



**Desarrollar un sistema de realidad virtual que permita a los estudiantes de décimo año de educación básica, fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas**

Borja Rojas, Anghelo Gabriel y Yance Martillo, Abraham Isaac

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Software

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero de Software

Msc. Álvarez Veintimilla, Rolando Marcelo

01 de marzo del 2024

Latacunga



## Plagiarism and AI Content Detection Report

Tesis\_Fi\_FINAL 3.0\_Borja \_ Yance(F).pdf

### Scan details

Scan time:  
March 11th, 2024 at 1:4 UTC

Total Pages:  
56

Total Words:  
13817

### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	1.5%	212
Minor Changes	0.4%	62
Paraphrased	3.6%	497
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	8.2%	1130
Human text	91.8%	12687

[Learn more](#)

### Plagiarism Results: (46)

- La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesio...** 1.7%

<https://www.redalyc.org/journal/4762/476268269011/html/>

Dossier La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional Virtual reality as a tool for basi...

---

- La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesio...** 1.7%

<https://www.redalyc.org/journal/4762/476268269011/movil/>

Revista Científica General José María CórdovaRev. Cient. Gen. José María CórdovaEscuela Militar de Cadetes "General José María Córdova..."

---

- La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesio...** 1.7%

<https://www.redalyc.org/journal/4762/476268269011/>

Revista Científica General José María CórdovaRev. Cient. Gen. José María CórdovaEscuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"...

---

- (PDF) La realidad virtual como herramienta para la educación básica y pr...** 1.2%

[https://www.researchgate.net/publication/350665158\\_la\\_realidad\\_virtual\\_como\\_herramienta\\_para\\_la\\_educac...](https://www.researchgate.net/publication/350665158_la_realidad_virtual_como_herramienta_para_la_educac...)

Regivaldo Sousa-Ferreira

Home Computer Science Human-Computer Interaction Virtual Reality ArticlePDF AvailableLa realidad virtual como herramienta para la educ...

Msc. Álvarez Veintimilla, Rolando Marcelo

Director

C.C.: 1727420091



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

Departamento de Ciencia de la Computación

Carrera de Ingeniería de Software

#### Certificación

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Desarrollar un sistema de Realidad Virtual que permita a los estudiantes de décimo año de educación básica, fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas”** fue realizado por los señores **Borja Rojas, Anghelo Gabriel y Yance Martillo, Abraham Isaac**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodologías establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Msc. Álvarez Veintimilla, Rolando Marcelo

C.C.: 1727420091



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

Departamento de Ciencia de la Computación

Carrera de Ingeniería de Software

### Responsabilidad de Autoría

Nosotros **Borja Rojas, Anghelo Gabriel y Yance Martillo, Abraham Isaac**, con cédulas de ciudadanía No **1727420091** y No **0955216270**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Unidad de Integración Curricular: **"Desarrollar un sistema de Realidad Virtual que permita a los estudiantes de décimo año de educación básica, fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodologías establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Borja Rojas, Anghelo Gabriel

C.C.: 1727420091

Yance Martillo Abraham Isaac

C.C.: 0955216270



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencia de la Computación

Carrera de Ingeniería de Software

### Autorización de Publicación

Nosotros **Borja Rojas, Anghelo Gabriel y Yance Martillo, Abraham Isaac**, con cédulas de ciudadanía No **1727420091** y No **0955216270**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Unidad de Integración Curricular. **“Desarrollar un sistema de Realidad Virtual que permita a los estudiantes de décimo año de educación básica, fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

.....  
Borja Rojas, Anghelo Gabriel

C.C.: 1727420091

.....  
Yance Martillo Abraham Isaac

C.C.: 0955216270

**Dedicatoria**

A mi madre, por su inquebrantable amor, apoyo y sacrificio que ah realizado en tiempos difíciles, tu aliento y fe en mi han sido la fuerza detrás de cada logro que consigo en mi vida.

Cada paso que doy es gracias a ti.

A mi abuela por brindarme todo su apoyo cuando lo necesito y estar presente en tiempos de necesidad.

A mis preciados amigos que durante esta travesía académica hicieron de este un viaje lleno de alegrías y recuerdos inolvidables.

**Anghelo Gabriel Borja Rojas**



**Dedicatoria**

A mis queridos padres, Walter Yance y Ruth Martillo, y a mi amado hermano Jonathan Yance, quienes han sido mi roca inquebrantable en todos los aspectos de mi vida. Su constante apoyo en distintos niveles ha sido fundamental en mi camino universitario. Cada logro que he alcanzado lleva impreso su amor y sacrificio.

Agradezco también a mis amigos, quienes han convertido la experiencia universitaria en un viaje lleno de recuerdos inolvidables. Gracias por cada momento compartido, por hacer de los días difíciles algo más llevadero y de las alegrías, instantes para atesorar a lo largo de mi vida.

No puedo pasar por alto el apoyo incondicional de mis queridos tíos, Adrian Ramirez e Isabel Martillo, quienes siempre estuvieron dispuestos a tenderme una mano cuando más lo necesitaba. Su respaldo ha sido un pilar fundamental en mi desarrollo académico y personal.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Cada uno ha dejado una huella imborrable en mi vida, y por eso les estaré eternamente agradecido.

**Abraham Isaac Yance Martillo**

## **Agradecimiento**

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han sido pilares fundamentales en este camino académico.

A mi madre Helena por todas sus palabras de aliento que me da las cuales me motivan a seguir a delante y no darme por vencido.

A mi hermana Daniela por ser parte de el desarrollo de mi vida y darme siempre parte de sus conocimientos para ser mejor cada día.

A mi compañero de tesis, Abraham Yance ya que fue de gran apoyo para poder culminar este trabajo y superarlo de forma satisfactoria.

A mis amigos que estuvieron presentes dándome consejos y aportando su granito de arena dentro de la realización de este trabajo, al igual que mi pareja por estar siempre animándome y apoyándome en este proyecto.

Por último, agradezco al Ingeniero Marcelo Alvarez por toda su conocimiento y orientación dentro de este trabajo.

**Anghelo Gabriel Borja Rojas**



## **Agradecimiento**

A mis amados padres, Walter Yance y Ruth Martillo, y a mi querido hermano Jonathan Yance, les expreso mi más sincero agradecimiento por su incansable apoyo en todas las facetas de mi vida.

Agradezco también a mis tíos, Adrian Ramirez e Isabel Martillo, cuya ayuda ha sido invaluable.

No puedo dejar de mencionar al Ingeniero Marcelo Álvarez, quien ha sido un guía indispensable en este proceso. Su orientación y conocimiento han sido cruciales para llevar a cabo este trabajo de manera exitosa.

A mi compañero de tesis, Anghelo Borja, le agradezco su incondicional apoyo y el esfuerzo conjunto para superar las adversidades que surgieron durante el desarrollo de este proyecto. Juntos hemos demostrado que, con trabajo en equipo y determinación, podemos alcanzar nuestras metas.

Por último, agradezco a mi amigo Bryan Vega por su colaboración y por compartir sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo. Vuestra contribución ha sido invaluable y ha enriquecido enormemente en dicho proyecto.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Cada uno de ustedes ha dejado una marca imborrable en mi vida, y por eso les estaré eternamente agradecido.

**Abraham Isaac Yance Martillo**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula .....	1
Reporte de Verificación de Contenido.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de Contenido.....	10
Índice de Tablas .....	13
Índice de Figuras .....	14
Resumen.....	16
Abstract .....	17
Capítulo I: Introducción .....	18
Contextualización del Tema .....	18
Justificación .....	19
Hipótesis .....	20
Indicadores .....	20
Objetivos.....	21
<i>Objetivo General</i> .....	21
<i>Objetivos Específicos</i> .....	21
Metodología .....	21
Capítulo II: Marco Teórico .....	23
Fundamentos de la Realidad Virtual .....	23

Historia y Evolución de la Realidad Virtual .....	24
Realidad Virtual .....	26
Realidad Virtual Semi Inmersiva .....	27
Realidad Virtual No Inmersiva .....	27
Raycast de Unity .....	28
Ray o Rayo.....	29
Raycast Hit.....	29
Función Raycast.....	30
Realidad Virtual en el Contexto Educativo .....	30
<i>Ventajas Pedagógicas de la Realidad Virtual .....</i>	<i>32</i>
<i>Beneficios en la Retención de Conocimientos y Motivación en la Realidad Virtual ...</i>	<i>33</i>
Tecnologías y Herramientas Utilizadas .....	34
<i>Unity.....</i>	<i>34</i>
<i>Visual Studio y VS Code.....</i>	<i>35</i>
<i>ReactJS .....</i>	<i>35</i>
<i>Node.js.....</i>	<i>36</i>
<i>Prisma.....</i>	<i>36</i>
<i>Express.js.....</i>	<i>36</i>
<i>Mixamo .....</i>	<i>37</i>
<i>OpenXR .....</i>	<i>37</i>
<i>HTC VIVE Cosmos Elite VR.....</i>	<i>37</i>
Capítulo III: Implementación del Sistema .....	39
Metodología .....	39
Análisis de Requisitos .....	41
Análisis y Desarrollo del Sistema .....	42
<i>Análisis del Sistema .....</i>	<i>43</i>

<i>Casos de Uso</i> .....	44
Especificación de Casos de Uso.....	45
Interrelación de Componentes .....	54
Organización por Sprints.....	56
<i>Sprint 01: Creación del menú principal y selección de temas</i> .....	56
Planificación .....	56
Desarrollo .....	56
Resultados.....	68
<i>Sprint 02: Definición de la arquitectura, creación de la base de datos, microservicios y dashboard administrativo</i> .....	68
Planificación .....	69
Resultados.....	74
<i>Sprint 03: Presentación de temas y visualización</i> .....	75
Planificación .....	76
Desarrollo .....	76
Resultados.....	81
Capítulo IV: Validación del Sistema.....	82
Método de Evaluación.....	82
Aplicación de las Encuestas .....	82
<i>Resultados de la Encuesta</i> .....	83
<i>Conclusiones de las Encuestas</i> .....	93
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	95
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	95
Bibliografía .....	98
Anexos.....	99

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Roles Scrum</i> .....	<b>40</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Historia de Usuario</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Product Backlog</i> .....	<b>43</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Caso de uso 1</i> .....	<b>45</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Caso de uso 2</i> .....	<b>46</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Caso de uso 3</i> .....	<b>47</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Caso de uso 4</i> .....	<b>48</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Caso de uso 5</i> .....	<b>49</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Caso de uso 6</i> .....	<b>50</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Caso de uso 7</i> .....	<b>51</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Caso de uso 8</i> .....	<b>52</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Planificación del Sprint 01</i> .....	<b>56</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Planificación del Sprint 02</i> .....	<b>69</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Planificación del Sprint 03</i> .....	<b>76</b>
<b>Tabla 15</b> <i>Datos para el cálculo del tamaño de muestra</i> .....	<b>83</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Sistema de realidad virtual</i> .....	<b>24</b>
<b>Figura 2</b> <i>Sistema de realidad virtual Sensorama</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 3</b> <i>HTC Vive Cosmos Elite</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 4</b> <i>Diagrama de pasos de realidad virtual</i> .....	<b>41</b>
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama de caso de uso del menú principal del sistema</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 6</b> <i>Diagrama de caso de uso del aprendizaje de matemática</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 7</b> <i>Diagrama de Virtualización de un Modelo 3D</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 8</b> <i>Diagrama de Relación de Componentes</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 9</b> <i>Configuración de Unity</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 10</b> <i>Configuración XR</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 11</b> <i>Configuración HTC Vive</i> .....	<b>54</b>
<b>Figura 12</b> <i>Steam VR Plugin</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 13</b> <i>Prefab Pared</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 14</b> <i>Prefab Suelo</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 15</b> <i>Prefab Techo</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 16</b> <i>Prefab Pizarra</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 17</b> <i>Prefab Escritorio</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 18</b> <i>Prefab Silla</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 19</b> <i>Personaje 3D</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 20</b> <i>Personaje 3D visualización</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 21</b> <i>Animación Personaje 3D</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 22</b> <i>Configuración Grab</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 23</b> <i>Configuración Pointer</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 24</b> <i>Arquitectura de la Aplicación</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 25</b> <i>Base de Datos</i> .....	<b>71</b>

<b>Figura 26</b> <i>Microservicios</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 27</b> <i>Interfaz API</i> .....	<b>73</b>
<b>Figura 28</b> <i>Dashboard</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 29</b> <i>Interfaz de Temas</i> .....	<b>77</b>
<b>Figura 30</b> <i>Interfaz de la Pizarra</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 31</b> <i>Desarrollo de Script Siguiete</i> .....	<b>79</b>
<b>Figura 32</b> <i>Script Heatset</i> .....	<b>80</b>
<b>Figura 33</b> <i>Resulados primera pregunta</i> .....	<b>84</b>
<b>Figura 34</b> <i>Resulados segunda pregunta</i> .....	<b>85</b>
<b>Figura 35</b> <i>Resulados tercera pregunta</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura 36</b> <i>Resulados cuarta pregunta</i> .....	<b>87</b>
<b>Figura 37</b> <i>Resulados quinta pregunta</i> .....	<b>88</b>
<b>Figura 38</b> <i>Resulados sexta pregunta</i> .....	<b>89</b>
<b>Figura 39</b> <i>Resulados séptima pregunta</i> .....	<b>90</b>
<b>Figura 40</b> <i>Resulados octava pregunta</i> .....	<b>91</b>
<b>Figura 41</b> <i>Resulados novena pregunta</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 42</b> <i>Resulados décima pregunta</i> .....	<b>93</b>



## Resumen

El enfoque de esta tesis propone implementar un sistema de realidad virtual (RV) para mejorar la enseñanza de matemáticas en décimo año en Ecuador, incrementando la comprensión y retención de conceptos complejos. Mediante un enfoque innovador que aprovecha la inmersión de la RV, se fortalecerá el proceso de enseñanza-aprendizaje. La RV es una herramienta pedagógica emergente capaz de ofrecer experiencias más inmersivas, interactivas y personalizadas. Su incorporación creciente en educación se justifica por su potencial para motivar a los estudiantes y facilitar la comprensión de conceptos abstractos. Siguiendo una metodología ágil Scrum, se desarrollará e implementará este sistema de RV adaptado a necesidades educativas ecuatorianas. Se evaluará su impacto en comprensión conceptual, retención de conocimientos, motivación, compromiso, habilidades prácticas y accesibilidad del aprendizaje matemático. Este estudio concluye que la RV puede mejorar significativamente la experiencia educativa en Ecuador, ofreciendo una solución alineada con políticas para integrar TIC en el aula. Los hallazgos sugieren que la RV no solo enriquece el aprendizaje de matemáticas, sino que también prepara a los estudiantes para el siglo XXI, marcando un avance en la innovación educativa del país.

*Palabras Clave:* realidad virtual, educación matemática, enseñanza-aprendizaje

### **Abstract**

The focus of this thesis proposes implementing a virtual reality (VR) system to improve the teaching of mathematics in tenth grade in Ecuador, increasing the understanding and retention of complex concepts. Through an innovative approach that takes advantage of VR immersion, the teaching-learning process will be strengthened. VR is an emerging pedagogical tool capable of offering more immersive, interactive and personalized experiences. Its increasing incorporation into education is justified by its potential to motivate students and facilitate the understanding of abstract concepts. Following an agile Scrum methodology, this VR system adapted to Ecuadorian educational needs will be developed and implemented. Its impact on conceptual understanding, knowledge retention, motivation, commitment, practical skills and accessibility of mathematical learning will be evaluated. This study concludes that VR can significantly improve the educational experience in Ecuador, offering a solution aligned with policies to integrate ICT in the classroom. The findings suggest that VR not only enriches the learning of mathematics but also prepares students for the 21st century, marking a breakthrough in the country's educational innovation.

*Keywords:* virtual reality, mathematics education, teaching-learning

## Capítulo I

### Introducción

En este capítulo, se aborda la problemática que será tratada en el proyecto, junto con su justificación, los objetivos generales y específicos, así como la metodología que se emplea.

#### Contextualización del Tema

El sistema educativo de Ecuador, particularmente en el nivel básico, se encuentra en constante búsqueda de estrategias innovadoras que respondan eficazmente a los retos impuestos por un entorno global cada vez más tecnológico. Frente a este escenario, el Ministerio de Educación de Ecuador juega un papel fundamental como ente regulador y propulsor de la calidad educativa, habiendo ya puesto en marcha diversas iniciativas destinadas a enriquecer el proceso enseñanza-aprendizaje dentro de las aulas.

Dentro de la estructura curricular nacional, la asignatura de matemáticas se organiza en bloques temáticos que abarcan álgebra y funciones, geometría y medida, así como estadística y probabilidad. Los contenidos curriculares están cuidadosamente diseñados para promover un aprendizaje secuencial y profundo, que pueda ser adaptado a distintos entornos y niveles de comprensión, desde básico hasta avanzado. En este contexto, se hace énfasis en la relevancia de incorporar tecnologías innovadoras en la educación matemática, lo que abre camino a la utilización de herramientas pedagógicas avanzadas como la realidad virtual.

La realidad virtual emerge como un recurso didáctico con el potencial de transformar la experiencia educativa, brindando a los estudiantes la posibilidad de interactuar con conceptos matemáticos de una manera más intuitiva, inmersiva y tangible. La implementación de un sistema de realidad virtual específicamente diseñado para la enseñanza de matemáticas en el décimo año de educación general básica en Ecuador se presenta como una estrategia para capitalizar las ventajas de esta tecnología emergente, con el fin de reforzar el proceso de aprendizaje. Este sistema promete no solo incrementar el interés y la participación estudiantil sino también ofrecer un entorno de aprendizaje más interactivo y personalizado. Tal iniciativa

se encuentra en consonancia con los esfuerzos del Ministerio de Educación por integrar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito educativo, fomentando así un aprendizaje más dinámico y adecuado a las exigencias de la educación en el siglo XXI.

### **Justificación**

En el contexto actual, la integración de la realidad virtual (RV) en el ámbito educativo se presenta como una tendencia creciente, ofreciendo métodos de enseñanza innovadores y efectivos. Esta modalidad cobra especial importancia en disciplinas como las matemáticas, donde es fundamental no solo comprender teorías sino también aplicarlas prácticamente. La tesis en desarrollo tiene el propósito de diseñar un sistema de realidad virtual destinado a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje matemático en estudiantes de décimo año de educación básica en Ecuador.

La enseñanza de las matemáticas enfrenta retos singulares para mantener el interés de los estudiantes y para brindarles la oportunidad de experimentar conceptos abstractos de forma concreta. La realidad virtual afronta estos desafíos permitiendo a los alumnos explorar y experimentar entornos matemáticos de manera inmersiva, lo que contribuye a una mejor comprensión y retención del conocimiento. Adicionalmente, al ofrecer una experiencia educativa más atractiva y estimulante, la realidad virtual incrementa significativamente la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje.

Una ventaja clave de la realidad virtual es su capacidad para personalizar y adaptar los entornos de aprendizaje a las necesidades específicas de cada estudiante. Esto es particularmente relevante en la educación matemática, donde los niveles de habilidad y comprensión pueden variar ampliamente entre los estudiantes. La realidad virtual facilita la creación de escenarios y problemas matemáticos personalizados, promoviendo un aprendizaje más eficaz y enfocado.

Además, la realidad virtual puede representar una solución económicamente viable a largo plazo. En comparación con los costos asociados a los métodos de enseñanza

tradicionales, que frecuentemente requieren de materiales físicos y logística complejas, la RV ofrece una alternativa más económica y escalable. Esta eficiencia en costos es especialmente pertinente en el entorno educativo de Ecuador, donde los recursos pueden ser limitados.

### **Hipótesis**

La implementación de un sistema de realidad virtual en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas para estudiantes de décimo año de educación básica en Ecuador, mejorará significativamente la comprensión y retención de conceptos matemáticos complejos, en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

### **Indicadores**

- **Incremento en la Confianza Matemática:** Este indicador mide el cambio en la confianza de los estudiantes al enfrentarse a problemas matemáticos complejos después de la intervención con realidad virtual. La confianza se puede medir a través de encuestas autoadministradas que evalúen cómo se sienten los estudiantes respecto a su capacidad para entender y resolver problemas matemáticos.
- **Retención de Conocimientos:** Evalúa la efectividad de la RV en la retención a largo plazo de la información aprendida. Esto se podría medir mediante evaluaciones periódicas tras el uso de la RV.
- **Motivación y Compromiso:** Considera el nivel de interés y entusiasmo de los estudiantes hacia las matemáticas después de usar la RV. Las encuestas de satisfacción estudiantil podrán ser tiles aquí.
- **Desarrollo de Habilidades Prácticas:** Mide cómo la RV facilita el desarrollo de habilidades prácticas en matemáticas, como la resolución de problemas.
- **Facilidad de Uso y Acceso Tecnológico:** Mide la facilidad con la que estudiantes y docentes pueden acceder y utilizar el sistema de RV, incluyendo aspectos como la interfaz intuitiva y la disponibilidad de recursos tecnológicos necesarios.

- **Innovación y Aplicabilidad:** Considera cómo la RV fomenta enfoques innovadores y creativos en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Desarrollar e implementar un sistema de Realidad Virtual que permita a los estudiantes

De décimo año de educación básica en Ecuador fortalecer su proceso de enseñanza y

Aprendizaje en matemáticas, aprovechando las ventajas de la tecnología inmersiva.

### ***Objetivos Específicos***

- Examinar el Estado Actual de la RV en Ecuador en Educación: Investigar y analizar las iniciativas existentes de RV en el sistema educativo ecuatoriano, como el programa piloto de la Secretara de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt), que busca integrar la RV en la educación técnica y tecnológica.
- Explorar las Aplicaciones de RV en Matemáticas: Estudiar cómo la RV se ha utilizado en la enseñanza de ciencias y matemáticas en Ecuador, destacando casos donde la RV ha permitido visualizar conceptos abstractos de manera concreta y manipularlos directamente.
- Diseñar Contenidos Educativos en RV para Matemáticas: Crear contenido educativo especializado en RV para matemáticas, que proporcione experiencias inmersivas, interactivas y estimulantes para los estudiantes.
- Evaluar el Impacto de la RV en el Aprendizaje de Matemáticas: Implementar y evaluar el sistema de RV en un grupo seleccionado de estudiantes y maestros para medir su efectividad en mejorar la comprensión y motivación en matemáticas.

## **Metodología**

En el desarrollo de esta tesis, se ha decidido emplear la metodología ágil conocida como

Scrum. Esta elección se ha hecho con el objetivo de garantizar un enfoque altamente eficaz y colaborativo en el proceso de investigación y evolución del proyecto en cuestión. Scrum, ampliamente reconocido por su valiosa aplicación en diversas iniciativas, se presenta como una herramienta fundamental en este contexto.

La base de esta metodología radica en la organización del trabajo en ciclos iterativos y cortos, denominados "sprints". Esto permite una gestión eficiente del tiempo y los recursos disponibles. Además, Scrum fomenta la comunicación y la participación activa de los miembros del equipo, lo que promueve la adaptabilidad y la flexibilidad para abordar posibles cambios en el enfoque de investigación.



## Capítulo II

### Marco Teórico

En este capítulo se expondrán los principios teóricos que han servido como base conceptual para respaldar el desarrollo de la presente investigación.

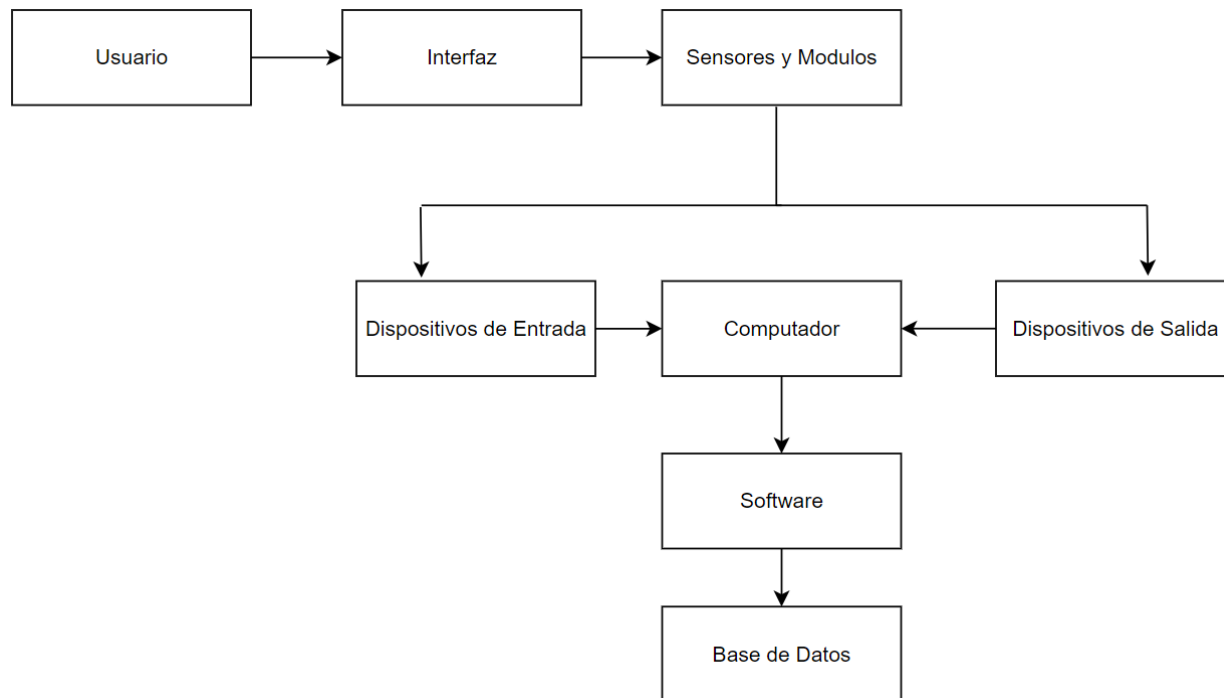
#### **Fundamentos de la Realidad Virtual**

El uso de la tecnología de realidad virtual actualmente permite a los usuarios interactuar en un entorno digital producido a través de medios digitales que puede constituir una simulación del mundo real o un universo completamente diferente.

La implementación de Scrum busca alcanzar resultados sólidos y coherentes, garantizando la calidad en cada etapa del proceso de la tesis y cumpliendo de manera óptima con los objetivos previamente establecidos.

- La inmersión se logra a través del uso de dispositivos como cascos o gafas de realidad virtual, los cuales están equipados con tecnología de visualización tridimensional y sensores de movimiento que permiten al usuario explorar su entorno al ver el espacio circundante de manera integral. Las imágenes se ajustan en tiempo real para mantenerse sincronizadas con la orientación hacia la que el usuario está dirigiendo su atención.

Los sistemas de VR se componen de elementos como los usuarios, interfaces, sensores, módulos, dispositivos de entrada, computadoras encargadas del procesamiento gráfico, aplicaciones profesionales, bases de datos y dispositivos de salida, tal como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1***Sistema de realidad virtual*

*Nota.* La figura ilustra el procedimiento a ser seguido en un sistema de realidad virtual.

### Historia y Evolución de la Realidad Virtual

El recorrido de la tecnología de realidad virtual se extiende por un período que abarca más de medio siglo, comenzando en la década de 1960 con las primeras conceptualizaciones de entornos inmersivos. Kelly, K. (2017) comenta que los avances en los campos de los gráficos por computadora y la tecnología de sensores han desempeñado un papel fundamental en su desarrollo. En los años 80, Jaron Lanier popularizó el término "realidad virtual", introduciendo innovaciones notables como el EyePhone y el DataGlove, que permitieron una interacción más enriquecedora en los entornos virtuales.

En su inicio, la RV encontró aplicaciones principalmente en el ámbito de la simulación y el entrenamiento, especialmente en campos como la aviación y la medicina. No obstante, las limitaciones tecnológicas y los costos iniciales elevados restringieron su adopción generalizada

en ese momento. Durante la década de 1990, la RV comenzó a integrarse en la industria del entretenimiento, aunque sus estándares de calidad y accesibilidad aún eran limitados. Smil, V. (2018) plantea que el resurgimiento real de la RV se materializó con la llegada de los smartphones y las mejoras en las tecnologías de seguimiento de movimientos y visualización. Estos avances posibilitaron la creación de dispositivos de RV más asequibles y de alta calidad, ampliando su aplicación más allá de la simulación y el entrenamiento, abarcando campos como el entretenimiento, la educación y otros.

Actualmente, la RV está creciendo en diversas áreas, como la rehabilitación clínica, el periodismo inmersivo y las experiencias de narrativa interactiva. La tecnología continúa evolucionando, con mejoras evidentes en la fidelidad visual, la interactividad y su capacidad de integración con otras tecnologías como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas. La RV no solamente ha transformado nuestra manera de interactuar con entornos digitales, sino que también ha desvelado nuevas posibilidades en cuanto a nuestra forma de trabajar, aprender y disfrutar de entretenimiento.

## **Figura 2**

*Sistema de realidad virtual sensorama*



*Nota.* La imagen ilustra el Sensorama, que fue el pionero en el campo de la realidad virtual, proporcionando una experiencia cinematográfica inmersiva que involucraba múltiples sentidos. Tomado de (Xataka, 2018).

## Realidad Virtual

La realidad virtual se refiere a un campo que engloba la creación y reproducción de entornos tridimensionales (3-D) y otros entornos perceptuales artificiales mediante el uso de tecnología informática. Esto permite que un individuo participe en la interacción activa con dichos ambientes artificiales, lo que resulta en una amplia gama de experiencias inmersivas. Estas experiencias varían en función de las tecnologías y recursos empleados para crear y sostener la realidad virtual simulada.

La realidad virtual implica la utilización de computadoras, dispositivos de visualización, sensores y software especializado para generar ambientes virtuales que pueden imitar la apariencia y la percepción del mundo real o crear mundos completamente imaginarios. Los usuarios pueden explorar y experimentar estos entornos como si estuvieran físicamente presentes en ellos, lo que abre un amplio abanico de aplicaciones en diversas disciplinas.

### Realidad Virtual Inmersiva

El primer nivel de experiencia virtual representa un estado en el que el usuario se sumerge en un entorno virtual que puede parecer ajeno al mundo real, proporcionándole sensaciones y percepciones similares a situaciones como la de pilotar una nave espacial o enfrentarse a zombis. La inmersión en la realidad virtual suele iniciarse con un casco o visor de realidad virtual, que permite al individuo acceder a estos mundos simulados de forma visual y auditiva. Además, esta experiencia puede complementarse con dispositivos manuales como mandos de control, seguimiento de movimientos y otros dispositivos portátiles que permiten una interacción más rica y participativa en el entorno virtual.

Cabe señalar que, aunque los visores de realidad virtual se radicaron en entornos académicos, han experimentado una difusión notable en establecimientos de entretenimiento avanzados y, actualmente, están disponibles para el público. Ejemplos de estos visores incluyen el Meta Quest Pro, el HTC Vive Pro 2 y el HP Reverb G2. Estos dispositivos representan una culminación de los avances tecnológicos en la realidad virtual y proporcionan

una calidad de experiencia que se acerca cada vez más a la percepción y la interacción en entornos virtuales, con aplicaciones que van desde el entretenimiento hasta la formación y la simulación en diversas industrias. La disponibilidad y diversidad de estos visores de realidad virtual han democratizado el acceso a experiencias inmersivas y prometen un futuro emocionante en la evolución de esta tecnología.

### **Realidad Virtual Semi Inmersiva**

El segundo nivel de experiencia en realidad virtual corresponde a la modalidad semi inmersiva, que se sita en un punto intermedio entre la experiencia totalmente inmersiva y la interacción en el mundo real. La semi inmersión en la realidad virtual implica la utilización de una combinación de software, hardware y retroalimentación física para crear un entorno virtual que se siente más como un espacio que rodea al usuario y con el cual interactúa. Esta modalidad se caracteriza por proporcionar una sensación de presencia parcial, donde el individuo experimenta una mayor implicación con el entorno virtual, aunque mantiene una conexión con la realidad física circundante.

Ejemplos típicos de aplicaciones de realidad virtual semi inmersiva incluyen simuladores de carreras y atracciones de realidad virtual en parques de diversiones que ofrecen experiencias en 3D. En estas situaciones, los usuarios pueden sentirse completamente inmersos en entornos simulados, como conducir un auto o explorar un mundo virtual, mientras que la retroalimentación física, como el movimiento del simulador o la interacción con objetos físicos, contribuye a enriquecer la experiencia.

### **Realidad Virtual No Inmersiva**

Esta modalidad de realidad virtual sin inmersión profunda permite observar, explorar y en ocasiones interactuar con un entorno virtual, sin generar una sensación completa de estar inmerso en dicho entorno. Ejemplos comunes son la participación en ciertos videojuegos o los recorridos virtuales de lugares como casas o propiedades. En esta categoría, la interacción generalmente se realiza a través de dispositivos estándar como teléfonos inteligentes,

computadoras portátiles o consolas de videojuegos. Aunque ya no se considera realidad virtual completa, jugar videojuegos en primera persona como Minecraft, Doom, Dead by Daylight y Need for Speed podrá verse como una experiencia de realidad virtual no inmersiva.

Se distingue por permitir una interacción limitada y una menor sensación de presencia en comparación con modalidades más inmersivas. Los usuarios a menudo usan controles convencionales o interfaces estándar de usuario para participar. A pesar de su menor inmersión, este tipo de realidad virtual sigue siendo relevante en videojuegos y otras aplicaciones, al brindar a los usuarios la oportunidad de experimentar entornos virtuales de una forma más accesible y familiar. Además, puede servir como introducción a la realidad virtual más inmersiva, permitiendo a los usuarios familiarizarse antes de aventurarse en experiencias más envolventes.

### **Raycast de Unity**

Se trata de un tipo de procedimiento en el contexto de la realidad virtual que involucra la emisión de un rayo láser desde la cámara asignada al jugador con el propósito de determinar la presencia o ausencia de un objetivo en su trayectoria. El resultado que se obtiene es una valoración en términos booleanos que indica si dicho objetivo ha sido alcanzado exitosamente o no. El proceso de ejecución de la técnica de Raycast se descompone en tres componentes fundamentales: una variable denominada "Ray", otra variable conocida como "Raycast Hit" y, finalmente, la función "Raycast".

La variable "Ray" constituye la base de esta técnica y representa la dirección y origen del rayo láser emitido desde la cámara del jugador. Esta variable determina el camino que seguir el rayo y la zona que será explorada en busca de un posible objetivo. Por su parte, la variable "Raycast Hit" se utiliza para almacenar información relevante sobre el resultado del rayo, como la ubicación y características del objetivo alcanzado, si es que se logra alcanzar alguno. Finalmente, la función "Raycast" es el procedimiento mediante el cual se ejecuta el

lanzamiento del rayo láser y se recopila la información necesaria a través de la interacción de las variables mencionadas.

Esta técnica tiene aplicaciones diversas en entornos de realidad virtual, particularmente en juegos y simulaciones interactivas, donde se emplea para determinar si un objeto, posición o entidad específica ha sido alcanzada o afectada por un evento particular. Además, el uso de Raycast puede extenderse más allá de su versión básica, incorporando funcionalidades adicionales y cálculos más complejos para abordar una variedad de situaciones en el ámbito virtual.

### **Ray o Rayo**

El término “Ray” o “rayo” se refiere a una estructura de datos utilizada en el entorno de desarrollo Unity. La estructura pretende representar un punto de origen específico y una dirección predeterminada que indica la trayectoria por la que se desplazará el rayo en un espacio tridimensional. La propiedad fundamental de esta estructura es la dirección, definida con un vector tridimensional (Vector 3) normalizado, lo que significa que el vector tiene una longitud igual a uno y especifica una dirección sin valor específico de magnitud.

En términos académicos y técnicos, el concepto de “Ray” se emplea para trazar líneas virtuales desde un punto de origen en un espacio tridimensional, lo que resulta fundamental en diversas aplicaciones de gráficos por computadora y simulación en Unity. La propiedad de dirección, al ser normalizada, asegura que el rayo se desplace en una dirección específica sin verse influenciado por su longitud. Esto es útil en situaciones donde se debe determinar si el rayo interseca o colisiona con objetos en el entorno virtual, ya que la dirección del rayo informa sobre la orientación para detectar colisiones.

### **Raycast Hit**

La denominada “Raycast Hit” es una estructura de datos que cumple con la función de registrar y almacenar información relevante acerca de las colisiones experimentadas por un rayo en un contexto tridimensional. Esta estructura tiene la capacidad de recopilar y retener



detalles esenciales relativos a la colisión, lo que incluye, pero no se limita a, la ubicación precisa en el mundo tridimensional donde se produjo el impacto del rayo, la identificación del objeto o entidad con la cual el rayo colisionó y la medición de la distancia desde el punto de origen del rayo hasta el punto de colisión.

Desde una perspectiva académica, la “Raycast Hit” representa un componente crucial en la detección de colisiones y la interacción entre objetos en entornos virtuales. Esta estructura facilita la obtención de datos precisos sobre el resultado de un rayo trazado, lo que permite a los programadores y diseñadores de juegos y simulaciones tomar decisiones informadas sobre cómo los objetos o elementos virtuales interactúan entre sí y con el entorno. La información proporcionada por la “Raycast Hit” puede ser utilizada en aplicaciones de gráficos por computadora, simulación física, juegos y otras áreas donde la detección de colisiones es fundamental para la representación y el comportamiento de objetos en un espacio tridimensional.

### **Función Raycast**

La función Raycast en Unity facilita la verificación de colisiones entre un rayo y otros objetos dentro de la escena, registrando los detalles del impacto en una instancia de la variable Raycast Hit cuando ocurre dicha colisión. Existen múltiples variantes de la función Raycast, pertenecientes a diversas clases, las cuales ofrecen distintas modalidades de aplicación. No obstante, un método frecuentemente empleado para la implementación de Raycast es a través de la clase Physics, la cual retorna un valor booleano que indica la ocurrencia o no de una colisión, siendo verdadero si el rayo interseca algún objeto.

### **Realidad Virtual en el Contexto Educativo**

El propósito fundamental del proceso educativo radica en asegurar transformaciones sustanciales mediante la asimilación de información y sabiduría. El logro óptimo de dicho propósito depende de la motivación intrínseca de los individuos involucrados. Según Boruchovitch y Martini (1997):

Destacan la relevancia de la conexión entre la motivación y el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, desafiando la creencia comúnmente difundida de que los desafíos educativos son responsabilidad exclusiva del estudiante. Investigaciones tanto empíricas como teóricas han validado la urgencia de analizar los elementos motivacionales como parte integral para asegurar un aprendizaje efectivo. (p. 54)

En este contexto, la propuesta de integrar realidad virtual en la educación emerge como una herramienta especialmente pertinente, sobre todo en las circunstancias contemporáneas donde las barreras a la distancia se incrementan. No obstante, es esencial considerar al estudiante en el diseño de su experiencia de aprendizaje.

Además, los paradigmas educativos están en constante evolución debido a los avances tecnológicos y a la necesidad de adaptar metodologías que reflejen el entorno local. Un claro ejemplo de este enfoque es la aplicación de técnicas de gamificación en el ámbito educativo. Según Fardo (2013):

La gamificación busca motivar y asistir a las personas en la resolución de problemas mediante la aplicación de estrategias y razonamientos propios del ámbito lúdico. Así, la realidad virtual, al utilizarse como herramienta, tiene el potencial de renovar el modelo educativo introduciendo mejoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en términos de motivación para alumnos y maestros. La inclusión de la gamificación ofrece, además, una vía adicional para responder de manera eficaz a necesidades educativas específicas. (p. 15)

Dentro de los retos que se encuentran en la escuela tradicional es la dificultad para incluir de forma didáctica los conceptos y los modelos de forma adecuada (Pereira & Peruzza, 2002). El uso de la tecnología de realidad virtual brinda la posibilidad de explorar distintos entornos con objetos que son manipulados, procesos y análisis virtuales del objeto de estudio. (Pereira & Peruzza, 2002) Así mismo, señalan que la motivación principal para emplear la realidad virtual en el proceso de aprendizaje radica en su potencial pedagógico, al lograr que la

interacción sea más intuitiva y permitir a los estudiantes utilizar las herramientas de enseñanza de manera más natural.

Aunque se han logrado importantes avances y mejoras en la utilización de la Realidad Virtual (RV), su aplicación también ha generado cuestionamientos y debates en diversos ámbitos educativos. Uno de los problemas evidentes vinculados con la participación estudiantil en entornos virtuales es el acceso limitado a dispositivos tecnológicos o computadoras adecuadas para quienes no cuentan con educación básica disponible.

### ***Ventajas Pedagógicas de la Realidad Virtual***

En la actualidad, el panorama educativo universitario se ve influenciado por una revolución digital que ha introducido tecnologías disruptivas, entre las cuales destaca la realidad virtual. Esta herramienta no solo representa un cambio en la metodología de enseñanza, sino que redefine la experiencia de aprendizaje. Al sumergir a los estudiantes en ambientes virtuales tridimensionales, se logra una integración única de teoría y práctica, proporcionando una comprensión contextual y profunda de los conceptos académicos. Este enfoque va más allá de la simple transmisión de información, fomentando la participación, la autonomía y el autoaprendizaje entre los estudiantes universitarios. La realidad virtual emerge como una pieza clave en la transformación de la educación superior hacia un paradigma más dinámico y personalizado. La realidad virtual se asocia con beneficios pedagógicos, como el aumento del compromiso, la promoción del autoaprendizaje, la facilitación del aprendizaje multisensorial, la mejora de la capacidad espacial, la confianza y la experiencia placentera (Papanastasiou et al., 2019, p.11).

Este enfoque educativo vanguardista no solo impacta positivamente en la calidad del aprendizaje, sino que también promueve habilidades clave para el siglo XXI, como la resolución de problemas, la colaboración y la adaptabilidad. La inmersión en entornos virtuales no solo proporciona una experiencia educativa rica, sino que también prepara a los estudiantes universitarios para enfrentar desafíos del mundo real mediante la aplicación práctica de sus

conocimientos adquiridos. La realidad virtual, as, se erige como un catalizador para el desarrollo integral de habilidades académicas y profesionales, delineando un futuro educativo que trasciende las fronteras

La realidad virtual (RV) ofrece varias ventajas pedagógicas que pueden mejorar significativamente la experiencia de aprendizaje:

**Aprendizaje Experiencial:** Permite a los estudiantes aprender a través de la experiencia práctica, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos y fomenta la aplicación práctica del conocimiento adquirido.

**Motivación:** La RV puede aumentar la motivación de los estudiantes al hacer que el aprendizaje sea más atractivo y emocionante. La capacidad de interactuar con entornos virtuales puede estimular el interés y la participación

**Feedback Instantáneo:** Los entornos virtuales pueden proporcionar retroalimentación inmediata a los estudiantes, permitiéndoles corregir errores y mejorar sus habilidades de manera más eficiente.

En este sentido, la incorporación de la tecnología de realidad virtual en la educación apunta a mejorar el rendimiento de los estudiantes, cambiar hacia una metodología centrada en el estudiante, aumentar la motivación en el aprendizaje y adaptarse fácilmente a diferentes cursos del plan de estudios. (Wagemann y Martínez, 2022, p. 12)

### ***Beneficios en la Retención de Conocimientos y Motivación en la Realidad Virtual***

El compromiso y la motivación forman aspectos fundamentales del contexto. Realidad virtual (RV). Estas tecnologías inmersivas tienen el potencial de revolucionar la forma en que los usuarios interactúan con el material y participan en experiencias educativas y de entretenimiento. Según Banchoff et al. (2020):

Los entornos de realidad virtual y aumentada ofrecen experiencias altamente participativas e inmersivas, con el potencial de enriquecer significativamente la participación del

usuario. Al experimentar situaciones y escenarios de primera mano, los usuarios pueden desarrollar una conexión más profunda y una inversión emocional más fuerte con el contenido. Esta inmersión completa puede inspirar un compromiso más fuerte con el proceso de aprendizaje y exploración, ya que los usuarios se ven a sí mismos como participantes activos en la experiencia. (p. 45)

Teniendo en cuenta a Gonzalez et al. (2019) Con la realidad virtual y la realidad aumentada la adaptación del aprendizaje personalizado alcanza un nivel más avanzado. Estas tecnologías permiten adaptar la experiencia educativa a las necesidades individuales, generando un entorno de aprendizaje inmersivo adaptado al estilo de aprendizaje específico de cada estudiante. Al presentar contenido interactivo y desafiante, los usuarios tienen la oportunidad de explorar conceptos a su propio ritmo, mejorando significativamente su comprensión y motivación. (p. 12)

Actualmente, diversos estudios investigan el uso de la realidad virtual y su impacto en la motivación. Entre ellos, destaca el trabajo de Kim y Hall (2019), que concluye que el disfrute percibido al utilizar la realidad virtual tiene un impacto notable en el aumento de la motivación.

### **Tecnologías y Herramientas Utilizadas**

En el presente proyecto se utilizaron tecnologías y herramientas que nos permiten desarrollar sistemas de realidad virtual

#### ***Unity***

Es un motor de videojuegos que permite crear experiencias interactivas para la creación de videojuegos en 2D y 3D, se utiliza el editor de Unity para ensamblar los assets 3D, programar la lógica del juego con C# y empaquetar el proyecto para diferentes plataformas. Es compatible con SDKs de realidad virtual como OpenXR y SteamVR . Para su instalación se recomienda descargar la versión LTS (Long Term Support) que es la más estable y cuenta con soporte técnico a largo plazo. (Unity, 2024).

XAMPP y MYSQL

La elección brinda simplicidad y eficacia para probar rápidamente cambios en el backend. Al integrar Apache y PHP ofrece un entorno versátil para el desarrollo y prueba de componentes de backend antes de su implementación, asegurando la estabilidad y la seguridad de la plataforma educativa.

MySQL es un sistema gestor de bases de datos relacionales, open source y multiplataforma. Permite almacenar datos estructurados de manera eficiente y realizar consultas complejas.

En este proyecto MySQL se utiliza para almacenar la información sobre los temas presentados en la interfaz de unity, los resultados de las evaluaciones en el entorno de realidad virtual y otros datos necesarios. Los servicios desarrollados con Express acceden a la base de datos MySQL para ejecutar consultas y actualizaciones.

### ***Visual Studio y VS Code***

Dichos IDEs son indispensables dentro del desarrollo, especialmente para la programación de scripts de C# en Unity y en la construcción del backend. Ambas se caracterizan por la complementación con plugins que agilizan la creación de código legible y preciso.

Dentro del proyecto se emplea visual studio para la programación de código de los scripts c# en unity, asegurando la lógica dentro de la interfaz de realidad virtual en donde sea necesario agregar lógica de movimiento colisiones e interacciones. En cuanto a visual studio code se emplea para el desarrollo del backend y la gestión de bases de datos, la herramienta ofrece ligereza y flexibilidad.

### ***ReactJS***

React es una biblioteca de JavaScript para crear interfaces de usuario interactivas. Se basa en componentes reutilizables que renderizan vistas a partir de datos.

Para el proyecto se utiliza React para crear un dashboard que muestra los resultados y progreso de los estudiantes. Los datos se obtienen consumiendo los servicios desarrollados con

Node/Express que a su vez consultan la base de datos. React permite crear una interfaz dinámica y actualizable en tiempo real.

### ***Node.js***

Node.js es un entorno de ejecución de JavaScript del lado del servidor que permite crear aplicaciones web escalables. Utiliza un modelo thuson para manejar múltiples conexiones concurrentes de forma asíncrona y event-driven.

El backend del proyecto está desarrollado íntegramente con Node.js y Express. Esto permite crear un servidor robusto, rápido y asíncrono para atender las peticiones del frontend de Unity y la base de datos. Node permite escribir el backend con JavaScript, lo cual facilita el desarrollo full-stack.

### ***Prisma***

Toolkit elegido como soporte ORM para Node.js debido a su eficiencia en el modelado de bases de datos y la ejecución de consultas SQL. Este enfoque permite desarrollar un backend robusto y escalable que soporta la lgica detrás de las experiencias de aprendizaje personalizado en RV, gestionando de manera eficaz los datos de progreso y personalización de cada estudiante.

### ***Express.js***

Express es un framework de Node.js que permite crear servicios web y APIs de backend de forma rápida y sencilla. Proporciona funcionalidades para gestionar rutas, requests, respuestas, middlewares, enrutamiento, entre otros.

Para este proyecto se utiliza Express para desarrollar los servicios REST que alimentan la aplicación de realidad virtual desarrollada en Unity. Estos servicios exponen endpoints que son consumidos desde el frontend para guardar y obtener datos de la base de datos, como por ejemplo resultados de evaluaciones o progreso del estudiante.



**Mixamo**

Es un servicio en línea proporcionado por Adobe, se destaca por su biblioteca extensa de personajes 3D y animaciones, permitiendo a los usuarios seleccionar, personalizar y combinar estas animaciones sin la necesidad de conocimientos avanzados en animación 3D.

Dentro del proyecto la inclusión del personaje animado como profesor en el entorno de RV ofrece una dimensión pedagógica y relacional adicional al aprendizaje, buscando crear una experiencia más inmersiva, interactiva y personal para los estudiantes.

**OpenXR**

Este estándar abierto para realidad virtual y aumentada es esencial en el proyecto, ya que permite la interoperabilidad entre diversos dispositivos de RV, asegurando que el sistema sea accesible y eficiente en una amplia gama de hardware. Al utilizar OpenXR a través del SDK de Unity, garantizamos la compatibilidad multiplataforma, lo que significa que los estudiantes pueden acceder a nuestras soluciones educativas sin importar el dispositivo específico de RV que posean, eliminando las barreras técnicas para el aprendizaje.

**HTC VIVE Cosmos Elite VR**

El HTC Vive Cosmos Elite es un headset de realidad virtual de gama alta desarrollado por HTC. Utiliza tecnología de seguimiento externo para un mayor rango de movimiento y precisión, algunas características clave:

- Resolución combinada de 2880 x 1700 píxeles (1440 x 1700 por ojo)
- Tasa de refresco de 90 Hz
- Tracking externo mediante estaciones base SteamVR 2.0
- Campo de visión de 110 grados
- Controles de movimiento Vive con seguimiento externo
- Conectividad mediante cable USB 3.0 y DisplayPort

El tracking externo del Vive Cosmos Elite permite un alto grado de precisión en los movimientos y un amplio rango de desplazamiento, ideales para aplicaciones de RV. La alta resolución y tasa de refresco brindan imágenes nítidas y experiencias inmersivas.

Su uso específico en el contexto del sistema educativo en realidad virtual implica la incorporación del entorno completo, con su alta resolución y seguimiento preciso, reproduce el entorno virtual y al personaje animado con gran fidelidad, así como las pizarras interactivas para que el usuario interactúe con los temas de aprendizaje, y recibir la retroalimentación visual. Esto permite una interacción natural y fluida con el personaje animado, mejorando la inmersión y la participación del estudiante en el proceso de aprendizaje.

### **Figura 3**

*HTC Vive Cosmos Elite*



*Nota.* La figura representa las gafas utilizadas para el desarrollo del proyecto. Tomado de HTC vive (2024).

## Capítulo III

### Implementación del Sistema

En este capítulo se detallan los pasos realizados para desarrollar el sistema propuesto, un entorno de realidad virtual para la enseñanza de matemáticas a estudiantes de décimo año

#### Metodología

En el desarrollo de productos software es importante elegir una metodología de trabajo para organizar al equipo, establecer un flujo de trabajo eficiente y establecer plazos y metas realistas.

Las metodologías ágiles de desarrollo de software priorizan la colaboración, la adaptación al cambio y la entrega rápida de valor para el cliente. En contraste con enfoques tradicionales, se enfocan más en los individuos, sus interacciones y su organización, que en procesos y herramientas rígidos.

Dentro de las metodologías ágiles, Scrum proporciona un marco de trabajo efectivo para gestionar proyectos complejos. Se basa en un enfoque iterativo e incremental, con entregas frecuentes de productos completamente funcionales. En esta metodología existen cuatro eventos a seguir en cada una de las entregas o sprints: reunión de planificación del sprint, scrum diario o daily meeting, revisión del sprint y retrospectiva del sprint.

Además, existen roles definidos para cada integrante del equipo: el scrum master, que es el líder; el product owner, que trasmite al equipo la visión del producto; el equipo de desarrollo, que son los encargados de sacar el producto; stakeholder, que son los gerentes y directores, externos al grupo; y los usuarios o destinatarios finales, también externos al grupo.

En este proyecto se definen tres roles principales, en la Tabla 1 se observan los roles, personas y funciones específicas, que se asignaron de acuerdo con las habilidades de cada miembro.

**Tabla 1***Roles Scrum*

<b>Rol</b>	<b>Integrantes</b>	<b>Funcion</b>
<b>Product Owner</b>	Ing. Norma del Pilar Barreno Layedra	Representa la voz del cliente. Define los requisitos, prioriza el backlog, especifica los criterios de aceptación y valida que se entregue valor de negocio.
<b>Scrum Master</b>	Ing. Rolando Marcelo Álvarez Veintimilla	Lidera al equipo facilitando la colaboración, eliminando obstáculos, fomentando mejora continua y asegurando el cumplimiento de los procesos ágiles.
<b>Equipo de Desarrollo</b>	Anghelo Gabriel Borja Rojas Abraham Isaac Yance Martillo	Responsables de ejecutar todas las etapas técnicas del ciclo de vida del software, desde el análisis hasta las pruebas y despliegue, siguiendo estándares de calidad.

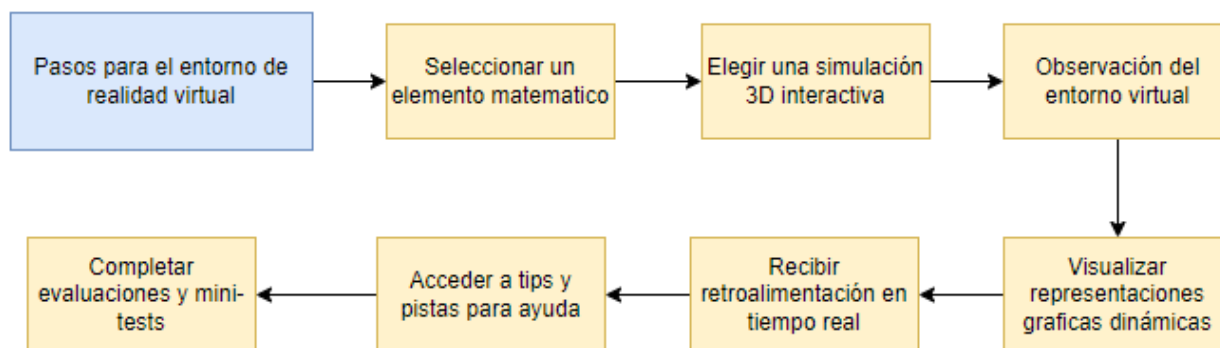
*Nota.* La tabla anterior ilustra la conformación del equipo bajo los roles definidos en Scrum, una metodología ágil centrada en entregar valor al cliente de manera iterativa.

## Análisis de Requisitos

Para definir los requisitos del sistema de realidad virtual educativo, se realizó un proceso de investigación considerando reuniones con expertos en educación matemática, análisis de material educativo actual, determinando enfocarse en los conceptos clave de funciones, trigonometría y geometría de décimo año básico. La realidad virtual permite representar estos conceptos abstractos mediante simulaciones inmersivas, donde los estudiantes pueden interactuar manipulando objetos 3D, modificando parámetros, visualizando gráficas dinámicas y recibiendo feedback en tiempo real, cumpliendo así con requisitos funcionales de alto valor pedagógico. En la Tabla 2 la lista de pasos a seguir según el manual de entrenamiento militar.

### Figura 4

*Diagrama de pasos de realidad virtual*



*Nota.* El presente diagrama contiene los pasos a seguir en el entorno de realidad virtual para el aprendizaje de matemáticas.

### Tabla 2

*Historias de Usuario*

ID	Rol	Característica/Funcionalidad	Resultado
HU001	Estudiante	Quiere seleccionar un tema matemático	Puede elegir entre los temas que se presentan en la interfaz

ID	Rol	Característica/Funcionalidad	Resultado
HU002	Estudiante	Quiere interactuar con una simulación virtual	Puede visualizar objetos parametrizados relacionados al tema
HU003	Estudiante	Quiere ver representaciones gráficas de los temas	Puede visualizar gráficas que se adaptan al tema en tiempo real
HU004	Estudiante	Quiere recibir retroalimentación	Ve mensajes emergentes que refuerzan conceptos
HU005	Estudiante	Quiere acceder a ayuda adicional	Puede ver tips y pistas para aclarar dudas
HU006	Estudiante	Quiere evaluar sus conocimientos	Puede completar tests cortos que entregan resultados

*Nota.* Esta tabla contiene las historias de usuario creadas para la organización del proyecto.

### **Análisis y Desarrollo del Sistema**

Según las necesidades identificadas y descritas en las historias de usuario, el desarrollo de este proyecto seguirá un enfoque ágil basado en Scrum. Esta metodología permite entregar valor de manera incremental mediante iteraciones acotadas denominadas sprints.

En cada sprint se seleccionarán los elementos prioritarios del backlog en base a su valor para el usuario final. El equipo auto-organizado trabajará en ciclos de desarrollo cortos, del orden de 2 a 4 semanas, al final de los cuales se obtiene un incremento de producto completamente funcional que se puede entregar.

De esta manera, los requisitos se convierten en funcionalidad en tiempos acotados, permitiendo recibir feedback temprano y regularmente, adaptándose a cambios. El enfoque

iterativo e incremental de Scrum facilita el control de actividades y permite maximizar el valor entregado al usuario en cada sprint.

### **Análisis del Sistema**

Utilizando las historias de usuario (ver Tabla 4) se realiza el product backlog del proyecto con la estimación en días, fecha de inicio y fin del sprint, especificado en la tabla 5.

**Tabla 3**

#### *Product Backlog*

<b>N Sprint</b>	<b>Nombre del Sprint</b>	<b>Historias de Usuario</b>	<b>Estimación (días)</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Fin</b>
<b>01</b>	Creación del menú principal y entorno virtual	HU001	10	13/11/2023	24/03/2023
<b>02</b>	Definición de la arquitectura, creación de la base de datos, microservicios y dashboard administrativo	HU002, HU003, HU004	10	27/03/2023	8/12/2023
<b>03</b>	Presentación de temas y visualización	HU003, HU004, HU005, HU006	10	11/12/2023	12/01/2024

*Nota.* La tabla anterior muestra la planificación de sprints realizada en base a la priorización de las historias de usuario que describen las necesidades del usuario final.

## Casos de Uso

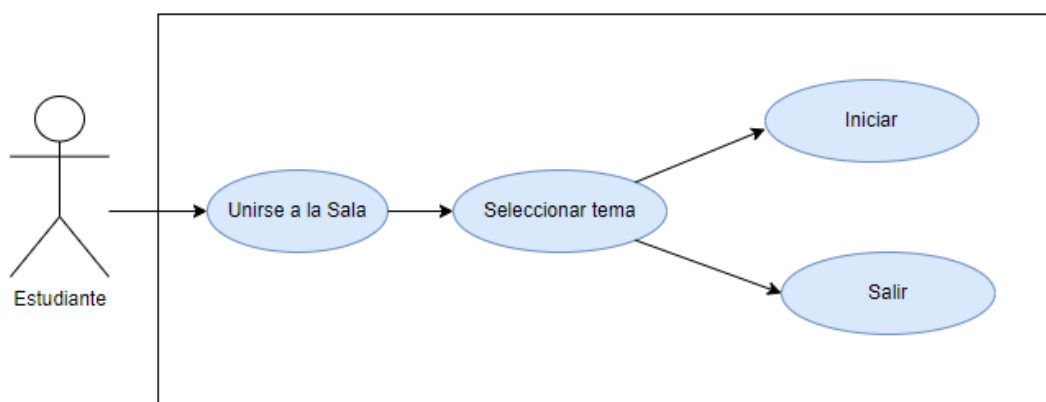
En esta sección se detalla el comportamiento entre el sistema y los actores al momento de usar el sistema de realidad virtual.

En la Figura 10 se observan las acciones que puede realizar el estudiante.

Mientras que en la Figura 11 se detallan las actividades que el estudiante debe realizar para poder aprender matemática.

### Figura 5

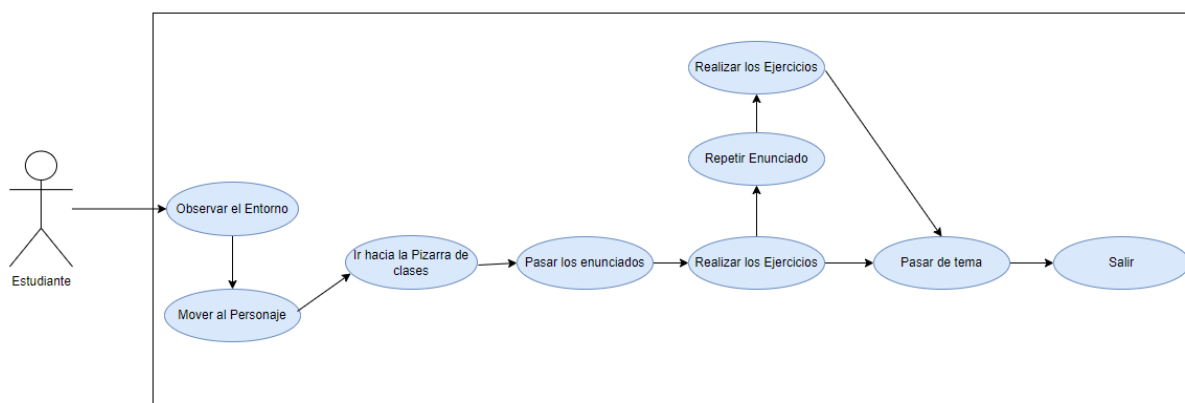
*Diagrama de caso de uso del menú principal del sistema*



*Nota.* esta figura indica los pasos que debe realizar el usuario en el Menú Principal.

### Figura 6

*Diagrama de caso de uso del aprendizaje de matemática*



*Nota.* Esta figura indica los pasos a seguir dentro del entorno virtual de aprendizaje.



## Especificación de Casos de Uso

**Tabla 4**

*Caso de uso 1*

<b>CU-1</b>	<b>Seleccionar Tema</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante seleccionar el tema matemático a reforzar entre funciones, trigonometría y geometría.
<b>Precondición:</b>	El entorno de realidad virtual debe estar cargado.
<b>Secuencia Normal:</b>	<p>Paso Acción</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Iniciar el entorno de RV.</li> <li>2. Apuntar con el raycast al menú de selección de temas.</li> <li>3. Presionar el botón de selección sobre el tema deseado.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Se desplegará la simulación 3D interactiva del tema seleccionado.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 1.

**Tabla 5***Caso de uso 2*

<b>CU-2</b>	<b>Interactuar con la simulación</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante manipular objetos 3D paramétricos dentro de la simulación del tema seleccionado.
<b>Precondición:</b>	Debe haberse seleccionado previamente un tema matemático.
<b>Secuencia Normal:</b>	<p>Paso Acción</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Iniciar la simulación 3D.</li> <li>2. Apuntar con el raycast a un objeto interactivo.</li> <li>3. Presionar el botón de interacción sobre el objeto.</li> <li>4. Arrastrar o rotar el objeto para modificar valores.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El estudiante interactuó con un objeto 3D paramétrico dentro de la simulación.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 2.

**Tabla 6***Caso de uso 3*

<b>CU-3</b>	<b>Visualizar representación gráfica</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante observar representaciones gráficas dinámicas vinculadas a los objetos 3D.
<b>Precondición:</b>	El estudiante debe haber iniciado una simulación interactiva.
<b>Secuencia Normal:</b>	<p>Paso Acción</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Iniciar una simulación de un tema.</li> <li>2. Manipular un objeto 3D en la escena.</li> <li>3. Observar la representación gráfica asociada.</li> <li>4. Ver cambios en la gráfica en tiempo real al modificar el objeto.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El estudiante visualizó una representación gráfica vinculada a la simulación.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 3.

**Tabla 7***Caso de uso 4*

<b>CU-4</b>	<b>Recibir retroalimentación</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al sistema proveer refuerzos pedagógicos al estudiante durante la simulación.
<b>Precondición:</b>	El estudiante debe haber iniciado una simulación interactiva.
<b>Secuencia Normal:</b>	<p>Paso Acción</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiante interactúa con un objeto 3D.</li> <li>2. El sistema detecta un concepto relevante.</li> <li>3. Se despliega un mensaje emergente de refuerzo.</li> <li>4. El estudiante lee el mensaje.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El estudiante recibió retroalimentación pedagógica durante la simulación.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 4.

**Tabla 8***Caso de uso 5*

<b>CU-5</b>	<b>Recibir retroalimentación</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante acceder en cualquier momento a instrucciones y tips para guiar el aprendizaje.
<b>Precondición:</b>	Ninguna.
<b>Secuencia Normal:</b>	Paso Acción <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiante selecciona opción de Ayuda durante la simulación.</li> <li>2. Se despliega una ventana con instrucciones y tips relevantes.</li> <li>3. El estudiante lee la información provista.</li> <li>4. Cierra la ventana de Ayuda.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El estudiante recibió retroalimentación pedagógica durante la simulación.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 5.

**Tabla 9***Caso de uso 6*

<b>CU-6</b>	<b>Completar evaluación</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante completar tests cortos para validar sus conocimientos.
<b>Precondición:</b>	Ninguna.
<b>Secuencia Normal:</b>	Paso Acción <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiante selecciona opción de Evaluación.</li> <li>2. Se despliega una interfaz con preguntas tipo test.</li> <li>3. El estudiante selecciona respuestas.</li> <li>4. Se muestran resultados de aciertos/fallos.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El estudiante completó una evaluación sumativa de los conocimientos.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 6.

**Tabla 10***Caso de uso 7*

<b>CU-7</b>	<b>Ver progreso</b>
<b>Autores</b>	Abraham Yance, Anghelo Borja
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante acceder a estadísticas de su avance en los diferentes temas y conceptos.
<b>Precondición:</b>	Ninguna.
<b>Secuencia Normal:</b>	Paso Acción <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiante selecciona opción de Progreso.</li> <li>2. Se muestra un dashboard con métricas de avance.</li> <li>3. El estudiante observa las estadísticas.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El estudiante visualizó su progreso en el entorno educativo.
<b>Prioridad:</b>	Media.

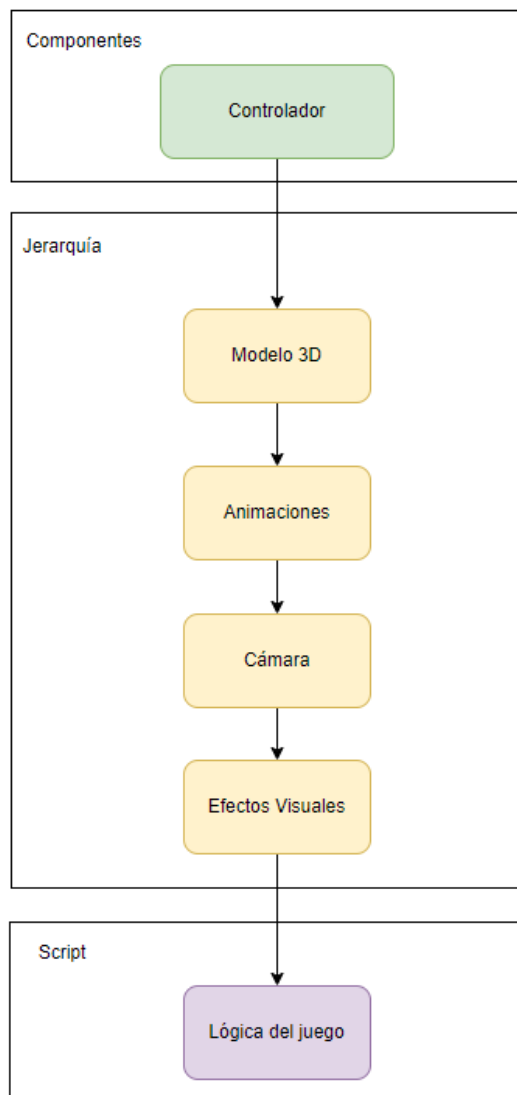
*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 7.

**Tabla 11***Caso de uso 8*

<b>CU-8</b>	<b>Escoger siguiente tema</b>
<b>Autores</b>	Anghelo Borja, Abraham Yance
<b>Descripción</b>	Permite al estudiante escoger otro tema para seguir estudiando
<b>Precondición:</b>	El estudiante debe haber realizado previamente otro tema.
<b>Secuencia Normal:</b>	Paso Acción <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiante selecciona opción para escoger otro tema.</li> <li>2. Se vuelve a cargar la simulación virtual inicial para escoger el tema.</li> <li>3. Entra a la clase del siguiente tema.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	La simulación continua para que el estudiante pueda ir al siguiente tema.
<b>Prioridad:</b>	Alta.

*Nota.* Esta tabla contiene la descripción del caso de uso número 8.



**Figura 7***Diagrama de virtualización de un modelo 3D*

*Nota.* La figura representa la virtualización de un modelo de videojuego en 3D.

## Interrelación de Componentes

Un diagrama de interrelación de componentes en Unity se trata de una gráfica que representa la conexión e interacción que existe entre los distintos elementos que la componen, ayudando a comprender el flujo de comunicación que existe en el entorno del proyecto. t

En la Figura 8, el diagrama muestra una estructura de un proyecto de realidad virtual (RV) en Unity, dividido en varias secciones que ilustran la interacción entre el usuario, el entorno virtual y el hardware. En la parte superior izquierda, 'Unity' actúa como el eje central del proyecto, donde 'Usuario' interactúa directamente con 'Entorno Virtual' y 'UI' (interfaz de usuario).

Dentro de Unity, hay un 'GameObject' llamado 'Docente', que es un personaje que actúa como un agente virtual, y 'Modelos 3D' que hacen referencia a los objetos con el cuál se construye el entorno del aula virtual, formando parte de la interfaz del usuario para mostrar información y opciones al usuario.

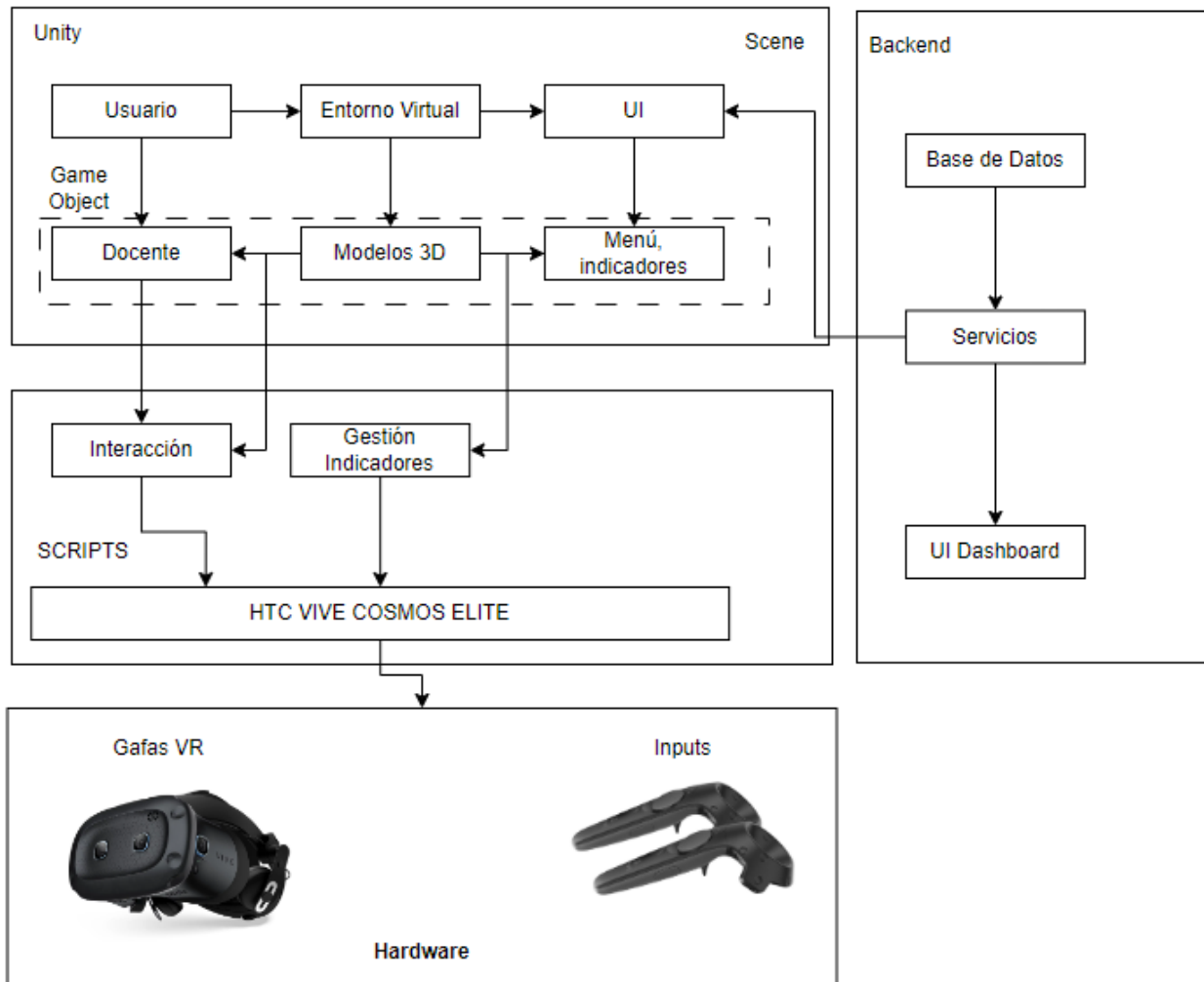
En cuanto a los sripts, hace referencia a la 'Interacción' y 'Gestión Indicadores', lo cual representa el manejo de la lógica de interacciones dentro del entorno virtual y el seguimiento o actualización de ciertos indicadores o métricas dentro del juego.

En la parte inferior, el 'HTC VIVE COSMOS ELITE' está conectado a los scripts, lo que indica que este dispositivo de RV es utilizado para las interacciones en el entorno virtual.

En la parte superior derecha del diagrama, el 'Backend' consiste en una 'Base de Datos' y 'Servicios', lo que implica que hay una arquitectura de servidor que gestiona los datos y ofrece servicios para el almacenamiento y recuperación de datos. También hay una 'UI Dashboard', que es una interfaz de usuario administrativa para el manejo de los datos y servicios del backend.

**Figura 8**

*Diagrama de Relación de Componentes*



*Nota.* La figura representa el diagrama de relación de componentes.

## Organización por Sprints

### ***Sprint 01: Creación del menú principal y selección de temas***

Este sprint contempla el desarrollo del menú principal que permitirá al estudiante seleccionar entre los diferentes temas matemáticos a aprender (HU001).

La interfaz mostrará las opciones de Funciones, Trigonometría y Geometría, cada una con una breve descripción y elemento gráfico identificativo. Al seleccionar una opción se desplegará el entorno de realidad virtual correspondiente.

### **Planificación**

**Tabla 12**

*Planificación del Sprint 01*

<b>N</b>	<b>Tareas</b>	<b>Historia de Usuario</b>	<b>Responsable</b>	<b>Estimación</b>
1	Creación del proyecto Unity con configuración inicial	HU001	Anghelo Borja	3h
2	Diseño de prototipos de los prefabs del entorno virtual	HU001	Anghelo Borja	2h
3	Desarrollo del agente docente en modelo 3D	HU001	Anghelo Borja	3h
4	Configuración de los Scripts para conectar el hardware de HTC Vive Cosmos Elite	HU001	Anghelo Borja	2h

*Nota.* Esta tabla contiene información sobre la planificación del sprint 01.

### **Desarrollo**

**Tarea 1:** Creación del proyecto en Unity con las configuraciones

Unity es el motor de desarrollo más popular para crear experiencias de realidad virtual y aumentada, adoptado en el 60% de los contenidos en estas tecnologías. Unity ofrece soporte

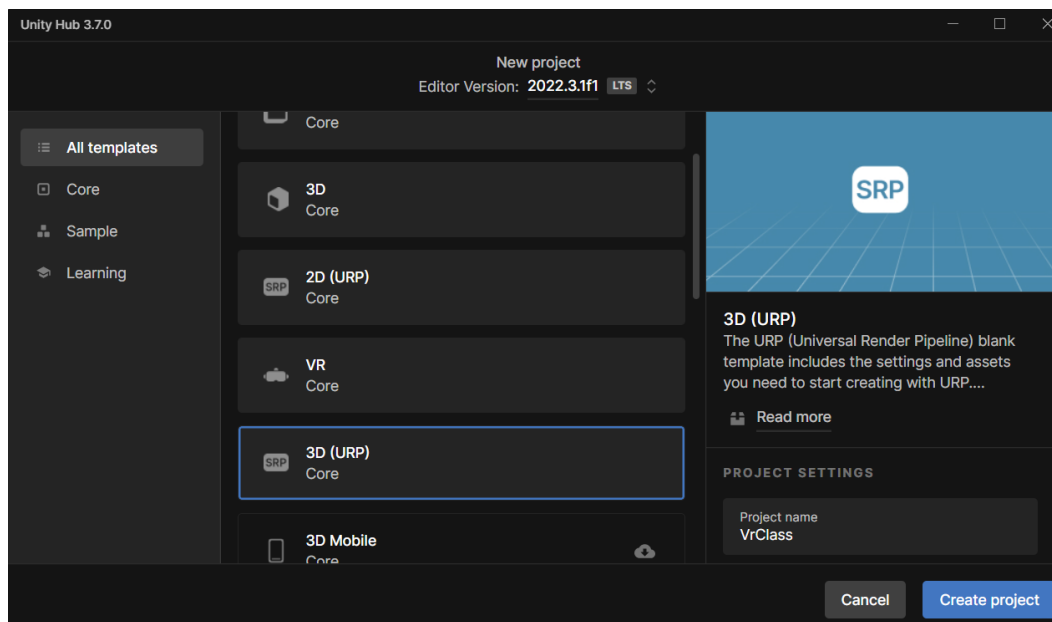
multiplataforma y una amplia gama de herramientas para construir mundos digitales interactivos e inmersivos.

Como primera tarea en este proyecto, se procederá a crear dentro de Unity un nuevo proyecto 3D configurado con el render pipeline universal (URP). Este formato está optimizado para aplicaciones de RV, permitiendo alcanzar altos niveles de rendimiento en varios dispositivos.

La creación de este proyecto base sentará las bases técnicas sobre las cuales se construirá luego toda la funcionalidad del entorno de aprendizaje de matemáticas mediante realidad virtual. El uso de URP facilitará el flujo de trabajo para crear experiencias visualmente atractivas e interactivas.

## Figura 9

### Configuración de Unity



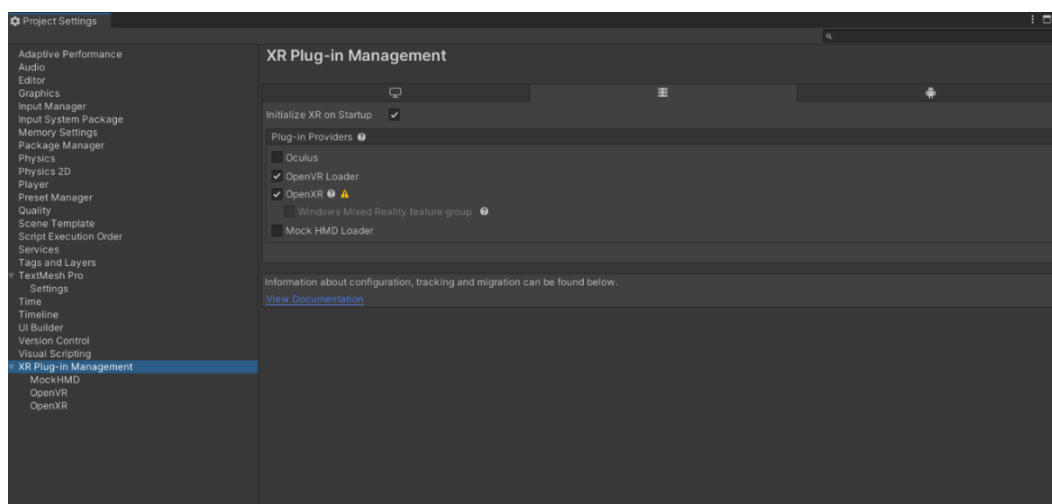
*Nota.* Esta figura representa el menú de creación de proyectos en Unity Hub.

Una vez creado el proyecto, procedemos a configurar en Project Settings el XR Plug-in Management para activar las opciones de realidad virtual y poder usar el HTC Vive Cosmos Elite. Esto es esencial para asegurar la compatibilidad con los dispositivos de realidad virtual

que utilizamos en este proyecto. La razón por la que se eligió el HTC Vive Cosmos Elite es porque proporciona un SDK para crear experiencias de realidad virtual, con características importantes como el seguimiento de movimiento, renderización estereoscópica e interacción del usuario mediante los controladores.

## Figura 10

### Configuración XR

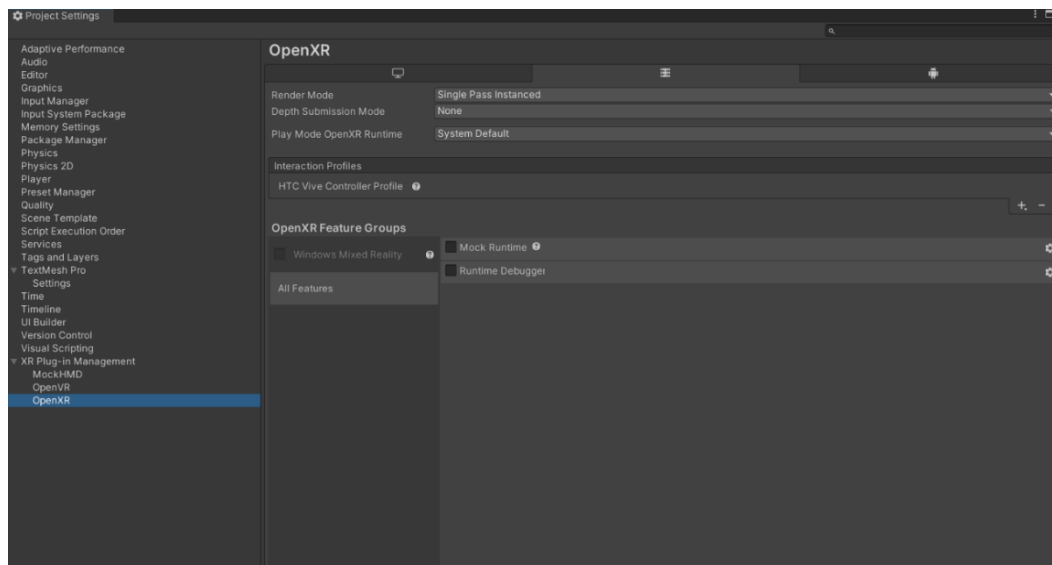


*Nota.* Esta figura representa la configuración de XR Plug-in Management dentro del proyecto.

Una vez agregados los controladores correspondientes de OpenVR Loader y el controlado OpenXR procedemos a agregar nuestro dispositivo de uso en este caso es el controlador de HTC Vive Controller Profile para poder tener las configuraciones

## Figura 11

### Configuración HTC Vive

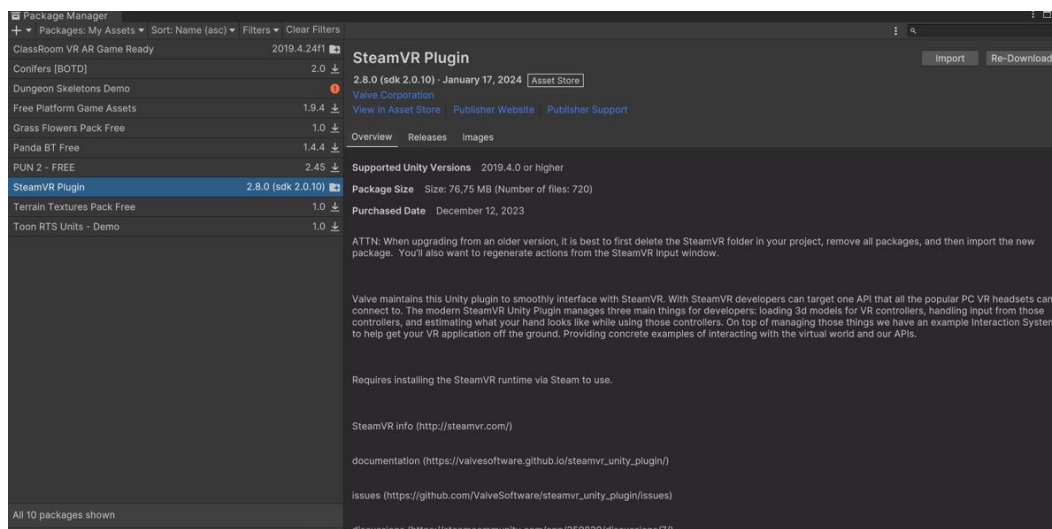


*Nota.* Esta figura representa la agregación de HTC Vive Controller Profile dentro del proyecto.

Para habilitar las funcionalidades de realidad virtual en Unity, es necesario instalar el plugin de SteamVR. Este plugin, desarrollado por Valve, permite integrar fácilmente el SDK de SteamVR en los proyectos de Unity.

Al agregar el plugin, Unity obtiene acceso a las características clave de SteamVR como el tracking de posición y orientación, representación estereoscópica, input de usuario a través de controles y más. El plugin maneja la configuración e inicialización del SDK de SteamVR, por lo que el desarrollador puede enfocarse en crear la experiencia de realidad virtual.

Una ventaja importante es que el plugin de SteamVR es compatible con una amplia variedad de headsets de RV como HTC Vive, Oculus Rift, Windows MR. Esto permite crear juegos y aplicaciones multiplataforma más fácilmente. En resumen, el plugin de SteamVR es esencial para desarrollar contenido de realidad virtual de alta calidad en Unity destinado a PC y headsets de RV populares.

**Figura 12****Steam Vr Plugin**

*Nota.* Esta figura representa la importación de SteamVr Plugin dentro del proyecto.

**Tarea 2:** Diseño de prototipos de los prefabs del entorno virtual

Para el diseño del entorno virtual, se utilizó Blender para modelar los assets que conformarían el aula de clases. Se crearon meshes 3D para los elementos principales como las paredes, piso, techo, pizarra, escritorio y sillas.

Se aplicaron texturas y materiales apropiados para lograr una apariencia realista. También se agregaron detalles como cuadros, lámparas y ventanas para aumentar el nivel de inmersión.

Una vez finalizados los modelos 3D en Blender, estos fueron exportados en formato FBX para importarlos a Unity. Allí, cada modelo individual se convirtió en un prefab para facilitar la edición e instanciación.

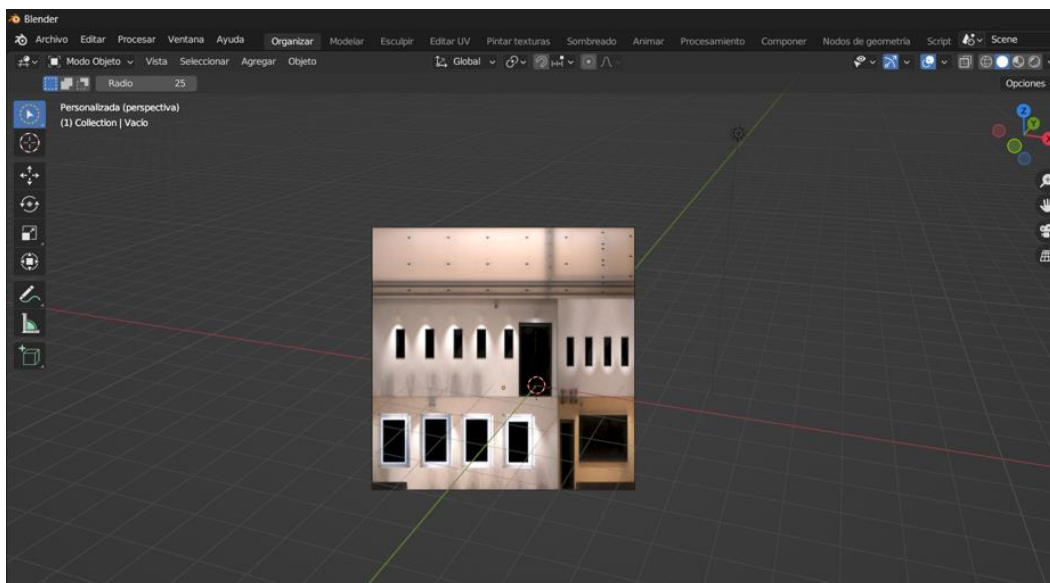
Los prefabs del aula de clases incluyen: paredes, piso, techo, pizarra, escritorio, silla estudiante, silla profesor, ventanas, cuadros, lámparas. Estos prefabs permiten ensamblar rápidamente un prototipo del aula virtual colocándolos en la escena de Unity.



El uso de prefabs asegura que las modificaciones se repliquen en todas sus instancias. Así se logra un flujo de trabajo más eficiente para iterar en el diseño del entorno virtual educativo.

### Figura 13

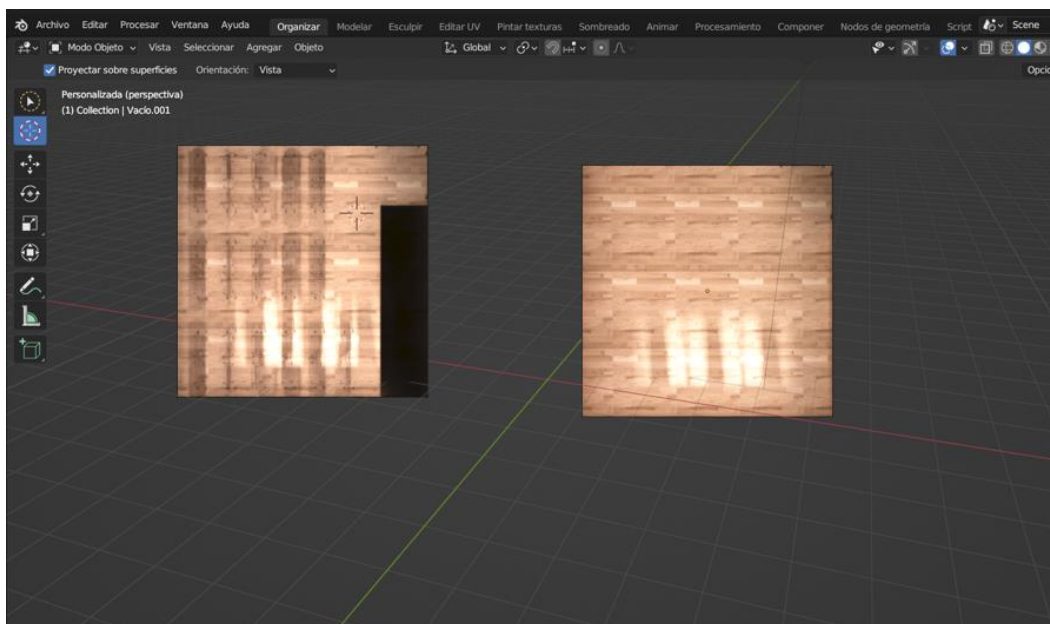
#### *Prefab Pared*



*Nota.* Esta figura representa la creación del prefab de las paredes del aula virtual.

## Figura 14

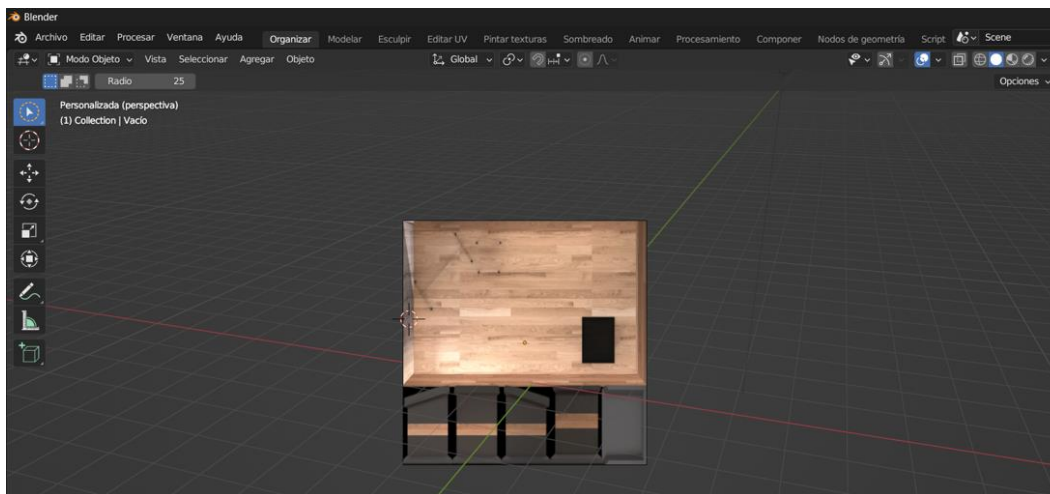
### *Prefab Suelo*



*Nota.* Esta figura representa la creación del prefab del suelo del aula virtual.

## Figura 15

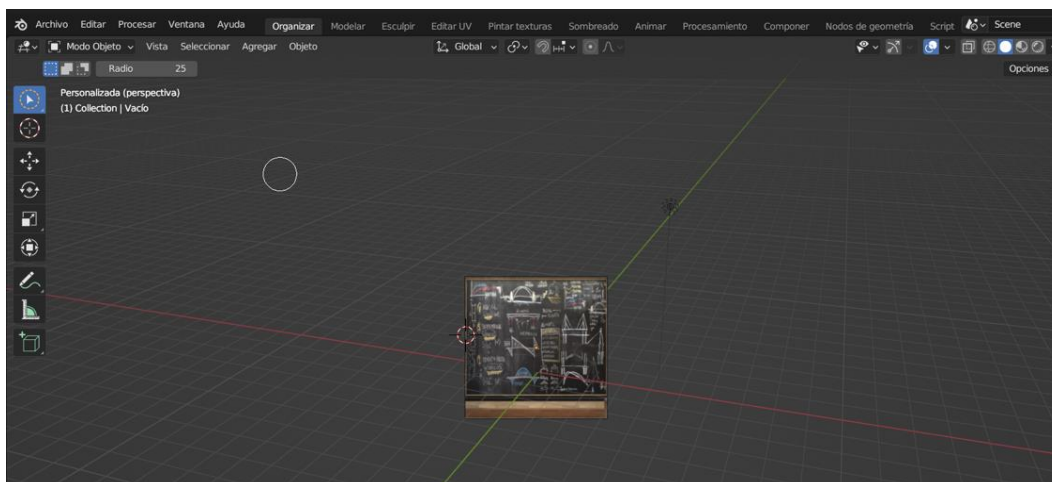
### *Prefab Techo*



*Nota.* Esta figura representa la creación del prefab del techo del aula virtual.

## Figura 16

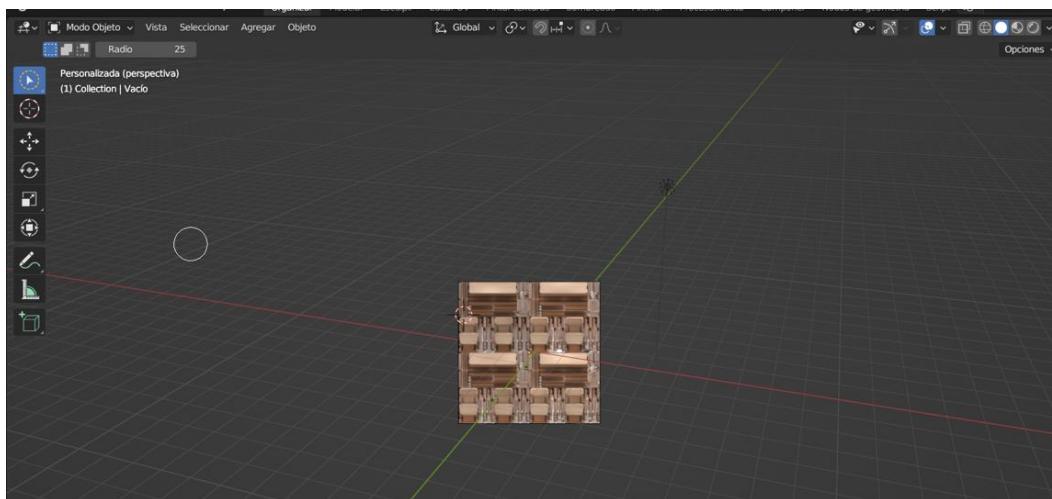
### *Prefab Pizarra*



*Nota.* Esta figura representa la creación del prefab de la pizarra del aula virtual.

## Figura 17

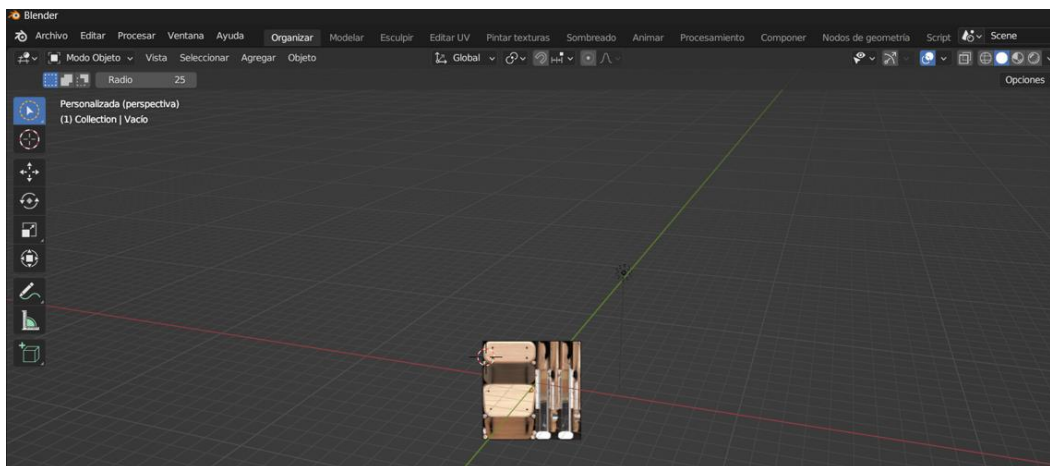
### *Prefab Escritorio*



*Nota.* Esta figura representa la creación del prefab de los escritorios del aula virtual.

## Figura 18

### *Prefab Silla*



*Nota.* Esta figura representa la creación del prefab de las sillas del aula virtual.

### **Tarea 3:** Desarrollo del agente docente en modelo 3D

Para tener un personaje 3D que represente al docente dentro del entorno de realidad virtual, se utilizó Mixamo para obtener tanto el modelo como las animaciones.

En Mixamo se seleccionó un modelo 3D de persona con una apariencia apropiada para el rol de profesor. Luego se aplicó una animación idle (reposo) al personaje para darle vida al modelo.

El modelo 3D animado se exportó desde Mixamo en formato FBX. Luego en Unity, se creó un prefab para ese personaje, arrastrando el archivo FBX a la escena.

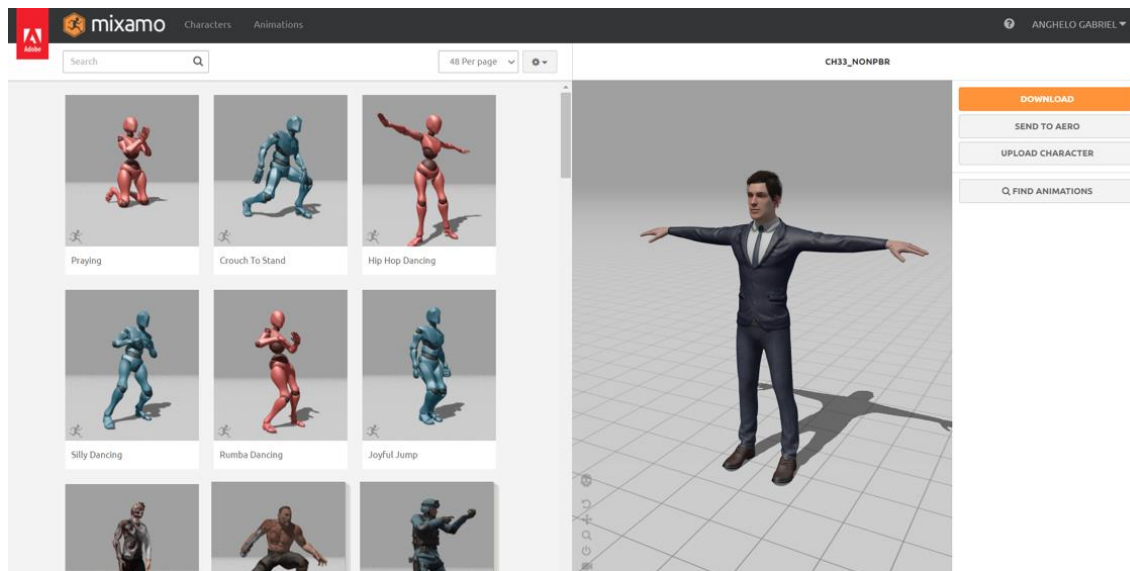
Se configuró el prefab con un componente Animator para controlar la reproducción de la animación idle obtenida desde Mixamo.

De esta manera, se logró agregar rápidamente un personaje 3D profesional con un conjunto de animaciones, sin necesidad de modelar o animar manualmente. Esto acelera el proceso de desarrollo y permite poblar el entorno virtual educativo con personajes realistas.

El personaje del docente virtual podrá ser instanciado en múltiples escenas para enseñar diferentes lecciones a los estudiantes, gracias al uso de un prefab reusable.

Figura 19

Personaje 3D

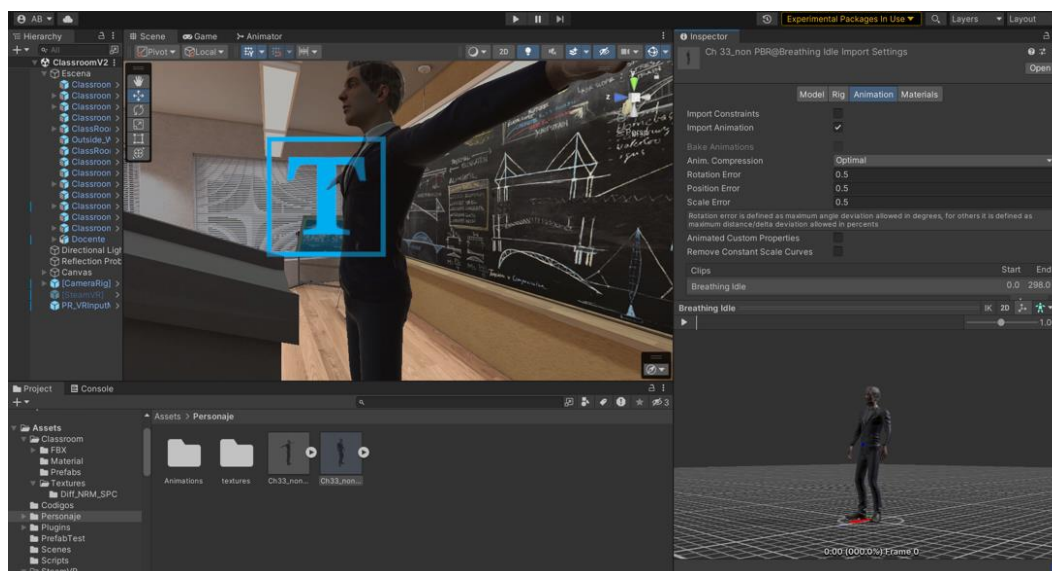


Nota. Esta figura representa la importación del personaje 3D de mixamo.

Agregamos el personaje dentro de nuestro proyecto e importamos las animaciones correspondientes de idle para poder ver animado a nuestro personaje 3D

Figura 20

Personaje 3D visualización

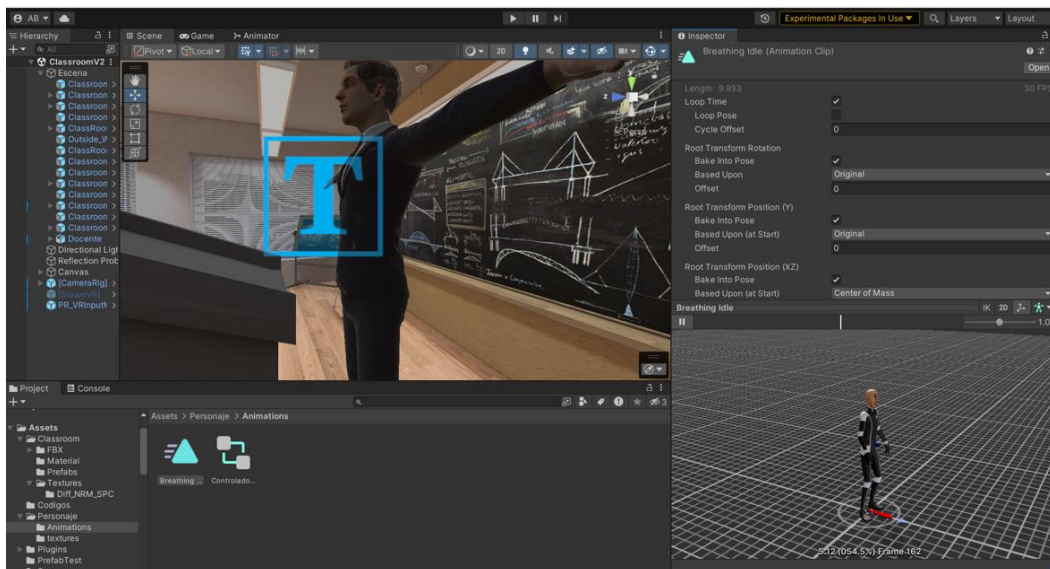




*Nota.* Esta figura representa la visualización del personaje 3D dentro del proyecto.

**Figura 21**

*Animación Personaje 3D*



*Nota.* Esta figura representa la visualización del personaje 3D junto con su animación dentro del proyecto.

#### **Tarea 4:** Configuración de los Scripts para conectar el hardware de HTC Vive Cosmos Elite

Se añadió el componente `SteamVR_Behaviour` a los objetos que se desean sean interactivos en la escena. Este componente permite asignar acciones a los botones y joysticks del controlador.

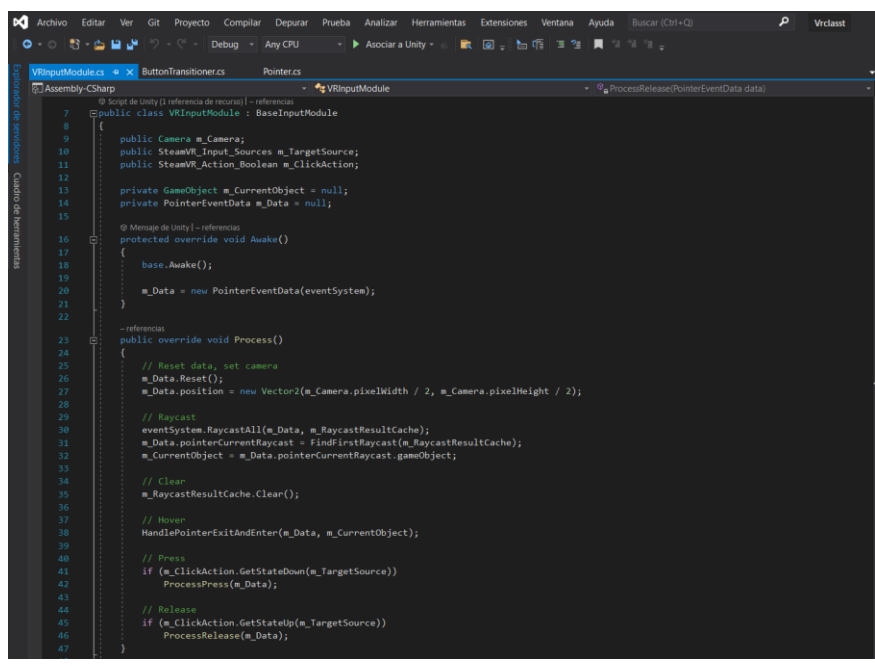
Por ejemplo, para la interacción de los elementos de la interfaz gráfica con la mano virtual, se asignó el botón de agarre al evento de tomar (grab) los objetos. El joystick se asignó para mover la mano virtual.

De esta manera, gracias a SteamVR y la asignación de eventos a controles, se pudo conectar los controladores del HTC Vive Cosmos Elite para que los usuarios interactúen de forma natural con ambas manos en el entorno de realidad virtual educativo.

Los scripts customizados permiten adaptar los controles y físicas a cada objeto, logrando una experiencia de interacción realista e inmersiva.

Figura 22

Configuración Grab

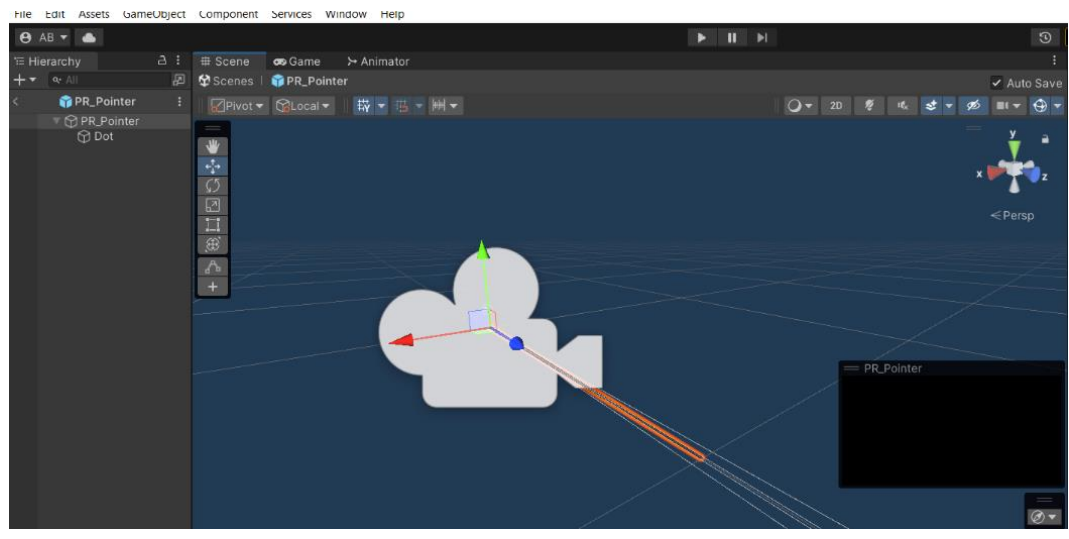


```
7 public class VRInputModule : BaseInputModule
8 {
9     public Camera m_Camera;
10    public SteamVR_Input_Sources m_TargetSource;
11    public SteamVR_Action_Boolean m_ClickAction;
12
13    private GameObject m_CurrentObject = null;
14    private PointerEventData m_Data = null;
15
16    @ Message de Unity | -referencia
17    protected override void Awake()
18    {
19        base.Awake();
20        m_Data = new PointerEventData(eventSystem);
21    }
22
23    -referencia
24    public override void Process()
25    {
26        // Reset data, set camera
27        m_Data.Reset();
28        m_Data.position = new Vector2(m_Camera.pixelWidth / 2, m_Camera.pixelHeight / 2);
29
30        // Raycast
31        eventSystem.RaycastAll(m_Data, m_RaycastResultCache);
32        m_Data.pointerCurrentRaycast = FindFirstRaycast(m_RaycastResultCache);
33        m_CurrentObject = m_Data.pointerCurrentRaycast.gameObject;
34
35        // Clean
36        m_RaycastResultCache.Clear();
37
38        // Hover
39        HandlePointerExitAndEnter(m_Data, m_CurrentObject);
40
41        // Press
42        if (m_ClickAction.GetStateDown(m_TargetSource))
43            ProcessPress(m_Data);
44
45        // Release
46        if (m_ClickAction.GetStateUp(m_TargetSource))
47            ProcessRelease(m_Data);
48    }
49 }
```

Nota. La figura representa el código elaborado en C# para el uso del grab dentro del entorno virtual.

Figura 23

Configuración Pointer



Nota. La figura representa el Prefab del pointer que aparecerá en el entorno virtual

## **Resultados**

Al finalizar el sprint 01 se completó el desarrollo de las historias de usuario HU001 y HU002 correspondientes a la creación del proyecto, diseño de prototipos de los Prefabs del entorno virtual, Desarrollo del agente docente en modelo 3D y la configuración de los Scripts para el hardware de HTC Vive Cosmos Elite.

Como se puede observar en las figuras 6 a la 20, se cumplió con el objetivo del sprint en el tiempo determinado.

### ***Sprint 02: Definición de la arquitectura, creación de la base de datos, microservicios y dashboard administrativo***

Para la implementación del sistema de realidad virtual, se definió una arquitectura modular basada en microservicios. Esto permitirá escalar cada módulo de forma independiente.

Luego se diseñó la base de datos relacional MySQL que almacenará los datos de usuarios, cursos, lecciones y recursos educativos. Se utilizaron técnicas de normalización para optimizar el modelo entidad-relación.

A continuación, se construyeron los microservicios principales: autenticación, gestión de usuarios, gestión de temas con sus explicaciones y ejercicios. Cada microservicio se desarrolló de forma independiente usando Node.js y se implementaron APIs RESTful para la comunicación.

Por último, se creó un dashboard administrativo usando React.js para las interfaces de usuario. Desde el dashboard los administradores pueden gestionar fácilmente los usuarios, temas, explicacioness y ejercicios del sistema a través de los microservicios API. El uso de una arquitectura de microservicios modular permitirá escalar el sistema web de realidad virtual de forma flexible a medida que aumente la cantidad de usuarios y contenido educativo.



## Planificación

**Tabla 13**

*Planificación del Sprint 02*

<b>N</b>	<b>Tareas</b>	<b>Historia de Usuario</b>	<b>Responsable</b>	<b>Estimación</b>
1	Creación y refinamiento de la arquitectura de microservicios	HU001, HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	8h
2	Creación y esquematización de la base de datos	HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	16h
3	Desarrollo de microservicios	HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	20h
4	Desarrollar microservicio de gestión de usuarios	HU002	Abraham Yance y Anghelo Borja	16h
5	Desarrollar interfaz de usuario de dashboard administrativo	HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	40h

*Nota.* Esta tabla contiene información sobre la planificación del Sprint 02.

### **Tarea 1:** Creación y refinamiento de la arquitectura de microservicios

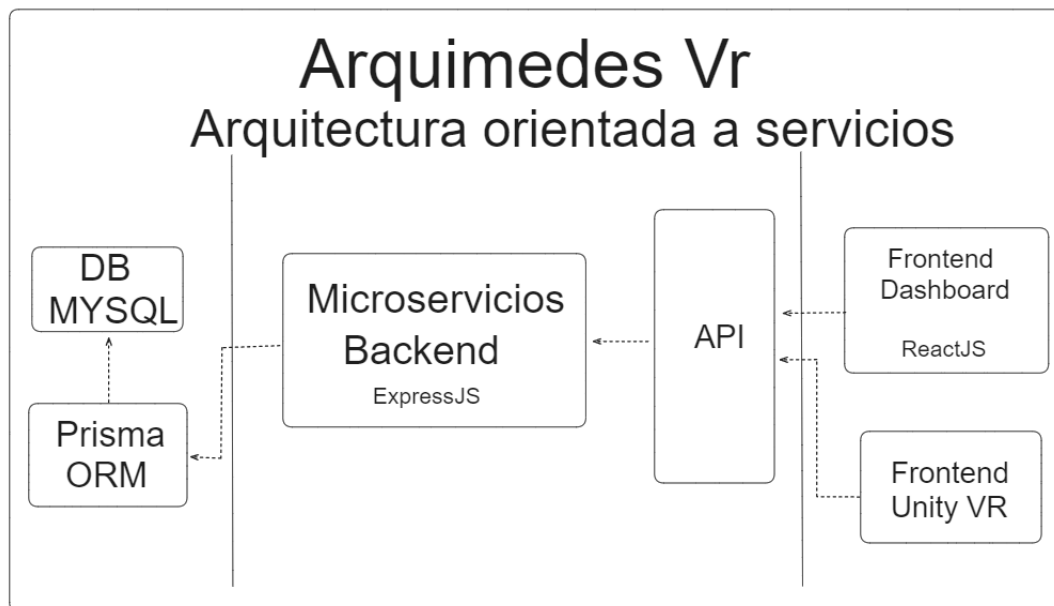
La arquitectura de microservicios es un enfoque de diseño de aplicaciones como una colección de servicios pequeños, autónomos y modulares, cada uno ejecutándose en su propio proceso y comunicándose a través de mecanismos ligeros, a menudo una API HTTP. Este enfoque permite una escalabilidad eficiente y facilita la implementación de cambios continuos y la entrega rápida de nuevas funcionalidades.

Para esta tarea, se iniciará con la definición de los servicios necesarios basados en las funcionalidades del sistema. Se procederá luego a identificar las responsabilidades de cada

microservicio, asegurando que cada uno tenga una única responsabilidad y que juntos cubran todas las necesidades del sistema.

**Figura 24**

*Arquitectura de la Aplicación*



*Nota.* La figura representa el diseño de la arquitectura de la aplicación.

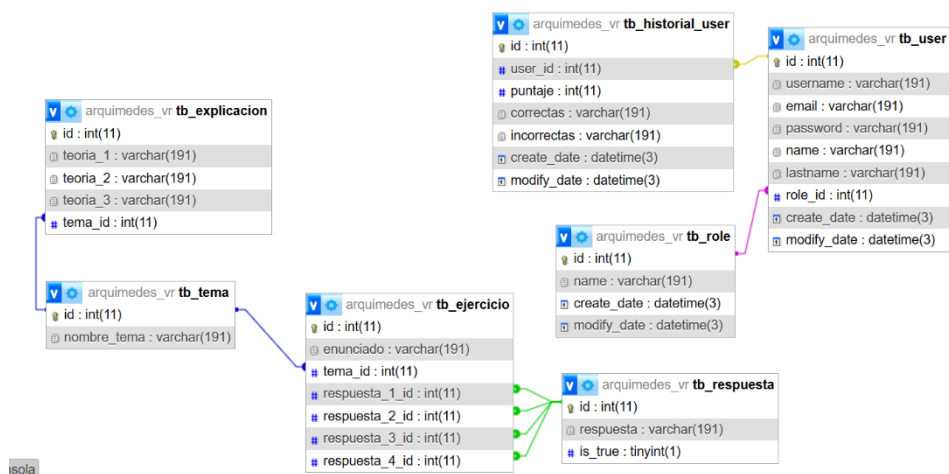
### **Tarea 2:** Creación y esquematización de la base de datos

La base de datos relacional MySQL será diseñada para almacenar eficientemente los datos de usuarios, cursos, lecciones y recursos educativos. La tarea comenzará con la revisión del modelo entidad-relación para asegurar que todas las entidades estén normalizadas adecuadamente, minimizando la redundancia y optimizando el acceso a los datos.

Se definirán las tablas y relaciones clave, incluyendo índices para mejorar el rendimiento de las consultas. La integridad de los datos se garantizará mediante el uso de claves primarias, claves foráneas, y restricciones de unicidad donde sea necesario.

Figura 25

Base de Datos



*Nota.* La figura representa el diseño de la base de datos de la aplicación.

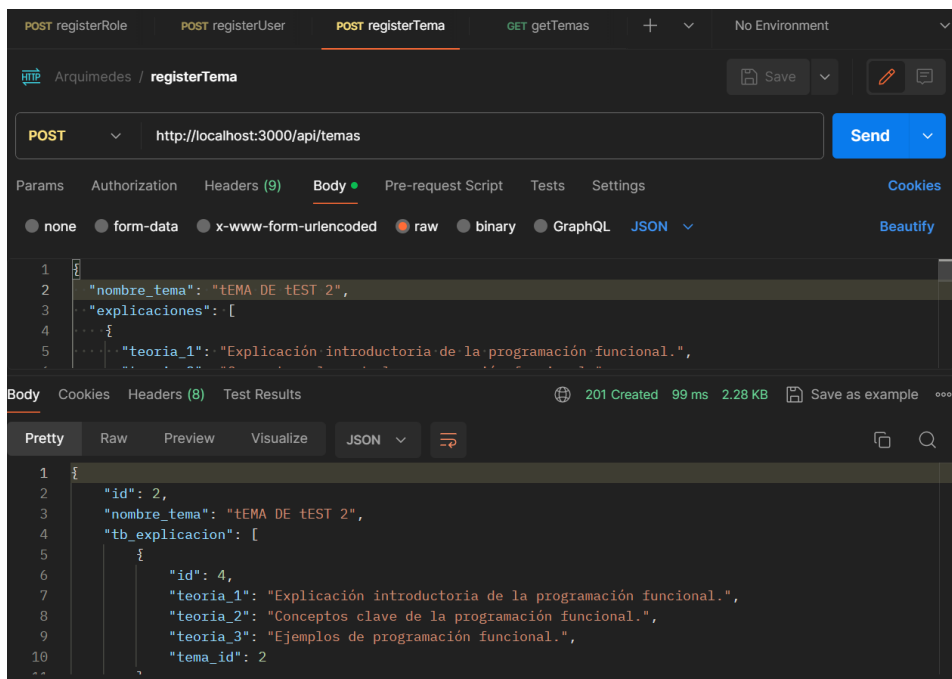
### Tarea 3: Desarrollo de microservicios

El desarrollo de microservicios involucrará la implementación de la lógica de negocio para cada servicio definido en la arquitectura. Utilizando Node.js y frameworks como Express, se crearán APIs RESTful que permitan la comunicación efectiva y segura entre los microservicios y las interfaces de usuario.

Cada microservicio será desarrollado de forma independiente, con su propio repositorio de código, base de datos (si es necesario), y proceso de despliegue. Esto facilita la escalabilidad y el mantenimiento del sistema.

## Figura 26

### Microservicios



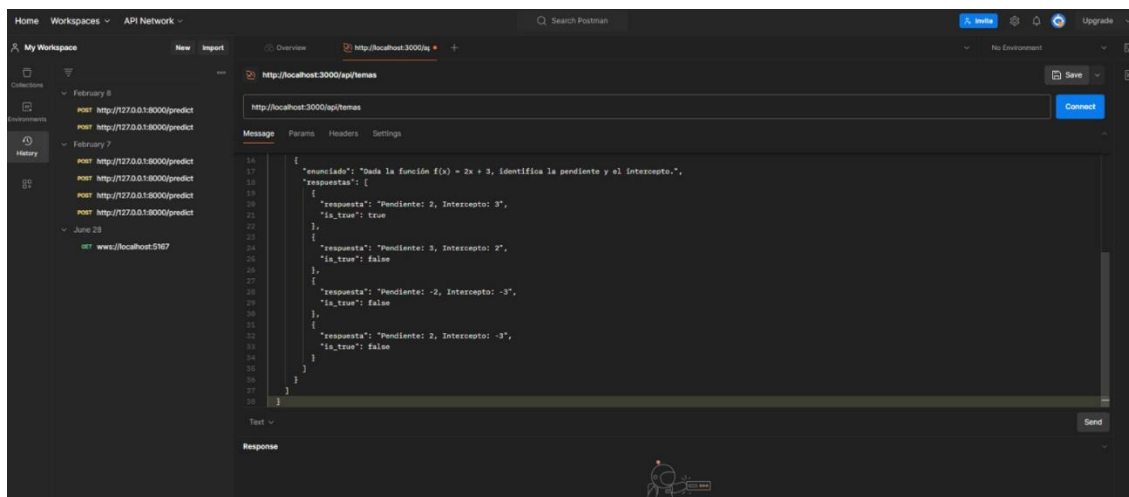
*Nota.* La figura representa la ejecución de un servicio de inserción de un nuevo tema en la base de datos.

#### Tarea 4: Desarrollar microservicios de gestión de usuarios

Este microservicio se va a encargar de todas las operaciones relacionadas con la gestión de usuarios, incluyendo registro, autenticación, actualización de perfiles y eliminación de cuentas.

El desarrollo seguirá las mejores prácticas de programación, asegurando que el código sea limpio, modular y fácil de mantener. Las pruebas unitarias y de integración formarán parte integral del proceso de desarrollo para garantizar la calidad y la funcionalidad del servicio.

**Figura 27**  
*Interfaz API*

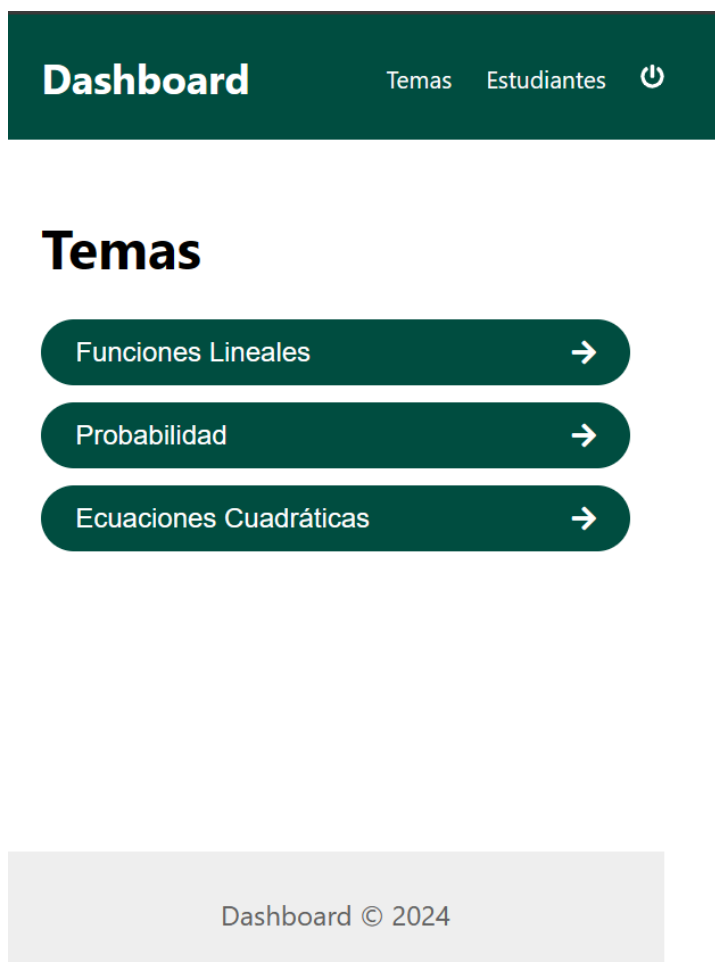


*Nota.* La figura representa la interfaz API de la gesti\u00f3n de usuarios

#### **Tarea 5:** Desarrollo de la interfaz de un dashboard administrativo

La interfaz de usuario para utilizar el dashboard administrativo ser\u00e1 desarrollado utilizando React.js, aprovechando sus capacidades para construir interfaces intuitivas. Este dashboard va a permitir a los administradores gestionar f\u00e1cilmente los usuarios, temas, explicaciones y ejercicios del sistema.

Se implementa una integraci\u00f3n fluida con las APIs de los microservicios para realizar operaciones de gesti\u00f3n de forma segura y eficiente

**Figura 28***Dashboard*

*Nota.* La figura representa las interfaces de pantalla del dashboard administrativo

### **Resultados**

Terminado el Sprint dedicado a la implementación de la arquitectura de microservicios y el desarrollo de funcionalidades que son clave para el sistema de RV, se logró completar satisfactoriamente las tareas propuestas, desde la creación de la arquitectura de microservicios hasta la esquematización de la base de datos y la interfaz del dashboard administrativo.

Las tareas que se realizaron incluyen la configuración de una arquitectura de microservicios que es eficiente y escalable. El diseño correcto de una base de datos relacional MySQL, la implementación de microservicios son esenciales como son la gestión de usuario y

la gestión de temas, la creación de un dashboard administrativo interactivo es crucial para poder manejar los datos

Cada componente es crucial en el funcionamiento del sistema, permitiendo una gestión efectiva y una mejora de la experiencia de usuario. A lo largo del sprint, se puso especial énfasis en la calidad del código, la seguridad de la aplicación, y la experiencia del usuario. Esto se refleja en la implementación de pruebas unitarias y de integración, la adopción de prácticas de desarrollo seguro, y el diseño de una interfaz de usuario intuitiva y responsiva.

Como resultado, el sistema de realidad virtual ahora cuenta con una base sólida para el manejo de usuarios, cursos, lecciones, y recursos educativos, ofreciendo una plataforma robusta y escalable para el aprendizaje interactivo. La arquitectura modular y el uso de microservicios aseguran que el sistema pueda evolucionar fácilmente con el tiempo, incorporando nuevas funcionalidades y ajustándose a las crecientes demandas de los usuarios.

Las figuras correspondientes ilustran el progreso y los logros alcanzados en este sprint, desde los diagramas de arquitectura y esquemas de la base de datos, hasta capturas de pantalla del dashboard administrativo y ejemplos de código de los microservicios desarrollados. Estas imágenes son un testimonio visual del trabajo realizado y demuestran el cumplimiento de los objetivos del sprint en el plazo establecido.

### ***Sprint 03: Presentación de temas y visualización***

En este sprint se desarrollarán las funcionalidades básicas para que el estudiante virtual pueda observar los contenidos de los temas en realidad virtual.

Habrà una interfaz para seleccionar el tema y los materiales a a presentar, como diapositivas. Podrà cambiar entre estos diferentes medios durante la explicación de los temas.

Con estas funcionalidades se logrará que el profesor guíe y explique las lecciones mientras los estudiantes visualizan los contenidos educativos relevantes en un entorno de realidad virtual.

## Planificación

**Tabla 14**

*Planificación del Sprint 03*

<b>N</b>	<b>Tareas</b>	<b>Historia de Usuario</b>	<b>Responsable</b>	<b>Estimación</b>
1	Desarrollo de interfaz de selección de temas	HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	6h
2	Programación de visualización de diapositivas en pizarras virtuales	HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	8h
3	Programación de botones para seleccionar respuestas y avanzar de tema	HU002, HU003	Abraham Yance y Anghelo Borja	6h
4	Desarrollo de la interacción con los elementos de UI	HU002	Abraham Yance y Anghelo Borja	4h

*Nota.* Esta tabla contiene información sobre la planificación del sprint 03.

### Desarrollo

#### Tarea 1: Desarrollo de interfaz de selección de temas

Esta tarea consiste en programar una interfaz sencilla que le permita visualizar los temas de la lección a presentar desde un menú de opciones. La interfaz mostrará los temas de las lecciones disponibles



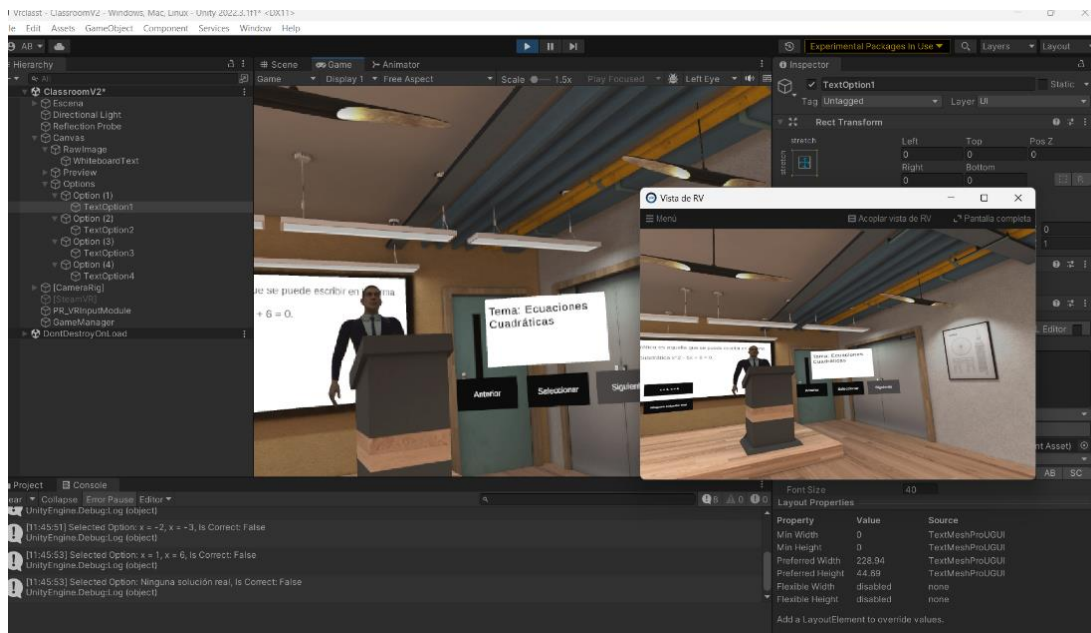
El profesor podrá navegar por las distintas ramas del árbol y finalmente seleccionar el tema específico de la lección. Esta selección activará el contenido relacionado al tema para la presentación en el entorno virtual.

La interfaz de selección de temas se programará en un script de Unity que gestionará la navegación en el árbol de contenidos y guardará el tema actual en una variable global.

De esta manera se separa el concepto de selección de temas de lección de la presentación de contenidos específicos. Esto permite crear y mantener las interfaces de forma independiente.

**Figura 29**

*Interfaz de Temas*



*Nota.* La figura representa la interfaz de la selección de temas.

### **Tarea 2:** Programación de visualización de diapositivas en pizarras virtuales

Esta tarea consiste en desarrollar la lógica y scripts necesarios para que se pueda presentar diapositivas en pizarras digitales durante la lección.

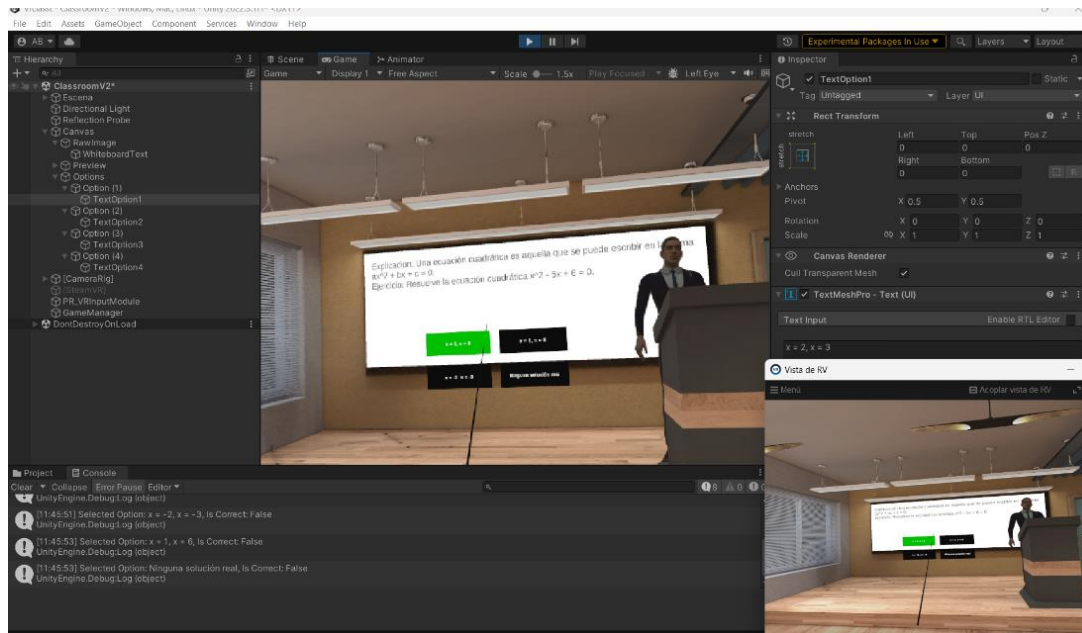
Dentro de la escena 3D se ubicarán una pizarra virtual donde se mostrará el contenido de las diapositivas.

Se programará una clase Diapositiva que contenga la textura de la diapositiva actual. El script controlará la visualización de esta textura sobre la superficie de la pizarra virtual 3D correspondiente. Además, que seguido de la explicación del tema se encontrara el ejercicio a desarrollar con sus opciones correspondientes

Se implemento botones flotantes en la interfaz para ordenar cambiar la diapositiva activa en las pizarras. Así podrá avanzar o retroceder fácilmente en los contenidos de la presentación sobre las pizarras virtuales.

### Figura 30

#### Interfaz de la Pizarra



*Nota.* La figura representa la interfaz de la pizarra.

#### Tarea 3: Programación de botones para seleccionar respuestas y avanzar de tema

Para reforzar el aprendizaje de conceptos durante la lección, esta tarea incorporará interacciones mediante botones de respuestas múltiples y opción para que el alumno avance de tema.

Se programaron los scripts necesarios para desplegar botones con diferentes opciones de respuesta ante preguntas o ejercicios que proponga el profesor en los contenidos de la lección. Los alumnos realizarán la selección correspondiente usando los controladores.

Además, se añadirá un botón flotante de "siguiente" para que el mismo estudiante pueda avanzar en el flujo de contenidos de la lección, permitiendo adaptarse a su propio ritmo de aprendizaje interactivo.

De esta forma la experiencia será más dinámica, manteniendo un compromiso por parte de los alumnos durante toda la presentación en realidad virtual.

### Figura 31

#### Desarrollo de Script Siguiente

```

147 // Display the random topic
148 DisplayCurrentTemaOrExercise();
149
150
151
152 // Select a topic
153 void SelectButtonClick()
154 {
155     // Check if the currentTemaIndex is within the bounds of temas
156     IF (currentTemaIndex >= 0 && currentTemaIndex < rootObject.temas.Length)
157     {
158         EntityUllini.Tema currentTema = rootObject.temas[currentTemaIndex];
159
160         // Display current topic information
161         previousText.text = $"Tema: {currentTema.nombre_tema}";
162
163         // Get a random explanation
164         System.Random random = new System.Random();
165         int randomExplanationIndex = random.Next(0, currentTema.tb_aplicacion.Count);
166         EntityUllini.Teorias randomExplanation = currentTema.tb_aplicacion[randomExplanationIndex];
167
168         // Display the random explanation on the whiteboard
169         whiteboardText.text = $"Aplicacion: {randomExplanation.teoria_1}" +
170             $"Ejercicio: {currentTema.tb_ejercicio[0].enunciado}";
171
172         // Set up option buttons with corresponding respuestas
173         SetOptionButton(btOption1, currentTema.tb_ejercicio[0].respuesta_1);
174         SetOptionButton(btOption2, currentTema.tb_ejercicio[0].respuesta_2);
175         SetOptionButton(btOption3, currentTema.tb_ejercicio[0].respuesta_3);
176         SetOptionButton(btOption4, currentTema.tb_ejercicio[0].respuesta_4);
177
178     }
179 }
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

*Nota.* La figura representa los scripts de los botones de siguiente, anterior y seleccionar tema.

#### Tarea 4: Desarrollo de la interacción con los elementos de UI

Esta tarea consistirá en programar los scripts necesarios para que el usuario pueda interactuar con los elementos de la interfaz de usuario por medio de los controladores del headset de realidad virtual.

Se configurarán eventos que se activen al hacer clic sobre los botones, permitiendo al usuario navegar en los menús y opciones con interacciones naturales similares a usar las manos.

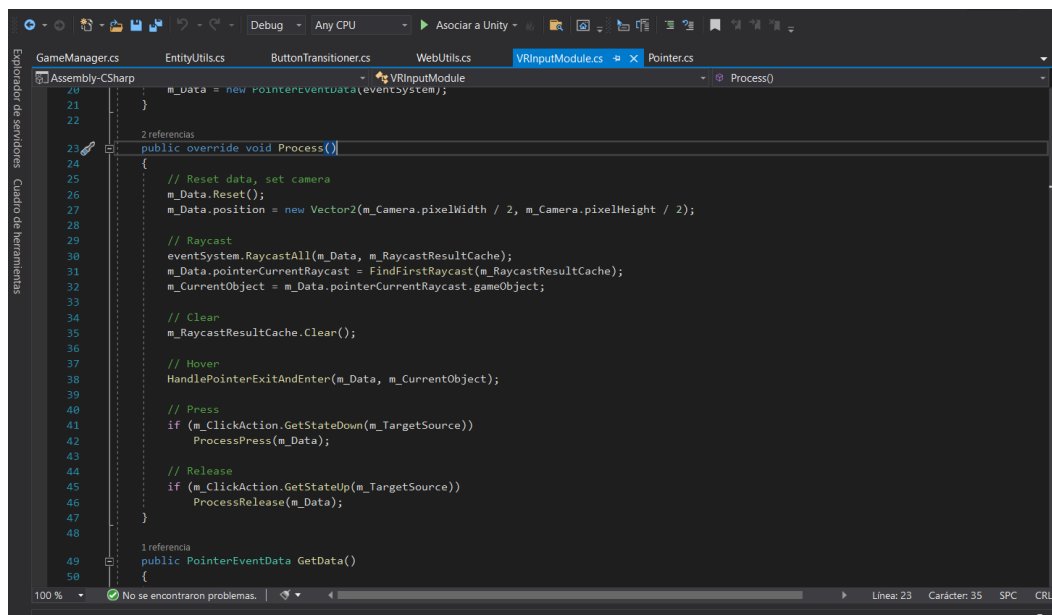
Para los botones que impliquen seleccionar entre diferentes opciones, como las preguntas de respuestas múltiples, se codificará la lógica necesaria en los scripts para identificar la opción escogida por el usuario según el botón UI específico sobre el que haga clic.

También la interfaz mostrará highlights y cambios de color cuando el usuario enfoque algún botón o menú con los controladores, dando a entender de forma intuitiva la interactividad de los elementos antes de hacer la selección con el gatillo del mando.

De esta manera se incrementa el nivel de inmersión en la experiencia de aprendizaje al permitir interacciones naturales con la interfaz de usuario en lugar de sólo observación pasiva.

## Figura 32

### Script Headset



```

21     }
22
23     2 referencias
24     public override void Process()
25     {
26         // Reset data, set camera
27         m_Data.Reset();
28         m_Data.position = new Vector2(m_Camera.pixelWidth / 2, m_Camera.pixelHeight / 2);
29
30         // Raycast
31         eventSystem.RaycastAll(m_Data, m_RaycastResultCache);
32         m_Data.pointerCurrentRaycast = FindFirstRaycast(m_RaycastResultCache);
33         m_CurrentObject = m_Data.pointerCurrentRaycast.gameObject;
34
35         // Clear
36         m_RaycastResultCache.Clear();
37
38         // Hover
39         HandlePointerExitAndEnter(m_Data, m_CurrentObject);
40
41         // Press
42         if (m_ClickAction.GetStateDown(m_TargetSource))
43             ProcessPress(m_Data);
44
45         // Release
46         if (m_ClickAction.GetStateUp(m_TargetSource))
47             ProcessRelease(m_Data);
48     }
49
50     1 referencia
51     public PointerEventData GetData()
52     {
53     }

```

*Nota.* La figura representa los scripts para configurar los controladores de headset

## **Resultados**

Tras culminar las tareas planificadas, el sprint permite completar satisfactoriamente las historias de usuario HU004, HU005, HU006 y HU007 relacionadas con las funcionalidades de presentación de temas y visualización de contenidos por parte del profesor virtual.

Como se aprecia en las imágenes adjuntas, se desarrolló con éxito la interfaz de selección de temas a presentar, dándole control al contenido de la lección. También se completó la programación de visualización de diapositivas sobre pizarras virtuales, permitiendo avanzar fácilmente entre slides.

Con estas funcionalidades centrales implementadas, se cumplen los objetivos del sprint de habilitar las guiar presentaciones mientras los estudiantes visualizan materiales educativos directamente desde sus visores de realidad virtual.

## Capítulo IV

### Validación del Sistema

Este capítulo está destinado a evaluar la usabilidad, eficiencia y satisfacción de los estudiantes con el entorno de realidad virtual desarrollado para reforzar el aprendizaje de conceptos matemáticos clave del décimo año de educación básica.

#### Método de Evaluación

Para esto, se han implementado una encuesta: enfocada en indicadores pedagógicos y de experiencia de usuario.

Las preguntas fueron diseñadas cuidadosamente para alinearse con los objetivos iniciales del proyecto en cuanto al valor educativo de la solución de realidad virtual.

#### Aplicación de las Encuestas

Las encuestas se hicieron anónimamente a 30 estudiantes que interactuaron con el entorno de RV matemático. Esta muestra representa cerca del 25 % de 120 alumnos distribuidos en los 4 paralelos de décimo año de las instituciones educativas.

El tamaño muestral permite obtener resultados significativos en cuanto a la valoración de los estudiantes con el uso de esta tecnología inmersiva aplicada al aprendizaje de funciones, trigonometría y geometría. Sus opiniones, actitudes y sugerencias son claves para la mejora continua.

Se tomaron los siguientes datos:

Tamaño de población: 120

Nivel de confianza: 99%

Margen de error: 18%

Y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{\frac{z^2 \cdot x \cdot p \cdot (1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \cdot x \cdot p \cdot (1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Donde:

**Tabla 15**

*Datos para el cálculo del tamaño de muestra*

<b>Variable</b>	<b>Significado</b>	<b>Dato</b>
<b>z</b>	Puntuación en base a nivel de confianza	2.58
<b>p</b>	Porcentaje	0.5
<b>e</b>	Margen de error como porcentaje	0.18
<b>N</b>	Tamaño de la población	120

*Nota.* Esta tabla contiene los datos correspondientes a la fórmula para calcular el tamaño de muestra de una encuesta.

$$Tamaño\ de\ la\ muestra = \frac{\frac{(2.58)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.18)^2}}{1 + \left(\frac{(2.58)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.18)^2(120)}\right)} = 35.96693 \approx 36$$

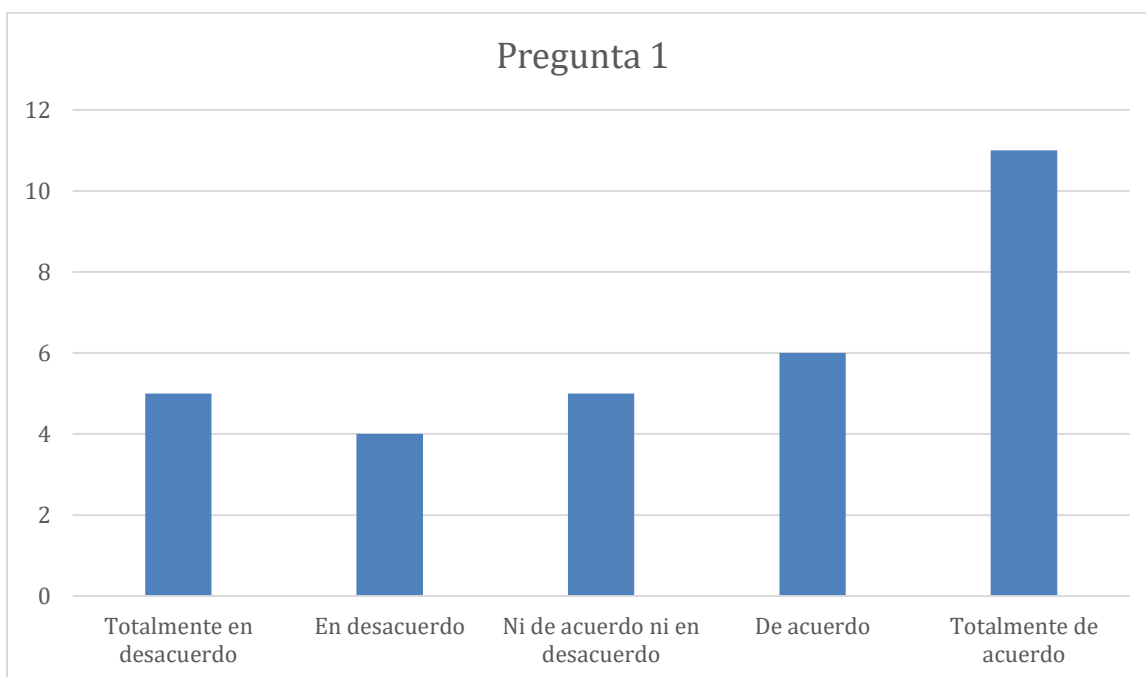
### **Resultados de la Encuesta**

Al analizar las respuestas de las 36 encuestas se obtuvieron los siguientes resultados.

1. ¿Consideras que el entorno de Realidad Virtual te ha ayudado a comprender mejor los conceptos matemáticos?

**Figura 33**

*Resultados primera pregunta*



*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la primera pregunta correspondiente a la encuesta

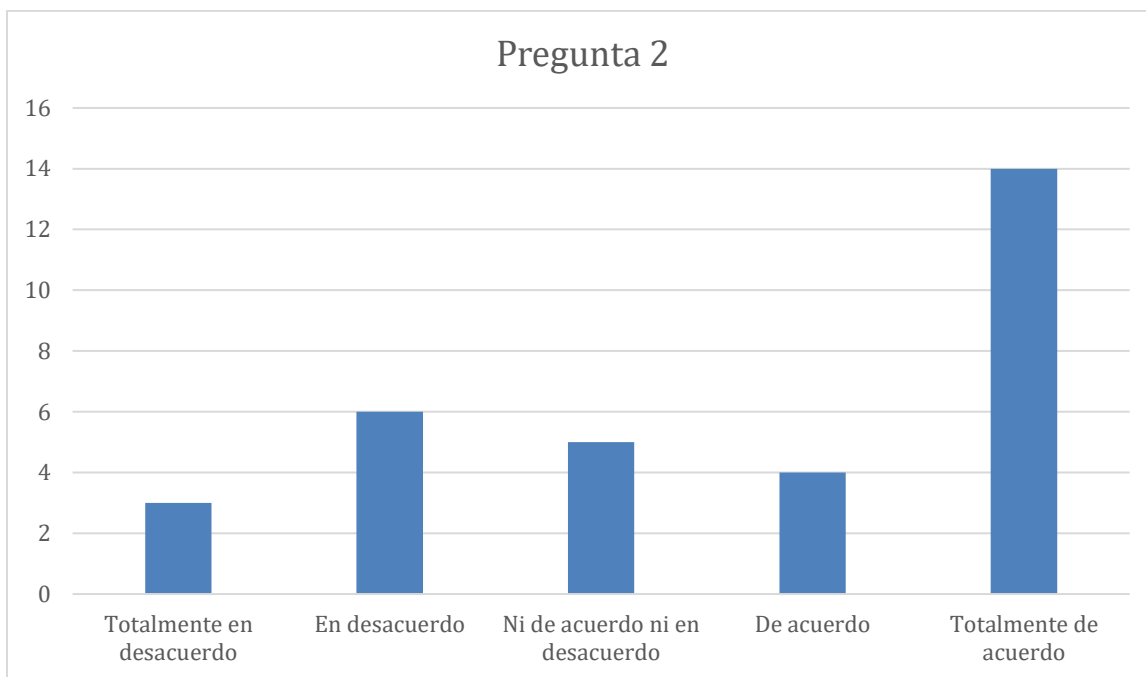
Como resultado de la encuesta, se tiene que aproximadamente 5 personas, correspondiente a un porcentaje no especificado, están "Totalmente en desacuerdo" con la afirmación de la Pregunta 1. Alrededor de 4 personas, también correspondiente a un porcentaje no especificado, se manifiestan "En desacuerdo" con la afirmación. Un número similar de personas, aproximadamente 5, están "Ni de acuerdo ni en desacuerdo", indicando neutralidad. Alrededor de 6 personas están "De acuerdo" con la afirmación de la Pregunta 1, y el grupo más grande, con aproximadamente 11 personas, está "Totalmente de acuerdo".



2. ¿Has encontrado útil la interactividad del sistema de Realidad Virtual en tu proceso de aprendizaje?

**Figura 34**

*Resultados segunda pregunta*



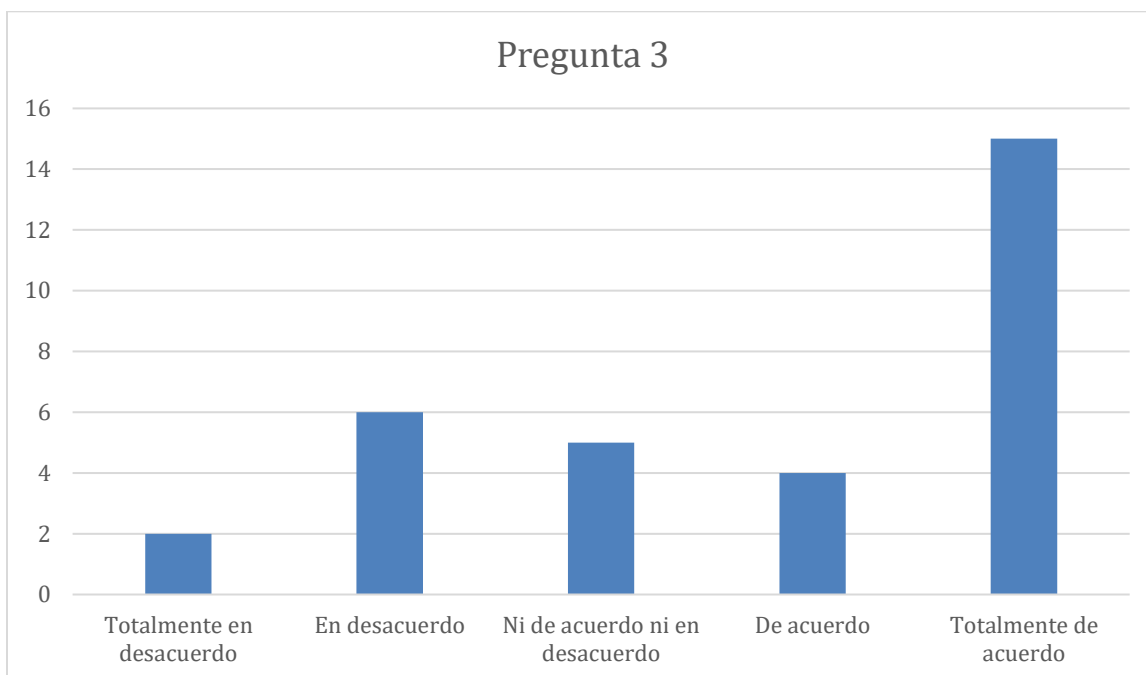
*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la segunda pregunta correspondiente a la encuesta

Como resultado, se observa que aproximadamente 3 personas, que representan un porcentaje no especificado del total, están "Totalmente en desacuerdo" con la afirmación de la Pregunta 2. Unas 6 personas, también representando un porcentaje no determinado, se posicionan "En desacuerdo". Alrededor de 5 personas parecen ser neutrales con respecto a la afirmación, indicando estar "Ni de acuerdo ni en desacuerdo". Aproximadamente 4 personas se muestran "De acuerdo", mientras que la mayoría, con alrededor de 14 personas, están "Totalmente de acuerdo" con la afirmación de la Pregunta 2.

3. ¿Crees que la Realidad Virtual hace que el aprendizaje de las matemáticas sea más atractivo?

**Figura 35**

*Resultados tercera pregunta*



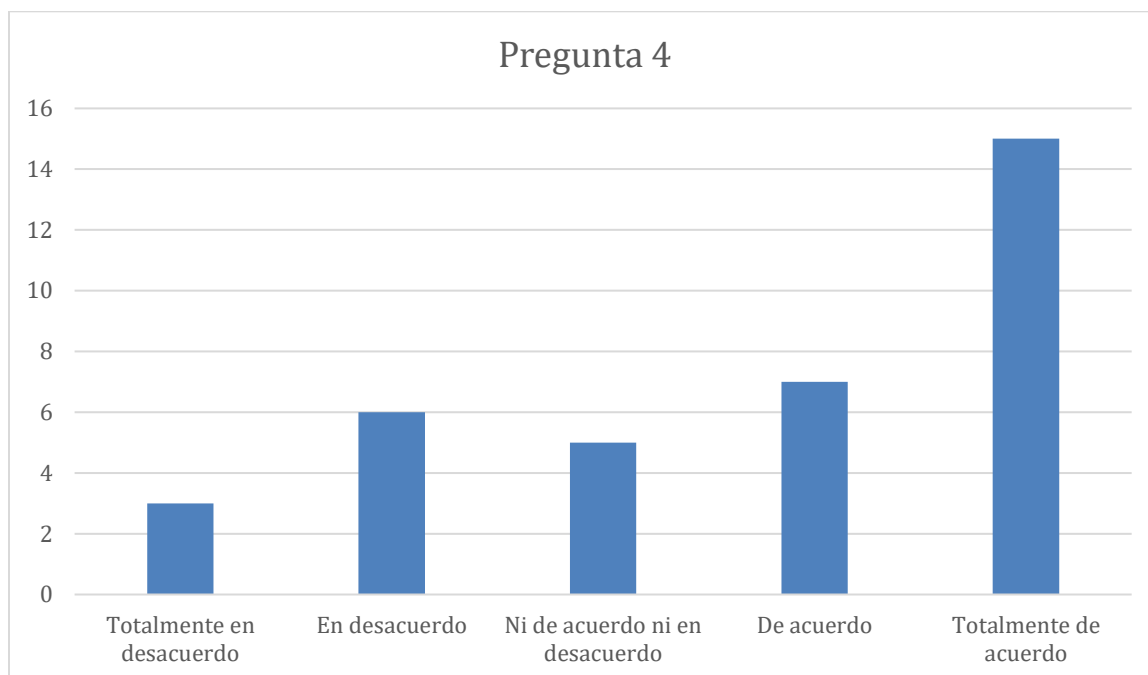
*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la cuarta pregunta correspondiente a la encuesta

En respuesta a la Pregunta 3, se tiene que 2 personas, lo que corresponde a un porcentaje no especificado del total de participantes, están "Totalmente en desacuerdo" con la afirmación presentada. Aproximadamente 6 personas, cuyo porcentaje del total también es desconocido, se encuentran "En desacuerdo". Alrededor de 5 personas no se inclinan ni hacia el acuerdo ni hacia el desacuerdo, marcando la opción "Ni de acuerdo ni en desacuerdo". Unas 4 personas están "De acuerdo" con la afirmación. La mayor cantidad de respuestas se encuentra en la categoría "Totalmente de acuerdo", con alrededor de 15 personas.

4. ¿Has podido aplicar los conceptos matemáticos aprendidos en el entorno de Realidad Virtual a problemas fuera de este entorno?

**Figura 36**

*Resultados cuarta pregunta*



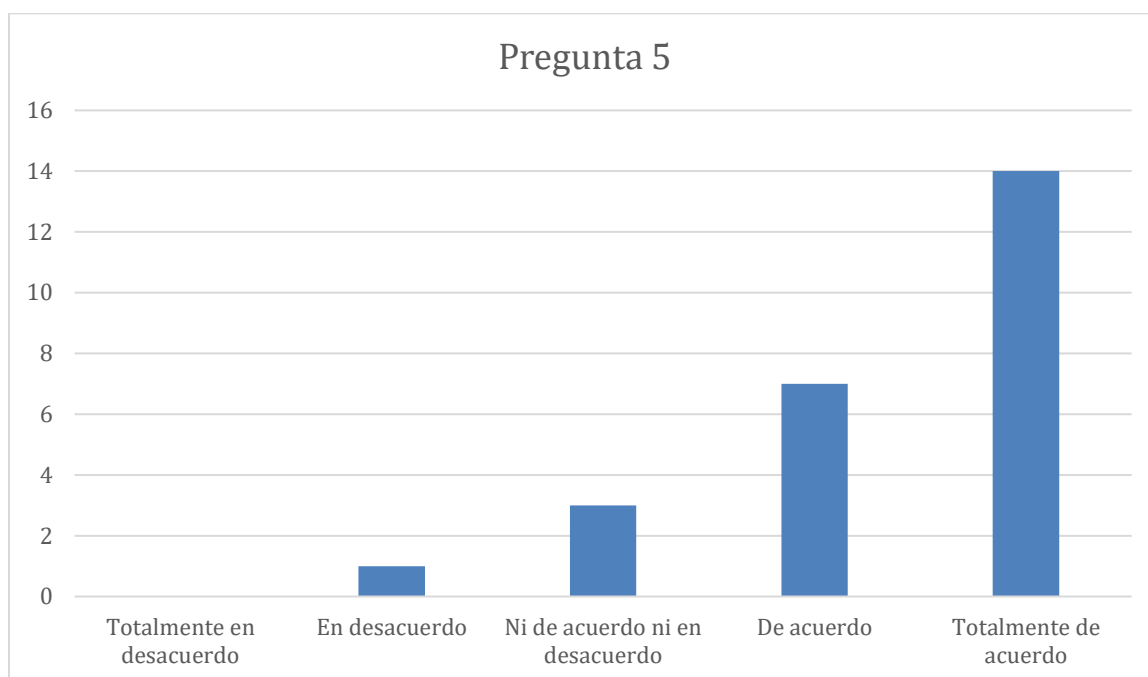
*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la quinta pregunta correspondiente a la encuesta

En cuanto a la Pregunta 4, el gráfico muestra que 3 personas, correspondientes a un porcentaje que no se puede determinar sin el total de encuestados, están "Totalmente en desacuerdo" con la declaración propuesta. Cerca de 6 personas se sitúan en la categoría de "En desacuerdo", mientras que aproximadamente 5 personas se han colocado en la posición neutral de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo". Unas 7 personas están "De acuerdo" con la afirmación. La mayoría de las respuestas se inclinan hacia el "Totalmente de acuerdo", con alrededor de 15 personas escogiendo esta opción.

5. ¿Te sientes más motivado/a para estudiar matemáticas después de usar el sistema de Realidad Virtual?

**Figura 37**

*Resultados quinta pregunta*



*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la sexta pregunta correspondiente a la encuesta

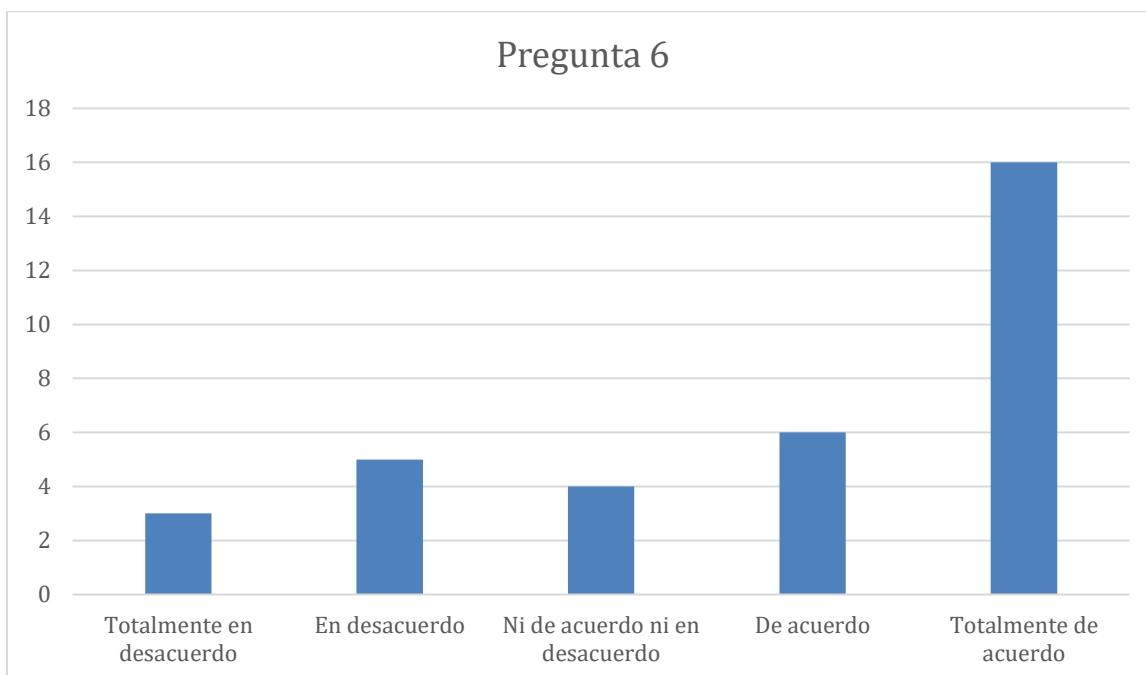
Como resultado de la Pregunta 5, se tiene que 0 personas están "Totalmente en desacuerdo" con la afirmación propuesta. Una persona se encuentra "En desacuerdo". La categoría "Ni de acuerdo ni en desacuerdo" muestra alrededor de 3 respuestas.

Aproximadamente 7 personas están "De acuerdo" con la afirmación. La mayoría, con alrededor de 14 personas, está "Totalmente de acuerdo" con la afirmación presentada en la Pregunta 6.

6. ¿Piensas que el tiempo dedicado en el entorno de Realidad Virtual es adecuado para el aprendizaje efectivo de las matemáticas?

**Figura 38**

*Resultados sexta pregunta*



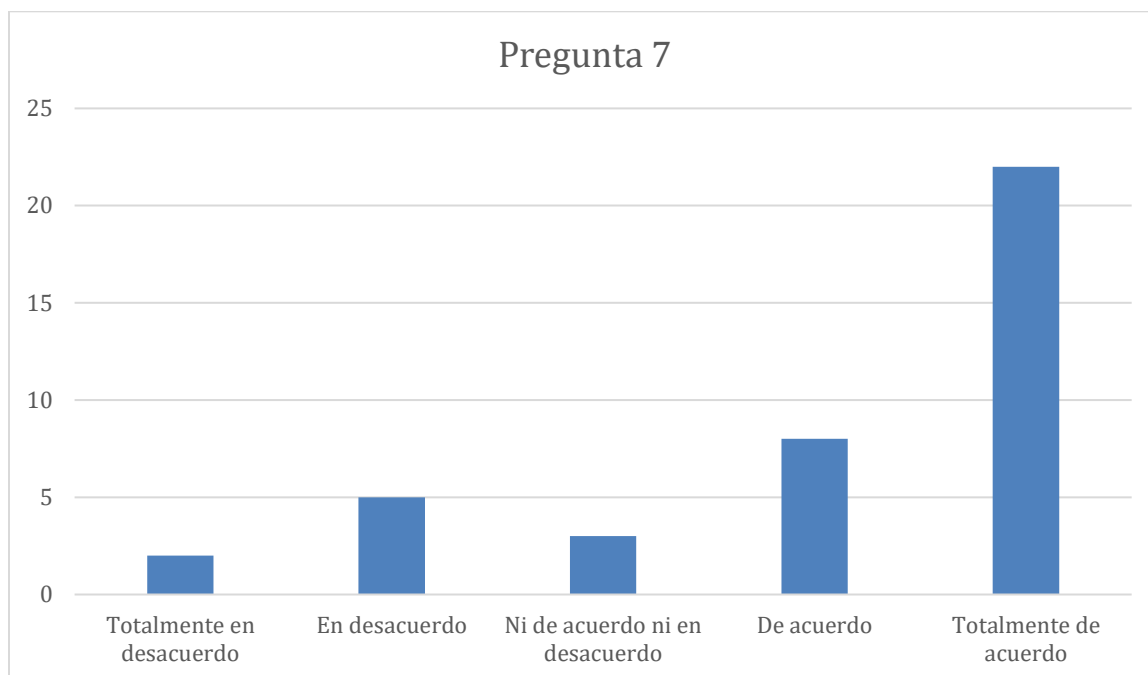
*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la séptima pregunta correspondiente a la encuesta

El análisis del gráfico para la Pregunta 6 indica que aproximadamente 3 personas están "Totalmente en desacuerdo" con la declaración dada. Unas 5 personas han seleccionado la opción "En desacuerdo". En la categoría de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo", hay alrededor de 4 respuestas. Aproximadamente 6 personas se posicionan "De acuerdo" con la afirmación. La mayoría de los encuestados, con cerca de 16 personas, se expresan "Totalmente de acuerdo" con la declaración propuesta en la Pregunta 7.

7. ¿Has experimentado alguna dificultad en el uso del sistema de Realidad Virtual?

**Figura 39**

*Resultados séptima pregunta*



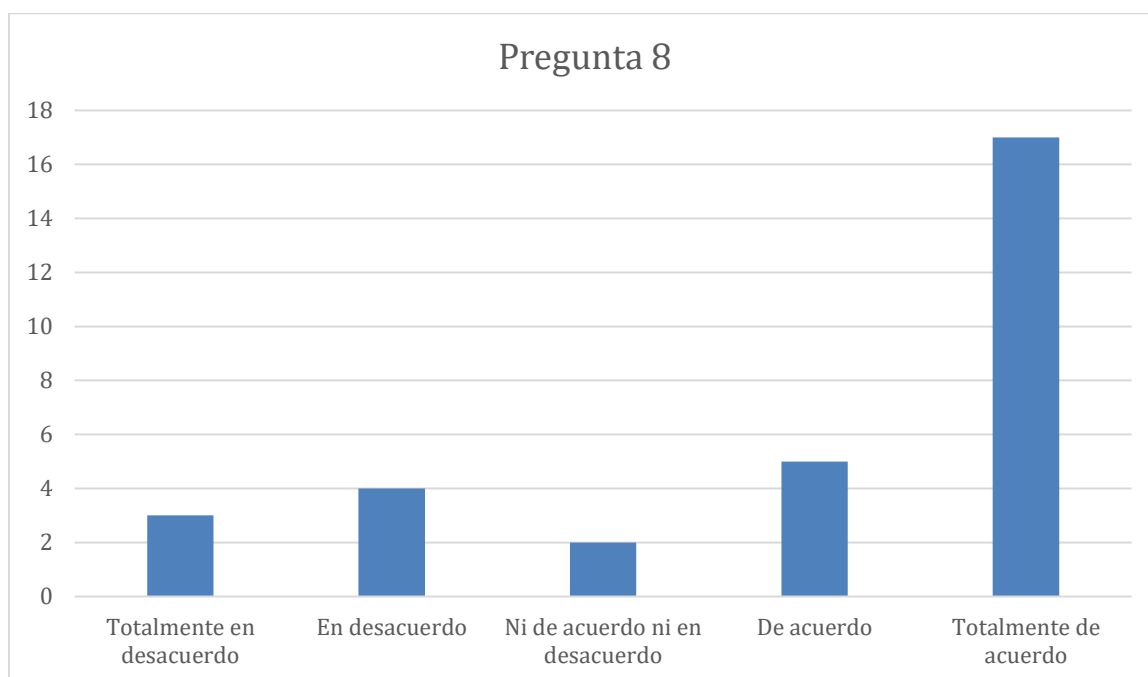
*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la octava pregunta correspondiente a la encuesta

Para la Pregunta 7, el gráfico revela que alrededor de 2 personas se posicionan "Totalmente en desacuerdo" con la proposición planteada. Un número cercano a 5 individuos eligen la opción "En desacuerdo". La categoría de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo" contiene aproximadamente 3 respuestas. Unos 8 participantes se muestran "De acuerdo" con la afirmación. La mayoría de las respuestas se inclinan hacia la opción "Totalmente de acuerdo", con alrededor de 22 personas seleccionando esta alternativa.

8. ¿Consideras que el sistema de Realidad Virtual te ha proporcionado una retroalimentación adecuada sobre tu desempeño en matemáticas?

**Figura 40**

*Resultados octava pregunta*



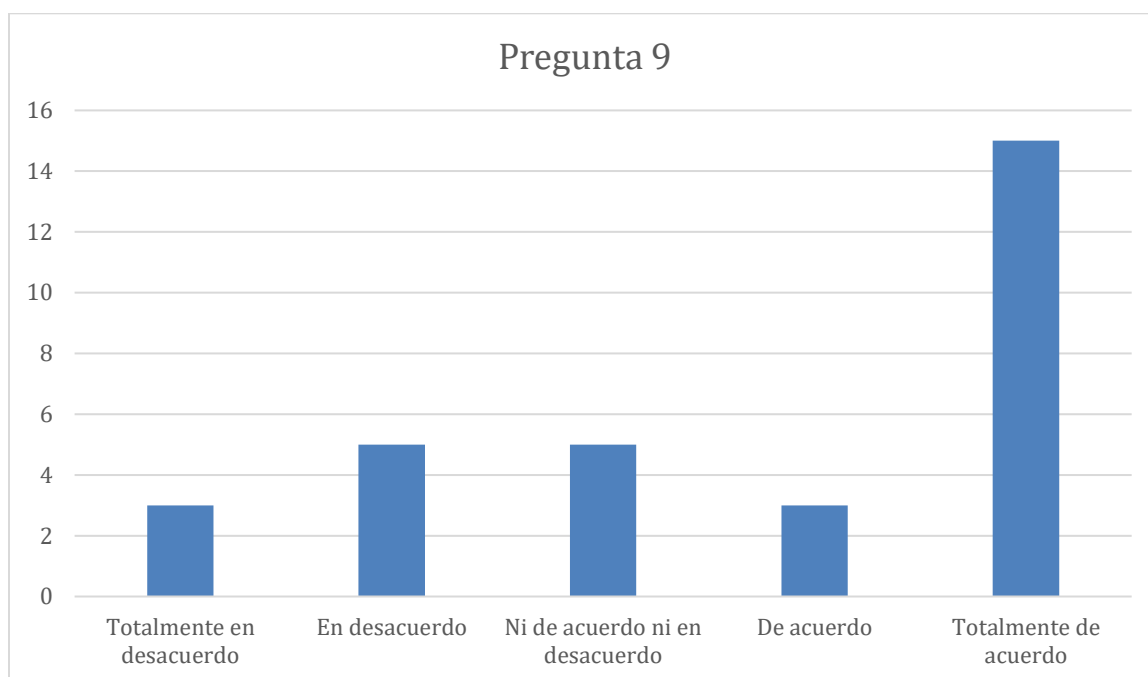
*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la novena pregunta correspondiente a la encuesta

En relación con la "Pregunta 8", el gráfico indica que aproximadamente 3 personas están "Totalmente en desacuerdo" con la proposición formulada. Un número cercano a 4 individuos se sitúa en la categoría "En desacuerdo". Alrededor de 2 participantes se encuentran en la posición neutral de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo". Unos 5 encuestados se consideran "De acuerdo" con la afirmación. La respuesta más seleccionada es "Totalmente de acuerdo", con cerca de 17 personas optando por esta elección.

9. ¿Cómo valorarías tu experiencia general con el sistema de Realidad Virtual para el aprendizaje de las matemáticas?

**Figura 41**

*Resultados novena pregunta*



*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la décima pregunta correspondiente a la encuesta

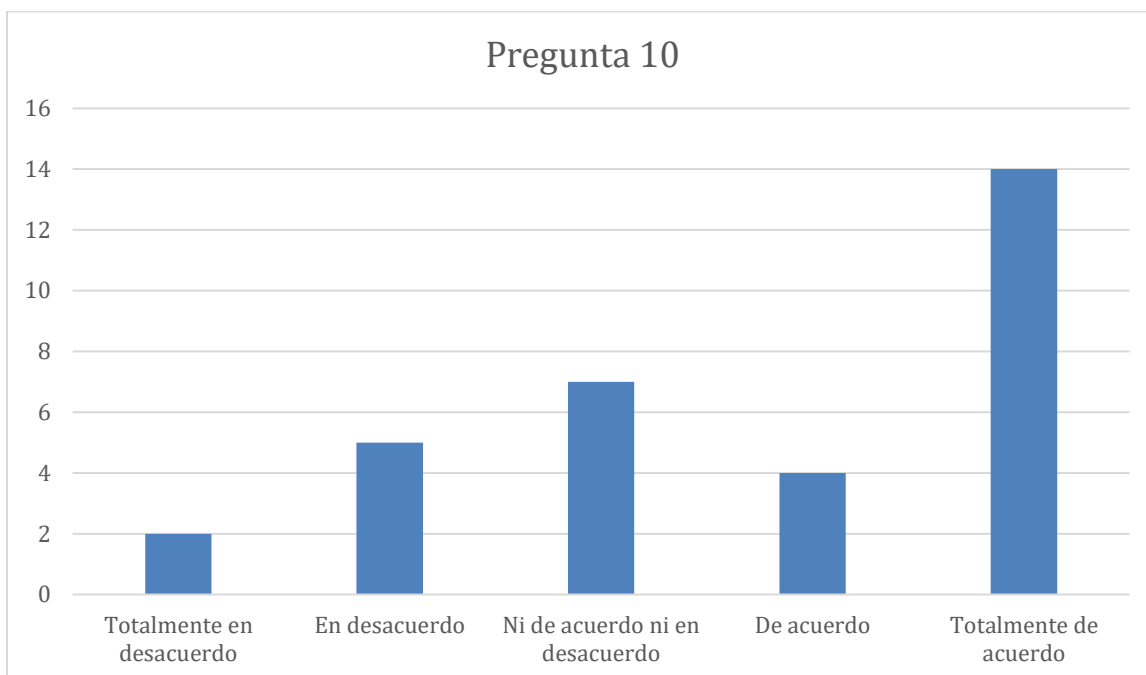
Con respecto a la "Pregunta 9", el gráfico refleja que aproximadamente 3 personas se posicionan "Totalmente en desacuerdo" con la premisa planteada. Unos 5 individuos se clasifican como "En desacuerdo". Cerca de 5 participantes han elegido la categoría neutral de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo". Aproximadamente 3 personas se expresan "De acuerdo" con la declaración. La mayoría de las respuestas se agrupan en "Totalmente de acuerdo", con alrededor de 15 personas seleccionando esta alternativa.



10. ¿Recomendarías el uso del sistema de Realidad Virtual para el aprendizaje de las matemáticas a otros estudiantes?

**Figura 42**

*Resultados decima pregunta*



*Nota.* Esta figura representa los resultados obtenidos en la décima primera pregunta correspondiente a la encuesta

En relación con la "Pregunta 10", el gráfico ilustra que aproximadamente 2 personas están "Totalmente en desacuerdo" con la postura presentada. Alrededor de 5 individuos se categorizan como "En desacuerdo". En la opción de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo", se sitúan cerca de 7 personas, lo que indica una postura neutral. Un número cercano a 4 participantes se consideran "De acuerdo" con la afirmación. La opción "Totalmente de acuerdo" es la más seleccionada, con alrededor de 14 personas optando por esta respuesta.

### **Conclusiones de las Encuestas**

Con base en los resultados de las 10 preguntas de la encuesta, se puede concluir que los encuestados muestran una inclinación positiva hacia el tema o producto evaluado. La

tendencia general indica que el aspecto o sistema en cuestión ha sido bien recibido, con una mayoría de respuestas que se concentran en las categorías positivas de "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" a través de las diversas preguntas.

Esta respuesta positiva sugiere que el sistema, iniciativa, o concepto que fue objeto de la encuesta es valorado por los participantes, y que las características, funcionalidades o propuestas evaluadas satisfacen las expectativas o necesidades de los mismos. Asimismo, el bajo número de respuestas en las categorías de "Totalmente en desacuerdo" y "En desacuerdo" en la mayoría de las preguntas podría indicar que hay pocos aspectos negativos resaltantes o áreas de significativa insatisfacción entre los encuestados.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

A continuación, se plantean las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron después del desarrollo de este proyecto:

#### Conclusiones:

- Los resultados indican que un 36.7% de los encuestados (aproximadamente 11 a 36) están "Totalmente de acuerdo" con que la RV les ha ayudado a comprender mejor los conceptos matemáticos, lo cual es consistente con la hipótesis de que la RV mejora significativamente la comprensión y retención de conceptos matemáticos complejos. Además, un 46.7% (aproximadamente 14 a 36) de los estudiantes reportan estar "Totalmente de acuerdo" en encontrar útil la interactividad del sistema de RV en su proceso de aprendizaje, lo que refuerza la idea de que la RV facilita una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos.
- Respecto a la aplicación de conceptos matemáticos aprendidos en el entorno de RV a problemas fuera de este entorno, un 46.7% de los estudiantes (aproximadamente 14 a 36) también se muestran "Totalmente de acuerdo", lo que sugiere que la RV no solo mejora la comprensión inmediata, sino que también facilita la retención y aplicación de conocimientos en contextos diversos, validando así la hipótesis planteada.
- En cuanto a la motivación para el estudio de las matemáticas después del uso del sistema de realidad virtual, un 69.44% que es la representación de 25 estudiantes que se sienten Totalmente de acuerdo en que la RV hace que el aprendizaje sea más atractivo y el 19.44% que representan 7 estudiantes están De acuerdo, dando un total de 88.88% de estudiantes que se sienten motivados lo que indica que la tecnología contribuye con el interés y la motivación hacia la materia.

- La implementación de un sistema de Realidad Virtual para el aprendizaje de matemáticas a estudiantes de décimo año de educación básica demostró ser una herramienta eficaz para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- El uso de metodología Scrum facilita el desarrollo y la implementación del proyecto que permite una adaptación efectiva a los cambios y aseguran la colaboración y la entrega continua de resultados.

**Recomendaciones:**

- Es importante seguir desarrollando y actualizando contenidos educativos en Realidad Virtual, para asegurarse estar siguiendo los planes de estudio nacionales y que resuelvan las necesidades cambiantes de los estudiantes y profesores.
- En la mejora del rendimiento en los visores HTC Vive Cosmos Elite, es recomendable optimizar los Assets 3D, para reducir el número polgonos en los modelos cuando es posible y ajustar los niveles gráficos.
- Para poder consumir eficientemente los servicios que muestran información en pantalla, es recomendable utilizar patrones de diseo como el MVC (modelo-vista-controlador) o el MVP (modelo-vista-presentador) que facilitan la separación de la lgica de la aplicación y la lgica del usuario.
- Para usar el headset de realidad virtual HTC VIVE Cosmos Elite se recomienda como mínimo una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce GTX 1060 o AMD Radeon RX 480 con salida DisplayPort, junto con un procesador Intel i5-4590 o AMD Ryzen 5 1500X, 8GB de memoria RAM, Windows 10 como sistema operativo, y el puerto DisplayPort 1.2 disponible para la conexión del headset. Entre mejor sea el rendimiento de estos componentes, especialmente la GPU y CPU, mejor será la experiencia en realidad virtual.

## Bibliografía

- Bashabsheh, A., Alzoubi, H. y Ali, M. (2019). The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 713-723. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.06.002>
- Kelly, K. (2017). Visionary of virtual reality. *Nature*, 551(7681), 298-299. <https://doi.org/10.1038/551298a>
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M. y Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23, 425-436. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Smil, V. (2018). Capitalism without capital. *Nature*, 555(7697), 30-31. <https://doi.org/10.1038/555030a>
- Boruchovitch, E., & Martini, M. L. (1997). As atribuições de causalidade para o sucesso e o fracasso escolar e a motivação para a aprendizagem de crianças brasileiras. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 49(3), 59-71.
- Pereira, A. R., & Peruzza, A. P. (2002). Tecnologia de realidade virtual aplicada à educação pré escolar. En XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (pp. 385-391). Unisinos. <https://bit.ly/38Oze7n>
- Campos, N., Navas, M., & Moreno, A. (2019). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *Alteridad*, 15(1), 47-60. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>
- Soto, N. C., Navas-Parejo, M. R., & Guerrero, A. J. M. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *Alteridad*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>

**Anexos**