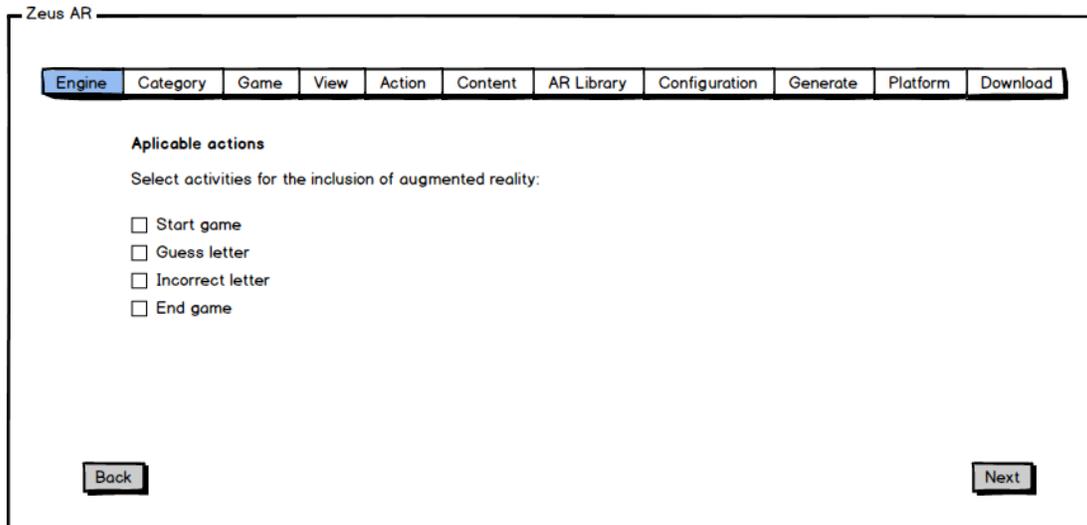


Figura 3.11 Diseño de la interfaz de selección de las acciones aplicables de realidad aumentada.

Diseño de la interfaz de agregar contenido de realidad aumentada. Esta interfaz tiene como objetivo brindar el soporte al usuario de agregar contenido aumentado a las acciones aplicables, para ello le presenta las acciones aplicables que seleccionó así como el tipo de contenido aumentado a incorporar y le brinda el soporte para buscar el archivo del tipo de contenido aumentado en la misma interfaz por medio de un seleccionador de archivos como se presenta en la figura 3.12.

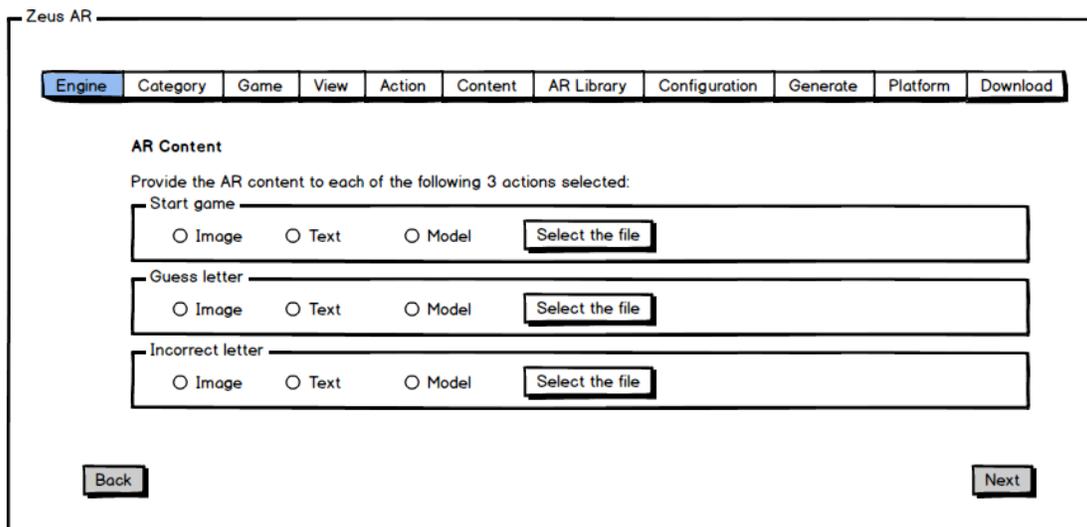


Figura 3.12 Diseño de la interfaz de agregar contenido de realidad aumentada.

Diseño de la interfaz de selección de la biblioteca de realidad aumentada.

Después de que el usuario selecciono las acciones aplicables y el contenido aumentado a incorporar en su juego serio se le presenta la interfaz de selección de biblioteca de realidad aumentada, esta interfaz tiene el objetivo de presentar al usuario las opciones de bibliotecas de realidad aumentada que soporta la plataforma Zeus AR para que el usuario seleccione un opción que implemente en el juego serio con realidad aumentada.

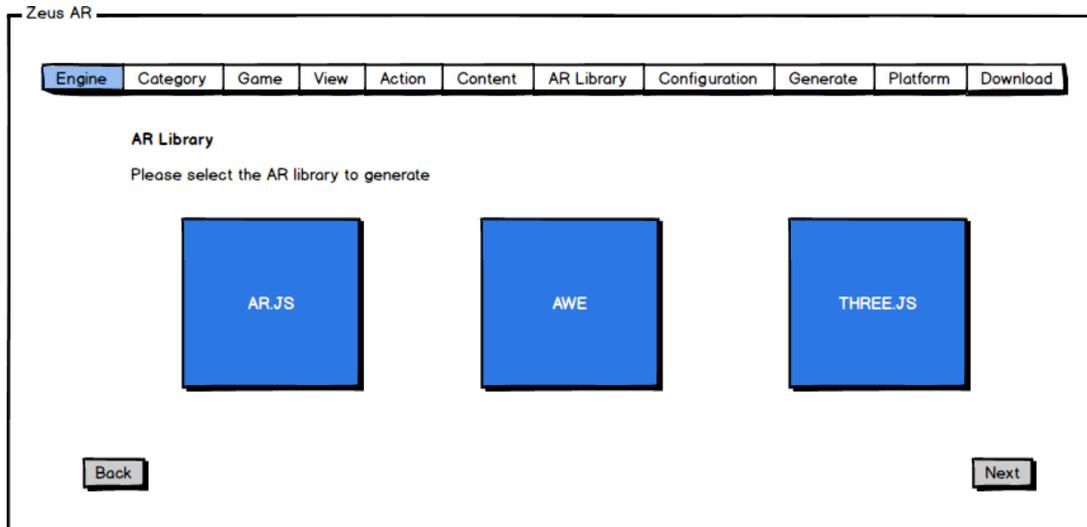


Figura 3.13 Diseño de la interfaz de selección de la biblioteca de realidad aumentada.

Diseño de la interfaz de agregar información de la aplicación (Configuración).

El objetivo de esta interfaz es la configuración de la información descriptiva del juego serio con realidad aumentada generado por el usuario, los datos que el usuario tiene que incorporar es el nombre, la versión, el objetivo de aprendizaje y el autor, como se observa en la figura 3.14.

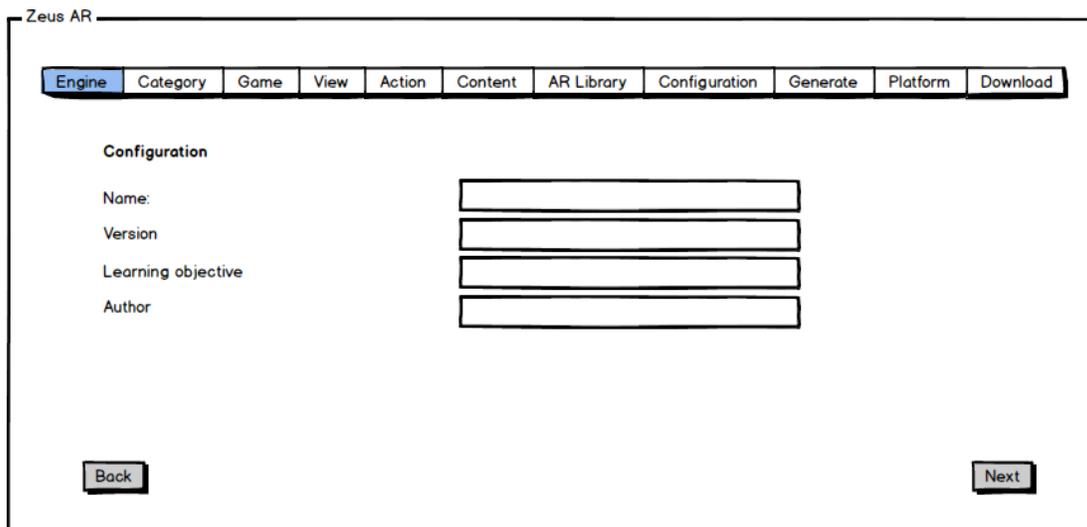


Figura 3.14 Diseño de la interfaz de agregar información de la aplicación (Configuración).

Diseño de la interfaz de selección de la plataforma a generar. El usuario en la plataforma Zeus AR tiene la opción de generar su juego serio con realidad aumentada para las plataformas Web o móvil como se observa en la figura 3.15, las opciones se le presentan en dos botones que el usuario selecciona para pasar a la siguiente interfaz; si el usuario selecciona la opción de Web para a la interfaz de descarga (Figura 3.17), pero si el usuario selecciona la opción de móvil para a la interfaz de selección de la plataforma móvil a generar (Figura 3.16).

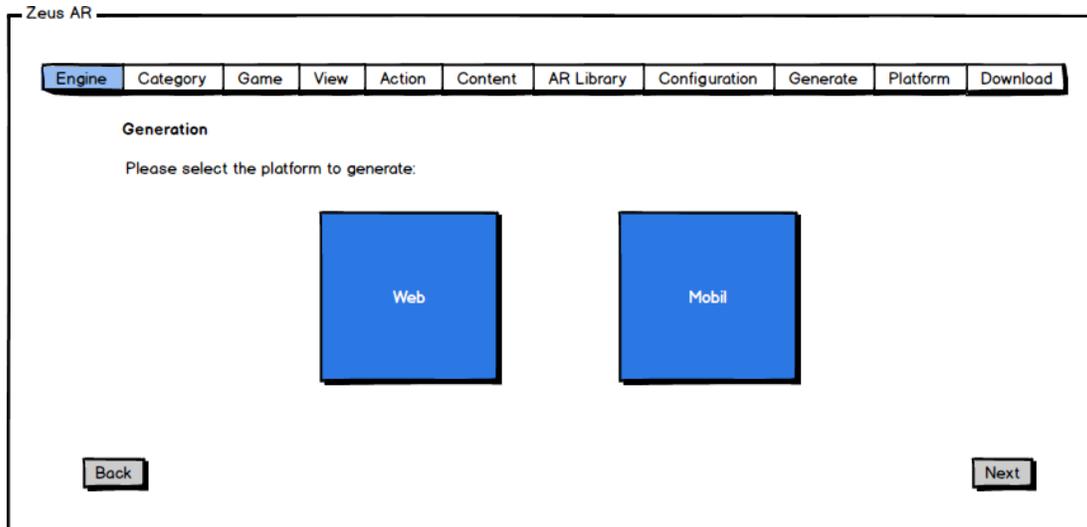


Figura 3.15 Diseño de la interfaz de selección de la plataforma a generar.

Diseño de la interfaz de selección de la plataforma móvil a generar. El usuario solo tiene acceso a esta interfaz si seleccionó la plataforma a generar en la opción móvil; la interfaz de la figura 3.16 presenta las opciones a generar para un sistema operativo para dispositivos móviles, las opciones son para el sistema operativo Android o iOS.

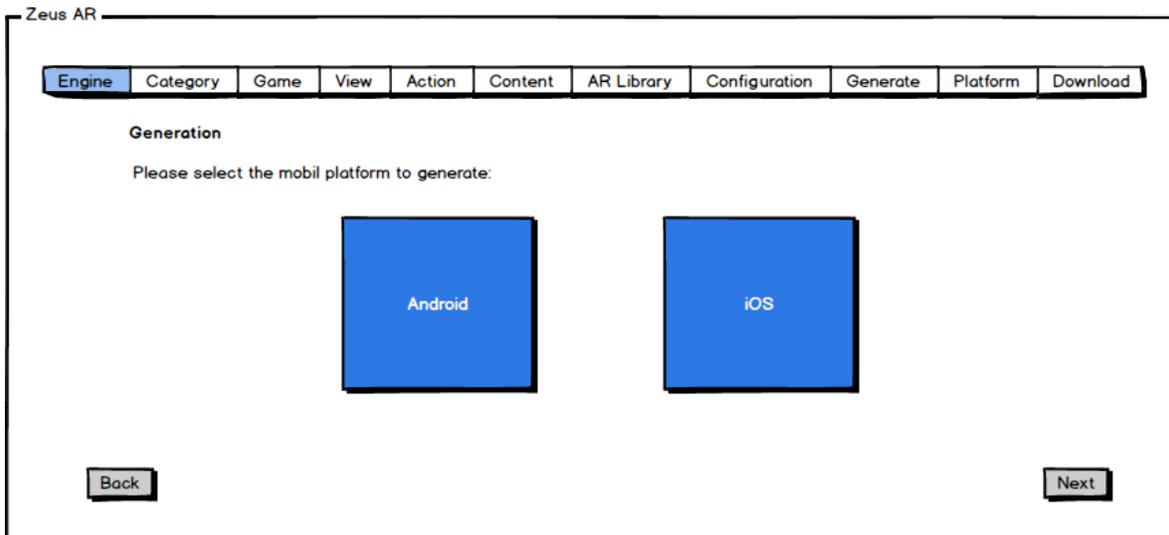


Figura 3.16 Diseño de la interfaz de selección de la plataforma móvil a generar.

Diseño de la interfaz de descarga. En esta interfaz el usuario puede descargar el juego serio con realidad aumentada configurado, la descarga es automática después de que el usuario terminó la configuración del juego, pero en el caso de que la descarga no inicialice se proporciona al usuario la opción de descarga por medio de un botón que se encuentra en la parte central de la interfaz como se observa en la figura 3.17.

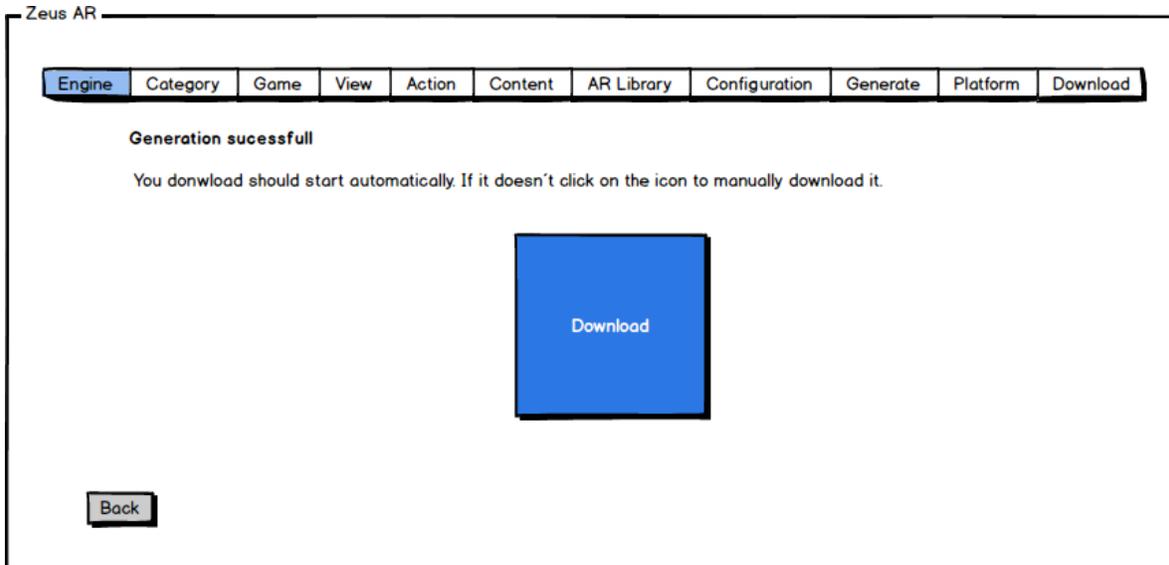


Figura 3.17 Diseño de la interfaz de descarga.

3.3.3 Identificación del espacio de trabajo de los juegos serios.

Lameras (2015) presenta cinco categorías del juego las cuales son juegos de reglas, juegos de objetivos y opciones, juegos de retroalimentación y evaluación, juegos de tareas y desafíos y juegos de colaboración y competencia, como parte de esta actividad se identificaron los espacios de trabajo para cada tipo de juego y se diseñó su distribución en el plano de trabajo de la herramienta, la distribución de los elementos se realizó mediante el análisis de dichos elementos presentados en diversos juegos educativos.

A continuación, se presenta la distribución para algunas categorías, cabe destacar que la categoría de juegos de colaboración y competencia se encuentra actualmente en elaboración es por ellos que no se presenta a continuación.

Tabla 10. Diseño del espacio de trabajo por la categoría de juego.

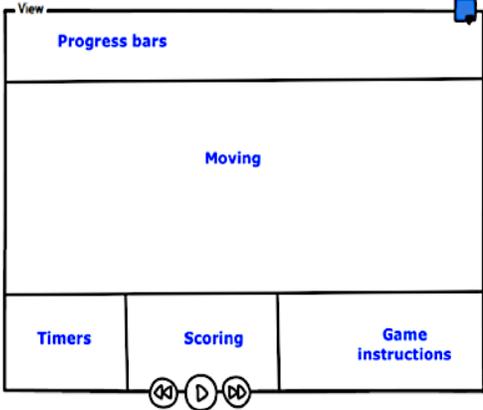
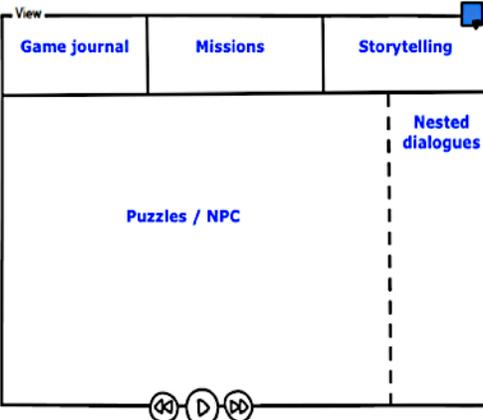
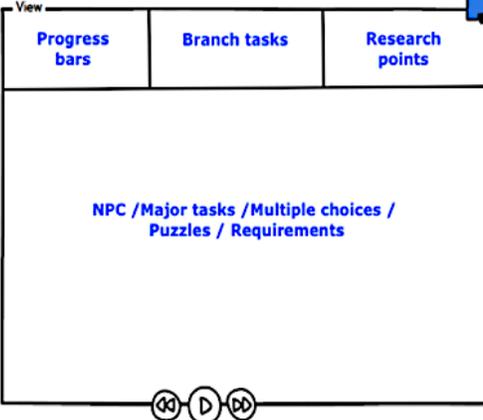
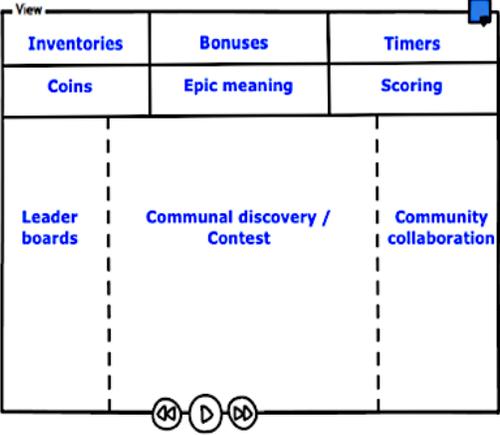
Categoría de juego	Diseño del espacio de trabajo en la herramienta
Plantilla de juegos de reglas.	
Plantilla de juegos de objetivos y opciones.	
Plantilla de juegos de tareas y desafíos.	

Tabla 10. Diseño del espacio de trabajo por la categoría de juego.

Categoría de juego	Diseño del espacio de trabajo en la herramienta
Plantilla de juegos de colaboración y competencia.	

3.3.4 Proceso de incorporación de gamificación a juegos serios con realidad aumentada

La plataforma Zeus AR para la generación de software educativo incorpora tres técnicas de gamificación, las cuales son las técnicas de acción, motivación y recompensa. Las técnicas de gamificación se promueven a través de atributos del juego como por ejemplo la motivación se promueve a través de atributos del juego como scoring, progress bar y timers, por mencionar algunos. La puntuación permite a los jugadores ganar puntos mientras interactúan con objetos; por ejemplo, en el caso del memorama, cuando un usuario selecciona dos cartas correctamente, el juego acumula puntos para su puntaje. El progress bar permite mostrar los puntos que se restan o agregan a la puntuación de acuerdo con las acciones del jugador; por ejemplo, en la mayoría de los juegos generados por Zeus algunos puntos se restan de la puntuación después de cada error. Finalmente, el atributo del time level se usa para medir el tiempo necesario para alcanzar un determinado puntaje. La interacción con los atributos del juego mencionados anteriormente (puntuación, barra de progreso y nivel de tiempo) motiva a los jugadores a superar su puntuación cada vez que juegan.

Además, la técnica de acción se implementa utilizando el atributo de movimiento, que permite a los jugadores interactuar con los objetos presentes en un juego. Por ejemplo, en el Brick Breaker, los jugadores deben atrapar una pelota (con una almohadilla móvil) antes de que caiga al vacío para que pueda rebotar nuevamente y golpear los ladrillos de arriba; los jugadores pueden mover el pad de izquierda a derecha y viceversa, siempre que atrapen la pelota. Desde el momento en que la pelota es atrapada, el jugador gana puntos en su puntuación;

Los puntos dependen del color del ladrillo. Por el contrario, algunos puntos se restan de la barra de progreso cuando la pelota cae.

Finalmente, vale la pena mencionar que las aplicaciones de juego generadas por Zeus AR tienen un sistema básico de recompensa en el que los puntos se obtienen de acuerdo con la acción realizada por el usuario; Los atributos del juego relacionados con el sistema de recompensas son los atributos de movimiento y puntuación.

El proceso de incorporación de técnicas de gamificación a juegos serios con realidad aumentada permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de juegos móviles multiplataforma siguiendo tres etapas: Configuración de la gamificación, configuración de la aplicación y generación del juego serio con realidad aumentada. En la primera etapa, se debe configurar la gamificación, para ello la configuración de la gamificación se hace por medio de la selección de la actividad de aprendizaje y la configuración de los atributos del juego, los cuales propician de forma implícita una técnica de gamificación. La segunda etapa del proceso de incorporación de técnicas de gamificación a juegos serios con realidad aumentada implica tanto seleccionar las plataformas de desarrollo deseadas como agregar los datos de configuración de la aplicación (por ejemplo, nombre de la aplicación, nombre de autor, objetivo de aprendizaje entre otros datos descriptivos de la aplicación). En la tercera etapa, se hace el empaquetamiento de todas las tecnologías implicadas en el juego serio con realidad aumentada y su generación.



Figura 3.18 Proceso de incorporación de técnicas de gamificación a juegos serios con realidad aumentada.

Las cuatro etapas comprendidas en nuestro proceso de desarrollo de aplicaciones de juegos se muestran en la figura 3.18 y se analizan detalladamente a continuación:

1) Configuración de gamificación. Este componente configura los elementos que propician las técnicas de gamificación implementadas en la plataforma Zeus

AR, los elementos que promueven las técnicas de gamificación son la actividad de aprendizaje y los atributos del juego. Esta etapa consta de dos pasos que se mencionan a continuación:

- *Seleccionar la actividad de aprendizaje:* en este paso se selecciona la actividad de aprendizaje a implementar en el juego serio con realidad aumentada.
- *Seleccionar atributos del juego:* un atributo del juego es un elemento dentro del juego que promueve una acción determinada, los atributos del juego corresponden a una actividad de aprendizaje que se desea promover; en este paso el usuario selecciona los atributos del juego dependiendo de la actividad de aprendizaje que selecciono en el paso anterior.

2) Configurar la aplicación del juego: en esta etapa, los usuarios seleccionan la plataforma de implementación deseada; entonces, se configura la aplicación del juego.

- *Seleccionar plataformas:* En este paso los usuarios eligen la plataforma a generar su juego serio con realidad aumentada entre las opciones son Web y móvil, móvil si es para Android [™] o iOS [™].
- *Configurar la aplicación:* los datos de configuración generales de la aplicación (por ejemplo, nombre, fecha de desarrollo, objetivo de aprendizaje) se presentan a los usuarios y se describen en el archivo de configuración de acuerdo con la plataforma de desarrollo seleccionada en el paso anterior.

3) Generar código fuente: esta etapa sigue dos pasos y se basa en bibliotecas y marcos para transformar los datos obtenidos en las etapas anteriores.

- *Empaquetador del proyecto:* después de procesar un archivo de especificación, la estructura generada se agrupa en diferentes clases según la plataforma seleccionada.
- *Generador de proyectos:* luego, la estructura generada se empaqueta en un archivo .zip.

3.3.5 Proceso de generación de juegos educativos con realidad aumentada

Para la generación automática de juegos serios con características de realidad aumentada se debe establecer un proceso genérico que sirva como base para generar múltiples juegos serios aplicando realidad aumentada a sus distintos atributos de juego. El proceso para la generación de juegos serios con características de realidad aumentada consta de tres fases: 1) análisis, 2)

configuración, y 3) generación. Cada fase comprende un conjunto de pasos que se describen a continuación:

Etapa de análisis: La primera etapa del proceso de desarrollo de juegos serios con realidad aumentada es el análisis, esta etapa consiste en leer la estructura del proyecto base de un juego serio para identificar las acciones aplicables para la incorporación de realidad aumentada. La etapa de análisis consta de las siguientes fases.

- Identificación y análisis de los elementos del proyecto base. En este componente el sistema lee el archivo en formato .zip que contiene el proyecto base, una vez que el sistema lee el proyecto base analiza la estructura del proyecto e identifica los elementos del proyecto base.
- Validación de los elementos. Consiste en validar que el archivo .zip contenga la estructura correcta de las carpetas y de los archivos que conforman el proyecto base, esto depende del tipo de proyecto seleccionado.

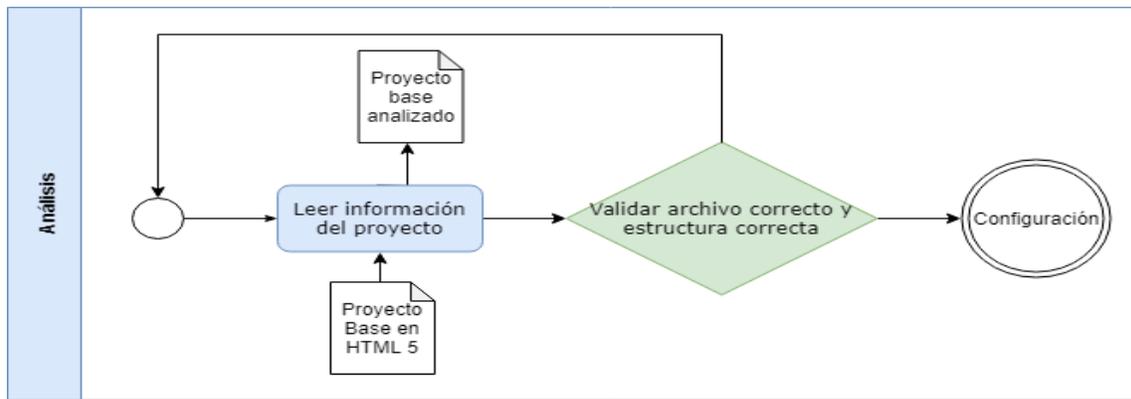


Figura 3.19 Etapa de análisis del proceso de integración de realidad aumentada a video juegos.

Como se observa en la Figura 3.19 de la etapa de análisis se realizan los siguientes pasos.

1.- Leer información del proyecto. El sistema lee el archivo incorporado por el usuario, el cual contiene el proyecto base del video juego en lenguaje HTML5 comprimido en formato zip.

2.- Validar archivo correcto y estructura correcta. Se valida que el archivo zip tenga la estructura correcta de carpetas y los archivos necesarios para su configuración dependiendo al tipo de juego seleccionado.

- Si tiene una estructura correcta: avanza a la siguiente actividad dentro de la fase de configuración.

- Si no: Regresa a la actividad inicial del proceso.

Etapa de configuración: En esta etapa se realiza la personalización de las características de realidad aumentada a integrar, la selección del contenido aumentado a mostrar, así como la biblioteca que se usará para generar la funcionalidad del contenido aumentado, la cual se conforma de las siguientes fases:

- Identificación de las acciones aplicables de los juegos serios para incorporar realidad aumentada. En este paso se identifican las acciones aplicables de los juegos serios para incorporar contenido aumentado, las acciones aplicables se identifican dependiendo del tipo de proyecto seleccionado, el tipo de proyecto consiste en una categoría del juego y las acciones aplicables dependen del tipo de proyecto seleccionado, estas se encuentran previamente catalogadas para una mejor identificación, algunos ejemplos de acciones aplicables son el fin de juego, inicio de juego, entre otras.
- Configuración de las acciones aplicables de los juegos serios para incorporar realidad aumentada. Esta etapa se divide en varios pasos como lo es la presentación de acciones aplicables, identificación de las acciones elegidas y presentación de las acciones elegidas, estos pasos se describen más a detalle a continuación:
 - *Presentación de acciones aplicables:* En este paso se muestra en pantalla, un listado de las acciones aplicables para integrar contenido aumentado, en este paso el usuario también es el encargado de seleccionar de las acciones presentadas a cuáles son a las que desea incorporar contenido aumentado.
 - *Identificación acciones elegidas:* En este paso se leen e identifican las acciones aplicables seleccionadas por el usuario para integrar contenido aumentado, como restricción del proceso el usuario debe seleccionar al menos una acción aplicable para agregar contenido aumentado.
 - *Presentación de las acciones aplicables elegidas:* Muestra acciones elegidas por el usuario en un listado, para que el usuario por cada acción seleccionada seleccione el archivo de contenido aumentado a incorporar, este archivo deberá corresponder a una imagen en formato PNG, JPG o JPEG que se encuentran dentro de un repositorio de imágenes.
- Incorporación del marco de trabajo de realidad aumentada. Esta etapa consiste en identificar que biblioteca de realidad aumentada es la adecuada para incorporarla al juego serio.

- *Presentación de bibliotecas aplicables de realidad aumentada:* Se presenta un listado de bibliotecas disponibles para incorporar realidad aumentada a las acciones aplicables previamente seleccionadas, para realizar esto se tienen catalogadas las acciones aplicables disponibles para cada biblioteca de realidad aumentada y que bibliotecas se encuentran disponibles.
 - *Selección de biblioteca de realidad aumentada:* El usuario selecciona la biblioteca de realidad aumentada que desea implementar en su juego serio.
- Configuración del tipo de contenido de realidad aumentada asociada a las acciones aplicables. Este paso consiste en seleccionar el contenido de realidad aumentada que se incorporará a cada acción aplicable. Los pasos que conforman esta etapa se mencionan a continuación:
- Verificación del contenido aumentado elegido para cada una de las acciones: Verifica que el contenido aumentado seleccionado corresponda a las extensiones de archivos permitidas (JPEG, JPG, PNG).
 - Presentación del resumen del proyecto a generar: Muestra a manera de resumen dentro de la pantalla, toda la información que representa el nuevo proyecto a generar con las diferentes características de realidad aumentada.

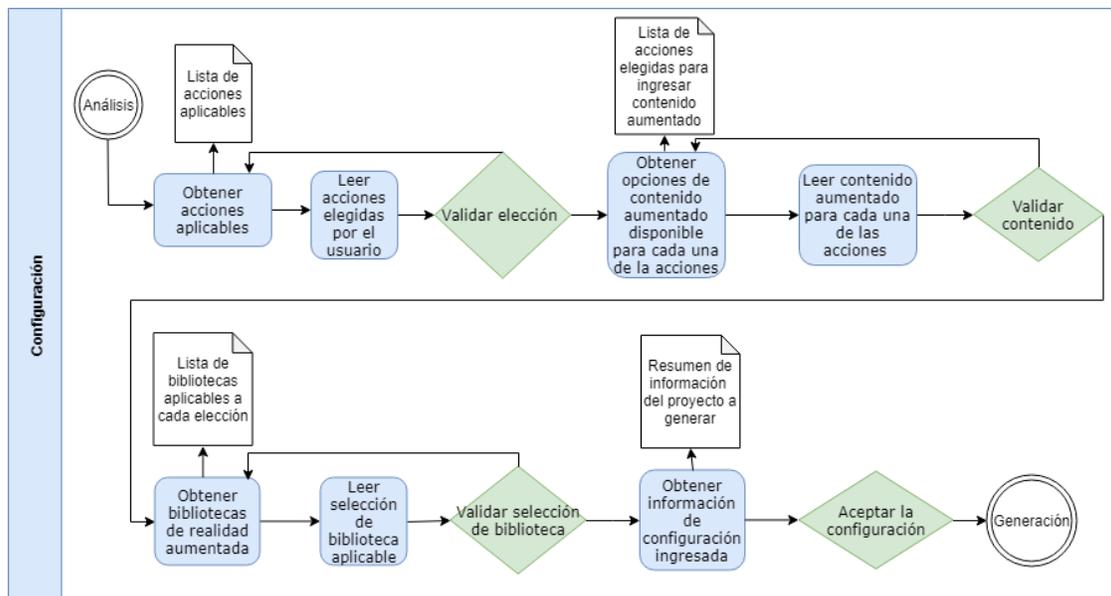


Figura 3.20 Etapa de configuración del proceso de integración de realidad aumentada a video juegos.

A continuación se describen los pasos de la etapa de configuración como se observa en la Figura 3.20:

1.- Obtener acciones aplicables. Obtiene las acciones aplicables para integrar contenido aumentado en base al tipo de proyecto seleccionado, las cuales ya se encuentran previamente catalogadas dependiendo al tipo de proyecto, estas acciones corresponden como algunos ejemplos al fin de juego, inicio de juego, cuando el usuario obtiene alguna puntuación, entre otras.

- El sistema como salida lista las acciones aplicables en la pantalla, las cuales el usuario selecciona que acciones desea integrarles contenido aumentado.

2.- Leer acciones elegidas por el usuario. Lee las acciones elegidas por el usuario para integrar contenido aumentado, se tiene que seleccionar mínimo una elección por el usuario para avanzar al siguiente paso.

3.- Validar elección del usuario. Valida que el conjunto de acciones aplicables elegidas por el usuario sean las propias de acuerdo al tipo de juego, además de validar que se elija como mínimo una acción.

4.- Obtener opciones de contenido aumentado disponible para cada una de las acciones. Obtiene y lista las acciones elegidas por el usuario, y por cada una se tiene que integrar el archivo de contenido aumentado a mostrar, este archivo contiene o una imagen en formato (PNG, JPG o JPEG), un archivo de texto formato .TXT o un modelo formato (OBJ, COLLADA, PLY, glTF).

5.- Leer contenido aumentado elegido para cada una de las acciones. Lee el contenido aumentado elegido, solo se permiten las siguientes extensiones de imágenes (JPEG, JPG, PNG).

6.- Validar contenido elegido. Se valida que el contenido sea el permitido para cada una de las acciones.

7.- Obtener biblioteca de funciones de realidad aumentada. El sistema obtiene las bibliotecas de funciones disponibles en el sistema generador para la integración de características de realidad aumenta, y las lista en pantalla permitiendo al usuario hacer elección de solo una de ellas.

8.- Leer selección de biblioteca de funciones. Lee la selección de la biblioteca de función seleccionada por el usuario.

9.- Validar selección de biblioteca funciones. Se valida que la selección sea correcta.

10.- Obtener información de configuración ingresada. Se obtiene la información de los pasos y anteriores y se muestra a manera de resumen dentro

de la pantalla, toda la información que representa el nuevo proyecto a generar con las diferentes características de realidad aumentada.

11.- Aceptar la configuración. Se valida si el usuario acepta la configuración ingresada previamente, para proceder a la generación del proyecto resultante.

Etapas de Generación: En esta etapa se genera la nueva estructura del proyecto creado con contenido aumentado, así como el archivo descargable para el usuario, los pasos se describen a continuación.

- Proceso de inyección de código: Este paso consiste en generar todos los archivos necesarios para la incorporación del contenido aumentado al juego serio, así como para la implementación de la biblioteca de realidad aumentada. La inyección de código se realiza modificando los archivos del proyecto base para agregar etiquetas, funciones y métodos que permiten la incorporación de contenido aumentado.
- Generador de estructura del proyecto (directorios y archivos): Se generan los archivos y carpetas nuevas como un nuevo proyecto, esta generación se hace con base al tipo de juego y las acciones aplicables elegidas previamente.
- Empaquetador. Genera el archivo comprimido en formato zip con el nuevo proyecto generado, el cual tendrá la siguiente nomenclatura: nombre_proyecto_base_inicial_fecha_hora_creacion.zip

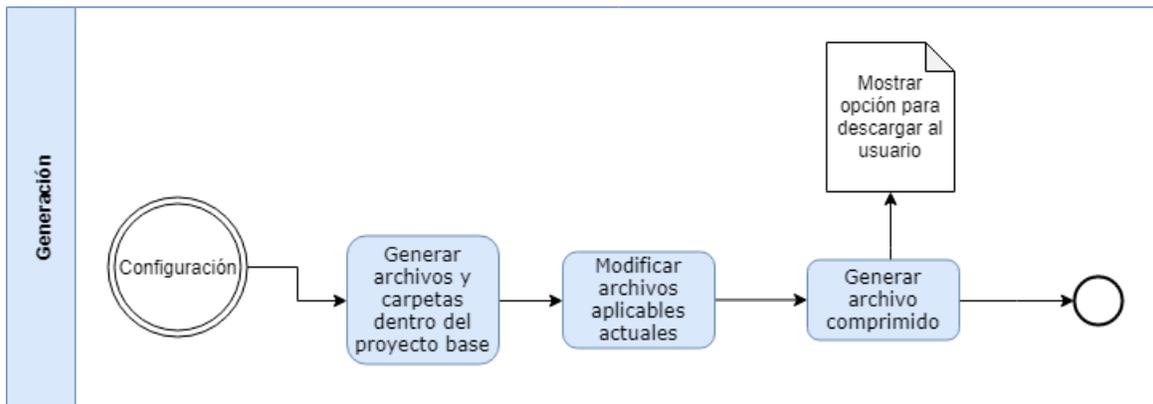


Figura 3.21 Etapa de generación del proceso de integración de realidad aumentada a video juegos.

En la Figura 3.21 se presenta la etapa de generación del proceso de integración de realidad aumentada a juegos serios, los pasos se describen a continuación.

1.- Generar archivos y carpetas dentro del proyecto base. Se generan los archivos y carpetas nuevas como un nuevo proyecto, esta generación se hace en base al tipo de juego y las acciones elegidas previamente.

2.- Modificar archivos aplicables. Hace las modificaciones respectivas a los archivos actuales del proyecto base.

3.- Generar archivo comprimido. Genera el archivo comprimido en formato zip con el nuevo proyecto generado, el cual tendrá la siguiente nomenclatura: nombre_proyecto_base_inicial_Fecha_hora_creacion.zip y muestra opción para descargar el archivo. Muestra interface para descargar el archivo.

Un proceso de desarrollo es la descripción de una secuencia de actividades que deben ser seguida para alcanzar un objetivo, el presente proceso de integración de características de realidad aumentada en juegos serios establece los pasos a seguir para incorporar características de realidad aumentada a juegos serios previamente desarrollados, la gran ventaja que este proceso ofrece es agregar características a juegos serios en los cuales el contenido aumentado no estaba pensado incorporar desde un principio, esto se hace identificando las acciones aplicables para contenido aumentado; como restricción principal se tendrían que contemplar juegos cuyo objetivo es el aprendizaje aunque juegos lúdicos también serían candidatos a incorporar características de realidad aumentada siempre y cuando cumplan con las acciones aplicables.

3.3.6 Arquitectura de generación de juegos serios con realidad aumentada

Una arquitectura de software es importante debido a que establece la estructura, funcionamiento e interacción entre las partes del software; tomando como base la arquitectura de la plataforma para la generación de aplicaciones con gamificación presentada por Marín et al. (2019) se decidió desarrollar una arquitectura genérica para el desarrollo de juegos serios incorporando características de realidad aumentada, actividades de aprendizaje y atributos del juego. La arquitectura propuesta en este trabajo de investigación implementa el proceso de integración de realidad aumentada en juegos serios, por lo cual es una arquitectura genérica para la implementación de herramientas generadoras de juegos serios con realidad aumentada en cualquier tecnología. La arquitectura propuesta tiene un diseño en capas para organizar sus componentes y la interacción entre ellos; este diseño permite la escalabilidad y el fácil mantenimiento, ya que las tareas y responsabilidades de la herramienta se distribuyen uniformemente. La figura 3.22 presenta la arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada. Cada componente tiene una función específica explicada de la siguiente manera:

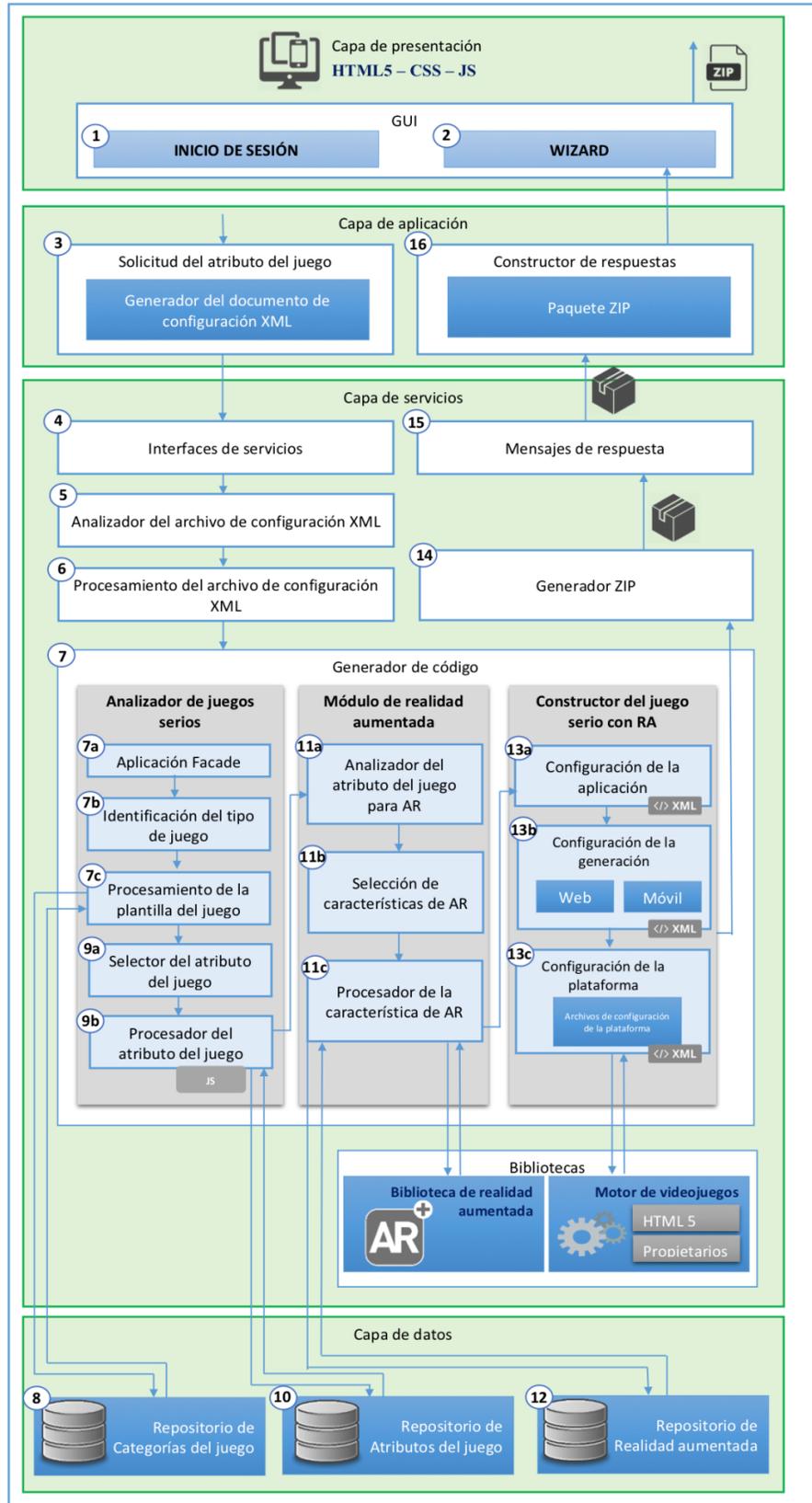


Figura 3.22 Arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada.

La arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada se muestra en la Figura 3.22. A continuación se explica cada una de las capas que contiene la arquitectura:

- **Capa de presentación:** Esta capa consiste en brindar la interacción con la plataforma de generación de juegos serios con realidad aumentada, la capa está formada de la interfaz de usuario desarrollada en HTML5, JavaScript y CSS. En la capa de presentación el usuario se autentifica, selecciona las características de su juego serio con realidad aumentada en el componente Wizard y descarga el juego serio generado en el componente Generador, todo esto desde la interfaz de usuario.
- **Capa de aplicación:** Es la encargada de acceder la capa de servicios, simplificar la información de servicio convirtiéndolo datos que entiende la interfaz.
- **Capa de servicios:** Es la capa encargada de proporcionar un conjunto de servicios (módulos) para la generación de juegos serios con realidad aumentada. Estos servicios representan diferentes funciones, como (1) Serious game Analyzer, este componente es el encargado de analizar que el juego serio corresponda a la estructura solicitada e identificar las acciones aplicables para incorporar contenido aumentado, (2) AR Module, este módulo es el encargado de agregar contenido aumentado a las acciones aplicables, y por último el (3) Builder, que es el componente encargado de la generación del juego serio con realidad aumentada, para ello hace uso de una biblioteca de realidad aumentada seleccionada por el usuario dependiendo de las necesidades que este identifique para su aplicación. La capa de servicios se comunica directamente con la capa de datos para acceder a los repositorios.
- **Capa de datos:** La capa de datos almacena los repositorios donde se encuentra la información necesaria para el desarrollo del juego serio con realidad aumentada.

En esta arquitectura, cada componente tiene una función que se explica a continuación:

- **GUI. Inicio de sesión:** El componente de inicio de sesión forma parte de la interfaz gráfica de usuario, este componente realiza la autenticación de usuario para ingresar a la plataforma o en caso de que sea un usuario no registrado le solicitará su registro.
- **GUI. Wizard:** Este componente consiste en un asistente de interfaz de usuario para la generación de la aplicación educativa.

- **Solicitud del atributo del juego:** Este componente es el encargado de procesar lo requerido por el usuario en el Wizard, para ello genera un archivo XML que contiene la descripción de los requerimientos solicitados en la capa de presentación.
 - **Generador del documento de configuración XML:** En este componente se genera el documento XML en el cual se describirá toda la información necesaria para la generación y configuración de la aplicación con gamificación a generar.
- **Interfaces de servicios:** Este componente es el encargado de la comunicación entre la capa de aplicación y los componentes que contiene la capa de servicio.
- **Analizador del archivo de configuración XML:** En este componente se analiza que la estructura del archivo de configuración XML sea correcta.
- **Procesamiento del archivo de configuración XML:** Este componente procesa la información descrita en el archivo de configuración para identificar los datos requeridos y enviar la información al generador de código.
- **Generador del juego serio con realidad aumentada (Serious game AR Generator):** Componente encargado de generar el juego serio con características de realidad aumentada. Este componente se encuentra en la capa de servicios en él se hace el proceso de analizar las acciones aplicables del proyecto base, el procesamiento del contenido de realidad aumentada para las acciones aplicables del juego serio y la configuración del juego serio para su construcción. Este componente interactúa directamente con la biblioteca de realidad aumentada. El generador de código de contiene los siguientes componentes:
 - **Analizador de juegos serios (Serious game Analyzer):** Este componente es el encargado de identificar las acciones aplicables definidas dentro de la estructura del proyecto base, así como una vez identificadas las acciones aplicables analizar identificar en cada una de ellas el tipo de contenido aumentado a incorporar.
 - **Aplicación facade:** Este componente implementa el patrón de diseño de fachada para proporcionar una interfaz mucho más simple para comunicarse con los otros componentes del generador de código.
 - **Identificación del tipo de juego:** Este archivo analiza el archivo de configuración e identifica que tipo de juego se desea generar y envía un mensaje con el tipo de juego al componente de procesamiento de la plantilla del juego.

- **Procesamiento de la plantilla del juego:** Este componente recibe un mensaje que contiene el tipo de juego a generar y con base a la información recibida consulta el repositorio de categorías del juego, en el cual recupera la información de la plantilla del juego para identificar los atributos del juego para esa categoría.
- **Selector del atributo del juego:** Este componente es el encargado de identificar los atributos de juego de cada categoría de juego y en base a esta clasificación recuperar los diferentes tipos de cada atributo.
- **Procesador de atributos:** El procesador de atributos consiste en procesar las características del atributo para su generación.
- **Módulo de realidad aumentada (AR module):** El módulo de realidad aumentada es el principal componente dentro del generador debido a que en este módulo se agrega el contenido aumentado a las acciones aplicables. El AR Module tiene interacción directa con las bibliotecas de realidad aumentada para incorporar características de AR a los juegos serios.
 - **Analizador del atributo del juego:** Este componente es el encargado de analizar los atributos del juego seleccionados e identificar los que atributos aportan características de realidad aumentada.
 - **Selección de características de AR:** Una vez identificados los atributos del juego que soportan realidad aumentada, en este componente se seleccionan las características a agregar a los atributos del juego.
 - **Procesador de característica de AR:** Este componente es el encargado de configurar y procesar las características de realidad aumentada para su posterior ejecución dentro de la aplicación con gamificación, para hace uso de una biblioteca de realidad aumentada.
- **Constructor (Builder):** Es el modulo encargado de construir la aplicación, para ello en este módulo se configuran los datos del juego serio con características de realidad aumentada, y se configura el ambiente de construcción para la generación del juego serio con contenido aumentado
 - **Configuración de la aplicación:** consiste en recabar los datos de interés para la generación de la aplicación como el nombre, el autor y la fecha de generación de la aplicación y guardarlo en el archivo XML.

- **Configuración de la generación:** En este componente se recaba la información de la plataforma para la cual será generada la aplicación, la plataforma genera aplicaciones educativas para la Web y para móviles, es por ello que contiene dos subcomponentes Web y Móvil, el subcomponente Web describe la información para la generación de la aplicación educativa para la Web con HTML y JavaScript; el componente Móvil describe la información para la generación a los sistemas operativos Android [™], iOS [™] o Windows Phone [™].
 - **Configuración de la plataforma:** En este componente se realiza la generación de un archivo XML el cual consiste en la descripción de las características, atributos e información necesaria para la generación de la aplicación educativa en un motor de videojuegos o para la Web.
- **Generador ZIP:** Es el componente encargado de comprimir en un archivo .ZIP la aplicación resultado del generador de código.
 - **Mensajes de respuesta:** Este componente genera un mensaje de respuesta después de generar la aplicación. Si en el proceso de generación se produce un error, el mensaje de respuesta contendrá a detalle el error producido.
 - **Constructor de respuestas:** Este componente recibe el paquete generado en la capa de servicios y lo envía a la capa de presentación.

La Figura 3.23 representa el flujo de trabajo dentro de la arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada:

- (1) Autenticación de acceso al Wizard de funciones de la plataforma.
- (2) Selección del proyecto base del juego serio para incorporar realidad aumentada.
- (3) Se analiza la estructura del proyecto base para verificar que cumpla con los criterios necesarios para ser modificado en la herramienta.
- (4) Inicia el proceso de identificación de los elementos del proyecto base, extrayendo los principales elementos del mismo.
- (5) El Generador de código inicia el proceso de generación del código del juego serio con realidad aumentada.
- (6a) Se analiza la estructura del juego serio, en esta actividad se identifican los principales elementos del proyecto base para proseguir con la identificación de la categoría del juego y de acciones aplicables de los juegos serios.

- (6b) Se identifica la categoría del juego a generar, la categoría del juego es importante identificar porque dependiendo de la categoría van a ser las acciones aplicables a incorporar.
- (6c) Se identifican las acciones aplicables a incorporar en el juego serio con características de realidad aumentada dependiendo de la categoría del juego seleccionada, cabe destacar que una acción aplicable es una actividad dentro del juego serio a la cual se le incorpora alguna característica de realidad aumentada.
- (6d) Se procesan las acciones aplicables, identificando las características de las acciones aplicables y estableciendo criterios para su configuración.
- (7a) la segunda fase en la generación de código corresponde al procesamiento de características de realidad aumentada a incorporar en el juego serio por parte de la biblioteca de realidad aumentada.
- (7b) Se identifican las acciones aplicables seleccionadas y las características que contiene cada una.
- (7c) Se selecciona alguna característica de realidad aumentada por cada acción aplicable para agregarla a la misma.
- (7d) Se procesa las características de realidad aumentada recuperando las características, su estructura y funcionalidad del repositorio de realidad aumentada, para procesarla con la biblioteca de realidad aumentada.
- (8a) La tercera fase en la generación de código es la de construcción, en esta fase se establecen los criterios de la plataforma para la cual se va a generar el juego serio y se genera el proyecto con el código del juego serio.
- (8b) Se describen los datos de configuración del juego serio con características de realidad aumentada a generar.
- (8c) El usuario realiza la configuración de la generación del juego mediante la selección de una de dos opciones: 1) Juego web para usar en el navegador o 2) Juego móvil para teléfonos con Android™ o iOS™.
- (8d) La configuración de la plataforma recibe el archivo de especificaciones y lo prepara para enviarlo a su procesamiento en el motor de videojuegos (games engines).
- (8e) Esta actividad corresponde a la construcción del proyecto del juego serio con características de realidad aumentada.
- (9) Se recupera el proyecto generado en el motor de videojuegos y genera un archivo ZIP.
- (10) Se roma la ruta de archivo ZIP y se regresa una URL con la dirección que permitirá que el archivo se descargue; la URL es devuelta a la GUI para generar un botón para descargar.

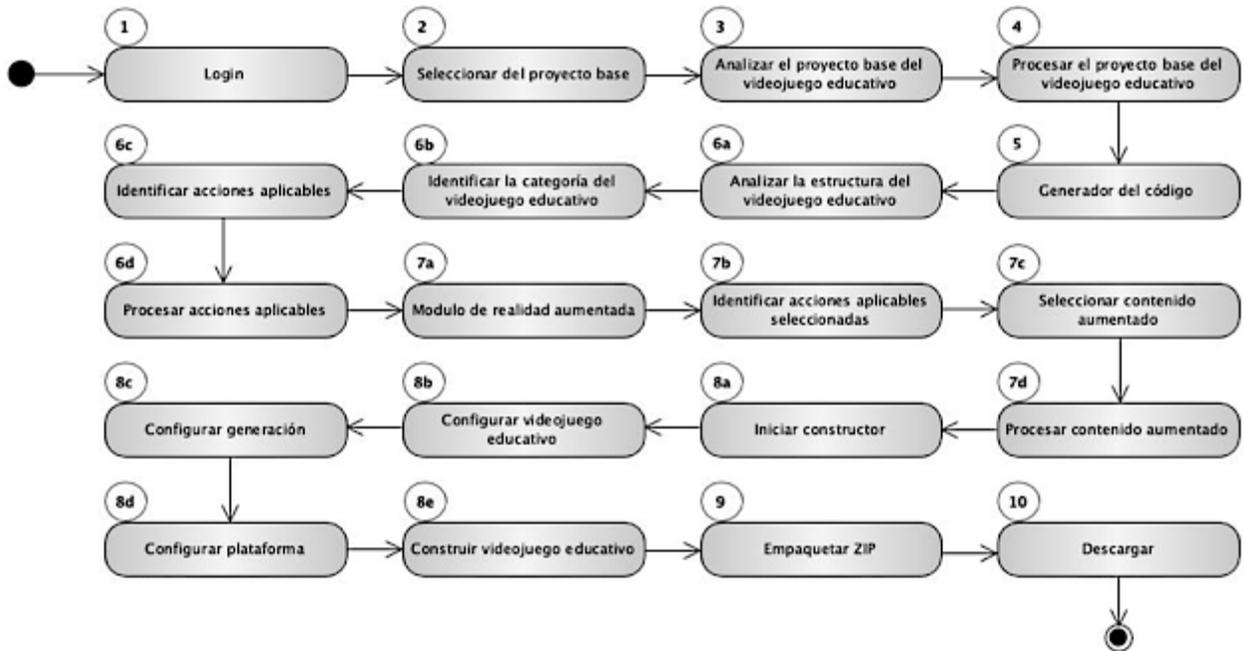


Figura 3.23 Flujo de trabajo dentro de la Arquitectura para la generación de juegos serios con realidad aumentada.

3.3.7 Juegos serios con características de realidad aumentada a generar

Un juego serio es un tipo de juego diseñado para conseguir uno o varios objetivos de aprendizaje diferentes al entretenimiento o la diversión. Estos objetivos son desarrollo de habilidades, la adquisición de conocimiento o el desarrollo de competencias. (Marcano, 2008). Un juego serio contiene atributos del juego que son definidos como una forma de resumir las reglas del juego, aunque deja en duda si solo abarca las reglas que definen la mecánica o abarca características utilizadas en el diseño (Lameras, 2015; Lundgren & Bjork, 2003). Desde una perspectiva educativa Cook (2006) interpretó los atributos de juego dando énfasis a las propiedades de retroalimentación al tiempo que reconoce las relaciones entre las normas y los atributos del jugador. Los atributos del juego tienen que ser considerados en el diseño del juego para garantizar un equilibrio entre los desafíos y las habilidades necesarias para alcanzar los objetivos. Con base en los atributos de un juego, Lameras (2015) clasificó categorías de juego generales dependiendo los atributos relevantes en el juego que se utilizan para la creación de instancias de atributos de juego en la práctica educativa; por ejemplo, las reglas se realizan a través de puntuación. Las categorías que presenta Lameras (2015) son juegos de reglas, juegos de objetivos y opciones, juegos de tareas y desafíos, juegos de colaboración y competencia, y juegos de retroalimentación y evaluación. La clasificación de las categorías de Lameras (2015) resulta ser una clasificación sustentada por el estudio de los atributos del juego presentes en las actividades de aprendizaje que el identificó y evaluó en una taxonomía.

Los juegos de reglas proporcionan desafíos, objetivos y acciones en el contexto de una experiencia de juego. En ese sentido, las reglas se caracterizan como restricciones que limitan las acciones del jugador (Charsky 2010). Jugar un juego serio es una actividad para mejorar el conocimiento del contenido, las habilidades y las competencias para lograr resultados de aprendizaje. Los juegos de reglas están estructurados de dos maneras que comprenden reglas y desafíos para los estudiantes: a través de la emergencia y la progresión. Juul (2005) sostiene que la emergencia es una estructura de juego, donde un juego se especifica como una pequeña cantidad de reglas que combinan grandes cantidades de variaciones de juego para las cuales los jugadores deben diseñar estrategias para manejarlas. Los juegos de reglas incluyen estrategias, acciones y progresión. La progresión es cuando un jugador tiene que realizar un conjunto predefinido de acciones para completar el juego. El diseñador del juego tiene el control sobre la secuencia de los eventos; aunque hay reglas de juego que son influenciadas o cambiadas por las acciones del jugador (Charsky 2010).

Lameras (2015) define que los atributos del juego para un juego de reglas deben ser scoring, moving, timers levels, progress bars, game instructions including victory conditions debido a los atributos de aprendizaje que estos atributos desarrollan como es el caso de los atributos Information transmission e individual. Un juego de reglas incluye cualquiera de los atributos antes mencionados, sin embargo para el desarrollo de la plataforma Zeus AR se toman como proyecto base los juegos con gamificación desarrollados por la plataforma Zeus (Marín et al., 2019) los cuales son los juegos de memorama, sudoku y el serpientes y escaleras, aunque existen más juego de reglas como el domino o el ajedrez, los juegos seleccionados cumplen con los atributos de transmisión de información e individual debido a la interacción presentada por los atributos del juego presentes en cada uno, el trabajo de Zeus presento una evaluación satisfactoria de la experiencia de aprendizaje desarrollada por los usuarios que interactuaron con estos juegos, de ahí el interés de agregar características de realidad aumentada para generar experiencias de aprendizaje más atractivas.

Los juegos de reglas desarrollados por la plataforma Zeus AR son el memorama, sudoku y el serpientes y escaleras, estos juegos fueron seleccionados debido a las reglas de interacción que los forman para completar el objetivo del juego, algunas reglas son referentes a los movimientos o acciones que el jugador tiene que desarrollar mientras interactúa con el juego, es por ello que dentro de estas reglas y acciones se identificaron acciones aplicables, las acciones aplicables son acciones realizadas por el juego o el jugador en las cuales se incluye una característica de realidad aumentada, estas acciones consisten en una interacción del jugador con algún atributo del juego. A continuación en la tabla 11 se

presentan las acciones aplicables identificadas en cada juego serio a generar por la herramienta Zeus AR.

Tabla 11. Identificación de actividades de juegos serios con realidad aumentada.

Tipo de juego	Acción	Mecanismo de activación	Tipo de contenido aumentado
Memorama	Iniciar juego	Botón de activación	Tablero de posicionamiento en superficie plana.
	Errar carta	Automático	Mensaje de error, o imagen relativa al fallo.
	Acertar par	Automático	Mensaje de acierto, o imagen relativa al acierto.
	Finalizar juego (no terminado)	Automático	Mensaje de finalización o imagen de juego no terminado exitosamente.
	Finalizar juego (Tablero completo)	Automático	Mensaje de finalización o imagen de juego terminado exitosamente.
Sudoku	Iniciar juego	Botón de activación	Tablero de posicionamiento en superficie plana.
	Finalizar juego	Automático	Mensaje de finalización o imagen de juego no terminado exitosamente.
	Finalizar juego (Tablero completo)	Automático	Mensaje de finalización o imagen de juego terminado exitosamente.
Serpientes y escaleras	Iniciar juego	Botón de activación	Tablero de posicionado en superficie plana
	Subir una escalera	Automático	Mensaje de acción o imagen representativa que se subió por una escalera
	Bajar por una escalera	Automático	Mensaje de acción o imagen representativa que se descendió por una escalera

3.3.8 Estructura del proyecto generado

Zeus AR genera el código fuente de juegos serios con realidad aumentada. Este proceso implica un conjunto de pasos para transformar los datos obtenidos en las fases de selección y configuración. En la figura 3.24 A se presenta la estructura en un proyecto de una aplicación móvil, la estructura del proyecto contiene el archivo de configuración y cuatro carpetas para el funcionamiento del juego que son las carpetas de juego, clases auxiliares (*Clases aux*), bibliotecas (*Libs*) y la biblioteca de realidad aumentada (*AR Library*). Cabe destacar que la siguiente estructura de carpetas se encuentra dentro de la carpeta source (scr) del proyecto en Android.

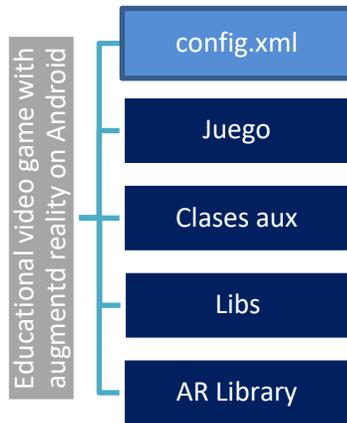


Figura 3.24 A) Estructura del proyecto de la aplicación móvil.

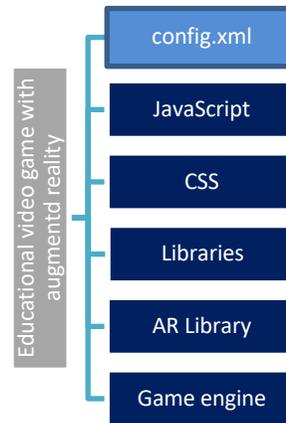


Figura 3.24 B) Estructura del proyecto de la aplicación Web

A continuación, se describe cada componente de la estructura presenta en la figura.

- **Config.xml:** Es el archivo de configuración del juego en XML.
- **Juego:** en la carpeta de datos donde se almacena el código relacionado con el funcionamiento del juego serio desarrollado.
- **Clases aux:** en esta carpeta se encuentran las clases auxiliares para el funcionamiento del juego serio.
- **Bibliotecas (Libs):** esta carpeta almacena las bibliotecas para la ejecución de la aplicación, en el caso de aplicaciones para Android® en esta carpeta se encuentran las bibliotecas de realidad aumentada.
- **Biblioteca de realidad aumentada (AR Library):** en esta carpeta se almacena la biblioteca de realidad aumentada que permite agregar contenido aumentado al juego serio.

En la figura 3.24 B se presenta la estructura del proyecto de un juego serio con realidad aumentada para la Web; el proyecto generado para un juego serio Web es basado en HTML y la estructura del proyecto contiene cinco secciones importantes que son la carpeta de JavaScript la cual almacena los archivos de JavaScript para la funcionalidad de los atributos, la configuración y otras secciones de la aplicación, la carpeta de CSS contiene archivos de hojas de estilo, la carpeta de bibliotecas (*Libraries*) contiene bibliotecas propias para el funcionamiento del juego serio Web, la carpeta de biblioteca de realidad aumentada (*AR Libraries*) es la encargada de contener la biblioteca implementada para el contenido aumentado y la carpeta de marco de trabajo para el desarrollo del juego serio (*games engines*) que contiene los archivos propios del marco de trabajo.

El proyecto para el juego serio con características de realidad aumentada cuentan con un diversas carpetas dependiendo de la plataforma para la cual se generó y un archivo de configuración, los archivos de configuración contienen elementos, que son estructuras de datos lógicas que establecen la información de configuración y en los cuales se establecen todas las características del juego serio con realidad aumentada. En la figura 3.25 se presenta el documento XML generado para un juego serio con realidad aumentada, el documento es similar para todos los juegos serios generados por Zeus AR teniendo como variación únicamente la descripción de los atributos del juego y sus tipos.

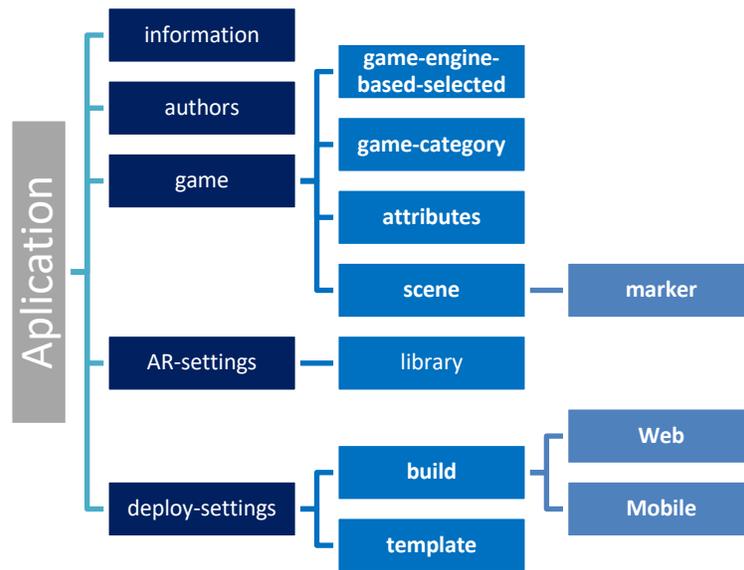


Figura 3.25 Representación gráfica del esquema XML.

La representación gráfica del esquema XML se visualiza en la figura 3.25, en la cual se observan los diversos niveles que conforman el documento. El esquema XML se representa hasta un tercer nivel debido a la importancia de la representación de esos componentes dentro del juego serio con características de realidad aumentada. Uno de los elementos más importantes es game este elemento contiene la información de los elementos para la generación de la plataforma, teniendo como componentes el marco de trabajo para la generación de un juego serio con realidad aumentada, la categoría del juego a la que pertenece el juego serio, los atributos que contiene y las acciones aplicables donde estarán ubicados los marcadores para la incorporación de realidad aumentada.

3.4 Etapa de desarrollo

Esta etapa de la metodología consiste en utilizar los modelos creados durante la etapa de diseño para crear los componentes y las interrelaciones de la arquitectura de integración así como las prestaciones de servicios de la herramienta generadora de juegos serios con realidad aumentada.

3.4.1 Prototipo del desarrollo de Zeus AR: una herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada.

Zeus AR es un generador de juegos serios con características de realidad aumentada que facilita la generación de juegos educativos con un objetivo de aprendizaje específico en base a actividades de aprendizaje y atributos del juego. El objetivo de esta herramienta es ayudar al usuario a generar un juego educativo que cumplan con las actividades y objetivos de aprendizaje.

A continuación, se describen las diversas etapas que conformaron el proceso de generación de un juego serio con realidad aumentada en la plataforma Zeus AR.

Paso 1: Selección del game engine. La herramienta Zeus AR utiliza un marco de trabajo para el desarrollo de videojuegos que se implementa como base para la generación del juego serio con características de realidad aumentada, los marcos de trabajo utilizados son los marcos de trabajo basados en HTML y los marcos de trabajo propietarios, la diferencia de los marcos de trabajo consiste en que cada tipo tiene un proceso de generación diferente, mientras que los marcos basados en HTML5 solo hacen uso del lenguaje HTML, JavaScript, CSS3 y jQuery en algunos casos; los marcos de trabajo propietarios implementan un lenguaje de programación y las herramientas propias de dicho lenguaje para su compilación. El objetivo principal del paso 1 (Figura 3.26) es que el usuario seleccione una de las dos opciones para generar su juego serio con características de realidad aumentada, en este caso de estudio se seleccionó la opción de marcos de trabajo basados en HTML.

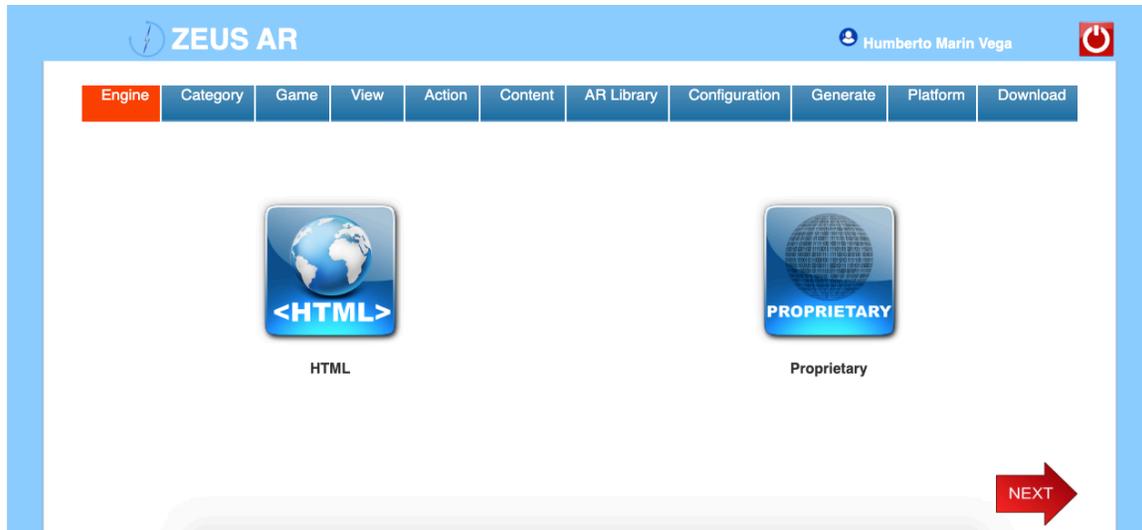


Figura 3.26 Selección del game engine.

Paso 2: Selección de la categoría del juego. La herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada Zeus AR permite la generación de juegos educativos para las categorías de reglas, Objetivo y opciones y Tareas/Desafíos, en esta sección el usuario tiene que seleccionar una categoría del juego educativo a generar. Las opciones se presentan a continuación en la figura 3.27.

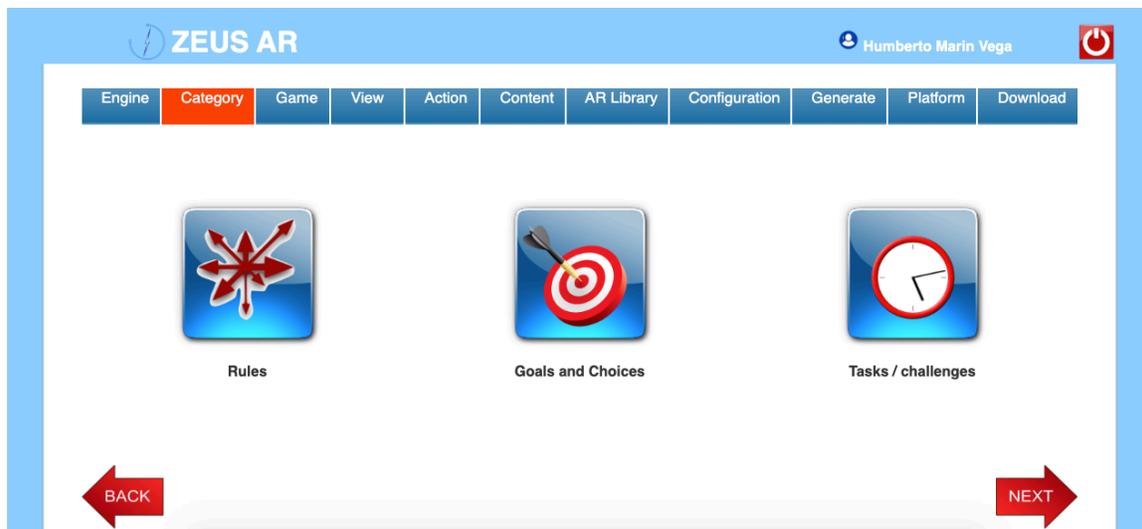


Figura 3.27 Selección de la categoría del juego.

Paso 3. Selección de la actividad de aprendizaje. La implementación de gamificación se realiza de manera implícita por medio de las actividades de aprendizaje, cada una de las actividades de aprendizaje contiene atributos del juego los cuales propician una técnica de gamificación. Las actividades de aprendizaje dependen de las categorías del juego; con base en la categoría de

juego seleccionada por el usuario la herramienta Zeus AR realiza una clasificación interna de las actividades de aprendizaje a cubrir y de acuerdo a la actividad de aprendizaje seleccionada se presentan los proyectos base de juegos educativos a generar. En la figura 3.28 se observa algunas de las actividades de aprendizaje que brinda soporte la herramienta Zeus AR.

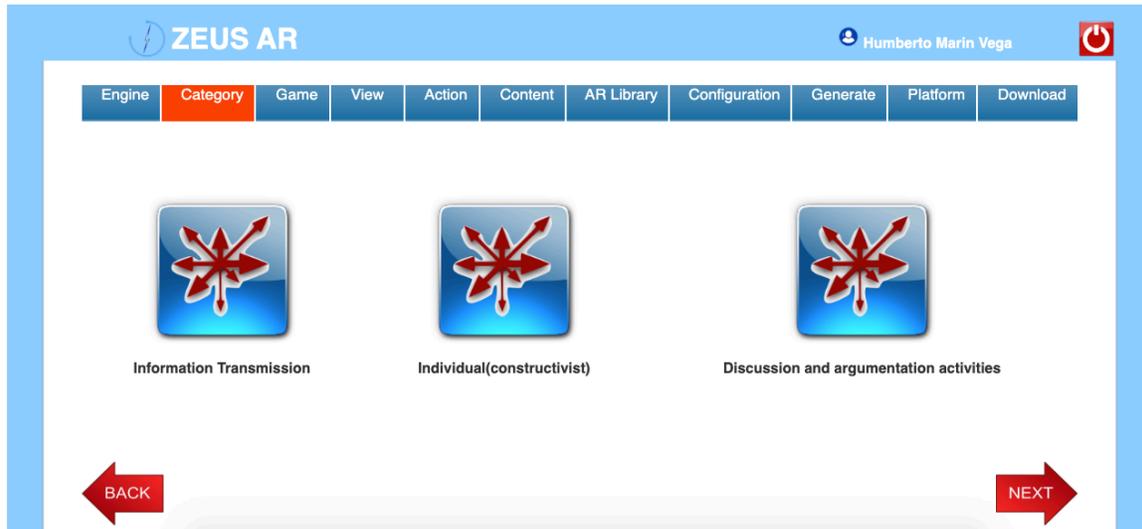


Figura 3.28 Selección de la actividad de aprendizaje.

Paso 4: Selección del proyecto base del juego educativo. La herramienta Zeus AR genera juegos serios con realidad aumentada, los proyectos base de los juegos educativos ya se encuentran desarrollados y pre cargados en la plataforma para su configuración y son clasificados de acuerdo a la actividad de aprendizaje seleccionada. El usuario solo tiene que seleccionar el juego serio al cual se le va a incorporar realidad aumentada como se observa en la figura 3.29.

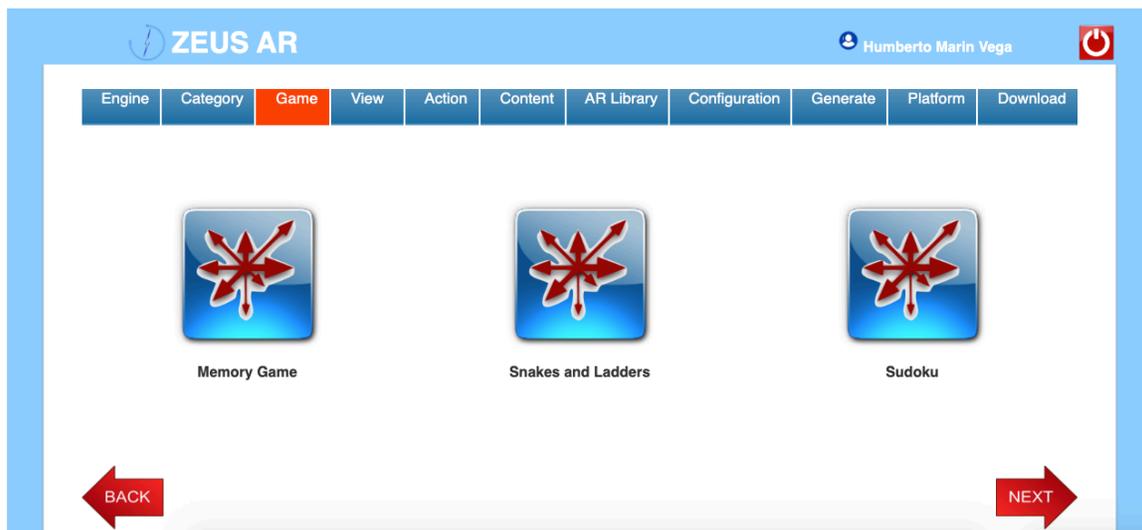


Figura 3.29 Selección del proyecto base del juego educativo.

Paso 5: Configuración de los atributos del juego. En este paso se realiza la configuración de los atributos de aprendizaje del juego; como son el puntaje, el nivel, entre otros. Los atributos del juego propician de manera implícita una técnica de gamificación implementando una actividad de aprendizaje. La configuración de los atributos del juego puede ser numérica, por niveles o textual; como se puede observar en la figura 3.30.

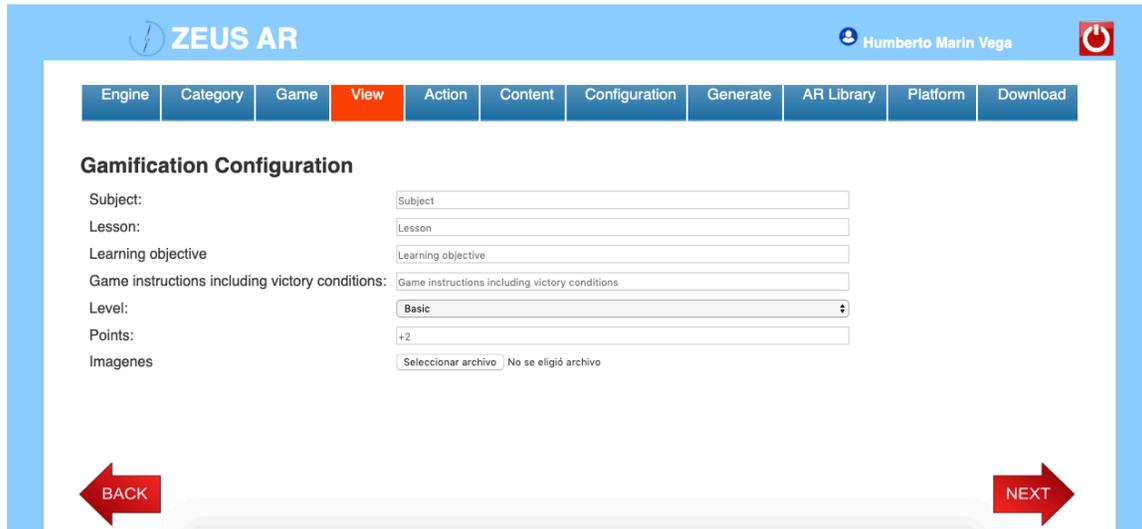


Figura 3.30 Configuración de los atributos del juego.

Paso 6: Vista previa del juego. En este paso al usuario se le presenta una vista previa del juego seleccionado y la configuración que realizó en él, para ver si cumple con los requisitos establecidos para su desarrollo. La vista previa del juego se puede observar en la figura 3.31.

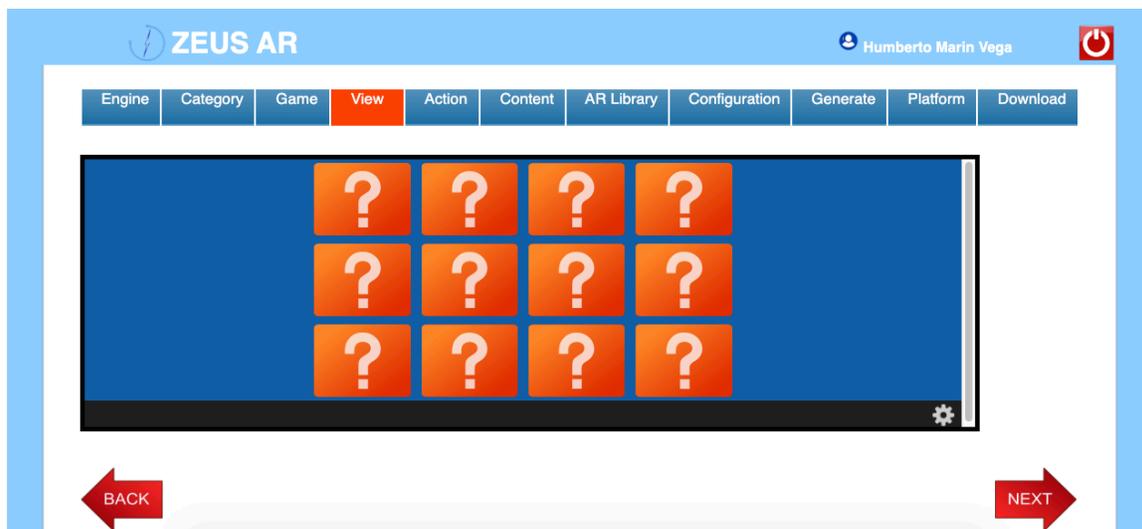


Figura 3.31 Vista previa del juego.

Paso 7: Selección de las acciones aplicables de realidad aumentada. Este es uno de los pasos importantes debido a que en este paso se realiza la incorporación de características de realidad aumentada a un juego serio, una vez seleccionado el juego a desarrollar en este paso se identifican las acciones aplicables para realidad aumentada, estas acciones dependen del juego y son acciones que se identificaron previamente; como se observa en la figura 3.32.

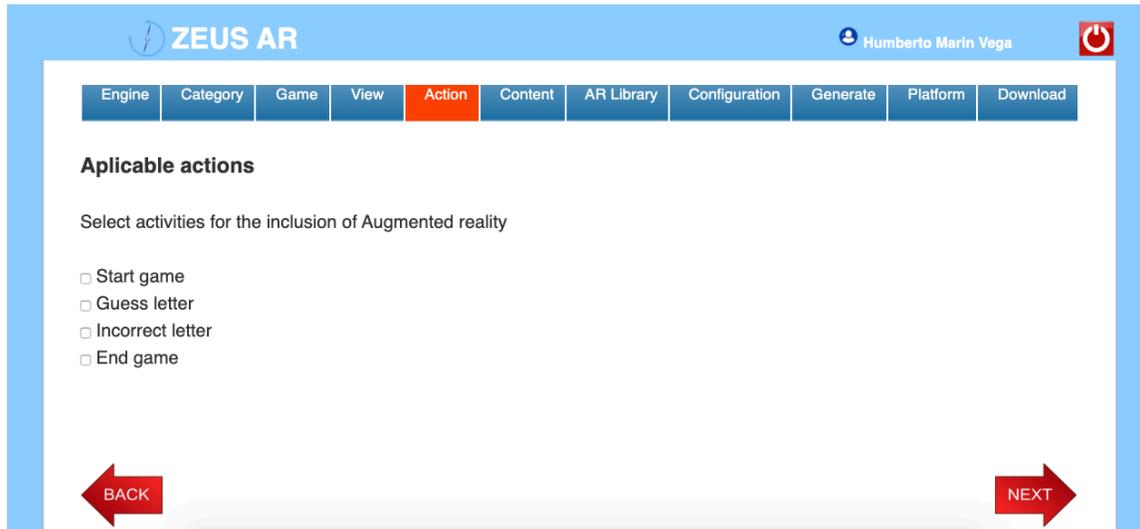


Figura 3.32 Selección de las acciones aplicables.

Paso 8: Agregar contenido de realidad aumentada. En este paso se agrega el contenido aumentado a las acciones aplicables seleccionadas por el usuario (Figura 3.33), el contenido aumentado a incorporar es de tres tipos imágenes, texto o modelos. Las imágenes soportadas como contenido aumentado son imágenes PNG, JPG o JPEG de una resolución máxima de 1200px x 800px; por otro lado el texto a integrar como contenido aumentado se hace mediante un archivo de texto .TXT, para incorporar texto se debe describir en un archivo .TXT la oración que se desea presentar como contenido aumentado para posteriormente seleccionar el archivo y así hacer su integración como contenido aumentado; otro tipo de objeto a mostrar como contenido aumentado son los modelos 3D, los modelos 3D deben ser de las siguientes extensiones OBJ, COLLADA, PLY, FBX o gLTF.

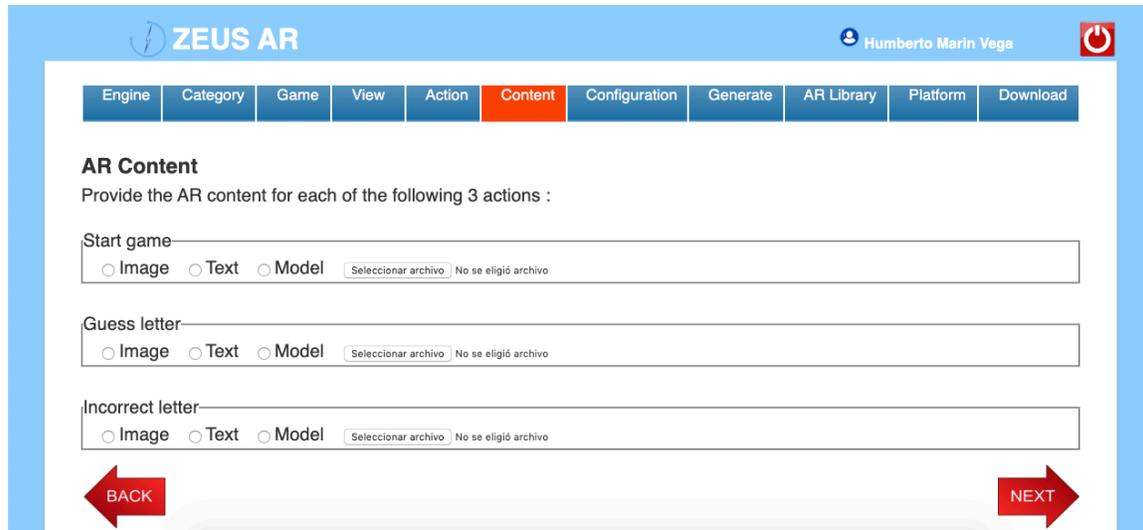


Figura 3.33 Selección del contenido aumentado.

Paso 9: Selección de la biblioteca de realidad aumentada. La plataforma Zeus AR hace uso de una biblioteca de realidad aumentada para agregar características de realidad aumentada; en este paso el usuario tiene que seleccionar que biblioteca es la que desea incorporar para dar soporte al contenido aumentado de su juego serio. En la figura 3.34 se observan las bibliotecas disponibles en la plataforma Zeus AR. Las bibliotecas de RA que soporta la herramienta Zeus AR son Ar.JS, Awe.JS y Three.JS debido a que permiten crear escenarios de realidad aumentada en HTML5 con imágenes, texto e imágenes 2D y 3D como contenido aumentado, las bibliotecas seleccionadas permiten presentar el contenido aumentado de una manera más dinámica en la ejecución del juego

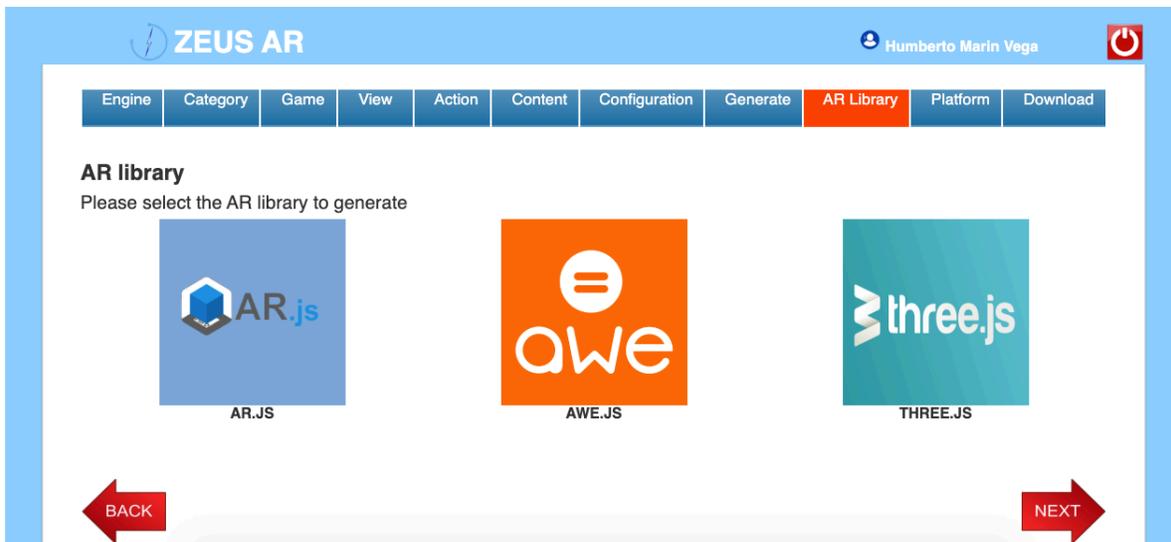


Figura 3.34 Selección de la biblioteca de realidad aumentada.

Paso 10: Agregar información de la aplicación (Configuración). En la parte de configuración el usuario escribe los datos importantes del juego serio con características de realidad aumentada para establecer la propiedad del juego serio, los datos son el nombre del juego, la versión, el autor, el objetivo de aprendizaje y la fecha de creación, esta información se guarda en un archivo XML para usarlo posteriormente en la generación. En la figura 3.35 se observan los requisitos que la plataforma solicita para la configuración del juego serio con realidad aumentada.

The screenshot shows the 'Configuration' step in the ZEUS AR software. The interface is clean and professional, with a blue color scheme. The navigation menu is clearly visible, and the configuration fields are easy to use. The 'BACK' and 'NEXT' buttons are prominent, allowing the user to navigate between steps.

Figura 3.35 Agregar información de la aplicación (Configuración).

Paso 11: Selección de la plataforma a generar. En este paso el usuario selecciona para que plataforma quiere generar su juego serio con características de realidad aumentada; las plataformas son Web o móvil (Figura 3.36). En el caso de móvil la herramienta Zeus AR genera juegos serios para los sistemas operativos para dispositivos móviles iOS® o Android®.



Figura 3.36 Selección de la plataforma a generar.

Paso 12: Descarga. Una vez completada la generación del juego serio con características de realidad aumentada, Zeus AR presenta la pantalla de descarga del proyecto generado; la descarga se inicializa de manera automática pero en caso no inicialice presenta un hipervínculo de descarga del proyecto generado como se observa en la figura 3.37.

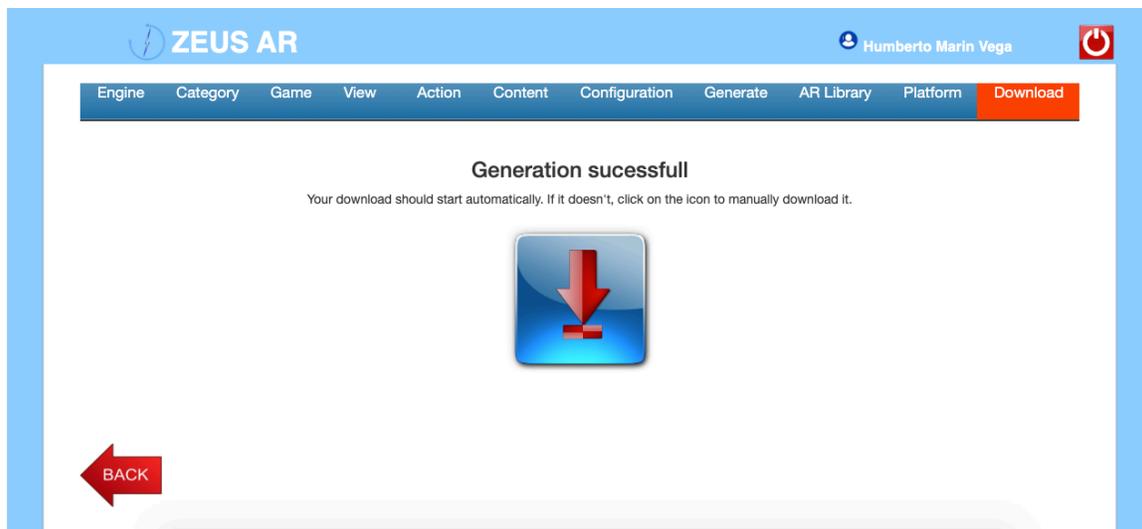


Figura 3.37 Descarga.

Capítulo 4. Resultados

En esta sección se describen los resultados obtenidos en la investigación, presentando dos casos de estudio donde se visualiza el funcionamiento de la herramienta Zeus AR. En el primer caso de estudio se describe paso a paso el proceso que un usuario realiza para el desarrollo de una aplicación con gamificación utilizando la herramienta Zeus. En el segundo caso de estudio se describe el proceso de incorporación de realidad aumentada a un juego serio.

4.1 Primer caso de estudio: Generar juegos educativos basados en reglas para un entorno Web en la plataforma Zeus.

Zeus es un generador de aplicaciones con gamificación que facilita la generación de aplicaciones con un objetivo de aprendizaje específico en base a actividades de aprendizaje y atributos del juego. El objetivo de esta herramienta es ayudar al usuario a generar una aplicación que contenga atributos de acuerdo a una clasificación de juego y las actividades de aprendizaje seleccionadas por el usuario para la aplicación a generar.

Para demostrar el funcionamiento de la plataforma Web para el desarrollo de aplicaciones con gamificación es esta etapa del desarrollo de seleccionó la generación de los juegos de reglas. Los juegos de reglas son juegos que proporcionan el contexto en términos de desafíos, objetivos y acciones y explican cómo se formalizan en relación con el diseño del juego (Lameras, 2015). Se tomó como base un juego de reglas en esta etapa debido a que son la primera clasificación que propone Lameras, esto debido a la identificación de las actividades de aprendizaje en esta clasificación las cuales no necesitan de una complejidad de interacción mayor con los atributos del aprendizaje.

En el presente caso de estudio se seleccionó el uso de un juego de reglas en el apoyo a la educación básica en un área de matemáticas, debido a que es un área la cual presenta dificultad a los alumnos de comprender diversos temas, debido a diversas causas como la falta de interés, el desconocimiento de tópicos previos, entre otros. Las matemáticas son un área demasiado amplia es por ello que este caso se estudió se definió sobre la aritmética, la aritmética es la rama de las matemáticas cuyo objeto de estudio son los números y las operaciones elementales hechas con ellos.

La aritmética es un tema de estudio en los niveles de educación básica, actualmente los alumnos de este nivel educativo son nativos digitales, alumnos cuyo proceso de enseñanza va más enfocado a desarrollar conocimiento a base

de experiencias. Los alumnos de este nivel son alumnos cuyo proceso de aprendizaje está auxiliado de nuevas tecnologías, es ahí donde el aprendizaje basado en el juego es una opción viable para el desarrollo de conocimiento, es por ello que el uso de aplicaciones con gamificación generadas por la plataforma Web desarrollada tiene un campo de acción para su implementación.

La aritmética es la rama de las matemáticas que se ocupa de los números, incluidas sus propiedades y operaciones. Es uno de los temas centrales en la educación matemática básica; sin embargo, comúnmente es difícil para los estudiantes debido a una variedad de razones, incluida la falta de interés y la falta de conocimiento previo. Se sabe que las aplicaciones de juegos educativos ayudan a los jugadores a mejorar sus habilidades matemáticas básicas, como sumar, restar, multiplicar y dividir. Es por ello que en la plataforma Zeus para el desarrollo de aplicaciones con gamificación se generan aplicaciones para el apoyo al proceso de enseñanza - aprendizaje en el área de las operaciones elementales mediante los juegos memorama, brick breaker, serpientes y escaleras y sudoku. Los estudiantes utilizan las aplicaciones de juegos desarrolladas con Zeus para lograr los objetivos de aprendizaje, ya que se basan en un enfoque de aprendizaje basado en juegos. Creemos que este enfoque contribuye a la construcción de conocimiento en la nueva era digital al basarse principalmente en experiencias y sentimientos en la interacción entre los estudiantes y las tecnologías modernas.

Finalmente, vale la pena mencionar que Zeus desarrolla aplicaciones gamificadas que son usadas en una variedad de contextos; En contextos educativos, estas aplicaciones se utilizan para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de operaciones matemáticas básicas.

4.2 Evaluación de la herramienta Zeus.

Según el estudio de Kitchenham (Kitchenham, 1997) sobre los métodos para la evaluación de software y herramientas, hemos seleccionado el tipo de evaluación que involucra mediciones cuantitativas como el tipo de método más adecuado para evaluar la plataforma Zeus. Esta selección se realizó teniendo en cuenta el objetivo de la evaluación en este trabajo: medir la experiencia del usuario de los juegos generados por la plataforma Zeus, interpretando la experiencia del usuario como la combinación de experiencia de aprendizaje, experiencia divertida, motivación y expectativas, y Analizar los resultados de forma estadística.

Al analizar el estado de la técnica sobre los métodos cuantitativos para la evaluación de la experiencia del usuario de los juegos educativos, identificamos el "Fun Toolkit" como un conjunto de herramientas cuyo objetivo principal es medir la diversión con los niños mediante el uso de diversos instrumentos, como un cuestionario y un par de tablas de clasificación. El proceso de evaluación con el

"Fun Toolkit" consta de tres fases: en la primera fase, un cuestionario se utiliza principalmente para medir la motivación, las expectativas y la experiencia divertida de los niños con los juegos; en la segunda fase, se usa una tabla de clasificación para clasificar los juegos según diferentes criterios relacionados principalmente con la experiencia divertida; En la última fase, se utiliza otra tabla de clasificación para medir finalmente la aceptación de los juegos.

El "Fun Toolkit" es ampliamente utilizado por los investigadores para medir la interacción de los niños con juegos educativos y juegos en general. En (Read & MacFarlane, 2006), se discutió la eficacia y utilidad del "Fun Toolkit" analizando algunos estudios que informan su uso; en (Sim & Horton, 2013), se evaluó un juego utilizando tanto el método "This or That" como el "Fun Toolkit", y se describieron las ventajas de cada método; En (Zarraonandia et al. 2013) se evaluaron las experiencias de juego divertidas y educativas de un modelo conceptual que organiza de forma modular y en diferentes perspectivas de diseño las características del juego.

A diferencia de otros métodos para la evaluación de la experiencia del usuario que se usan para evaluar juegos educativos, como "This or that", el "Fun Toolkit" utiliza diversos instrumentos para medir la experiencia del usuario en diferentes momentos durante la interacción de los niños con los juegos, por lo tanto dando una percepción integral de los juegos evaluados.

Existen numerosos métodos que podrían adoptarse para medir la experiencia del usuario de los juegos educativos; no obstante, en este trabajo se seleccionó el "Fun Toolkit" por las razones anteriores.

Funkit Toolkit

El Fun Toolkit original fue desarrollado por Read y se informó por primera vez como un concepto (v1) en Read y MacFarlane (Read & MacFarlane, 2006). En su forma actual, el conjunto de herramientas consta de tres instrumentos que se usan con los niños para "transmitir opiniones" sobre los productos. Se pretende que sea divertido, rápido y justo, y se usa con niños de hasta cuatro años, a la vez que es aceptable para los adolescentes. Los tres instrumentos utilizados por Fun Toolkit son el medidor de satisfacción (*Smileyometer*), el clasificador de diversión (*Fun Sorter*) y la tabla de repetición (*Again-Again table*).

El medidor de satisfacción (*Smileyometer*) es el primer y quizás más importante instrumento de juego de herramientas divertido. El medidor de satisfacción (*Smileyometer*) se presenta a los niños en una fila horizontal con palabras de apoyo debajo de las caras, según lo recomendado por Borgers (Janssens, 2013). Se les pide a los niños que marquen la cara que coincida con su opinión. El

clasificador de diversión (*Fun Sorter*) permite a los estudiantes clasificar los juegos según diferentes criterios como el juego más divertido, más fácil de jugar, más fácil de aprender y más entretenido. Después de clasificar los juegos educativos basados en reglas, se aplica una puntuación a cada elemento / construcción en consideración. Y el último instrumento es la tabla de repetición (*Again-Again table*), simplemente requiere que los niños marquen "sí", "quizás" o "no" para cada actividad o producto que se evalúa, siempre considerando la pregunta "¿Le gustaría volver a hacer esto?".

4.2.1 Estudio de usuario

Utilizamos el Fun Toolkit y diseñamos una metodología dentro del tema para evaluar cuatro aspectos, es decir, motivación, expectativa, experiencia de aprendizaje y experiencia divertida, de cuatro aplicaciones de juegos desarrolladas con Zeus.

4.2.2 Diseño y planificación de estudios de caso

Utilizamos Zeus para diseñar el estudio de caso, que tiene como objetivo desarrollar e implementar juegos serios basados en reglas. La planificación adecuada es clave al realizar estudios de caso; por lo tanto, en las siguientes secciones, describimos a fondo nuestra metodología de evaluación.

Diseño del estudio

La gamificación es el uso de elementos de diseño caracterizados por juegos en contextos que no son juegos. La plataforma Zeus implementa las técnicas de gamificación de motivación, acción y recompensa; Estas técnicas se implementan mediante el uso de atributos del juego que ayudan al usuario en el proceso de aprendizaje al permitirle desarrollar experiencias divertidas. Los atributos del juego son elementos en la interfaz de usuario del juego con una funcionalidad específica, que están relacionados con el desarrollo de una actividad de aprendizaje; La dinámica entre los diferentes atributos del juego promueve implícitamente una técnica de gamificación y genera experiencias de usuario como experiencias divertidas. En este trabajo, las experiencias divertidas se evaluaron utilizando el método Fun Toolkit, específicamente, el instrumento medidor de satisfacción (*Smileyometer*), que nos permitió evaluar indirectamente los atributos del juego. El instrumento medidor de satisfacción (*Smileyometer*) está destinado a medir la experiencia del usuario antes (como la motivación y las expectativas) y después (como experiencia divertida) de jugar un juego.

El método Fun Toolkit requiere que los niños califiquen un producto / aspecto en función de sus experiencias. Por lo tanto, durante la evaluación, los estudiantes tuvieron que reflexionar sobre sus experiencias con los cuatro juegos, dar sus

opiniones sobre ellos y juzgar su eficiencia como apoyo para el aprendizaje. El orden de la evaluación está determinado por el método mismo; es decir, primero, los participantes respondieron al medidor de satisfacción (*Smileyometer*); luego, al clasificador de diversión (*Fun Sorter*), y finalmente, completaron la tabla de repetición (*Again-Again table*). El medidor de satisfacción (*Smileyometer*) mide la experiencia del usuario antes y después de jugar un juego. En este trabajo, incluye preguntas sobre el juego tal como es y la experiencia de aprendizaje; en particular, algunas preguntas se refieren a las características del juego, como divertidas, organizadas y creativas, mientras que otras se centran más en la coherencia del juego con un objetivo de aprendizaje, su contribución al conocimiento y su eficiencia como recurso de apoyo al aprendizaje. Otro aspecto que se evaluó fue si el jugador se sintió motivado durante el desarrollo del juego, si el sistema de recompensa lo motivó a continuar usando el juego o si los atributos del juego presentados en el juego se consideraron correctos. Para evitar resultados sesgados, se le pidió a cada estudiante que jugara los cuatro juegos en orden aleatorio; A continuación, utilizamos el medidor de satisfacción (*Smileyometer*) para determinar la experiencia general de cada alumno con cada aplicación de juego.

En la segunda etapa, los participantes tuvieron que completar clasificador de diversión (*Fun Sorter*), que les permitió clasificar los juegos con respecto a cuatro aspectos: el más / menos divertido, el más fácil / más difícil de jugar, el más / menos entretenido y el mejor / Lo peor para aprender. Luego, todas las respuestas de los clasificadores divertidos individuales se recopilaron y capturaron en un clasificador divertido único. Finalmente, en la tercera etapa, los participantes completaron la tabla de repetición (*Again-Again table*). De manera similar a los resultados del clasificador divertido, todos los resultados de la tabla individual se concentraron en la tabla de repetición (*Again-Again table*).

Escenario de evaluación

En este estudio de usuario, desarrollamos juegos serios basados en reglas que tienen como objetivo ayudar a los estudiantes a aprender sobre aritmética. En particular, desarrollamos los siguientes cuatro juegos de matemáticas: Brick Breaker, Memorama, Serpientes y escaleras y Sudoku, todos ellos dirigidos a estudiantes de secundaria.

Participantes

Treinta y cuatro estudiantes de secundaria de la misma clase, todos de 12 a 13 años, participaron en el estudio. Los estudiantes se reunieron en el laboratorio de computación de una universidad local, conocida como Instituto Tecnológico de

Orizaba. Luego, se organizaron en grupos de cuatro y se les asignó un maestro. Luego, administramos los formularios y dimos las instrucciones para comenzar la evaluación. Se les pidió a los niños que jugaran individualmente los cuatro juegos. Tenga en cuenta que todos los maestros que acompañaron a los estudiantes tenían experiencia en ayudar a los estudiantes de secundaria a completar evaluaciones de software; sin embargo, no estaban familiarizados con Fun Toolkit; por lo tanto, se les presentó brevemente el método antes del día de evaluación.

4.2.3 Procedimiento de recopilación de datos.

Cada estudiante jugó los cuatro juegos y los evaluó con los formularios Fun Toolkit. Antes de que los participantes jugaran un juego, se les mostró una imagen de la interfaz de ese juego y se les pidió que completaran el medidor de satisfacción (*Smileyometer*) previo al juego para medir sus expectativas y motivaciones para jugar ese juego. Luego, después de jugar, se les pidió que respondieran al medidor de satisfacción (*Smileyometer*) posterior al juego. En general, el procedimiento para evaluar cada juego se resume de la siguiente manera:

- 1) El estudiante responde al medidor de satisfacción (*Smileyometer*) previo al juego para el juego
- 2) El estudiante juega el juego
- 3) El estudiante responde al medidor de satisfacción (*Smileyometer*) post-game para el juego y completa los formularios Fun Toolkit

A los participantes generalmente se les permitía jugar de cinco a diez minutos en cada juego, sin embargo, este lapso podría disminuir o extenderse a medida que los estudiantes se aburren o se sientan más involucrados con un juego en particular. En general, cada participante tardó 20 minutos en realizar la evaluación de las cuatro aplicaciones del juego. Luego, se les agradeció a todos por sus valiosas contribuciones.

4.2.4 Análisis de datos y validación

Todos los niños lograron completar las evaluaciones. En cuanto a las respuestas del medidor de satisfacción (*Smileyometer*), fueron codificadas usando los números del 1 al 5, donde 5 representaba la respuesta "fantástica" y 1 representaba la respuesta "horrible". En cuanto a los divertidos resultados del clasificador, el valor de 1 se otorgó al juego mejor clasificado y 0 al juego de menor calificación. Finalmente, en cuanto a los resultados de la tabla de repetición (*Again-Again table*), los valores de calificación aplicados fueron 3 para cada respuesta Sí, 2 para cada respuesta Quizás y 0 para cada respuesta No. El juego con el valor más alto se clasificó como el más preferido.

4.2.5 Resultados

En esta sección se analizan los resultados de la evaluación realizada por los participantes en las cuatro aplicaciones del juego Zeus utilizando el método Fun Toolkit. La tabla 12 resume los resultados obtenidos con el medidor de satisfacción (*Smileyometer*), una representación gráfica se presenta en la figura 4.1.

Tabla 12. Resultados del medidor de satisfacción (*Smileyometer*).

	Antes		Después	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Brick Breaker	4.13	0.119025	4.22	0.007225
Memorama	3.79	2.50E-05	4.27	0.018225
Serpientes y escaleras	4	0.046225	4.05	0.007225
Sudoku	3.22	0.319225	4	0.018225

Se obtuvieron valores medios altos con pequeñas desviaciones estándar tanto en los resultados del medidor de satisfacción (*Smileyometer*) antes del juego como después del juego. En el caso de los resultados del medidor de satisfacción (*Smileyometer*) previo al juego, esto implica que los estudiantes tenían altas expectativas en los juegos y estaban muy motivados para jugarlos y así aprender de ellos. En cuanto a los resultados del medidor de satisfacción (*Smileyometer*) posterior al juego, las puntuaciones medias altas (por ejemplo, 4.13) con pequeñas desviaciones estándar (por ejemplo, 0.1302) implicaron que los participantes tuvieron una experiencia de aprendizaje divertida mientras jugaban. En otras palabras, los resultados de las evaluaciones del medidor de satisfacción (*Smileyometer*) demuestran que los juegos no solo se percibían como divertidos, sino que también podían alcanzar sus objetivos de aprendizaje subyacentes. Por lo tanto, en esta etapa, podemos concluir que las aplicaciones tuvieron una aceptación positiva entre los participantes del estudio.

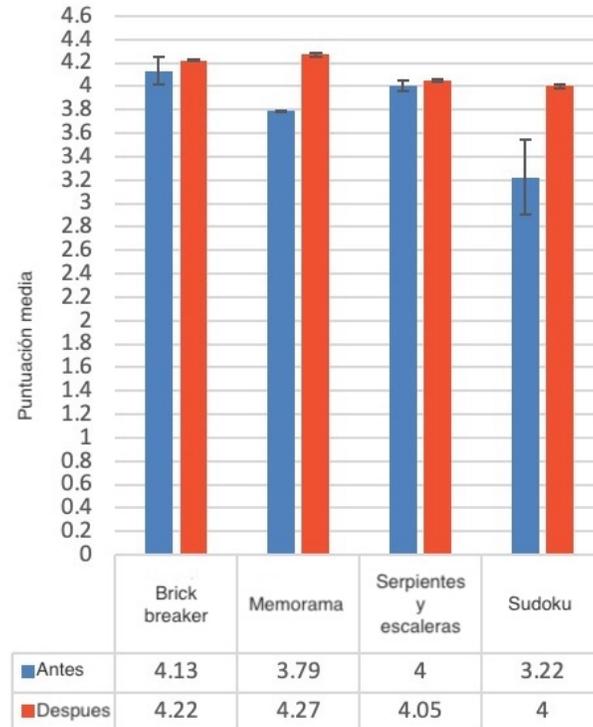


Figura 4.1 Representación gráfica del medidor de satisfacción (Smileyometer).

En cuanto a los resultados del Clasificador de diversión (Tabla 13), encontramos resultados aún más positivos que en la fase anterior. Los resultados reflejan las opiniones de los estudiantes sobre los juegos después de haber interactuado con ellos. Como se mencionó anteriormente, clasificador de diversión (*Fun Sorter*) buscó encontrar el juego más / menos divertido, el juego más fácil / más difícil de jugar, el juego más / menos entretenido y el mejor / peor juego para aprender. En este sentido, nuestra versión aritmética del rompe ladrillos fue calificada como la más divertida, mientras que el memorama fue calificado como el juego más fácil, seguido nuevamente por el rompe ladrillos. El memorama también se clasificó como el juego más fácil de aprender, mientras que serpientes y escaleras fue el más entretenido.

Tabla 13. Resultados obtenidos en el clasificador de diversión (*Fun Sorter*).

	Brick Breaker	Memorama	Serpientes y escaleras	Sudoku
Más divertido	12	10	8	4
Más fácil de jugar	10	11	6	7
Más fácil de aprender	5	13	7	9
Más entretenido	12	8	11	3

Los resultados reunidos con la tabla de repetición (*Again-Again table*) se resumen en la Tabla 14. Los resultados se expresan en frecuencia y porcentajes e indican

si los participantes volverían a jugar los cuatro juegos. En la figura 4.2 se observa una representación gráfica de los resultados en función del porcentaje. Tenga en cuenta que todos los juegos muestran resultados positivos, lo que implica que la mayoría de los participantes los jugarán nuevamente / posiblemente.

Tabla 14. Resultados de la tabla de repetición (Again-Again table).

	Si	Quizás	No
Brick Breaker	82.35%	17.65%	0%
Memorama	17.65%	67.65%	14.70%
Serpientes y escaleras	79.41%	20.59%	0%
Sudoku	61.76%	17.65%	20.59%

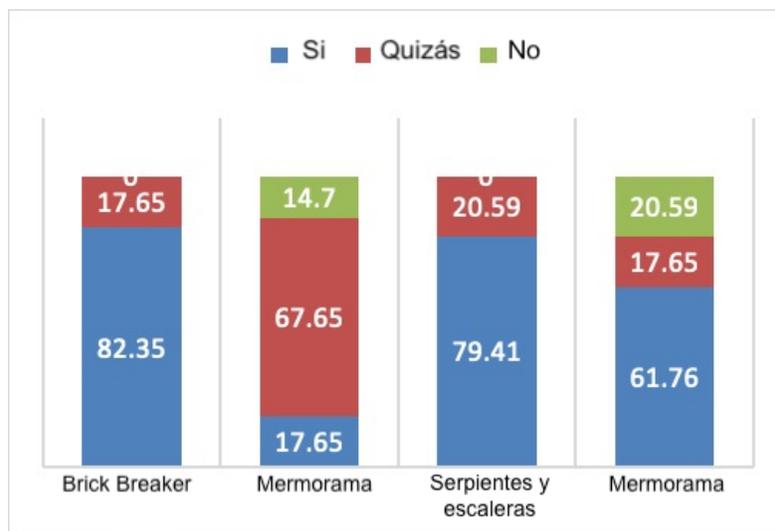


Figura 4.2 Representación gráfica de los resultados de la tabla de repetición (Again – Again table).

Discusión.

Los juegos serios basados en reglas apoyan y fomentan el aprendizaje significativo, y si se implementan en materias como las matemáticas, ayudan a agudizar las habilidades básicas críticas, como sumar, restar, multiplicar y dividir. Según nuestros resultados del medidor de satisfacción (*Smileyometer*), las aplicaciones de juegos generadas con Zeus son un buen soporte de aprendizaje. Del mismo modo, los resultados del clasificador de diversión (*Fun Sorter*) demuestran que las aplicaciones tienen un impacto significativo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes: son fáciles de jugar, fáciles de aprender, entretenidas y divertidas. También se evaluaron los aspectos de organización de las aplicaciones. En este sentido, nuestros resultados indican que las aplicaciones de juegos desarrolladas con Zeus siguen una secuencia adecuada de eventos. Del mismo modo, en tres de las cuatro categorías evaluadas en el clasificador de diversión (*Fun Sorter*), tanto la proporción de estudiantes que corresponde al

segundo juego menos elegido como esa proporción del juego más elegido son cercanas a 0.7. Este valor es muy cercano a 1 y confirma que al menos tres de los cuatro juegos evaluados aquí fueron considerados igualmente divertidos, fáciles de jugar y entretenidos. Finalmente, con respecto a los resultados de la tabla de repetición (*Again-Again table*), la mayoría de los estudiantes (60% -85%) volverían a jugar tres de los cuatro juegos, a saber, Brick Breaker, Serpientes y escaleras y Sudoku. En cuanto al memorama, solo unos pocos estudiantes (menos del 20%) afirmaron que volverían a jugarlo, mientras que más del 65% de los participantes aseguraron que podrían volver a jugarlo.

4.3 Segundo caso de estudio: generar un juego educativo serio con características de realidad aumentada para un entorno Web

Las matemáticas son fundamentales para el desarrollo intelectual de los estudiantes, les ayuda a ser lógicos, a razonar ordenadamente y a tener una mente preparada para el pensamiento, la crítica y la abstracción. Las matemáticas configuran actitudes y valores en los alumnos pues garantizan una solidez en sus fundamentos, seguridad en los procedimientos y confianza en los resultados obtenidos. Todo esto crea en los estudiantes una disposición consciente y favorable para emprender acciones que conducen a la solución de los problemas a los que se enfrentan cada día.

En este sentido la Geometría es una rama de las matemáticas que se ocupa del estudio de las propiedades de las figuras en el plano o el espacio, incluyendo: puntos, rectas, planos, polígonos (que incluyen paralelas, perpendiculares, curvas, superficies, polígonos, poliedros, etc.). La geometría aparece en los currículos actuales de educación matemática con renovado vigor, sin embargo, éste no se transmite en su enseñanza en las aulas. Numerosos trabajos destacan la postergación que sufre esta rama de las matemáticas en las escuelas (Moyer-Packenham et al. 2019; Stoica 2015; Swanson et al. 2019). Es por ello la necesidad de encontrar nuevas alternativas de aprendizaje que fomenten un desarrollo de habilidades matemáticas con un enfoque novedoso para los estudiantes y como herramienta de apoyo a los docentes que imparten esta materia, en este trabajo se implementó la herramienta Zeus AR para el desarrollo de juegos serios con características de realidad aumentada para el apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de Geometría en los temas de triángulos, cuadriláteros y polígonos en el primer grado de secundaria. Los juegos serios desarrollados permiten identificar y clasificar las figuras geométricas antes mencionadas, conocer sus características y propiedades.

La realidad aumentada fomenta la motivación, la comprensión y una mayor implicación con los contenidos a aprender. Por lo tanto, aumenta el uso de la información y el acceso al conocimiento, ofreciendo una comprensión más

completa de los contenidos, lo que lleva a la endogenización del conocimiento y también a la internalización de competencias más sostenidas, y al mismo tiempo, mejorando la inclusión digital. En el área de Matemáticas, la realidad aumentada facilita el aprendizaje, y representa una estrategia pedagógica más perceptible en comparación con otras estrategias pedagógicas y enfoques tecnológicos, lo que se considera un potenciador para el aprendizaje particularmente de las Matemáticas (Coimbra et al. 2015). En la rama de la Geometría, la RA se presenta como una herramienta de apoyo a la formación que permite establecer una conexión entre el mundo real y contenidos digitales, es decir, una conexión entre los conceptos y propiedades de las figuras geométricas en el mundo real y contenidos digitales que permitan establecer una experiencia de aprendizaje con base a contenido visual. Dentro de los beneficios de incorporar realidad aumentada un juego serio de geometría está la mejora de la interactividad, debido a que la RA es compatible con objetos interactivos como imágenes y modelos 3D que se agregan como recursos educativos en los juegos serios, haciendo el aprendizaje aún más entretenido y de valor. El involucramiento debido a la interactividad con objetos virtuales en un juego genera sentimientos de satisfacción que potencian la retención de conocimiento.

El objetivo de este caso de estudio es validar el proceso de generación de juegos serio con características de realidad aumentada propuesto en este trabajo, la validación se hace previa implementación del proceso en la herramienta Zeus AR empleando la arquitectura también propuesta en este trabajo, la cual abstrae cada uno de los pasos que el proceso indica para obtener como resultado un juego serio con contenido aumentado; en la siguiente sección se evalúa la usabilidad de la herramienta Zeus AR.

Zeus AR es un generador de juegos serios con realidad aumentada que facilita la generación de juegos serios con un objetivo de aprendizaje específico en el área de geometría básica en los temas de triángulos, cuadriláteros, polígonos y sus propiedades incorporando aspectos visuales con contenido aumentado. El objetivo de esta herramienta es ayudar al usuario a generar un juego serio que contenga atributos del juego de acuerdo a una clasificación de juego, actividades de aprendizaje y características de realidad aumentada, estas últimas con el fin de desarrollar experiencias atractivas para el usuario.

El juego serio con realidad aumentada a desarrollar es un memorama para el apoyo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geometría básica en los temas de triángulos, cuadriláteros y polígonos y sus propiedades. Cabe mencionar que estos temas se seleccionaron porque son temas de Geometría básica en los que se presentan mayores problemas de aprendizaje, específicamente, en la educación secundaria, de acuerdo con lo expresado por un profesor del primer

grado de secundaria consultado para el desarrollo de este caso de estudio, quien expresó la necesidad de generar de manera fácil y rápida contenido educativo sencillo y divertido. En particular, estos temas presentan un bajo índice de adquisición del conocimiento a pesar de que permiten el desarrollo de las habilidades cognitivas de los estudiantes al interactuar con objetos virtuales que representen cuerpos geométricos o propiedades de estos.

A continuación, se describen las diversas etapas que conformaron el proceso de generación de un juego serio con realidad aumentada en la plataforma Zeus AR.

Paso 1: Selección del game engine. En este paso la herramienta presenta el marco de trabajo para el desarrollo de videojuegos que se implementa como base para la generación del juego serio con características de realidad aumentada, las opciones son marco de trabajo basado en HTML o marco de trabajo propietario, la diferencia de los marcos de trabajo consiste en que cada tipo tiene un proceso de generación diferente; el objetivo principal del paso 1 que es el usuario seleccione una de las dos opciones para generar su juego serio con características de realidad aumentada, en este caso de estudio se seleccionó la opción de marcos de trabajo basados en HTML.

Paso 2: Selección del juego de reglas. La herramienta Zeus AR genera juegos de reglas, los cuales ya se encuentran desarrollados y pre cargados en la plataforma para su configuración. El usuario solo tiene que seleccionar que juego de reglas es el que le va a incorporar realidad aumentada, entre las opciones están los juegos de memorama, Sudoku y Serpientes y escaleras; que son juegos pertenecientes a la categoría de reglas propuesta por Lamerias. Para los fines de este caso de estudio se seleccionó un memorama el cual va a ser desarrollado para identificar figuras geométricas.

Paso 3: Vista previa del juego. Una vez seleccionado el juego de reglas en este caso el memorama a desarrollar el siguiente paso es la visualización y configuración de los atributos del juego como se observa en la figura 4.3, en la parte superior se presenta una vista previa del juego serio y en la parte posterior de la vista se presenta la configuración de los atributos del juego, en la configuración de los atributos es donde el usuario selecciona el puntaje para cada acción, los puntos de pérdida por error, entre otras opciones dependiendo sea el caso del atributo a seleccionar.

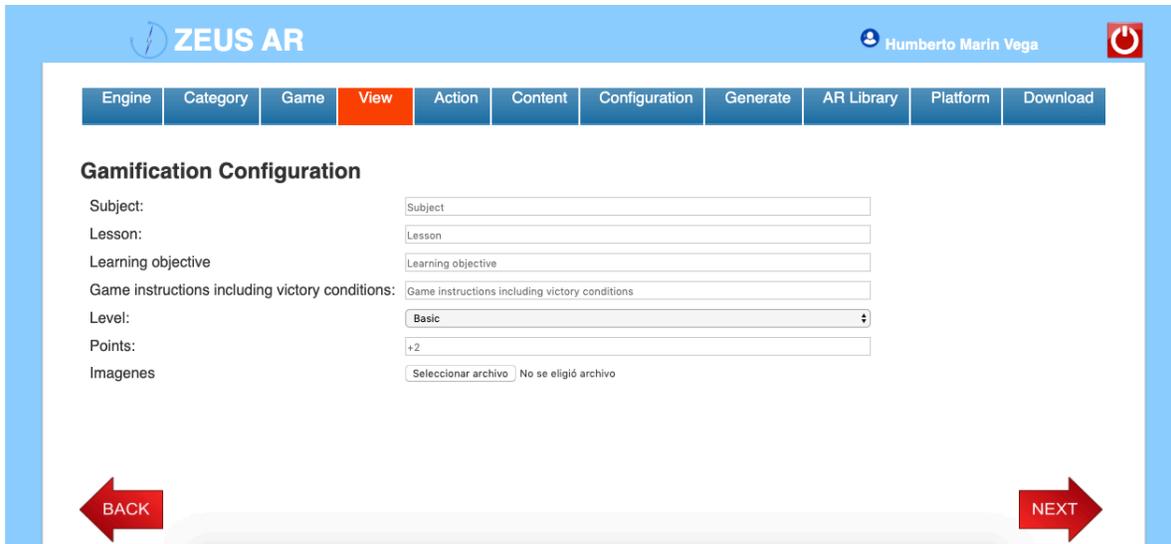


Figura 4.3 Configuración de los atributos del juego.

Paso 4: Selección de las acciones aplicables de realidad aumentada. Este es uno de los pasos importantes para la incorporación de características de realidad aumentada en un juego serio, una vez seleccionado el juego a desarrollar en este paso se identifican las acciones aplicables para realidad aumentada, estas acciones dependen del juego y son acciones que se identificaron previamente; como se observa en la figura 4.4, para el memorama a desarrollar en este caso de estudio se identificaron las acciones aplicables de iniciar el juego, finalizar el juego, error y acertar carta, es decir, se seleccionaron las cuatro acciones aplicables para agregar contenido aumentado.

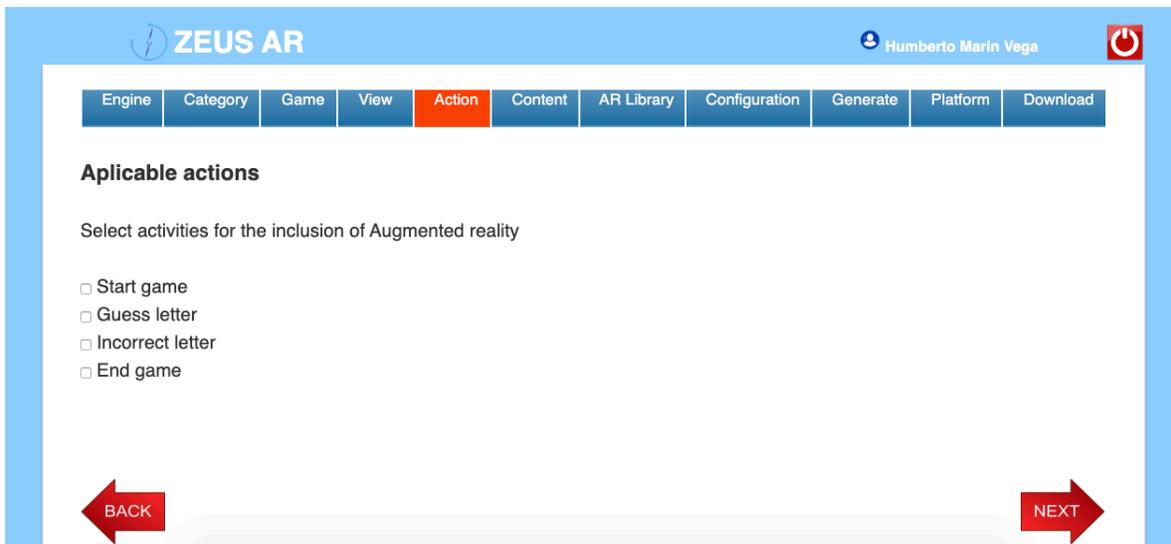


Figura 4.4 Selección de las acciones aplicables.

Paso 5: Agregar contenido de realidad aumentada. En este paso se agrega el contenido aumentado a las acciones aplicables seleccionadas por el usuario (Figura 4.5), el contenido aumentado es de tres tipos imágenes, texto o modelos. Las imágenes que soportadas como contenido aumentado deben ser imágenes PNG, JPG o JPEG de una resolución máxima de 1200px x 800px; por otro lado el texto a integrar como contenido aumentado se hace mediante un archivo de texto .TXT, para incorporar texto se debe describir en un archivo .TXT la oración que se desea presentar como contenido aumentado para posteriormente seleccionar el archivo y así hacer su integración como contenido aumentado; otro tipo de objeto a mostrar como contenido aumentado son los modelos 3D, los modelos 3D deben ser de las siguientes extensiones OBJ, COLLADA, PLY, FBX o gLTF. Para el caso particular de este caso de estudio, se agregaron imágenes alusivas a la acción realizada en el juego para las acciones aplicables seleccionadas.

The screenshot shows the Zeus AR web interface. At the top, there is a navigation menu with tabs: Engine, Category, Game, View, Action, Content (highlighted in red), Configuration, Generate, AR Library, Platform, and Download. The user's name 'Humberto Marin Vega' and a power icon are visible in the top right. Below the menu, the 'AR Content' section is titled 'Provide the AR content for each of the following 3 actions :'. There are three input fields: 'Start game', 'Guess letter', and 'Incorrect letter'. Each field contains radio buttons for 'Image', 'Text', and 'Model', and a button labeled 'Seleccionar archivo' with the text 'No se eligió archivo' below it. At the bottom of the form, there are two red arrows: 'BACK' on the left and 'NEXT' on the right.

Figura 4.5 Selección del contenido aumentado.

Paso 6: Selección de la biblioteca de realidad aumentada. La plataforma Zeus AR hace uso de una biblioteca de funciones de realidad aumentada para agregar características de realidad aumentada; en este paso el usuario tiene que seleccionar que biblioteca es la que desea incorporar para dar soporte al contenido aumentado de su juego serio. En la figura 4.6 se observan las bibliotecas disponibles en la plataforma Zeus AR. Las bibliotecas de RA que soporta la herramienta Zeus AR son Ar.JS, Awe.JS y Three.JS debido a que permiten crear escenarios de realidad aumentada en HTML5 con imágenes, texto e imágenes 2D y 3D como contenido aumentado, las bibliotecas seleccionadas permiten presentar el contenido aumentado de una manera más dinámica en la ejecución del juego. Para los fines de este caso de estudio se seleccionó AR.JS como biblioteca de RA.

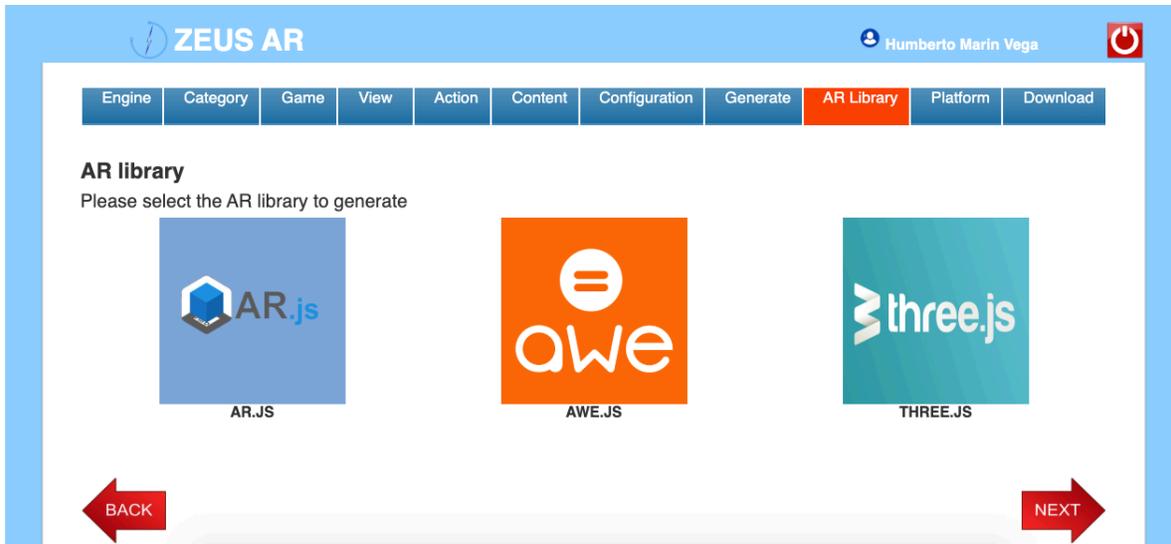


Figura 4.6 Selección de la biblioteca de realidad aumentada.

Paso 7: Agregar información de la aplicación (Configuración). En la parte de configuración el usuario escribe los datos importantes del juego serio con características de realidad aumentada para establecer la propiedad del juego serio, los datos son el nombre del juego, la versión, el autor, el objetivo de aprendizaje y la fecha de creación, esta información se guarda en un archivo XML para usarlo posteriormente en la generación.

Paso 8: Selección de la plataforma a generar. En este paso el usuario selecciona para que plataforma quiere generar su juego serio con características de realidad aumentada, las plataformas son ser Web o móvil, en el caso de móvil genera para iOS® o Android®. Para los fines de este caso de estudio se seleccionó la opción de Web; por lo cual, la herramienta Zeus AR generó los archivos necesarios para la visualización del memorama bajo ambientes Web.

Una vez completada la generación del juego serio con características de realidad aumentada, Zeus AR presenta la pantalla de descarga del proyecto generado, la descarga se inicializa de manera automática pero en caso no inicialice presenta un hipervínculo de descarga del proyecto generado.

A continuación se presenta el resultado del memorama del caso de estudio en la figura 4.7A se observa el inicio del juego sin realidad aumentada, en la figura 4.7B se observa el inicio del juego con el contenido aumentado que en este caso es una imagen alusiva a la acción. El juego desarrollado fue un memorama sobre figuras geométricas para la Web. A partir de los resultados de este caso de estudio, nosotros podemos concluir que los juegos serios con realidad aumentada desarrollados mediante el uso de la herramienta Zeus AR que implementa el proceso y la arquitectura propuestos en este trabajo cumplen con las

especificaciones establecidas por los usuarios debido a que en cada paso del desarrollo guiado por la herramienta se validan los requisitos establecidos para ese paso de acuerdo con las especificaciones del proceso establecidas para ese paso. Esto nos permite determinar la validez del proceso de generación de juegos serios con realidad aumentada propuesto.



Figura 4.7 A) Inicio del memorama.



Figura 4.7 B) Inicio del memorama con AR.

Cada juego serio con características de realidad aumentada genera un archivo de configuración basado en XML, la funcionalidad de este archivo de configuración en XML es describir todos los componentes necesarios para la compilación del juego serio con características de realidad aumentada.

El archivo de configuración consta de 6 bloques en los cuales se establece la información del juego serio con realidad aumentada. Las partes que lo conforman son las secciones de información de la aplicación, información del autor, descripción del juego y sus atributos, descripción de acciones aplicables, información para la incorporación de realidad aumentada e información para la generación, a continuación se describen cada una de las partes.

- **Listado 1. Información del juego serio con AR.** En esta sección se describe información del juego serio con realidad aumentada como nombre de la aplicación, nombre del autor y fecha de realización entre otros datos generales.
- **Listado 2. Información del autor.** Esta sección describe la información del autor que está desarrollando el juego serio con AR.
- **Listado 3. Descripción del juego y sus atributos.** En esta sección se describe el marco de trabajo base para la generación del juego serio, la categoría de juego a la que pertenece, los atributos y los parámetros.
- **Listado 4. Descripción de acciones aplicables.** En esta sección se describe la información referente a las acciones aplicables como la ubicación, el marcador, el tipo de contenido aumentado y el recurso.

- **Listado 5. Información para la compilación de realidad aumentada.** Esta sección describe la información para la incorporación de realidad aumentada en el juego serio generado.
- **Listado 6. Información de construcción.** Es esta sección del documento XML se describe la información referente para realizar la generación del juego serio con realidad aumentada como por ejemplo la plataforma para la cual se va a generar (Web o móvil), así como la ubicación o elementos externos de visualización en la interfaz de usuario.

Los listado 1. Información de la aplicación y listado 2. Información del autor describen la información del autor y del juego serio con características de realidad aumentada como se observa en la figura 4.8. En el listado 1 es importante resaltar el tag <LearningObjective> debido a que en esta parte del listado se describe el objetivo de aprendizaje del juego serio con características de realidad aumentada.

```
-----  
Listado 1. Información del juego serio con AR.  
<information>  
  <userName>HMarin</userName>  
  <name>Mathematics - Geometry</name>  
  <shortName>Maths</shortName>  
  <vendor>Instituto Tecnologico de Orizaba</vendor>  
  <developerAccount>ITO</developerAccount>  
  <website>www.orizaba.tecnm.mx</website>  
  <version>1.5</version>  
  <date>30/06/2019</date>  
  <icon>icon.png</icon>  
  <LearningObjective>  
    Study shape, size and relative position of  
    figures, and the properties of space  
  </LearningObjective>  
</information>  
-----  
Listado 2. Información del autor.  
<authors>  
  <author>  
    <name>Humberto Marín Vega</name>  
    <email>humbert_marin@outlook.com</email>  
    <website>www.orizaba.tecnm.mx</website>  
    <company>Instituto Tecnológico de  
    Orizaba</company>  
  </author>  
</authors>  
-----
```

Figura 4.8 Archivo de configuración XML en las secciones de (1) Información de la aplicación y (2) información del autor.

Las partes más importantes dentro del proceso de incorporación de realidad aumentada a un juego serio son los listado 3, 4 y 5 (como se observa en la figura 4.9); en los cuales se definen la descripción del juego y sus atributos, la

descripción de acciones aplicables y la información para la compilación de las características de realidad aumentada, debido a que en esta parte de archivo de configuración se establecen las características del juego, las acciones aplicables y el contenido aumentado para las acciones aplicables. En el listado 3 el tag <attribute> se repite cuantas veces sea necesario para cubrir todos los atributos que contiene el juego, mismo caso que en el listado 4 el tag <action> que se refiere a las acciones aplicables del juego serio, aunque el action es un elemento más complejo debido a que indica más propiedades para incorporar el contenido aumentado como el tipo de contenido, el archivo o el marcador para esté. En el listado 5 es importante resaltar la biblioteca de realidad aumentada seleccionada debido a que esta será la responsable de compilar el juego serio y dar soporte al contenido aumentado del mismo.

Listado 3. Descripción del juego y sus atributos.

```

<game>
  <game-engine-based-selected>
    <html-engine>>true</html-engine>
    <proprietary-engine>>false</proprietary-engine>
  </game-engine-based-selected>
  <game-category>
    <rules>>true</rules>
  </game-category>
  <typegame>
    <name>>true</name>
  </typegame>
  <attributes>
    <progress-bars>
      <parameter>2 points</parameter>
    </progress-bars>
  </attributes>

```

Listado 4. Descripción de acciones aplicables.

```

<aplicableActions>
  <action>
    <marker>
      <ubication>scoring</ubication>
      <image-market>market1</image-market>
      <type>image</type>
      <source>image1.jpg</source>
    </marker>
  </action>
</aplicableActions>
</game>

```

Listado 5. Información para la compilación de realidad aumentada.

```

<AR-settings>
  <library>library</library>

```

```

<build>
  <web>true</web>
  <mobile>
    <Android>>false</Android>
    <iOS>>false</iOS>
  </mobile>
</build>
<AR-settings>

```

Figura 4.9 Archivo de configuración XML en las secciones de (3) descripción del juego y sus atributos, (4) descripción de las acciones aplicables y (5) información para la compilación de realidad aumentada.

La última parte del archivo de configuración es la referente a la Información de construcción (Figura 4.10), en esta sección aparte de describir información referente a la generación también describe información referente a algunas secciones de la plantilla para visualización del juego a tomar en cuenta para la generación.

Listado 6. Información de construcción.

```

<deploy-settings>
  <build>
    <desktop>
      <Web>true</Web>
    </desktop>
    <mobile>
      <Android>true</Android>
      <iOS>true</iOS>
    </mobile>
  </build>
  <template>
    <head>true</head>
    <body>true</body>
    <foot>>false</foot>
    <left>>false</left>
    <right>>false</right>
    <center>true</center>
  </template>
</deploy-settings>

```

Figura 4.10 Archivo de configuración XML en la sección (6) Información de construcción.

4.4 Evaluación Zeus AR

Kitchenham (1997) en su trabajo de investigación propone una metodología para la evaluación de métodos y herramientas de ingeniería de software; la metodología describe a detalle algunos procedimientos para llevar a cabo estudios de casos cuantitativos y análisis de características cualitativas. Dentro de la metodología se describen tres formas de evaluación que se mencionan a continuación:

- **Evaluación cuantitativa.** Esta evaluación se basa en el supuesto de que identifica alguna propiedad medible (o propiedades) de su producto o proceso de software que espera cambiar quieres evaluar. Las evaluaciones cuantitativas se organizan de tres formas diferentes: estudios de casos, experimentos formales y encuestas.
- **Evaluación cualitativa.** Esta evaluación utiliza el término análisis de características para describir la evaluación cualitativa. El análisis de características se conoce como cualitativo porque generalmente es una evaluación subjetiva de la importancia relativa de diferentes características.
- **Evaluación híbrida.** Son métodos de evaluación específica que contienen algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

La evaluación cualitativa es ampliamente empleada en la evaluación de usabilidad y la experiencia de usuario de herramientas de ingeniería de software (Kitchenham, 1997) y, particularmente, de herramientas de generación automática de código de juegos serios como por ejemplo Perry (2015) evaluó el potencial de una herramienta de aprendizaje móvil con realidad aumentada basando la evaluación en la experiencia de aprendizaje de los usuarios. Evaluar la usabilidad es algo importante para identificar cual es el rumbo a seguir dentro de una investigación, dependiendo del nivel de usabilidad se determina la experiencia de un usuario con una herramienta como se presenta en la evaluación de la herramienta CREANDO (Aranjo-Lopez et al. 2019) que obtuvo un incremento significativo en el aporte educativo basado en las experiencias de aprendizaje de sus usuarios. Es por ello que este trabajo de investigación se opta por emplear una evaluación cualitativa a la herramienta generadora de juegos serios basados en reglas con características de realidad aumentada Zeus AR.

El System Usability Scale proporciona una herramienta rápida y confiable para medir la usabilidad (Brooke, 1996; Sauro, 2011). La escala SUS es una escala ampliamente utilizada en la evaluación de usabilidad de herramientas generadoras de código como lo reporta la evaluación a la herramienta LAGARTO (Maia et al. 2017) que implemento una evaluación de usabilidad con el objetivo de evaluar la aceptación general de la herramienta y comparar el rendimiento de los usuarios entre programadores y no programadores. SUS es una herramienta efectiva para evaluar la usabilidad no solo de herramientas generadoras de código o sistemas si no también tiene la característica de adaptarse a evaluar diferentes contextos como teléfonos celulares o aplicaciones de TV por mencionar algunos (Bangor et al. 2009). SUS es empleado también en evaluaciones complejas como la evaluación realizada a un sistema de aprendizaje basado en el juego asistido por el sensor Kinect con el modelo ARCS, en el cual por medio de la escala se evaluó la usabilidad y capacidad de aprendizaje (Tsai, 2015). La evaluación de una

herramienta es un trabajo complejo como el realizado en la evaluación de la plataforma SSAR (Laine et al. 2016) la cual combina una evaluación cuantitativa y una evaluación cualitativa para medir aspectos como características de la plataforma, el enfoque y el impacto.

En la evaluación de la usabilidad de la herramienta Zeus AR se implementó el System Usability Scale (Brooke, 1996) que es una herramienta metodológica muy similar a la Escala de Likert y que se usa para medir la usabilidad de un objeto, dispositivo o aplicación (Brooke, 1996), es una manera rápida y confiable de medir la usabilidad (Sauro, 2011). Aunque esta escala es extraordinariamente simple de usar, diferentes pruebas y test han demostrado que los resultados obtenidos a partir de la misma suelen ser muy confiables y acertados, razón por la cual es uno de los métodos de medición de usabilidad más utilizados en Experiencia de Usuario (Bangor et al. 2009; Sauro, 2011).

4.4.1 Estudio de usuario

Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se optó por utilizar un cuestionario basado en la escala System Usability Scale (SUS) para evaluar la usabilidad de la herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada. La evaluación fue dirigida a profesores o facilitadores de un curso de Trigonometría a nivel básico para comprobar que la herramienta generadora de juegos serios con realidad aumentada basada en la arquitectura propuesta permite la generación automática de código. El método de evaluación consistió en dos fases la primera es la evaluación de usabilidad en la cual se implementó el SUS y como complemento se realizó un análisis de rendimiento en la cual se implementó como métrica el tiempo utilizado por los usuarios en la herramienta Zeus AR. El método de evaluación dividido en fases fue planteado tomando como base la evaluación de la herramienta LAGARTO (Maia et al. 2017) en la cual la evaluación se divide en fases para desarrollar una evaluación paulatina de usabilidad cuidando aspectos como la población muestra y los tiempos de evaluación.

Diseño del estudio

La herramienta Zeus AR es una herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada, el proceso de generación de un juego serio consiste en que el usuario selecciona un juego serio de los que cuenta la herramienta en su repositorio, se hace la identificación de acciones aplicables y a esas acciones aplicables el usuario selecciona el contenido aumentado que va a incorporar así como posteriormente introducir los datos de configuración del juego serio, biblioteca de realidad aumentada y la plataforma a generar. La importancia de estas herramientas generadoras de código consiste en que permiten

desarrollar aplicaciones en este caso juegos serios a usuarios que no cuentan con conocimiento de programación de una forma fácil y guiada; es por ello la necesidad de validar la facilidad con que las personas que utilizan la herramienta con el fin de alcanzar el objetivo de desarrollo de un juego serio con realidad aumentada.

Para ello esta investigación realizó una evaluación cualitativa de usabilidad usando un cuestionario con escala System Usability Scale (SUS) para evaluar aspectos como la facilidad de uso, facilidad de configuración, experiencia de seguridad y experiencia de uso; para ello se elaboraron las siguientes preguntas, en las cuales el usuario tuvo que responder si estaba fuertemente en desacuerdo, fuertemente de acuerdo o alguna respuesta intermedia. Cabe mencionar que el cuestionario en la escala SUS está adaptado a características particulares de la herramienta generadora Zeus AR para evaluar aspectos específicos de la herramienta como la facilidad de configuración de los motores de videojuegos, del contenido aumentado y de las plataformas de generación destino del juego serio; sin dejar aspectos propios del cuestionario de SUS como la evaluación de usabilidad y seguridad.

- Q1. ¿Le gustaría usar la herramienta Zeus AR para desarrollar juegos serios con realidad aumentada?
- Q2. ¿Se sintió seguro usando la herramienta Zeus AR?
- Q3. ¿Considera que la herramienta Zeus AR es fácil de usar?
- Q4. ¿Considera que no necesitaría el apoyo de una persona técnica para poder usar la herramienta Zeus AR?
- Q5. ¿Necesita conocimientos previos para utilizar la herramienta Zeus AR?
- Q6. ¿Considera que la mayoría de las personas no programadores aprenderían a usar rápidamente la herramienta Zeus AR?
- Q7. ¿Creé que es sencillo configurar marcos de trabajo para desarrollar juegos con el uso de la herramienta Zeus AR?
- Q8. ¿Considera que la herramienta permite a los usuarios agregar fácilmente contenido de realidad aumentada a los juegos?
- Q9. ¿Considera que las plataformas destino se configuran fácilmente con el uso de la herramienta Zeus AR?

Como complemento a la evaluación de usabilidad se realizó un análisis de rendimiento para el cual se establecieron los criterios para desarrollar un juego serios de reglas con características de realidad aumentada el cual fue desarrollado siguiendo las bases por usuarios programadores (expertos) y usuarios no programadores (profesores) a los cuales se les pidió desarrollarlo en la menor cantidad de tiempo posible tomando como métrica el tiempo de desarrollo de cada uno.

Escenario de evaluación

En este estudio se les pidió a los usuarios desarrollar juegos serios basados en reglas con realidad aumentada, los juegos serios que se a desarrollar son el memorama, serpientes y escaleras y el sudoku, los juegos se encuentran previamente desarrollados en la plataforma y el usuario solo configura las acciones aplicables a las cuales les va a incorporar contenido aumentado, todos los juegos están dirigidos a estudiantes de secundaria.

Los juegos serios a incorporar realidad aumentada están orientados al área de geometría, en los temas de triángulos, cuadriláteros y polígonos y sus propiedades, debido a que la geometría es un área de las matemáticas de especial interés y complejidad por lo cual su enseñanza en las aulas es comúnmente difícil para los estudiantes debido a una variedad de razones, incluida la falta de interés, falta de conocimiento previo o complejidad; es por ello la necesidad de que los profesores o facilitadores busquen nuevas herramientas que les permitan de una forma fácil y guiada desarrollar contenido atractivo para sus estudiantes; para que este contenido desarrollado auxilie a sus estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje construyendo conocimiento con base a experiencias de aprendizaje. Finalmente, vale la pena mencionar que Zeus AR desarrolla juegos serios con realidad aumentada que son usados en una variedad de contextos.

Participantes.

La evaluación de usabilidad está orientada a 10 profesores o facilitadores de cursos de Geometría del tercer grado de nivel básico de distintas escuelas secundarias y tiene como objetivo comprobar que la herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada Zeus AR basada en la arquitectura propuesta en este trabajo de investigación permita a cualquier persona sin habilidades de programación y conocimientos sobre juegos serios, motores de videojuegos y bibliotecas de realidad aumentada desarrollar un juego serio con contenido aumentado de manera guiada, fácil y rápida, empleando un proceso formal de generación automática de código.

La evaluación se realizó en el centro de cómputo del Tecnológico Nacional de México Campus Orizaba, se reunieron a los profesores en grupos de 5 personas y se les asigno un responsable de la evaluación y un facilitador técnico de la herramienta Zeus AR, se les pidió a los profesores que desarrollaran los juegos serios de memorama, serpientes y escaleras y sudoku con realidad aumentada usando la herramienta Zeus AR, posteriormente a la generación de sus juegos serios se les aplico un cuestionario basado en la escala System Usability Scale

para evaluar los aspectos como la facilidad de uso, facilidad de configuración, experiencia de seguridad y experiencia de uso. Cabe mencionar que no todos los profesores tenían conocimiento del System Usability Scale por lo que se les dio una introducción del SUS y del instrumento empleado.

Como parte de la evaluación a la herramienta Zeus AR se realizó un análisis del rendimiento de los usuarios de la herramienta en la generación de juegos serios con realidad aumentada se definió una muestra de 10 usuarios programadores (expertos) y 10 usuarios no programadores (los 10 profesores o facilitadores involucrados en la evaluación de usabilidad) los cuales se reunieron de en el centro de cómputo del Tecnológico Nacional de México Campus Orizaba y al igual que la evaluación de usabilidad se dividieron en grupos de 5 personas y se les pidió desarrollar el juego serio basado en reglas con los criterios de motor de videojuegos, acciones aplicables, contenido aumentado, tipo de contenido aumentado y biblioteca de realidad aumentada como se especifican en la tabla 15; el desarrollo del juego serio con realidad aumentada se les solicito realizarlo en la menor cantidad de tiempo posible para realizar el rendimiento de la herramienta.

Tabla 15. Especificaciones del juego serio con realidad aumentada de la evaluación de usabilidad.

Especificaciones del juego serio con realidad aumentada	
Área	Geometría
Tema	Triángulos, cuadriláteros y polígonos y sus propiedades.
Juego serio con realidad aumentada	Memorama, Serpientes y escaleras, Sudoku
Motor de videojuegos	Basado en HTML5
Acciones aplicables	Tipo de contenido aumentado
Iniciar juego	Imagen JPG
Fin del juego	Modelo OBJ
Acertar carta	Texto
Error carta	Imagen PNG
Biblioteca de realidad aumentada	AR.JS
Plataforma de generación	Web

Procedimiento de recopilación de datos

Para la evaluación de usabilidad se les pidió a los profesores que desarrollaran los juegos serios basados en reglas de memorama, serpientes y escaleras y sudoku con realidad aumentada usando la herramienta Zeus AR, para el desarrollo de los juegos serios basados en reglas se les otorgo un lapso de tiempo de 20 minutos, posteriormente al desarrollo de los juegos se aplicó a los profesores un cuestionario basado en la escala de SUS para evaluar la usabilidad de la herramienta, el cuestionario evaluó aspectos como la facilidad de uso, de configuración entre otros aspectos con una escala de respuesta del 1 al 5 que

equivale del “Totalmente en desacuerdo” al “Totalmente de acuerdo”, los profesores tuvieron un lapso de 5 minutos para contestar el cuestionario. Cabe mencionar que antes de que los participantes desarrollaran los juegos serios basados en reglas, se les presento una introducción acerca de la interfaz de la plataforma y se les explico los pasos para generar un juego serio con realidad aumentada; de igual manera se les explico en qué consiste el cuestionario de evaluación de usabilidad con la escala de SUS y se les proporciono las instrucciones de llenado del cuestionario.

Por otra parte, el análisis de rendimiento se hizo con la finalidad de evaluar el tiempo de desarrollo de un juego serio con características de realidad aumentada en la herramienta Zeus AR, el análisis de rendimiento se hizo con un grupo de 10 personas no expertas en desarrollo de software (profesores) y 10 personas expertas en el desarrollo de software; a ambos grupos como usuarios de la herramienta para la generación de juegos serios con realidad aumentada se les pidió a los participantes desarrollar el juego del memorama cumpliendo con las especificaciones marcadas en la tabla 9 y por medio de un cronometro individual por cada participante se les tomo el tiempo de desarrollo, los grupos se dividieron en programadores y no programadores para identificar el tiempo de desarrollo de cada muestra, los tiempos se tomaron de manera individual a cada participante.

Análisis de datos y validación

Todos los participantes lograron completar las evaluaciones. En cuanto a las respuestas del cuestionario de la escala de SUS fueron codificadas usando los números del 1 al 5, donde 1 representa una respuesta totalmente en desacuerdo y 5 representa una respuesta totalmente de acuerdo y los números de en medio es un rango proporcional. Finalmente, en cuanto a los resultados del análisis de rendimiento de los usuarios de la herramienta en la generación de juegos serios con realidad aumentada se midió el tiempo haciendo uso de cronómetros en los cuales se registró el tiempo de desarrollo de cada participante.

4.4.2 Resultados y discusión

4.4.2.1 Resultados

En esta sección se presentan los resultados de la evaluación de usabilidad de la herramienta para la generación de juegos serios con realidad aumentada utilizando la escala de SUS. Los resultados obtenidos del cuestionario de evaluación de usabilidad que se representan en la tabla 16 corresponden a la media aritmética de las respuestas de los participantes, una representación de los resultados se presenta en la figura 4.11.

Tabla 16. Respuestas obtenidas de la evaluación de usabilidad.

	Pregunta	Media
1.	Q1. ¿Le gustaría usar la herramienta Zeus AR para desarrollar juegos serios con realidad aumentada?	4.8
2.	Q2. ¿Se sintió seguro usando la herramienta Zeus AR?	4.3
3.	Q3. ¿Considera que la herramienta Zeus AR es fácil de usar?	4.5
4.	Q4. ¿Considera que no necesitaría el apoyo de una persona técnica para poder usar la herramienta Zeus AR?	4.2
5.	Q5. ¿Necesita conocimientos previos para utilizar la herramienta Zeus AR?	4.2
6.	Q6. ¿Considera que la mayoría de las personas no programadores aprenderían a usar rápidamente la herramienta Zeus AR?	4.5
7.	Q7. ¿Creé que es sencillo configurar marcos de trabajo para desarrollar juegos con el uso de la herramienta Zeus AR?	4.5
8.	Q8. ¿Considera que la herramienta permite a los usuarios agregar fácilmente contenido de realidad aumentada a los juegos?	4.5
9.	Q9. ¿Considera que las plataformas destino se configuran fácilmente con el uso de la herramienta Zeus AR?	4.5

Como se observa en la tabla 16 se obtuvieron resultados favorables en la evaluación de usabilidad quedando la media aritmética en la mayoría de las preguntas mayor o igual a 4.5 de 5 que representa “Totalmente de acuerdo” con un 66.67% de las preguntas y un 33.33% de las preguntas tendientes a 4 que representa “De acuerdo”; lo que representa una evaluación de usabilidad satisfactoria en la cual los participantes estuvieron de acuerdo en todas las preguntas. Los resultados del SUS en el uso de la herramienta, la media de las puntuaciones arroja un resultado favorable “de acuerdo” (4.4444) con una pequeña desviación estándar (0.1878) lo que implica que los participantes tuvieron una experiencia de usabilidad favorable con respecto a su interacción con la plataforma en el desarrollo de un juego serio basado en reglas con características de realidad aumentada.

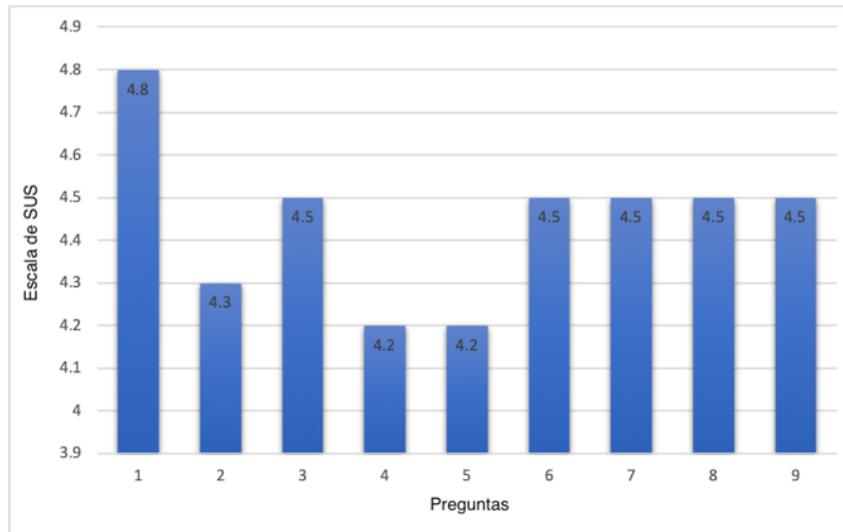


Figura 4.11 Representación gráfica de Respuestas obtenidas de la evaluación de usabilidad.

Dentro de las preguntas clave en el cuestionario de usabilidad de la escala de SUS se encuentran las siguientes dos preguntas “Q3. ¿Considera que la herramienta Zeus AR es fácil de usar?” y “Q8. ¿Considera que la herramienta permite a los usuarios agregar fácilmente contenido de realidad aumentada a los juegos?” las cuales permiten medir el cumplimiento del objetivo de la herramienta que es el desarrollo de un juego serio basado en reglas con realidad aumentada de una manera fácil y rápida; estas preguntas fueron diseñadas en el cuestionario para evaluar la experiencia del usuario con el uso la herramienta.

La pregunta Q3 evalúa si la herramienta es fácil de usar para el usuario debido a que se implementa un sistema de navegación asistida a lo largo del desarrollo del juego serio por medio de un wizard que indica la etapa del desarrollo en la que se encuentra el usuario; así como se hace uso aspectos visuales como imágenes o una vista previa del juego para captar la atención de una manera visual de los usuarios de la herramienta y facilitar así su interacción, dentro de la facilidad de uso la configuración del motor de videojuegos, biblioteca de realidad aumentada y plataforma de generación se realiza solo seleccionando la opción que el usuario desea implementar, siendo así una manera fácil de generar un juego serio con realidad aumentada para usuarios sin conocimientos en desarrollo de software.

Por su parte, la incorporación de realidad aumentada se hace de una manera más detallada que la configuración de las opciones antes mencionadas, pero de una manera asistida que hace su incorporación fácil, el usuario solo selecciona la acción aplicable a implementar y le agrega el contenido aumentado, una manera fácil de incorporar realidad aumentada sin necesidad de que el usuario programe o modifique ningún archivo de configuración.

Los resultados obtenidos en ambas preguntas fueron 50% "Totalmente de acuerdo" y 50% "De acuerdo" como se observa en la figura 4.12 y 4.13; por lo cual concluimos que en puntos clave de la evaluación como estas dos preguntas los participantes estuvieron de acuerdo en que se les facilito el desarrollo de un juego serio con características de realidad aumentada.

¿Considera que la herramienta Zeus AR es facil de usar?



Figura 4.12 Gráfica representativa de las respuestas SUS sobre facilidad de uso.

¿Considera que la herramienta permite a los usuarios agregar fácilmente contenido de realidad aumentada a los juegos?



Figura 4.13 Gráfica representativa de las respuestas SUS sobre facilidad de integración de contenido aumentado.

En el análisis de rendimiento de la herramienta se evaluó el tiempo de desarrollo de un juego serio con realidad aumentada el tiempo de desarrollo del grupo de programadores tuvo como promedio de tiempo de desarrollo 5.51 minutos con una desviación estándar de 1.3832 y el tiempo de desarrollo del grupo de no programadores tuvo un promedio de tiempo de desarrollo de 8.04 minutos con una desviación estándar de 1.7063, los resultados del análisis de rendimiento se observa en la figura 4.14, los resultados obtenidos demuestran que es una herramienta de fácil usabilidad e interacción con el usuario. Cabe destacar que el desarrollo del juego serio basado en reglas con realidad aumentada fue un desarrollo guiado por el personal técnico responsable y dentro del tiempo evaluado se tomó en cuenta el tiempo de desarrollo del juego serio con realidad aumentada y el tiempo de pruebas del lector de contenido de realidad aumentada. No se tomó en cuenta en el análisis de rendimiento el tiempo empleado en la búsqueda de material para el contenido aumentado.

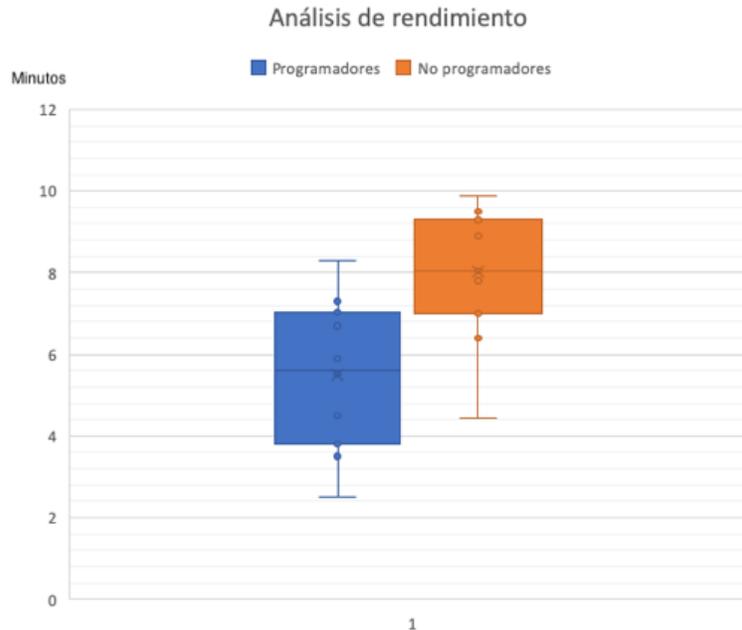


Figura 4.14 Resultados del análisis de rendimiento.

Como se observa en los resultados obtenidos la herramienta es una herramienta fácil de utilizar debido al tiempo empleado de los participantes al desarrollar un juego serio con realidad aumentada es relativamente corto, el tiempo es breve sin importar la complejidad de configuración de las tecnologías en el juego serio debido a que la herramienta proporciona facilidad de configuración, por otra parte no es necesario de que el usuario tenga conocimientos del desarrollo de software, el tiempo mínimo del desarrollo de un juego serio basado en reglas con características de realidad aumentada por un participante sin conocimientos de programación es de 4.45 minutos y el tiempo máximo es de 9.50 min, un tiempo relativamente corto para desarrollar un juego serio con contenido aumentado. Cabe mencionar que los participantes del grupo de no expertos tardaron en promedio más que los participantes del grupo de expertos porque se contó con profesores en un rango de edad de 30 a 58 años, de los cuales no todos estaban familiarizados con el uso de herramientas de desarrollo o el manejo de contenidos aumentados, sin embargo para el promedio de 8.04 minutos para el desarrollo y configuración de un juego serio con realidad aumentada es relativamente corto.

4.4.2.2 Discusión

Los resultados obtenidos en la evaluación de usabilidad de la herramienta generadora de juego serios con características de realidad aumentada fueron favorables, obteniendo en la mayoría de las respuestas una tendencia cercana al "Totalmente de acuerdo" lo que representa una herramienta fácil y sencilla de implementar para personas que no tienen conocimientos del desarrollo del

software y de la implementación de diversas tecnologías en un solo producto; aspectos importantes como si le gustaría usar la herramienta para desarrollar juegos serios con realidad aumentada, facilidad de configuración del motor de videojuegos, configuración del tipo de contenido y configuración la plataforma destino fueron los aspectos de usabilidad con los resultados más altos, demostrando así que se cumplió con el objetivo de brindar una herramienta que guíe el proceso formal del desarrollo de un juego serio con realidad aumentada de una forma fácil y segura. Un aspecto de interés es que si bien los rubros referentes a la configuración de contenido aumentado, motor de videojuegos y plataforma destino fueron aspectos bien evaluados por los participantes aspectos relacionados como los conocimientos previos y el apoyo de personal de soporte técnico obtuvieron una calificación por debajo de la media pero quedando clasificados aun así en el rango de acuerdo por parte de los participantes.

En lo que respecta a los resultados obtenidos en el análisis de rendimiento con una media aritmética de 5.51 para el grupo de usuarios expertos y un 8.04 para el grupo de usuarios no expertos se concluye que el desarrollo de un juego serio basado en reglas con contenido aumentado por medio de la herramienta Zeus AR se elabora de una manera rápida, debido a que los usuarios no tardaron más de 10 minutos en desarrollar un juego serio e incorporarle contenido aumentado, el sesgo en la media aritmética del grupo de usuarios no expertos con la media aritmética del grupo de usuarios expertos se dio debido a que en el grupo de usuarios no expertos se contemplaron participantes con un rango de edad de 30 a 58 años, siendo las personas de mayor edad las que demoraron más en realizar el juego del memorama con contenido aumentado con un tiempo máximo de 9.50 minutos, sin embargo esto demuestra que aunque los usuarios no se encuentren familiarizados con el uso de herramientas de desarrollo la herramienta Zeus AR proporciona una manera fácil y rápida de desarrollar un juego serio e incorporarle contenido aumentado.

Capítulo 5. Conclusiones

La implementación de gamificación y juegos serios resultó ser innovadora para el aprendizaje. Por su parte, la gamificación es el concepto de la implementación de la mecánica de juego y técnicas de diseño de juegos para involucrar y motivar a las personas a lograr sus metas proporcionando experiencias agradables con el objetivo del aprendizaje; mientras que los juegos serios son una herramienta potente para el aprendizaje, los juegos serios se basan fundamentalmente en la capacidad de equilibrar el entretenimiento, la interactividad y la re-jugabilidad con los objetivos de aprendizaje de un objetivo educativo determinado. Los juegos serios son juegos cuyo objetivo es el del aprendizaje y no el entretenimiento. Los juegos serios incluyen experiencias de juego de roles y proceso social; simulaciones inmersivas para explorar el desarrollo interpersonal, el pensamiento adaptativo, la diplomacia, logística, y el liderazgo; el desarrollo de estas experiencias se produce mediante el uso de actividades de aprendizaje y atributos del juego. En la primera etapa del desarrollo de esta tesis doctoral se realizó un análisis comparativo de marcos de trabajo basados en HTML y marcos de trabajo propietarios para el desarrollo de videojuegos, esto con el objetivo de proveer una guía formal a los desarrolladores para identificar que marco de trabajo es ideal para el desarrollo de juegos educativos dependiendo de los atributos del juego que el desarrollador tenga identificados implementar; la identificación del soporte a los atributos del juego por los marcos de trabajo sirvió de base para el desarrollo de la plataforma generadora de software educativo, debido a que la plataforma implementa un marco de trabajo para el desarrollo de videojuegos para desarrollar juegos serios con características de realidad aumentada.

La realidad aumentada tiene su importancia por la posibilidad de añadir información virtual al mundo físico permitiendo enriquecer el entorno. En la educación el uso de la realidad aumentada refleja ventajas con respecto a otras tecnologías debido a que explora más capacidades cognitivas y habilidades del individuo en formación; la incorporación de realidad aumentada en un juego tiene un resultado satisfactorio debido a que logra captar y motivar al jugador a usar el juego, es por ello la necesidad de incorporar realidad aumentada en los juegos serios para explorar nuevas experiencias de aprendizaje en el usuario. El presente trabajo de investigación propuso un proceso de incorporación de características de realidad aumentada a juegos serios; el proceso propuesto surgió de la necesidad de proporcionar una herramienta que guíe al usuario de una manera formal y fácil agregar contenido educativo en sus juegos serios. En el proceso de desarrollo propuesto se implementa en una arquitectura de software para el desarrollo de generadores de juegos educativos, esta arquitectura es independientemente de la tecnología utilizada en el desarrollo o del lenguaje de programación y el único objetivo que tiene es guiar al usuario en la construcción de un generador

indicándole los componentes que tiene que desarrollar, así como la forma de interactuar entre ellos para alcanzar los objetivos deseados. La herramienta generadora de juegos serios con características de realidad aumentada llamada Zeus AR implementa el proceso de desarrollo y la arquitectura de software propuestos; el objetivo del desarrollo de la herramienta fue validar que si se sigue el proceso como está planteado se generan juegos serios con realidad aumentada sin tener conocimientos sobre el desarrollo de software educativo, motores de videojuegos, bibliotecas de realidad aumentada o de programación; esto es debido a la necesidad de herramientas que permitan a nuestros facilitadores o profesores desarrollar material de apoyo educativo para sus clases y qué mejor que un juego serio que permita al estudiante construir conocimiento con base a experiencias de aprendizaje sin necesidad de ser expertos en el área de la informática o la programación. La herramienta generadora de juegos serios con realidad aumentada Zeus AR ofrece una manera fácil, rápida y formal de desarrollar juegos serios con contenido aumentado. En el caso de estudio se observó que mediante un proceso sencillo se realiza un juego serio sin necesidad de conocimientos sobre desarrollo de juegos serios, lenguajes de programación o alguna biblioteca de realidad aumentada; además, la herramienta Zeus AR ofrece una interfaz guiada y segura a lo largo del proceso de desarrollo.

Como trabajo a futuro se plantea realizar una evaluación de la experiencia de aprendizaje y de la experiencia de usuario (experiencia de jugador) de los juegos serios con características de realidad aumentada generados por la herramienta Zeus AR para medir el impacto de estos en los procesos de construcción de conocimiento. Asimismo, se plantea la incorporación de más marcos de trabajo basados en HTML5 y motores para la generación de juegos propietarios. Zeus AR incluye las bibliotecas de realidad aumentada AR.JS, AWE.JS y THREE.JS, como trabajo a futuro se plantea integración de otras bibliotecas de realidad aumentada como es el caso de Argon.JS® o A-Frame®; así como otros tipos de contenido aumentado como es el caso de audios o videos en Streaming e imágenes tipo GIF, que actualmente este tipo de contenido no es soportado por Zeus AR.

La plataforma Zeus AR incorpora tres técnicas de gamificación, las cuales son las técnicas de acción, motivación y recompensa; en lo que respecta a las técnicas de gamificación se propone como trabajo a futuro incluir más técnicas de gamificación por medio de la incorporación de nuevas actividades de aprendizaje y atributos del juego, actualmente la presente tesis solo incluye tres de las cinco categorías del trabajo de investigación de Lameris (2015) por lo que las categorías faltantes serán incluidas como trabajo a futuro. En cuanto a la aplicación de los juegos serios con realidad aumentada generados por medio de la plataforma Zeus AR se plantea implementarlos en otros procesos de enseñanza aprendizaje como lo es

Doctorado en ciencias de la ingeniería

para personas con algún padecimiento como es el caso de personas con autismo o síndrome de asperger por mencionar algunos.

Productos académicos

A continuación, se presentan los productos obtenidos hasta el momento. Los productos académicos a presentar son artículos en congresos nacionales (COMIA), internacionales (CITI, CIMPS, MICAI) y revistas (JITR, IET Software).

Revistas indizadas



- ❖ **Marín-Vega, H.**, Alor-Hernández, A., Colombo-Mendoza, L.O., Sánchez-Ramírez, C., García-Alcaraz, J.L., Avelar-Sosa, L. Zeus – A tool for the generation of educational rules – based games with gamification techniques. IET Software. Factor de impacto JCR: 0.947. Indexing: Science Citation Index Expanded (SCI-E), Scopus, SCImago. DOI: 10.1049/iet-sen.2019.0028 , Print ISSN 1751-8806, Online ISSN 1751-8814



- ❖ **Marín-Vega, H.**, Alor-Hernández, G., Zatarain-Cabada, R., Barron-Estrada, M. L. & García-Alcaraz, J.L. (2017). A brief review of game engines for educational and serious games development. Journal of Information Technology Research (JITR) 10 (4). Pp. 1 – 22. ISSN: 1938-7857. Indexing: SCOPUS, Web of Science Emerging Sources Citation Index (ESCI).

Congresos internacionales



- ❖ **Marín-Vega, H.**, Alor-Hernández, G., Colombo-Mendoza, L., Sanchez-Ramirez, C., García-Alcaraz, J. & Avelar, L. (2019). An Architecture for the Generation of Educational Rules – Based Games with Gamification Techniques. Proceedings of the 7th International Conference on Software Process Improvement (CIMPS 2018). pp. 101-110. DOI: 10.1007/978-3-030-01171-0_9



❖ **Marín-Vega H.**, Alor-Hernandez G., Zatarain-Cabada R., Barrón-Estrada M.L. (2016) Analyzing HTML5-Based Frameworks for Developing Educational and Serious Games. In: Valencia-García R., Lagos-Ortiz K., Alcaraz-Mármol G., del Cioppo J., Vera-Lucio N. (eds) Technologies and Innovation. CITI 2016. Communications in Computer and Information Science, vol 658. pp 143-154. Springer, Verlag.



❖ **Marín-Vega, H.**, Alor-Hernández, G., Zatarain-Cabada, R., & Barron-Estrada, M. L. (2016). Analyzing proprietary games engines for developing educational and serious games. In 9th Workshop on Intelligent Learning Environments (WILE 2016) held in collaboration with MICAI 2016. Research in Computing Science, Vol. 129, pp. 27-35. ISSN 1870-4069.

Congresos nacionales



❖ **Marín-Vega, H.**, Alor-Hernández, G., Zatarain-Cabada, R., & Barron-Estrada, M. L. (2016). Una Revisión Sistemática de Técnicas de Gamification en Aplicaciones Educativas Inteligentes. In *8vo Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial (COMIA 2016)*. Research in Computing Science, Vol. 111, pp. 149-163. ISSN 1870-4069.



❖ García-Aguilar, J.G., Alor-Hernández, G., **Marín-Vega, H.**, Olivares-Zepahua, B.A., López, I. (2019). Proceso de desarrollo de juegos serios educativos con implementación de realidad aumentada. In 5to Congreso Internacional de Investigación Tijuana. Conference on Computer Science and Computer Engineering (CoCSCE). Investigación Básica y Aplicada. Vol.7, Núm. 14, pp. 216 – 222. ISSN 2007-9478.

Referencias.

- Abt, C. B. (1970). *Serious games*. Nueva York: Press Inc.
- ARToolKit. (2017). ARToolKit. Recuperado el 20/11/2017, de ARToolKit Inc. Sitio web: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- Azuma, R. T. (1997). *A Survey of Augmented Reality*. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (Vol. 6). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.cs.unc.edu/~azumaW/>:
- Beetham, H. (2008). Review: Design for learning programme phase 2. Review of learning design as part of the JISC's Design for Learning programme. Recuperado el 28 de abril de 2017, de: <http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/elearningpedagogy/designlearn.a.spx>
- Bimber, O., Rakar., R. (2005). *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds*.
- Bredl, K., & Bösche, W. (2013). *Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcare*. *Serious Games and Virtual Worlds in Education, Professional Development, and Healthcare*. IGI Global. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-3673-6>
- Briones, G. (2003), *Métodos y técnicas de investigación para las ciencias sociales*, cuarta edición, México D.F: Trillas.
- Buckley, P., & Doyle, E. (2017). Individualising gamification: An investigation of the impact of learning styles and personality traits on the efficacy of gamification using a prediction market. *Computers and Education*, 106, 43–55. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.009>
- Bura, J. (2014). *Construct 2 Game Development by Example*. U.K.: Packt.
- Cawood, S., Fiala, M. (2008) *Augmented Reality: A Practical Guide: The Complete Guide to Understanding and Using Augmented Reality Technology*. Pragmatic Bookshelf.
- Cheng, C. H., & Su, C. H. (2012). A Game-based learning system for improving student's learning effectiveness in system analysis course. In

- Procedia - Social and Behavioral Sciences* (Vol. 31, pp. 669–675). doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.122>
- Choudary, O., Charvillat, V., Grigoras, R., & Gurdjos, P. (n.d.). MARCH: Mobile Augmented Reality for Cultural Heritage. doi: <http://research.nokia.com/research/projects/>.
 - Clockwork Chilli - Wade Game Engine. (n.d.). Recuperado el 28 de junio de 2016, de <http://clockworkchilli.com/index.php/main/tech>
 - Cocos 2D. (2016). Cocos2d is a family of open-source software frameworks for building cross-platform games&apps. (n.d.). Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de: <http://cocos2d.org/>
 - Cook, D. (2006). What are game mechanics? – LOSTGARDEN. (n.d.). Recuperado el 23 de febrero de 2015, de: <https://lostgarden.home.blog/2006/10/24/what-are-game-mechanics/>
 - Corporation, V. (2016). CRYENGINE en Steam. (n.d.). Recuperado el 10 de agosto de 2016, de: <https://store.steampowered.com/app/220980/CRYENGINE/?l=spanish>
 - Creighton, R. H. (2010). Unity 3D game development by example: beginner's guide. Packt Pub.
 - De Oliveira, D., Clua, E. & Jacob, L. (2016). Oh Gosh!! Why is this game so hard? Identifying cycle patterns in 2D platform games using provenance data. Entertainment Computing. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.12.002>
 - Dirksen, J. (2014). Learning Three.js: the JavaScript 3D library for WebGL : create stunning 3D graphics in your browser using the Three.js JavaScript library. Mumbai: Packt.
 - Doménech-Betoret, F. (2012). La enseñanza y el aprendizaje en la situación educativa. Aprendizaje y Desarrollo de la personalidad.
 - Eastcott, W. (2015). Building WebGL Games on ARM Devices with PlayCanvas. The Architecture for the Digital World.
 - Ferreira, L., Pereira, L., & Toledo, C. (2014). A multi-population genetic algorithm for procedural generation of levels for platform games. In GECCO

2014 - Companion Publication of the 2014 Genetic and Evolutionary Computation Conference (pp. 45–46). Association for Computing Machinery. Doi: <https://doi.org/10.1145/2598394.2598489>

- Gallegos, C., Tesar, A. J., Connor, K., & Martz, K. (2017). The use of a game-based learning platform to engage nursing students: A descriptive, qualitative study. *Nurse Education in Practice*, 27, 101–106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2017.08.019>
- García, F., Pedreira, O., Piattini, M., Cerdeira-Pena, A., & Penabad, M. (2017). A framework for gamification in software engineering. *Journal of Systems and Software*, 132, 21–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.06.021>
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gómez-Martín, M. A., Gómez-Martín, P. & González-Calero, P. A. (2004). Aprendizaje basado en juegos. Recuperado el 10 de agosto de 2016, de: <http://www.icono14.net/ojs/index.php/icono14/article/view/436/311>
- Gunter, G., Kenny, R., & Vick, E. (2006). A case for a formal design paradigm for serious games. *The Journal of the International Digital Media and Arts Association*, 3.
- Hicks, D., Eagle, M., Rowe, E., Asbell-Clarke, J., Edwards, T., & Barnes, T. (2016). Using game analytics to evaluate puzzle design and level progression in a serious game. In *ACM International Conference Proceeding Series (Vol. 25-29-April-2016, pp. 440–448)*. Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/2883851.2883953>
- Hogle, Jan G. (1996). Considering games as cognitive tools: In search of effective 'Edutainment.', 1996-Aug. Recuperado 28 de agosto de 2017, de <https://eric.ed.gov/?id=ED425737>
- Javidi, B. (2002). *Image recognition and classification : algorithms, systems, and applications*. Optical engineering.

- Lamb, R. L., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80, 158–167. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.040>
- Lameras, P., Arnab, S., Dunwell, I., Stewart, C., Clarke, S., & Petridis, P. (2015). Essential features of serious games design in higher education: Linking learning attributes to game mechanics. *British Journal of Educational Technology*, 48(4), 972–994. Retrieved 5 December 2019 from <https://doi.org/10.1111/bjet.12467>
- Learn Pixi.js. Apress Van der Spuy, R. (2015). *Learn Pixi.js : create great interactive graphics for games and the Web*. Apress
- Li, Tong. (2008). *An Approach to Modelling Software Evolution Processes*. Berlin: Springer.
- Lopez-Pombo, H. (2010). *Análisis y desarrollo de sistemas de realidad aumentada*. Universidad computense de Madrid.
- Lundgren, S., Bjork, S. (2003). *Game mechanics: Describing computer-augmented Games in Terms of Interaction*. Paper presented at the TIDSE, Recuperado el 23 de febrero de 2015, de: http://www.itu.dk/stud/speciale/worlddomination/files/rikke/rh/speciale/staffan_docs/mechanics.pdf
- Ma, M., Oikonomou, A., Jain, L.C. (2011). *Serious Games and Edutainment Applications*. Nueva York: Springer.
- MacLean, P., & Scott, B. (2011). Competencies for learning design: A review of the literature and a proposed framework. *British Journal of Educational Technology*, 42(4), 557–572. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01090.x>
- Maggiorini, D., Mannalà, M., Ornaghi, M., & Ripamonti, L. A. (2015). Fun pledge: A funny platformers levels generator. In *ACM International Conference Proceeding Series (Vol. 28, pp. 138–145)*. Association for Computing Machinery. doi <https://doi.org/10.1145/2808435.2808451>

- Marcano, B. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 9(3), 93–107. doi: <https://doi.org/10.14201/EKS.16791>
- Marín-Vega H., Alor-Hernandez G., Zatarain-Cabada R., Barrón-Estrada M.L. (2016) Analyzing HTML5-Based Frameworks for Developing Educational and Serious Games. In: Valencia-García R., Lagos-Ortiz K., Alcaraz-Mármol G., del Cioppo J., Vera-Lucio N. (eds) *Technologies and Innovation. CITI 2016. Communications in Computer and Information Science*, vol 658. pp 143-154. Springer, Verlag.
- Marín-Vega, H., Alor-Hernández, G., Zatarain-Cabada, R., & Barron-Estrada, M. L. (2016). Analyzing proprietary games engines for developing educational and serious games. In 9th Workshop on Intelligent Learning Environments (WILE 2016) held in collaboration with MICA I 2016. *Research in Computing Science*, Vol. 129, pp. 27-35. ISSN 1870-4069.
- Martins, T., Carvalho, V., & Soares, F. (2015). Web Platform for Serious Games' Management. In *Procedia Computer Science* (Vol. 64, pp. 1115–1123). Elsevier B.V. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.571>
- melonJS. (2016). Melon JS. Recuperado el Junio de 2016, de melonJS: A lightweight HTML5 game engine: <http://melonjs.org/>
- Meneses Benítez, G. (2013). El proceso de enseñanza- aprendizaje: el acto didáctico. *NTIC, Interacción y aprendizaje en la universidad*. Universitat Rovira I Virgili.
- Michael, D. & Chen, S. (2006). *Serious games: games that educate; train, and inform*. Boston: Thomson Course Technology
- Morschheuser, B., Hassan, L., Werder, K., & Hamari, J. (2018). How to design gamification? A method for engineering gamified software. *Information and Software Technology*, 95, 219–237. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.10.015>
- Nagle, D. (2014). *HTML5 Game Engines: App Development and Distribution*. 41-43.

- Oriol Borrás, G. (2015). Fundamentos de la gamificación. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Palef, T. (2014). Discover phaser.
- Peddycord-Liu, Z., Cody, C., Kessler, S., Barnes, T., Lynch, C. F., & Rutherford, T. (2017). Using serious game analytics to inform digital curricular sequencing: What math objective should students play next? In CHI PLAY 2017 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (pp. 195–204). Association for Computing Machinery, Inc. doi: <https://doi.org/10.1145/3116595.3116620>
- Pinazo, S., Sánchez Martínez, M. (2006). Gerontología. Actualización, innovación y propuestas. Madrid: Prentice-Hall (Pearson Educacion).
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: Digital game-based learning. Handbook of computer game studies, New York: Prentice-Hall.
- Pty, B. (2012). Server Programming Guide. Australia: BigWorld Pty Ltd.
- Rafiee, A., Van der Male, P., Dias, E., & Scholten, H. (2017). Developing a wind turbine planning platform: Integration of “sound propagation model–GIS-game engine” triplet. Environmental Modelling & Software, 95, 326–343. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.019>
- Rodríguez-Hoyos, C., Gomes, M.J. (2013). Videojuegos y educación: una visión panorámica de las investigaciones desarrolladas a nivel internancional. Profesorado. Revista de curriculum y formación del profesorado, 17(2), 479-494.
- Rolando, F. (2012). De la realidad virtual a la realidad aumentada.
- Salomão Dias, L.P., Victória Barbosa, J.L., Vianna, H.D. (2017). Gamification and serious games in depression care: A systematic mapping study. Telematics and Informatics. Elsevier Ltd. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.11.002>
- Sardi, L., Idri, A., Fernández-Alemán, J. L. (2017,). A systematic review of gamification in e-Health. Journal of Biomedical Informatics. Academic Press Inc. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.05.011>

- Sellami, H. M. (2014). An e-portfolio to support e-learning 2.0. In *Cyber Behavior: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (Vol. 2–4, pp. 673–688). IGI Global. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5942-1.ch034>
- Shi, V. G., Baines, T., Baldwin, J., Ridgway, K., Petridis, P., Bigdeli, A. Z., ... Andrews, D. (2017). Using gamification to transform the adoption of servitization. *Industrial Marketing Management*, 63, 82–91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.12.005>
- Somolinos-Sánchez, J. A. (2002). Avances en robótica y visión por computador. *Ciencia y Técnica*, 38, 288.
- Sonmez, J. (2016). *Beginning HTML 5 Game Development With Quintus*. Recuperado el Junio de 2016, de Plural Sight: https://www.pluralsight.com/courses/beginning-html5-game-development-quintus?utm_medium=affiliate&utm_source=1058191
- Su, C.-H., & Cheng, C.-H. (2013). A Mobile Game-based Insect Learning System for Improving the Learning Achievements. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 42–50. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.305>
- Summerville, A., Marino, J. R. H., Snodgrass, S., Ontanon, S., & Lelis, L. H. S. (2017). Understanding mario: An evaluation of design metrics for platformers. In *ACM International Conference Proceeding Series* (Vol. Part F130151). Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/3102071.3102080>
- Tateno, K., Kitahara, I., & Ohta, Y. (2007). A Nested Marker for augmented reality. In *Proceedings - IEEE Virtual Reality* (pp. 259–262). Doi: <https://doi.org/10.1109/VR.2007.352495>
- Torrente, J., Marchiori, E.J., del Blanco, A., Sancho P., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B., Mellini, B., Talamo, A., Frossard, F., Trifonova, A., Alcaraz, S., Barajas, M. (n.d.) *Fomentando la Creatividad: Creación de Escenarios de Aprendizaje Basados en Juegos. Una Guía para Profesores*. CAST: España

- Unreal Engine (2016). Unreal Engine | The most powerful real-time 3D creation platform. (n.d.). Recuperado el 10 de agosto de 2016, de: <https://www.unrealengine.com/en-US/>
- Wartmann, C. (2001). The Blender book. Linux Journal Press.
- Zichermann, G., Cunningham, C. (2011). Gamification by design. USA: O'Really