



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Desarrollo de un entorno virtual 3D: Infraestructura de la Facultad de
Ingeniería Civil**

**CUMBICO CANGO MERWIN JOSE
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**RUBIO SANTANA JOSE FELIX
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Desarrollo de un entorno virtual 3D: Infraestructura de la Facultad
de Ingeniería Civil**

**CUMBICO CANGO MERWIN JOSE
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**RUBIO SANTANA JOSE FELIX
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

**Desarrollo de un entorno virtual 3D: Infraestructura de la Facultad
de Ingeniería Civil**

**CUMBICO CANGO MERWIN JOSE
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**RUBIO SANTANA JOSE FELIX
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

HERNANDEZ ROJAS DIXYS LEONARDO

COTUTOR: ARMIJOS CARRION JORGE LUIS

**MACHALA
2024**

Cumbico Merwin y Jose Rubio TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR - preliminares



Nombre del documento: Cumbico Merwin y Jose Rubio TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR - preliminares.pdf
ID del documento: 53b92fcb61b69a10a2657b395918cc3ca030c778d
Tamaño del documento original: 2,88 MB
Autores: []

Depositante: DOYLS LEONARDO HERNANDEZ ROJAS
Fecha de depósito: 7/2/2025
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 7/2/2025

Número de palabras: 16.192
Número de caracteres: 113.237

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	platzl.com ¿Cómo funciona la metodología Scrum? Qué es y sus 5 fases 9 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (338 palabras)
2	www.degruyter.com 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (59 palabras)
3	www.redalyc.org El metaverso: ¿la puerta a una nueva era de educación digital? 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (57 palabras)
4	Documento de otro usuario #45915 El documento proviene de otro grupo 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (49 palabras)
5	www.masterd.es Unity ¿Qué es y para qué sirve? Tutorial Unity 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (54 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	creacionhibrida.net Creación Híbrida EL METAVERSO: ¿QUÉ ES?	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
2	educacioningenieria.org Una experiencia en el uso de metaversos para la ense...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
3	aretio.hypotheses.org Enseñar y aprender a través de dispositivos móviles (17,7) ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
4	www.scielo.sa.cr El metaverso como tecnología disruptiva a la disposición de la m...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
5	www.scielo.cl	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

Fuente ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (71 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://www.edimar.com/metaverso
2	https://platzl.com/blog/metodologia-scrum
3	https://www.coursesidekick.com/arts-humanities/3565957
4	https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, CUMBICO CANGO MERWIN JOSE y RUBIO SANTANA JOSE FELIX, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Desarrollo de un entorno virtual 3D: Infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



CUMBICO CANGO MERWIN JOSE

0750075756



RUBIO SANTANA JOSE FELIX

0707363610

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su amor incondicional y apoyo constante han sido el motor que me impulsó a lograr esta meta. Gracias por inculcarme valores, guiar mis pasos y brindarme sus palabras de ánimo para alcanzar mis sueños cuando algunas veces he intentado tirar la toalla, pero su dedicación y sacrificio son el faro que ilumina todo este arduo camino.

A mis hermanos, su apoyo incondicional ha sido mi mayor impulso, su aliento mi mayor fortaleza. Gracias por levantarme cuando he tropezado, por celebrar mis logros como si fueran propios y por creer en mí incluso cuando yo mismo he dudado. Su amor es el escudo que me protege y la luz que me guía.

A mis amigos, elegidos por el corazón y convertidos con el pasar del tiempo en familia. Gracias por las risas compartidas, los secretos confiados y los momentos inolvidables. Su amistad es un tesoro invaluable que atesoro en lo más profundo de mi ser. Juntos hemos construido recuerdos imborrables y hemos fortalecido un vínculo que perdurará a través del tiempo.

Merwin Jose Cumbico Cango

Dedico esta tesis a mis padres, Linner y Dayse, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis seres queridos, quienes con su compañía y palabras de aliento me han motivado en cada etapa de este camino.

A mi abuelo Juan José, quien siempre está en mi corazón y cuya inspiración me ha acompañado, recordándome que todo esfuerzo de hoy traerá la recompensa de mañana. A mi abuela Luisa, quien, gracias a Dios, sigue conmigo, brindándome su amor y mostrándome, con su compañía, lo bella que es la vida.

A mi querido perro Ramón, por su lealtad, alegría y por ser mi apoyo emocional en los días difíciles.

Y, finalmente, a mí mismo, por no rendirme, por superar cada obstáculo y por demostrarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y dedicación.

José Félix Rubio Santana

AGRADECIMIENTO

Primero, mi gratitud eterna a Dios, fuente de toda sabiduría y guía en mi camino. A mis padres, por ser el pilar fundamental en este proceso, impulsándome cada día a seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

A mi tutor de tesis, el Ing. Dixys Hernández, y a mi cotutor, Ing. Jorge Armijos, por ser los faros de sabiduría y guía en el desarrollo de mi trabajo de titulación. Su orientación y consejos han sido indispensables en cada etapa de esta aventura académica.

Por último, pero no menos importante, a la Universidad Técnica de Machala, cuna de conocimiento y escenario de mi crecimiento intelectual y profesional. Gracias por brindarme las herramientas y oportunidades para investigar y desarrollar el prototipo que hoy es parte esencial de este logro.

Merwin Jose Cumbico Cango

Agradezco profundamente a Dios, por brindarme la sabiduría, la fortaleza y las oportunidades para seguir aprendiendo y creciendo cada día. A mis padres, Linner y Dayse, por su amor incondicional, su apoyo constante y por siempre creer en mí. Su confianza me ha motivado a seguir adelante en todo momento.

A mi tutor, Ing. Dixys Hernández. PhD., y a mi cotutor, Ing. Jorge Armijos. Msg., por su profesionalismo, por su paciencia infinita y por las valiosas orientaciones que me proporcionaron.

José Félix Rubio Santana

RESUMEN

El metaverso es un concepto que se ha ido fortaleciendo con el paso del tiempo, esto gracias a los avances tecnológicos que ayudan a escalar la idea inicial la cual nace de la ciencia ficción y se torna una realidad. Por ese motivo muchos sectores se han visto interesados en aplicar proyectos relacionados con el metaverso, en parte debido a que se puede aplicar dentro de otros conceptos tecnológicos, ya sea por una experiencia inmersiva o interactiva. El interés por disponer de la accesibilidad de la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil y poder explorarla desde cualquier lugar contando con una computadora y acceso a internet tanto miembros institucionales como externos es una idea atractiva. Se busca integrar la inclusión para aquellos estudiantes que optan con un cupo para alguna carrera o con interés por ingresar a la UTMACH y así ofrecer una vista previa de su futuro lugar de estudio. Este es un proyecto institucional que abarca diferentes etapas incorporando varias funcionalidades como por ejemplo aulas virtuales (modificar), en la primera etapa se propone implementar la accesibilidad a la infraestructura de la FIC disponiendo de una experiencia inmersiva adaptada a tecnologías como Unity que ayudan a que esta sea más flexible, y Blender que aporta una gráfica más realista a la habitual. Para este proyecto se usará la metodología SCRUM para beneficiarse de requisitos y especificaciones que pueden variar, además el sprint hace más colaborativo y su marco de trabajo es ideal ante proyectos complejos que requieren de una organización flexible. Se hicieron pruebas para medir el metaverso, tales como métricas de usuario mediante el uso de encuestas, las cuales buscan medir la satisfacción y participación que tendría la comunidad universitaria ante el metaverso.

PALABRAS CLAVE

Metaverso, blender, unity, realidad virtual, metodología scrum, inmersiva

ABSTRACT

The metaverse is a concept that has been strengthened over time, thanks to technological advances that help scale the initial idea that was born from science fiction and becomes a reality. For this reason, many sectors have been interested in implementing projects related to the metaverse, partly because it can be applied within other technological concepts, either through an immersive or interactive experience. The interest in having the accessibility of the infrastructure of the Faculty of Civil Engineering and being able to explore it from anywhere with a computer and internet access, both institutional and external members, is an attractive idea. The aim is to integrate inclusion for those students who opt for a place for a career or are interested in entering UTMACH and thus offer a preview of their future place of study. This is an institutional project that covers different stages incorporating various functionalities such as virtual classrooms (modify). In the first stage, it is proposed to implement accessibility to the FIC infrastructure by providing an immersive experience adapted to technologies such as Unity that help make it more flexible, and Blender that provides a more realistic graphic than usual. For this project, the SCRUM methodology will be used to benefit from requirements and specifications that may vary. In addition, the sprint makes it more collaborative and its framework is ideal for complex projects that require a flexible organization. Tests were carried out to measure the metaverse, such as user metrics through the use of surveys, which seek to measure the satisfaction and participation that the university community would have in the face of the metaverse.

KEYWORDS

Metaverse, blender, unity, virtual reality, scrum methodology, immersive.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
GLOSARIO	11
INTRODUCCIÓN	12
i. Declaración y formulación del Problema	13
ii. Objeto de estudio y Campo de acción	14
iii. Objetivos.....	15
iv. Hipótesis y variables.....	15
v. Justificación	16
vi. Organización del documento	17
1 CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	17
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	17
1.2. Antecedentes históricos	20
1.3. Antecedentes Teóricos.....	24
1.3.1. Metaverso	24
1.3.1.1. Tipos de metaverso	25
1.3.1.2. Aplicaciones del metaverso	25
1.3.2. Metodología SCRUM.....	27
1.3.2.1. Fases	27
1.3.3. Herramientas.....	28
1.3.3.1. Blender.....	28
1.3.3.2. BlenderKit	29
1.3.3.3. Unity3D	29
1.3.3.4. Visual Studio Code.....	29
1.3.3.5. Polycam	29
1.4. Antecedentes Contextuales.....	30
1.4.1. Ámbito de aplicación.....	30
1.4.2. Establecimiento de requerimientos.....	31
2 CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	31
2.1. Definición del prototipo.....	31
2.2. Metodología de desarrollo del prototipo	34
2.2.1. Enfoque, alcance y diseño de investigación	34
2.2.2. Unidades de análisis.....	34
2.2.3. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	36
2.2.4. Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados	36
2.2.5. Metodología o métodos específicos.....	36
2.2.6. Herramientas y/o Materiales	37

2.3.	Desarrollo del prototipo	38
2.4.	Ejecución del prototipo.....	57
3	CAPITULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO	58
3.1.	Plan de Evaluación	58
3.1.1.	Objetivos de Evaluación	61
3.1.2.	Métricas y criterios de evaluación	62
3.1.3.	Cronograma	62
3.1.4.	Planificación de reuniones con el tutor.....	62
3.2.	Resultados de la evaluación.....	63
3.2.1.	Evaluación del prototipo.....	63
3.2.2.	Evaluación de la Eficiencia de Desempeño.....	69
3.2.2.1	Tiempo de respuesta de controles:	69
	Taza de fotogramas por segundo:	71
	Tiempo de carga de entornos:	73
4	CONCLUSIONES	75
5	RECOMENACIONES	75
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	79
Anexo 1.	Reunión con tutor	79
APENDICES	80
Apéndice 1.	Button left door.....	80
Apéndice 2.	Button right door.....	81
Apéndice 3.	Menú Inicial	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol del problema	13
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de búsqueda SRL	20
Figura 3: Cantidad de trabajos realizados por años (2019- 2024) de la cadena de búsqueda	20
Figura 4: Línea de tiempo del metaverso	23
Figura 5: Diagrama de Fundamentos Teóricos	24
Figura 6: Ubicación de la Facultad de Ingeniería Civil.....	30
Figura 7: Definición del prototipo.....	32
Figura 8: Captura de imágenes de las instalaciones de la Facultad.....	42
Figura 9: Creación de un objeto (malla) en Blender	42
Figura 10: Selección de forma cubica	43
Figura 11: Modificación del cubo a una base para estructura	43
Figura 12: Visualización de propiedades de un objeto.....	44
Figura 13: Mesh con nodo de textura de imagen	45
Figura 14: Unión de varios planos y bordes	45
Figura 15: Levantamiento de la primera estructura, aulas de la Facultad de Ingeniería Civil ...	46
Figura 16: Facultad de Ingeniería Civil exterior finalizado	46
Figura 17: Visualización de la interfaz de Polycam.....	47
Figura 18: Escaneo y resultado de la herramienta.....	47
Figura 19: Creación de una textura de piedra.....	48
Figura 20: Creación del proyecto en Unity	49
Figura 21: Importación de los modelos en extensión. fbx.....	49
Figura 22: Implementación de terreno en el proyecto.....	50
Figura 23: Se colocan los modelos de Blender en el terreno de Unity.....	50
Figura 24: Resultado de los modelos colocados.	50
Figura 25: Implementación de Starter Assets – ThirdPerson al proyecto	51
Figura 26: Creación de avatar	51
Figura 27: Importación del avatar y aplicación del Asset	52
Figura 28: Creación del Menú Inicial del Metaverso.....	52
Figura 29: <i>Revisión del sprint "Propuesta de Menú Metaverso"</i>	54
Figura 30: Socializando sugerencias	55
Figura 31: Entrada de la Facultad de Ingeniería Civil exterior.	57
Figura 32: Islas de Ingeniería Civil.	57
Figura 33: Entrada Escuela de Informática.	57
Figura 34: Aulas del área izquierda (planta baja).....	58
Figura 35: Aulas del área izquierda (primer piso).....	58
Figura 36: Aulas del área izquierda (segundo piso).	58
Figura 37: Cronograma del plan de Evaluación.....	62
Figura 38: Resultados Pregunta 1 de la encuesta.	64
Figura 39: Resultados Pregunta 2 de la encuesta.	64
Figura 40: Resultados Pregunta 3 de la encuesta.	65
Figura 41: Resultados Pregunta 4 de la encuesta	65
Figura 42: Resultados Pregunta 5 de la encuesta	66
Figura 43: Resultados Pregunta 6 de la encuesta	66
Figura 44: Resultados Pregunta 7 de la encuesta	67
Figura 45: Resultados Pregunta 8 de la encuesta	67
Figura 46: Resultados Pregunta 9 de la encuesta	68
Figura 47: Resultados Pregunta 10 de la encuesta	68
Figura 48: Prueba de tiempo de respuesta en computadora	69
Figura 49: Prueba de tiempo de respuesta en laptop	70
Figura 50: Resultados del Benchmark Tiempo de respuesta de controles	70
Figura 51: Primera prueba de taza de fotogramas por segundo en computadora.....	71
Figura 52: Segunda prueba de taza de fotogramas por segundo en computadora.....	71

Figura 53: Primera prueba de tasa de fotogramas por segundo en laptop.....	72
Figura 54: Segunda prueba de tasa de fotogramas por segundo en laptop.....	72
Figura 55: Resultados del Benchmark FPS en equipos utilizados	73
Figura 56: Prueba de tiempo de carga de entornos en computadora	73
Figura 57: Prueba de tiempo de carga de entornos en laptop.....	74
Figura 58: Resultados del Benchmark Carga Entorno en equipos utilizados.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables Dependientes e Independientes	16
Tabla 2: Preguntas de Investigación sobre el Metaverso en la FIC.....	18
Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión	19
Tabla 4: Información general de la Facultad de Ingeniería Civil	30
Tabla 5: Establecimiento de requerimientos para el metaverso	31
Tabla 6: Población estudiantil estimada para 2024-E1.....	35
Tabla 7: Técnicas de recolección de datos	36
Tabla 8: Fases en la implementación de la metodología SCRUM	37
Tabla 9: Herramientas y/o materiales.....	37
Tabla 10: Definición de Tareas	40
Tabla 11: Características de equipos utilizados.....	60
Tabla 12: Cronograma de reuniones y actividades de la tesis con el tutor	63

GLOSARIO

E

Entorno virtual: Espacio virtual generado por computadora donde usuario puedes explorar e interactuar.

I

Inmersivo: Experiencia que envuelve completamente a un usuario.

M

Metaverso: Universo virtual compartido que mezcla varias tecnologías, permitiendo a los usuarios interactuar en conjunto con un entorno digital en tiempo real.

P

Prototipo: Modelo inicial de un producto el cual se desarrolla para testear funcionalidades, conceptos y diseños antes de su versión final.

R

Realidad virtual: Tecnología que permite a usuarios interactuar con entorno simulado en computadora.

T

Tecnologías Emergentes: Tecnologías modernas que están en primeras etapas de desarrollo y tienen gran potencial para alterar significativamente industrias y mercados.

INTRODUCCIÓN

En una actualidad donde la tecnología cada vez toma más relevancia, empezó con la revolución del internet hasta el crecimiento de los dispositivos móviles y ordenadores, la manera en que vivimos ha cambiado drásticamente, adaptándonos a nuevos conceptos, desarrollando novedosas herramientas a partir de otras. El metaverso emerge como una frontera que busca redefinir nuestra interacción con la computadora, ofreciendo un entorno virtual colectivo, compartido y persistente en tiempo real, fruto de la convergencia de la realidad física y virtual.

Con el tiempo el impulso tecnológico como la realidad aumentada (AR), el blockchain y la ya mencionada realidad virtual (VR), han hecho del metaverso un concepto que ha ganado relevancia significativa en los últimos años. Tal es el caso de empresas como Meta, Microsoft o Google que invierten millones de dólares en el desarrollo y mejora de plataformas las cuales ayuden a los usuarios a interactuar con entornos virtuales que ofrezcan una experiencia inmersiva, Al tratarse de una perspectiva digital de mundo, el desarrollo va más allá, y se busca revolucionar industrias como el entretenimiento, el cine, incluso la educación, el comercio y el trabajo colaborativo.

La implementación del metaverso es algo que se busca comprender y analizar, esta tesis tiene como objetivo el explorar los fundamentos tecnológicos del metaverso orientado en la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, de esta forma examinar su impacto potencial en la comunidad universitaria a través de un prototipo diseño por y para estudiantes con el uso de herramientas modernas para el modelado 3D y plataformas de desarrollo de videojuegos como Unity. Este entorno busca ofrecer una experiencia inmersiva, a través de las interacciones y la exploración de las distintas estructuras que abarca la facultad, otorgando una comunicación en tiempo real entre estudiantes y familiarizándolos con las nuevas tecnologías.

i. Declaración y formulación del Problema

Declaración del problema

El metaverso apareció desde hace mucho tiempo en una novela de ciencia ficción, hoy en día ya es una realidad, apoyado por la mayoría de los países de Asia Oriental y otros a nivel mundial, su función se incrementó en el uso de ventas de bienes raíces, su impacto en el arte a través de la digitalización, y en otros casos en el ámbito educativo para fomentar el aprendizaje en línea o a través de internet [1].

Muchos estudiantes al postular para la educación superior buscan acercarse o ver antes a su lugar de estudio, pero pocas universidades tienen una experiencia satisfactoria [2], ya que suelen contar con imágenes y nada más, pero el uso de la digitalización para la exploración de infraestructuras implementado puede llevar a tener mayor significado.

El entorno de estudio y la accesibilidad no puede llegar a estar disponible siempre, esto debido a los diversos choques de actividades que tienen las carreras [3], por eso no todos terminan por conocer ciertas áreas de la Facultad de Ingeniería Civil que muchos quisieran conocer, pero pocos tienen la oportunidad de hacerlo.

En la Figura 1, se muestra el árbol del problema que aborda la pregunta de investigación sobre cómo ofrecer una experiencia inmersiva en la Facultad de Ingeniería Civil a través de un metaverso, mostrando las áreas clave de exploración y desarrollo.

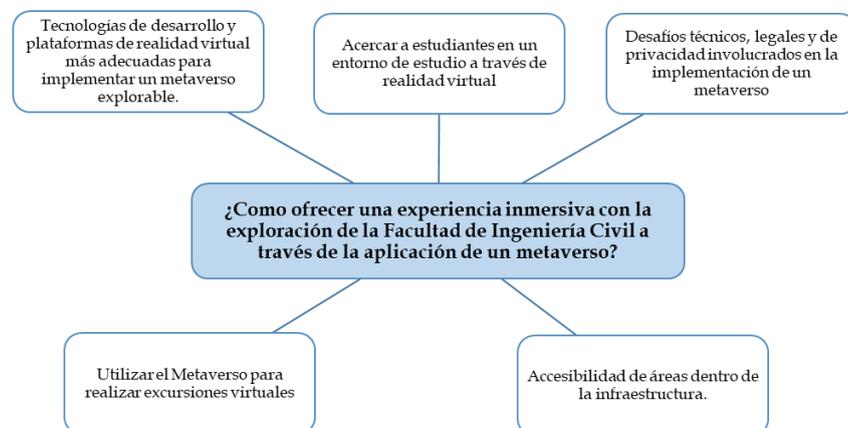


Figura 1: Árbol del problema

Formulación del problema

Problema principal:

- ¿Como ofrecer una experiencia inmersiva con la exploración de la Facultad de Ingeniería Civil a través de la aplicación de un metaverso?

Problemas específicos:

- ¿Qué tecnologías de desarrollo y plataformas de realidad virtual son más adecuadas para implementar un metaverso explorable en la Facultad de Ingeniería Civil?
- ¿Cómo puede el metaverso aportar en la inclusión de estudiantes para la accesibilidad de áreas dentro de la infraestructura?
- ¿De qué manera el metaverso puede acercar a los estudiantes a su entorno de estudio a través de realidad virtual?
- ¿Cuáles son los desafíos técnicos, legales y de privacidad involucrados en la implementación de un metaverso y cómo pueden ser abordados?
- ¿Cómo se puede utilizar el Metaverso para realizar excursiones virtuales en la Facultad de Ingeniería Civil de la UTMACH?

ii. Objeto de estudio y Campo de acción

Objeto de estudio

- Desarrollo e implementación de un entorno virtual inmersivo y colaborativo para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH).

Campo de acción

- Metaverso de realidad virtual orientado a la exploración de infraestructura.

iii. Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar el metaverso virtualizando la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil para una simulación enfocada a la accesibilidad de todas las áreas, integrando tecnologías modernas que ofrezcan una experiencia inmersiva e interactiva.

Objetivos específicos

- Establecer los requerimientos y especificaciones implementados en el metaverso.
- Realizar una búsqueda de información para la definición del concepto de metaverso.
- Desarrollar modelado 3D referentes a las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Civil.
- Implementar programación simulando acciones en los avatares del metaverso.
- Evaluar el prototipo del metaverso de la Facultad de Ingeniería Civil.

iv. Hipótesis y variables

Hipótesis principal

- La creación de un metaverso para la exploración de la Facultad de Ingeniería Civil permitiendo la accesibilidad de sus instalaciones a través de un entorno virtual inmersivo para la comunidad universitaria.

Variables y dimensionamiento

En la Tabla 1, podemos observar las variables dependientes e independientes acerca de la hipótesis.

Tabla 1: Variables Dependientes e Independientes

VARIABLES	CATEGORÍAS	INDICADORES	TÉCNICAS
Variable dependiente: Introducción a la experiencia de exploración en el metaverso para la comunidad universitaria de la Facultad de Ingeniería Civil.	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia del estudiante. - Interacción y exploración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Opiniones de la comunidad universitaria sobre la experiencia de exploración, nivel de participación en la exploración del metaverso - Accesibilidad del entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de métricas - Pruebas técnicas - Observación de la interacción.
VARIABLES	CATEGORÍAS	INDICADORES	TÉCNICAS
Variable independiente: Desarrollo de un metaverso basado en la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil para la exploración de su entorno virtual.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de un modelo 3D de la Facultad de Ingeniería Civil - Implementación de realidad virtual a través de herramientas 3D y un motor gráfico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Variedad, accesibilidad y disponibilidad de herramientas - Detalles del metaverso referentes a la infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de software especializado en el modelado 3D - Manejo de motor gráfico para la integración de funcionalidades interactivas y de aprendizaje virtual.

v. Justificación

La creación de un metaverso orientado a la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil representa un aporte interesante para la comunidad universitaria. La iniciativa surge de la convergencia de la realidad física y virtual, junto con la creciente demanda de nuevas tecnologías que enriquecen de manera beneficiosa al proyecto [4], Aunque aparentemente se limita a la exploración e interacción con el entorno de estudio, esto no reduce el potencial que un metaverso puede ofrecer a gran escala.

La creación de un entorno virtual que produzca las instalaciones y áreas de la facultad desde la facilidad de tu casa, trabajo o incluso la misma institución, solo con el requisito de una computadora y acceso a internet permite que los familiaricen con su entorno académico, la inmersión virtual les permitirá visualizar y navegar por los lugares de la facultad, incluidas aulas, laboratorios y espacios de estudio

tridimensional que simule la realidad [5].

La creación de avatares y modelado 3D da una estética llamativa para los usuarios, lo cual ayuda a tener una inmersa experiencia en la infraestructura virtual con el uso de modelos realistas gracias a la escalabilidad que Blender ofrece, así como también aplicar acciones de la vida real como sentarse, caminar, correr, entre otras, todo con el uso de Unity [6].

vi. Organización del documento

El actual documento está conformado por tres capítulos los cuales representan el proceso por el que se llevó a cabo este proyecto de titulación. El contenido de cada capítulo es:

Capítulo I: Este capítulo contiene toda la teoría relacionada con el proyecto, además de los antecedentes desde el histórico a los teóricos y contextuales.

Capítulo II: Dentro de este capítulo se encuentra todo el proceso del desarrollo del prototipo usando la metodología elegida y propuesta en el primer capítulo.

Capítulo III: Por último, el tercer capítulo proyecta las pruebas del prototipo y los resultados de la evaluación.

1 CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la Investigación

La metodología utilizada fue una revisión sistemática de literatura (SRL) para explorar y comprender la literatura existente relacionada con la creación del metaverso de la UTMACH, enfocándose en la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil.

Según [7], la metodología SRL es un método de investigación el cual se usa para identificar y evaluar críticamente investigaciones relevantes y analizar dichos datos de manera sistemática. Su principal propósito es identificar toda la evidencia empírica que responda a una pregunta particular de la investigación y que cumpla ciertos criterios de inclusión y exclusión preestablecidos.

a) Preguntas de investigación

Tabla 2: Preguntas de Investigación sobre el Metaverso en la FIC

¿Como aporta el metaverso a la accesibilidad de las instalaciones de la FIC?	El propósito de esta pregunta es analizar de qué forma el metaverso puede ser inclusivo y accesible para toda la comunidad universitaria.
¿Qué desafíos enfrenta la implementación del metaverso?	Esta pregunta busca identificar los obstáculos técnicos, legales y de privacidad en la implementación.
¿Qué tecnologías se usan en el metaverso?	El propósito de la pregunta es reconocer las herramientas y plataformas que se emplean en el metaverso.
¿Qué factores mejoran la inmersión?	La pregunta busca analizar los elementos que contribuyen a una experiencia inmersiva en el metaverso.
¿Como se adapta el metaverso a diferentes usuarios?	Con esta pregunta se busca comprender como el metaverso puede ser diseñado para ser accesible e inclusivo para todos los estudiantes.
¿Como se garantiza la privacidad?	Se busca explorar estrategias para asegurar la privacidad y seguridad de los estudiantes en el entorno virtual.
¿Qué desafíos técnicos existen?	El propósito de esta pregunta es identificar los principales obstáculos en el desarrollo y uso del metaverso.
¿Como se integra el metaverso con otras tecnologías?	Se busca investigar las formas en el que el metaverso puede combinarse con otras herramientas para su mejor funcionalidad.
¿Como atraer a la comunidad estudiantil al metaverso?	La pregunta busca analizar de qué manera obtener la atención de la comunidad en el entorno virtual.

b) Palabras claves y Cadena(s) de búsqueda

En la fase de indagar información se implementó el uso de cadenas de búsqueda basadas en palabras claves en varias revistas y bases de datos científicas de renombre, como ScienceDirect, Google Académico, SciELO y Redalyc.

Así, con esta estrategia, se logró facilitar de forma eficiente la búsqueda de información relevante para nuestra investigación.

Cadena de búsqueda en español:

- (“Metaverso”) Y (“Videojuego” O “Explorable” O “Entorno Virtual” O “Institución” O “Universidad” O “Instalaciones”) Y (“Unity” O “Modelado 3D” O “Blender” O “VR” O “Educación” O “Realidad Virtual” O “Gamificación”).

Cadena de búsqueda en inglés:

- (“Metaverse”) AND (“Videogame” OR “Explorable” OR “Virtual Environment” OR “Institution” OR “University” OR “Facilities”) AND (“Unity” OR “3D Modeling” OR “Blender” OR “VR” OR “Education” OR “Virtual Reality” OR “Gamification”).

c) Criterios de inclusión y exclusión

Se tomaron criterios de inclusión, para esto se tuvo en cuenta tesis, libros, investigaciones, revistas y artículos científicos que incluyan temas relacionados al metaverso y sus aplicativos. Además, se consideró información relevante como dificultades técnicas, ventajas, su impacto y adaptación en la comunidad. Por último, se limitó a aceptar la inclusión de documentos en la investigación cuyo rango de publicación sea entre el año 2019 hasta el 2024.

En los criterios de exclusión se tomó en consideración aquellos documentos que estén fuera del rango de año establecido, también artículos que no tengan relación con el tema del metaverso ni pertenezcan a una revista, artículo, libro o investigación científica.

Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión

N.º	Criterios de inclusión
1	Artículos de índole científica
2	Documentos que tengan relación con el metaverso
3	Documentos con un rango de año de publicación mayor a 2019
N.º	Criterios de exclusión
1	Artículos sin relación con el tema de investigación
2	Documentos cuyo año de publicación sea menor a 2019

d) Proceso y resultados de la búsqueda

En la investigación se realizó una búsqueda integra en varias revistas y bases de

datos científicas de renombre, manteniendo los criterios previamente establecidos. Como resultado se obtuvo un filtrado de los artículos obtenidos los cuales se consideran que cumplen los puntos del criterio de inclusión.

En la Figura 2, muestra el diagrama de flujo del proceso de selección de artículos, mostrando las cuatro etapas principales: búsqueda, descarte, depuración y documentación, así como el número de artículos resultantes en cada fase.

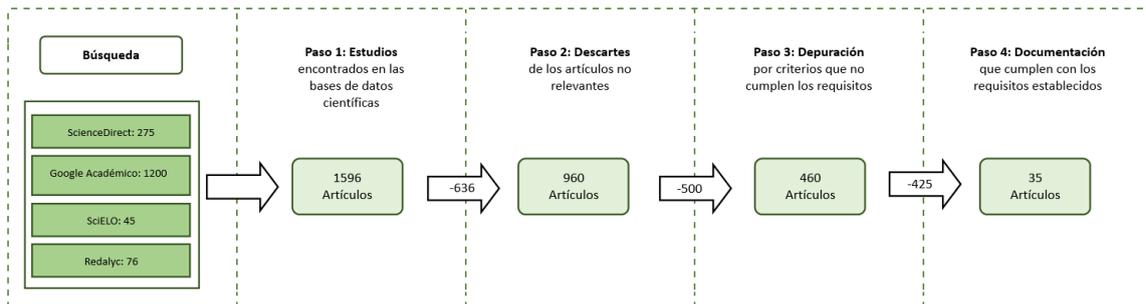


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de búsqueda SRL

La Figura 3, se realizó una gráfica que visualice los resultados de la búsqueda de documentos relevantes, organizada por año de publicación entre 2019 y 2024.



Figura 3: Cantidad de trabajos realizados por años (2019- 2024) de la cadena de búsqueda

1.2. Antecedentes históricos

En la bibliografía revisada se encontraron varios artículos científicos cuyo contenido tiene relación con el metaverso, así mismo tesis, investigaciones y libros

con temas que asimilan la implementación con distintas tecnologías las cuales sirven como referencia para el desarrollo del proyecto.

En su fase inicial, en el año 1979, fue creado por Roy Trubshaw y Richard Bartle el primer MUD (Multi-User Dungeon) los cuales son mundos virtuales basados en texto, su temática como su nombre lo dice consisten en mazmorras y creación de mundos fantásticos, si bien se relaciona a los MUDs como pioneros de las redes sociales, estos también formaron un gran papel para lo que sería la formación del metaverso a futuro, ya que se trataba de los primeros indicios de contacto con la digitalización. Una década después, en 1986, se vería reflejada su segunda fase de desarrollo, cuando LucasFilm inspirado por “Neuromante” de William Gibson publico Habitat para la commodore 64, trayendo innovaciones como ser la primera aplicación comercial en implementar una interfaz gráfica, pero en lo que más destaca es en el ser primer mundo virtual en usar el término “avatar” [8].

Para ese entonces, la idea se conocía como mundo virtual, hasta que, en 1992, bajo la influencia de la palabra griega 'meta', cuyo significado es 'más allá', y 'universo', surgió el término que prevalecería hasta la actualidad: 'metaverso'. Este término fue empleado por primera vez en la novela ciberpunk titulada 'Snow Crash', del autor de ciencia ficción Neal Stephenson [9].

Habitat tendría una vida útil corta, y en 1995, con la popularización del internet, se lanzó el primer intento por crear un metaverso en 3D con WORLDS.com, siendo pionero y uno de los primeros entornos virtuales donde los usuarios podían interactuar, socializar e incluso crear contenido en un mundo digital compartido, lo cual atrajo consigo una gran base de usuarios, alargando su vida más de lo que su predecesor pudo, por esta razón se lo podría considerar precursor, ya que a pesar de la época este compartía características similares que hasta la actualidad están presentes en el metaverso, un año más tarde se lanzó Active Worlds otro mundo virtual el cual emplearía el 3D con la ligera diferencia que sus entornos contaban con mayor interacción con lo que ganó el reconocimiento de la comunidad, alcanzando mayor popularidad [10].

La idea no terminaría ahí y en las siguientes décadas, en el año 2000 saldría Habbo Hotel lanzado por la empresa finlandesa Sulake Corporation [11]. Al igual que

WORLDS.com se trataba de un entorno virtual el cual continuaba con las características del anterior mencionado, con la ligera diferencia de que estaba orientado a un modelo 2D, mucho más optimizado y con más variedad de interacción en el entorno, fue en este juego donde la participación de actividades sociales y económicas se empezarían a normalizar en estos medios.

Unos 3 años después en el 2003 apareció Second Life, dando otra perspectiva más fresca y moderna de un entorno virtual, este estaba orientado al modelado 3D y simulaba con más precisión lo que sería una vida virtual, volviéndose un fenómeno popular entre la ciber comunidad [12]. Luego en 2007 como describe [13], en el Metaverse roadmap project “se presentaron conceptos que incluían tecnologías de simulación que darían lugar a los espacios virtuales persistente”. También se unirían otros proyectos como es el caso de OpenSimulator [14].

En el 2010 se hicieron presentes conceptos como la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) así mismo la presencia de multimedia inmersiva con tecnologías como los lentes RV [15], hizo aparición como una de las principales herramientas de la realidad virtual, el Oculus Rift [16], y el HTC Vive, este mismo año se publica Pokemon GO el cual expandió las posibilidades en las que el usuario puede interactuar con entornos virtuales y el mundo real al mismo tiempo. Por otra parte, a pesar de haber salido en el 2005, Unity empezó a experimentar un crecimiento significativo posicionándose como la herramienta de creación de videojuegos predilecta entre las desarrolladoras de software independientes, esto debido a su posibilidad de llevar prototipos a diversos sistemas, en la actualidad se ha vuelto una buena opción para las simulación debido a su buena calidad de gráficos [17].

Para estas fechas el 3D se vuelve más popular en la industria de videojuegos y con esto herramientas de modelado empiezan a posicionarse entre las preferidas de los desarrolladores, una de las más usadas sería Blender, debido a su suite llena de funcionalidades que aportan desde animación 3d hasta diseño 3d para entornos virtuales o videojuegos [18].

En el 2020 la consolidación de la realidad virtual la hace más accesible e integra en diferentes aspectos de la vida cotidiana y empieza a generar interés en las empresas

de tecnología por explorar la creación de metaversos [19].

Un año después, en 2021, la empresa Facebook anuncio públicamente su visión de construir un metaverso, este anuncio marcó un hito significativo en el interés de la industria tecnológica por este concepto y desde entonces se han expandidos varias iniciativas relacionadas al metaverso [20].

En el 2023 se empezó a realizar investigaciones de cómo se podría implementar varias oportunidades y desafíos en el entorno virtual. Abordando diferentes aspectos necesarios para un entorno de aprendizaje efectivo en el metaverso, también se menciona el desarrollo de habilidades blandas a través de entornos inmersivos y simulaciones para enseñar competencias tanto emocionales como sociales [21].

En 2024 el metaverso se ha vuelto un concepto que engloba muchas aplicaciones, entre las más populares destacan el desarrollo educativo, aprovechando la inmersividad e interactividad. Como menciona [22], “ayuda a la personalización del aprendizaje ya que puede adaptarse a las necesidades individuales”.

La Figura 4, muestra una línea de tiempo que representa la evolución del concepto de metaverso a lo largo del tiempo para ser lo que se considera actualmente, al ser una idea ampliable esta puede tener una gran escalabilidad de estudio y adaptarse a muchas tecnologías con el paso del tiempo.

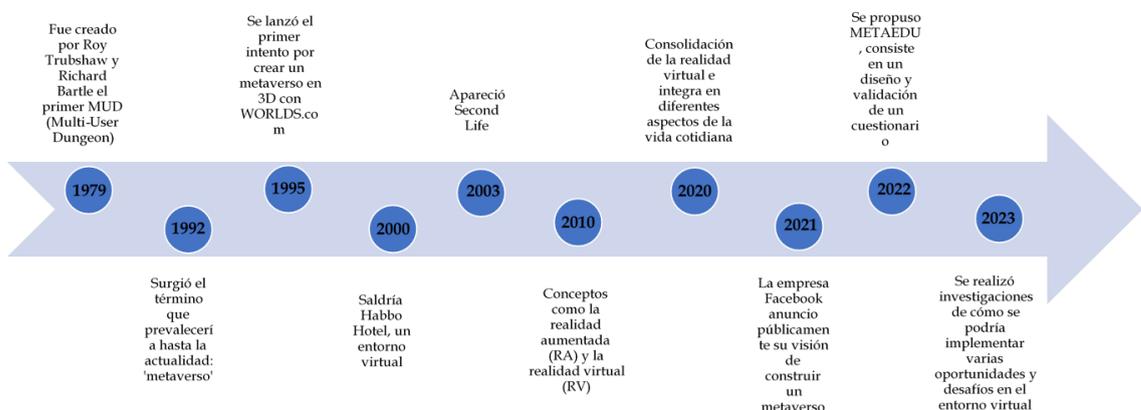


Figura 4: Línea de tiempo del metaverso

1.3. Antecedentes Teóricos

Para orientar mejor el marco teórico, en la Figura 3, se puede observar un mapa correspondiente a los temas relevantes del trabajo.

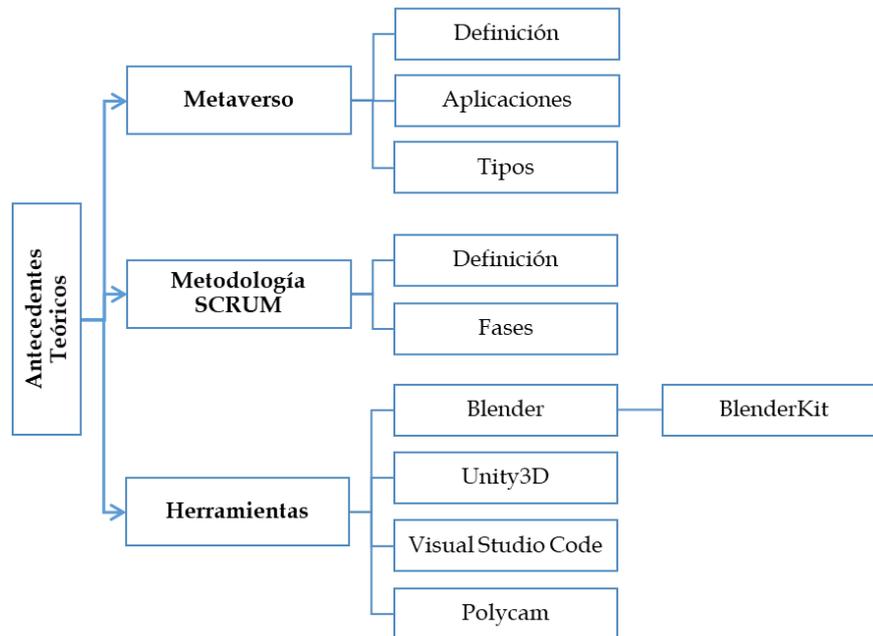


Figura 5: Diagrama de Fundamentos Teóricos

1.3.1. Metaverso

El término “metaverso” apareció a mediados de 1992, en una novela de Neal Stephenson, llamada “Snow Crash”. En la historia, el personaje principal se adentra en un universo virtual online, en forma de avatar, para escapar de los problemas de su realidad. El término es una combinación de “meta”, que significa virtual, con “verso”, que se refiere al mundo, el universo [23].

El metaverso es un término que se utiliza para referirse a un espacio virtual compartido por múltiples usuarios, donde se pueden interactuar entre sí y con objetos digitales mediante avatares [24]. El metaverso busca retener la atención del usuario, de forma que pueda experimentar lo inmersivo [25], para ello se basa en tecnologías como la realidad virtual, la realidad aumentada, la inteligencia artificial y el blockchain. Algunos ejemplos de metaversos son Second Life, Fortnite, Roblox y Decentraland.

Características del metaverso:

Según [26], el metaverso tiene las siguientes características:

- **Interactividad.** El usuario es capaz de comunicarse con el resto de los usuarios y de interactuar en y con el metaverso.
- **Corporeidad.** Los usuarios están representados por avatares y están limitados por ciertas leyes y recursos.
- **Persistencia.** El programa sigue funcionando y desarrollándose a pesar de que algunos o todos sus miembros no estén conectados.

1.3.1.1. Tipos de metaverso

Según [27], es posible clasificar y separar los tipos de metaverso en: Realidad Aumentada: medio de proyectar información del mundo real utilizando un dispositivo (teléfono inteligente, por ejemplo); Mundos Espejo: espacio que proporciona nueva información o actividades a los usuarios creando un espacio idéntico al mundo real en el mundo virtual; Mundos virtuales: espacio virtual donde los usuarios pueden mover sus avatares basándose en gráficos 3D y; Lifelogging: espacio virtual en el que datos y acciones que ocurren en la realidad se trasladan al mundo virtual tal cual son.

1.3.1.2. Aplicaciones del metaverso

El metaverso cuenta con una gran cantidad de investigaciones para explorar hasta donde se puede implementar, Como dice en [28], se ha utilizado en educación, seguridad, diseño, salud e incluso construcción, entre estas aplicaciones destacan:

- **Educación**

En el contexto educativo, el metaverso ofrece la posibilidad de llevar la enseñanza y el aprendizaje a un nivel completamente nuevo [29]. Principalmente, esto se debe a que las personas pueden interactuar, socializar, trabajar, jugar y crear contenidos en un entorno digital tridimensional. El metaverso en la educación también permite adoptar a través de tecnologías la posibilidad de sistemas de aprendizaje eficientes para estudiantes STEM [30], medicina, ingeniería civil e incluso turismo. Una

evolución, parece que lógica y secuencial, de los mundos y las realidades virtuales más tecnológicas que se ha incorporado en la cultura popular y en el ámbito educativo en los últimos años [31].

- **Entretenimiento**

Las plataformas de medios sociales nacieron para conectar a la gente, y fue un éxito. Con la popularidad de películas como Matrix o Ready Player One [32], la realidad virtual no deja de ser llamativo para los jóvenes, la idea de poder tener una experiencia inmersiva que escale, la interactividad y el poder conectar con más usuarios es simplemente emocionante. Ahora el metaverso da otra perspectiva a la forma de utilizarlos. El usuario no estará en la pantalla del teléfono o del ordenador, sino que compartirá un espacio virtual, lo que hace que estas conexiones sean aún más realistas [33].

- **Medicina**

Según [34], en medicina, el metaverso podría tener distintas aplicaciones: (1) consultas médicas virtuales; (2) educación y formación médica; (3) educación del paciente; (4) investigación médica; (5) desarrollo de medicamentos; (6) terapia y apoyo; (7) medicina de laboratorio. El metaverso permitiría una atención sanitaria más personalizada, eficiente y accesible, mejorando así los resultados clínicos y reduciendo los costes de atención médica.

- **Industrial**

El concepto de “metaverso industrial” se refiere a un mundo virtual o espacio digital que está diseñado específicamente para facilitar actividades y procesos industriales. Es decir, es un entorno digital que está destinado a apoyar la fabricación, la logística, la gestión de la cadena de suministro y otros tipos de operaciones industriales [35].

- **Empresarial**

Como indica [36], metaverso se considera una fuente de transformación digital, por distintos factores como la interacción, la inmersión y el comercio digital, por tal motivo empresas como Fendi o Ferrarago han aprovechado el metaverso para

atraer y brindar una experiencia inmersiva en los clientes, otras marcas como Adidas, series de tv como The Walking Dead o Los Pitufos y artistas como Steve Aoki o Deadmau5 se han unido a estas tecnologías para colaborar en plataformas como The Sandbox.

- **Turismo**

Viajar es una pasión que muchas personas comparten; sin embargo, los gastos de los vuelos y los hoteles hacen imposible disfrutar de esa afición tanto como a uno le gustaría. Con el Metaverso, puede disfrutar de la experiencia de viajar sin visitar físicamente los destinos con una visita virtual de 360° de su destino favorito [37].

1.3.2. Metodología SCRUM

La metodología SCRUM se caracteriza por la adaptabilidad de los equipos de trabajo para abordar diferentes problemas y por su compromiso con la entrega de productos de máximo valor mediante un enfoque iterativo e incremental [38].

Scrum al ser una metodología de desarrollo ágil tiene como base la idea de creación de ciclos breves para el desarrollo, que comúnmente se llaman iteraciones y que en Scrum se llamarán “Sprints” [39].

1.3.2.1.Fases

1. Planeación del Sprint/Sprint Planning

Todos los involucrados en el equipo se reúnen para planificar el Sprint. Durante este evento se decide qué requerimientos o tareas se le asignará a cada uno de los elementos del equipo. Cada integrante deberá asignar el tiempo que crea prudente para llevar a cabo sus requerimientos. De esta manera se define el tiempo de duración del Sprint [40].

2. Reunión de equipo de Scrum/Scrum team meeting

A estas reuniones se les deberían dedicar máximo 15 minutos diarios, y deberían ser siempre en el mismo horario y lugar.

Estas reuniones sirven para que todos los miembros del equipo se apoyen entre

ellos. Si alguno de ellos tiene algún inconveniente que obligue a extender el encuentro, este debe tratarse más a fondo en una reunión enfocada en buscar la mejor solución para ello [41].

3. Refinamiento del Backlog/Backlog Refinement

El Product Owner revisa cada uno de los elementos dentro del Product Backlog con el fin de esclarecer cualquier duda que pueda surgir por parte del equipo de desarrolladores. También sirve para volver a estimar el tiempo y esfuerzo dedicado a cada uno de los requerimientos [40].

4. Revisión del Sprint/Sprint Review

Los miembros del equipo y los clientes se reúnen para mostrar el trabajo de desarrollo de software que se ha completado. Se hace una demostración de todos los requerimientos finalizados dentro del Sprint. En este punto no es necesario que todos los miembros del equipo hablen, pueden simplemente estar presentes, pero la presentación está a cargo del Scrum Master y el Product Owner [41].

5. Retrospectiva del Sprint/Retrospective

En este evento el Product Owner se reúne con todo su equipo de trabajo y su Scrum Master para hablar sobre lo ocurrido durante el Sprint. Según [40], los puntos principales a tratar en esta reunión son:

- ¿Qué se hizo mal durante el Sprint para poder mejorar el próximo?
- ¿Qué se hizo bien para seguir en la misma senda del éxito?
- ¿Qué inconvenientes se encontraron y no permitieron poder avanzar como se tenía planificado?

1.3.3. Herramientas

1.3.3.1.Blender

Blender es un OSS que proporciona una de las suites de creación de gráficos 3D más completas. Incluye herramientas para modelado, texturizado, sombreado, rigging, animación, composición, renderizado, edición de video, animación 2D y

más. Desde el desarrollo de la versión 2.50, que marcó un gran hito, la base de usuarios de Blender ha crecido significativamente y más profesionales han comenzado a utilizarlo [42], lo que lo hace ideal para artistas y diseñadores 3D debido a que ayuda a agilizar los procesos de diseño. BlenderKit proporciona materiales y pinceles gratuitos, mientras que algunos de sus modelos 3D requieren una suscripción a la plataforma para poder utilizarlos.

1.3.3.2.BlenderKit

BlenderKit es una base de datos en línea de materiales, pinceles y modelos 3D en la que se puede buscar, descargar y usar los pinceles y los materiales de forma gratuita. La base de datos completa de modelos estará disponible al suscribirse [43].

1.3.3.3.Unity3D

Unity es lo que se conoce como un motor de desarrollo o motor de juegos. El término motor de videojuego, game engine, hace referencia a un software el cual tiene una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un entorno interactivo; es decir, de un videojuego [44].

1.3.3.4.Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Es software libre y multiplataforma, está disponible para Windows, GNU/Linux y macOS. VS Code tiene una buena integración con Git, cuenta con soporte para depuración de código, y dispone de un sinnúmero de extensiones, que básicamente te da la posibilidad de escribir y ejecutar código en cualquier lenguaje de programación [45].

1.3.3.5.Polycam

Polycam es una aplicación móvil de edición de video que permite a los usuarios escanear su entorno para crear modelos tridimensionales realistas. Además, ofrece la capacidad de editar estos modelos e incorporar efectos de realidad aumentada, animaciones y objetos virtuales. Esta aplicación brinda a los usuarios la opción de crear videos con experiencias inmersivas y sorprendentes [46].

1.4. Antecedentes Contextuales

El presente trabajo consiste en desarrollar un Metaverso de la Facultad de Ingeniería Civil, usando modelos 3D que se los realizarán mediante Blender y emplear Unity como motor de Realidad Virtual, para que la comunidad estudiantil pueda experimentar un entorno virtual de la Facultad.

En la Tabla 4, se muestra información relevante de la FIC y las carreras vigentes, tal como se ilustra en la Figura 6 para la ubicación de la facultad.

Tabla 4: Información general de la Facultad de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil (FIC)	
Autoridades	Decana: Arq. Luisana Campusano Vera, Mg. Sc. Subdecano: Ing. Freddy Leonardo Espinoza Urgilés, Mgs.
Carreras	<ul style="list-style-type: none">• Ingeniería Civil• Tecnologías de la Información• Ingeniería Ambiental
Numero de Docentes	47
Número de Estudiantes	1515
Ubicación	 <p><i>Figura 6: Ubicación de la Facultad de Ingeniería Civil</i></p> <p>Fuente: Google Maps</p>

1.4.1. Ámbito de aplicación

El proyecto del metaverso de la facultad de ingeniería civil, se ha diseñado como una avanzada herramienta de accesibilidad que busca mejorar significativamente la

misma de los estudiantes a sus entornos académicos y conocerlos mejor. Este sistema se desplegará inicialmente entre los estudiantes matriculados en diversas carreras de la facultad, proporcionándoles una plataforma para explorar virtualmente las instalaciones mediante un entorno digital construido con Unity3D y Blender. Para evaluar la efectividad de este sistema, se organizarán pruebas con grupos seleccionados de estudiantes, quienes aportarán datos sobre su experiencia y nivel de satisfacción mediante encuestas y análisis estadísticos detallados. La implementación de este metaverso está destinada a innovar la interacción estudiantil con el entorno universitario, permitiendo un acceso intuitivo a las infraestructuras académicas, y promoviendo una mejor integración y adaptación al ambiente educativo.

1.4.2. Establecimiento de requerimientos

En la Tabla 5, se estableció los requerimientos que se utilizó en la creación del metaverso de la Facultad de Ingeniería Civil.

Tabla 5: Establecimiento de requerimientos para el metaverso

Requerimiento	Descripción detallada	Prioridad
Creación del avatar	Incorporar avatares que permitan al usuario moverse e interactuar en el metaverso	Alta
Modelación 3d de las instalaciones reales	Elaborar modelos 3D de las instalaciones de la facultad de ingeniería civil.	Alta
Interfaz de usuario	Desarrollar una interfaz de usuario que permita a los estudiantes registrarse y acceder al metaverso.	Media
Jugabilidad	La persona pueda moverse e interactuar con el entorno.	Alta
Pruebas y Validación	Llevar a cabo pruebas para evaluar el rendimiento del metaverso.	Alta

2 CAPITULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

2.1. Definición del prototipo

El desarrollo para el metaverso de la Facultad de Ingeniería Civil, involucrará tecnologías emergentes como Unity 3D y modelos 3D en Blender, estas serán el

pilar para alcanzar el entorno inmersivo. En la Figura 7, se puede observar de manera gráfica el diseño del prototipo.

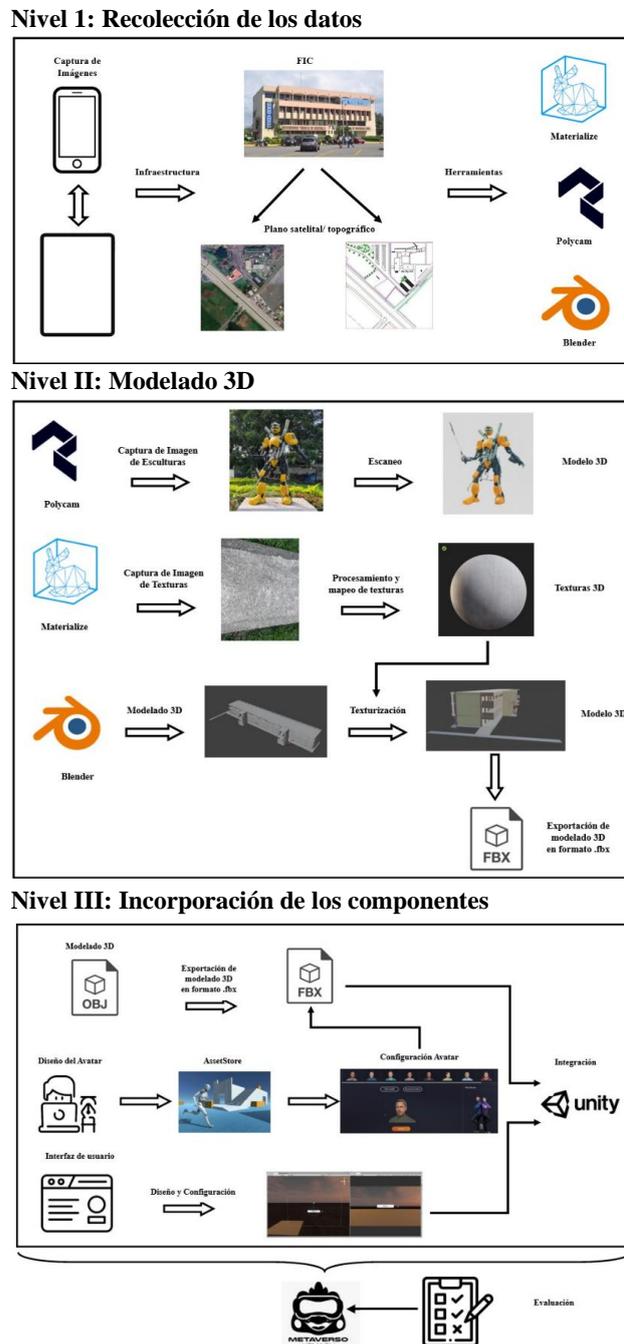


Figura 7: Definición del prototipo

El uso del prototipo será el de permitirle a los estudiantes explorar las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Civil mediante entornos inmersivos virtuales. Mediante imágenes de referencia de los edificios se inicia desarrollando los modelos 3D en Blender, después, estos serán cargados en el motor de desarrollo que será Unity.

Para que la experiencia sea amigable e inmersiva, además de crear un avatar para este entorno, vemos necesario usar técnicas de animación y scripts que logren la presencia virtual prevista. Por último, usando cuestionarios, se pretende evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes en base a dos grupos, un grupo que no participó en el test del prototipo, y otro grupo que participó en su ejecución. A continuación, se explicarán los 3 niveles que conforman el desarrollo del metaverso UMTACH:

En el primer nivel se plantea la recolección de información, referencias y datos referentes al entorno físico, la técnica principal en este proceso es la recolección de imagen de las distintas infraestructuras que tiene la Facultad de Ingeniería Civil, la obtención de las fotografías se realiza bajo el permiso de las autoridades.

Una vez conseguida la información necesaria se procedería a dar inicio al prototipo usando herramientas como Materialize para las texturas propias, Polycam para la creación de modelos 3D basados en imágenes y Blender para realizar el modelado general uniendo las demás herramientas.

En el segundo nivel se procederá a usar las herramientas anteriormente mencionadas, con Materialize se realizarían las paredes, techos y demás texturas que se visualice en los exteriores e interiores. Luego con la ayuda de Polycam a través de imágenes podremos modelar en 3D de una forma más rápida estatuas o adornos que estén en la Facultad. Finalmente, con todo lo obtenido se iniciará a modelar con los recursos adquiridos, generando una maqueta que posteriormente pasará a la plataforma Unity.

En el tercer nivel, con lo modelado en Blender y herramientas derivadas se procede a exportar los modelos en formato .fbx para usarlos dentro de la maqueta de Unity, el avatar y su configuración también se exportan de Blender, sus acciones se desarrollan con scripts y en algunos complementos se hace uso de la assetStore, finalmente se desarrolla la interfaz de usuarios con la ayuda de nodos y codificación en c#.

2.2. Metodología de desarrollo del prototipo

2.2.1. Enfoque, alcance y diseño de investigación

El proyecto sigue un enfoque cuantitativo el cual busca medir la satisfacción de la comunidad universitaria en cuanto a la accesibilidad de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Civil en el metaverso. Para esto se hará uso de encuestas y análisis estadísticos, y así poder evaluar como los usuarios se adaptan al entorno virtual.

El alcance empieza con un encuadre exploratorio que progresa a descriptivo. Como primera fase se plantea buscar información bibliográfica sobre el metaverso y sus conceptos, además se tiene en cuenta las tecnologías que se usaran para desarrollarlo, como son herramientas de modelado 3D, motores gráficos para la creación de mundos virtuales. El objetivo de esta fase es poder comprender cómo se desenvuelven estas tecnologías, que grado de importancia tienen en la preparación de un metaverso y así progresar a un encuadre descriptivo. En esta fase se debe aplicar las características y funcionalidades que el metaverso debe tener, de esta forma poder analizar y medir las variables que muestren la aceptación del metaverso en la comunidad universitaria, permitiéndonos evaluar y comprender la importancia y comodidad que el estudiante puede percibir del mundo virtual.

En cuanto al diseño de investigación, es cuasiexperimental, ya que el metaverso en su primera fase de desarrollo es un prototipo, que busca observar el efecto y la importancia que la comunidad le da a la accesibilidad virtualizada de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Civil.

2.2.2. Unidades de análisis

Población

Como población se considera a la Facultad de Ingeniería Civil, tal como se indica en los antecedentes contextuales estas se organizan por carrera y se considera a los estudiantes matriculados en las carreras de la facultad.

En la Tabla 6, representa a los distintos estudiantes los cuales cursen una materia durante el periodo 2024-E1 en la Facultad de Ingeniería Civil. Se especifica la

cantidad de alumnos por carrera para analizar la distribución del estudiantado en este período académico.

Tabla 6: Población estudiantil estimada para 2024-E1

Estimación de la población en el periodo 2024-E1	
Estudiantes que comenzaron oficialmente clases en:	Cantidad
Ingeniería Civil	584
Ingeniería Ambiental	396
Tecnologías de la Información	535
Total	1515

Muestra

Se decidió utilizar una muestra de unos 30 estudiantes debido a que para evaluar la usabilidad de un entorno virtual se requiere de un enfoque que ayude a encontrar problemas sin incurrir en costos excesivos o en nuestro caso tiempos excesivos. Según Nielsen [47], menciona que no es necesario tener una muestra muy grande para encontrar problemas de usabilidad en la interfaz de un software, esto debido a la observación de que para evaluaciones cuantitativas los primeros usuarios que prueben el prototipo van a encontrar el 80% al 95% de los problemas de usabilidad en un software. El enfoque se basa en la observación de resultados donde tras evaluar un software los problemas más críticos de la aplicación se ven reflejados en los primeros 5 primeras experiencias de los usuarios, lo cual nos lleva a poder solucionar de forma más eficiente y rápida los inconvenientes con nuestra aplicación. Por parte añadir más participantes a la encuesta va a generar hallazgos redundantes y maximiza el tiempo de evaluación por resultados que ya se registraron. Una muestra mayor no implica necesariamente una mejora en la evaluación de problemas.

En el caso de un entorno virtual como el metaverso de la infraestructura de la facultad de ingeniería civil donde se requiere de una experiencia fluida para la inmersión y la navegación efectiva, utilizar esta metodología permite realizar pruebas ágiles y de esta forma poder enfocarse en las áreas más problemáticas. En lugar de invertir tiempo y recursos en grandes estudios de usabilidad donde los

resultados son los mismos con un rendimiento decreciente, de esta forma se pueden implementar ciclos iterativos donde con pequeños grupos se puede realizar ajustes y volver a evaluar, optimizando el desarrollo del prototipo.

2.2.3. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

La técnica de recolección de datos usada en esta investigación es el uso de encuestas, tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Técnicas de recolección de datos

Técnica	Instrumento
Observación	Imágenes fotográficas
Encuesta	Cuestionario u hoja de encuesta o test digital

2.2.4. Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados

Se uso el análisis descriptivo para los resultados de la encuesta, de esta forma se obtuvo una perspectiva general de la aprobación del metaverso en la comunidad universitaria.

Los resultados se hicieron presentes en:

- Gráficos de barras simples, agrupadas, apiladas o al 100%
- Cuadros de frecuencias absolutas y relativas

2.2.5. Metodología o métodos específicos

Para este proyecto se plantea usar la metodología Scrum, esto debido a su marco de trabajo el cual es colaborativo y se adapta con mayor éxito a aplicaciones que tengan requerimientos y funcionalidades que pueden llegar a variar con el curso del proceso.

Sus diferentes fases de diseño, desarrollo, pruebas y ajustes las cuales se adaptan fácilmente a mejoras continuas nos dan mayor flexibilidad y adaptabilidad, además su enfoque iterativo ayuda a que se pueda cumplir con las necesidades esperadas.

En la Tabla 8, se visualiza las distintas fases por las que el proyecto pasara, tales como: Product Backlog, Sprint Planning, Sprint, Review, Repeat.

Tabla 8: Fases en la implementación de la metodología SCRUM

Fase	Función
Product Backlog	En la primera fase se realiza una lista priorizada de todos los elementos necesario para que el prototipo del metaverso explorable pueda funcionar. Esto puede incluir funciones como modelado en 3D de las instalaciones.
Sprint Planning	En la segunda fase el equipo se reúne para definir y decidir qué elementos del Product Backlog se incluirá en el próximo sprint. Para estas decisiones el equipo se basa en la capacidad y prioridad.
Sprint	En la tercera fase se da un periodo de tiempo de 2 a 3 semanas, en este tiempo el equipo trabaja en las tareas planificadas. Dependiendo del Scrum Master durante este proceso se pueden llegar a realizar reuniones diarias, para así revisar el progreso, y de ser necesario ajustar el plan de desarrollo.
Review	La cuarta fase ocurre al final del sprint, el equipo presenta el trabajo completo establecido.
Repeat	En la quinta fase el equipo se prepara para el próximo sprint, comenzando de esta forma un nuevo ciclo iterativo.

2.2.6. Herramientas y/o Materiales

En la Tabla 9, se aprecia las herramientas que consideramos necesarias para desarrollar este prototipo de metaverso.

Tabla 9: Herramientas y/o materiales

Clasificación	Herramientas y/o Materiales
Software	Unity Student Plan Blender Polycam
Hardware	Computadoras Celulares
Datos	Imágenes Fotográficas

2.3. Desarrollo del prototipo

Metodología SCRUM

FASE 1: Product backlog

En esta fase, se realizaron actividades colaborativas para definir claramente los requisitos del proyecto y establecer un plan de acción ordenado y manejable.

Identificación de Funcionalidades y Características:

El equipo de desarrollo realizó sesiones de reuniones estructuradas para identificar las funcionalidades críticas del metaverso. Se consideraron aspectos como la accesibilidad, la interactividad, la precisión en la representación de las instalaciones y la usabilidad general del entorno virtual.

Funcionalidades Identificadas:

- Elaboración de modelos tridimensionales precisos de las infraestructuras de la Facultad de Ingeniería Civil.
- Incorporación de puntos interactivos de interés, como entradas, señales informativas y zonas de consulta.
- Creación de avatares con movimiento fluido dentro de las instalaciones, con la inclusión de rutas preestablecidas y controles intuitivos.
- Integración de animaciones realistas para los avatares y efectos visuales que aumenten la sensación de inmersión.
- Diseño de interfaces accesibles y fáciles de utilizar para todos los estudiantes.

Priorización de Funcionalidades:

Para determinar el orden de implementación de las funcionalidades, se adoptó el método de Análisis de Valor, que evalúa cada funcionalidad en función de su impacto y viabilidad. Esta metodología permite clasificar las funcionalidades en tres niveles de prioridad:

- **Alta Prioridad:** Funcionalidades esenciales que son críticas para la experiencia del usuario y el funcionamiento básico del metaverso. Incluye el modelado 3D de edificios y oficinas, navegación y movilidad básica, y puntos de interés interactivos.
- **Media Prioridad:** Funcionalidades importantes que mejoran significativamente la experiencia del usuario, pero no son imprescindibles para la operatividad inicial. Se incluyen aquí las animaciones básicas de avatares y los efectos visuales de ambiente.
- **Baja Prioridad:** Funcionalidades complementarias que añaden valor adicional y avanzadas, como interacciones detalladas y animaciones avanzadas, pero que pueden ser implementadas en fases posteriores del proyecto.

Revisión y Ajustes:

El Product Backlog fue revisado y ajustado continuamente a lo largo del desarrollo, asegurando que las nuevas ideas y necesidades emergentes fueran incorporadas de manera ágil. Se realizaron reuniones de revisión periódicas para evaluar el progreso, re-priorizar tareas y ajustar el plan de acción según fuera necesario.

FASE 2: Sprint Planning

En esta fase se establecieron las actividades específicas que cada miembro del equipo debía realizar para desarrollar el prototipo del metaverso del campus Machala. Esta planificación detallada es crucial para asegurar un progreso organizado y eficiente hacia la meta principal del proyecto.

En la Tabla 10, se presenta la definición de tareas dentro del proceso de desarrollo del metaverso, detallando las diferentes categorías de trabajo (modelado 3D, programación, texturización, etc.), los responsables de cada tarea y las actividades específicas llevadas a cabo en cada etapa.

Tabla 10: Definición de Tareas

Categoría	Responsable	Actividades
Modelado 3D	Diseñador 3D	Utilización de Blender para crear modelos tridimensionales detallados de los edificios y oficinas de la Facultad de Ingeniería Civil. Incluyó recolección de fotografías de las instalaciones reales para el modelado en la herramienta de blender.
Programación	Programadores	Desarrollo de scripts en C# para la animación y funcionalidad de avatares en Unity3D. Esto abarcó la programación de movimientos, interacciones y comportamientos de los avatares dentro del metaverso.
Texturización y Materiales	Diseñador 3D	Uso de la herramienta Polycamp para crear y aplicar texturas realistas a los modelos 3D, mejorando la inmersión visual del metaverso.
Integración y Testing	Tester	Integración de todos los elementos (modelos 3D, scripts, texturas) en Unity3D. Realización de pruebas para identificar y solucionar errores o inconsistencias en el funcionamiento del prototipo.

Asignación de Recursos y Herramientas

- **Herramientas:** Unity Student Plan, Blender, Polycamp.
- **Recursos Humanos:** Se asignaron roles específicos a cada miembro del equipo basado en su especialización y experiencia. Por ejemplo, modeladores 3D, programadores, y testers.

Establecimiento de Metas y Plazos

- **Duración del Sprint:** Se determinó que el sprint duraría cuatro semanas, con revisiones semanales para evaluar el progreso.
- **Objetivos Semanales:** Cada semana se fijaron objetivos específicos que debían alcanzarse, como completar un cierto porcentaje de los modelos 3D o lograr que los avatares realizaran movimientos básicos.

Reuniones y Comunicación

- **Reuniones Semanales:** Se planificaron reuniones semanales para revisar el progreso de cada equipo, discutir los obstáculos encontrados y ajustar las tareas según fuera necesario.
- **Herramientas de Comunicación:** Se utilizaron herramientas de comunicación y colaboración en línea para mantener una comunicación constante y fluida entre todos los miembros del equipo.

Documentación y Seguimiento

- **Documentación:** Cada tarea y su progreso se documentaron meticulosamente para asegurar un seguimiento detallado del desarrollo del prototipo.
- **Seguimiento:** Se utilizó un tablero SCRUM para visualizar el estado de cada tarea (pendiente, en progreso, completada) y asegurar que todos los miembros del equipo estuvieran al tanto del avance global del proyecto.

FASE 3: Sprint

La duración de las actividades para cada sprint se estableció de una duración de 2 semanas, permitiéndonos realizar correcciones e incorporarlo en las repeticiones. Dentro del desarrollo del sprint, tenemos:

Planificación del Sprint

Durante la reunión de planificación del sprint, se coordinaron las actividades y objetivos que el equipo tenía para cada iteración. El orden de estas actividades fue dado por su nivel de relevancia y dependencia. Entre estas actividades, se logró clasificar de la siguiente manera:

- **Recolección de Imágenes:** La recopilación de fotografías de las instalaciones será de gran ayuda como referencia en la creación de los modelos 3D (Figura 8).



Figura 8: Captura de imágenes de las instalaciones de la Facultad

- **Modelado 3D:** Desarrollo de modelos 3D de los edificios mediante las imágenes referenciales, usando Blender como software de diseño.

Una vez en la aplicación, se procede a crear una malla y a darle una forma, Blender cuenta con la extensión integrada de Meshes en donde podemos seleccionar distintas figuras, una vez seleccionado el objeto este podrá mover a gusto propio con la tecla “S”, esta opción funciona en base a los ejes, por lo que si aplastamos “S + Y” el objeto empezará a escalar a lo largo del eje Y.

En la figura 9, se muestra las opciones que tenemos en la extensión de Mesh.

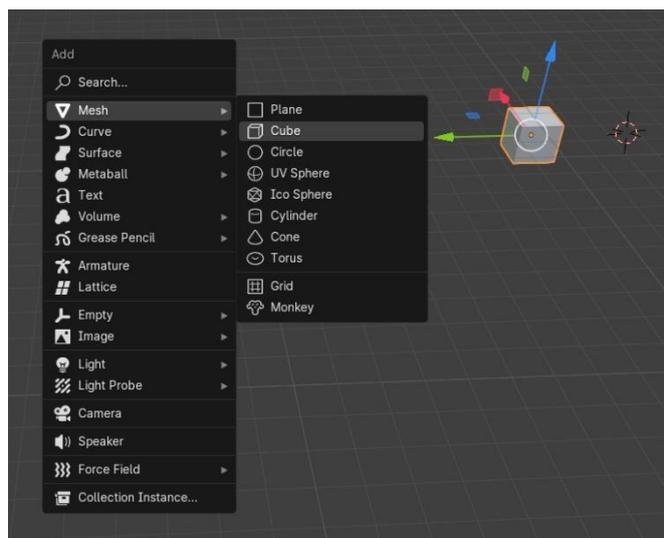


Figura 9: Creación de un objeto (malla) en Blender

Como se mencionó anteriormente el primer paso ya en el ámbito del modelado en

Blender es el uso de objetos para poder moldearlos, como se ve en la figura 10 el objeto es cubico, por lo que con el uso de los atajos de teclado de escalado podremos conseguir que ese cubo sea parte de una plataforma o base de alguna estructura.

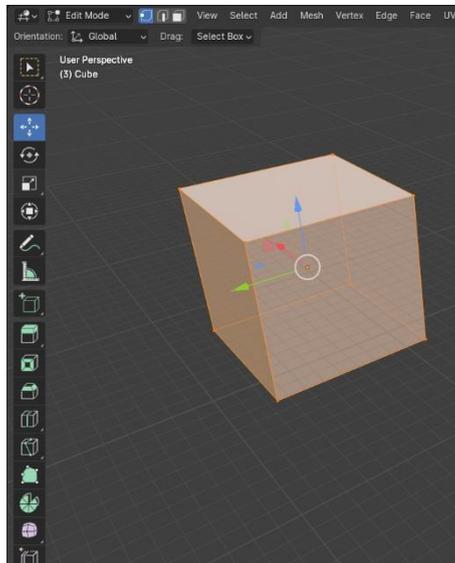


Figura 10: Selección de forma cubica

Para poder convertir ese cubo en lo que deseamos antes debemos activar el modo de edición el cual se accede a través de la tecla “TAB”, con “shift + R” se procede a generar cortes, si queremos añadir de el mismo cubo otros similares para dar forma a otras zonas de la base damos click derecho en el objeto y “shift + D”, si deseas que la duplicación sea vinculada, es decir se refleje cambios en ambos podemos usar “Alt + D” en lugar del atajo anteriormente mencionado, el resultado de escalar, cortar y duplicar el cubo nos da el ejemplo de la figura 11.

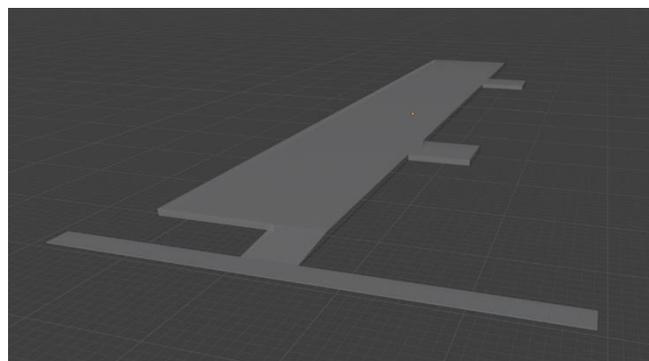


Figura 11: Modificación del cubo a una base para estructura

Los objetos que vayamos colocando dentro de la maqueta de Blender tienen

propiedades, una de estas es el uso de materiales y composiciones, estas funcionan a través de nodos los cuales nos permite manipular tanto los shaders (sombras) como las texturas del Mesh (Malla).

Para acceder al menú de Shading debemos presionar “F3”, en el caso de querer una nueva textura podemos ir a “Materiales” y “Nuevo” como se visualiza en la Figura 12 dentro la herramienta de Blender en las propiedades de cada objeto.

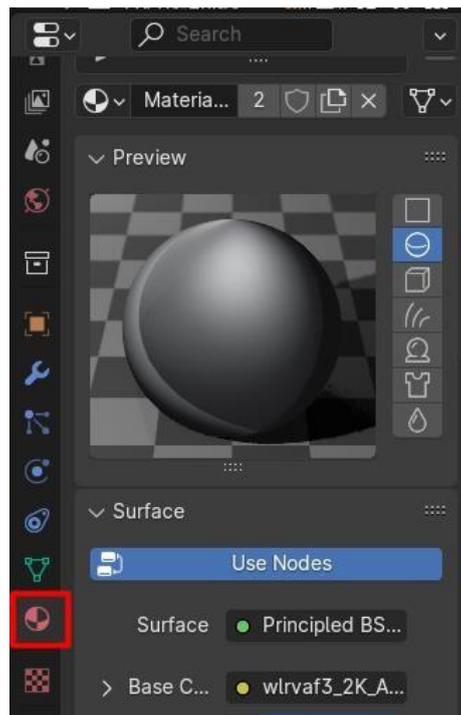


Figura 12: Visualización de propiedades de un objeto

En nuestro caso nosotros queremos darle una textura general a todo el primer Mesh colocado y no a sus duplicados, en este caso debemos hacer el uso de los nodos mencionados anteriormente, estando en “Shading”, podemos ver el “Editor de Nodos” y ahí encontraremos un nodo llamado “Principled BSDF” conectado a otro nodo llamado “Material Output” y finalmente añades un nodo de “Textura de Imagen”, siendo este el orden del proceso (Add > Texture > Image Texture).

Dentro del nodo de textura de imagen se procede a dar click en “Open” y seleccionas la textura que deseas y finalmente seleccionas la salida de “Color” del nodo de “Textura de Imagen” a la entrada de “Base Color” del nodo de “Principled BSDF”. Una vez realizado todo el proceso guardas y tendrás una textura en todo el Mesh tal como en la figura 13 se muestra.

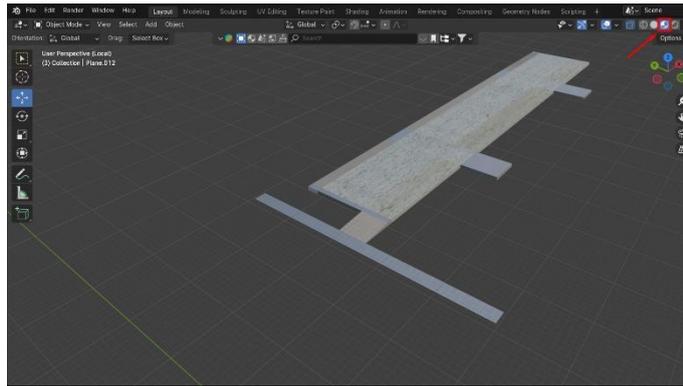


Figura 13: Mesh con nodo de textura de imagen

Para las paredes podemos hacer uno de cubos u otras figuras, en nuestro caso usamos planos, para crearlos de forma rápida podemos usar el atajo “Shift + A” y procedemos a editar y escalar con los atajos anteriores. Al momento de crear paredes se recomienda usar un Loop Cut, para esto, podemos usar las teclas “Shift + R” y una vez hechos los cortes podemos seleccionas las caras creadas. Finalmente se ocupa un “Extrude Región” excluyendo las caras cortadas hacia arriba dejando un hueco y asimilando una caja.

También es necesario usar bordes en las caras, de esta forma podemos hacer paredes internas en la caja, aplastamos la tecla “2” y finalmente “F” para cubrir el espacio. En la figura 14 se visualiza una estructura más detallada y solida del uso de estas técnicas mostrando de forma más explícita una estructura de la facultad.

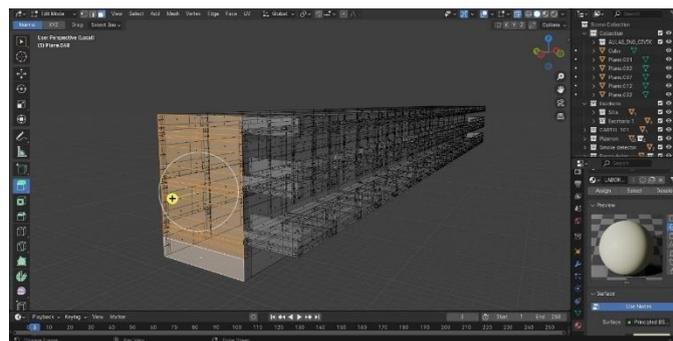


Figura 14: Unión de varios planos y bordes

Con todas las técnicas usadas anteriormente se da paso a un modelado más creativo, creando espacios para puertas con el uso de cortes, bordes para las paredes y duplicando objetos para ahorrar tiempo en pequeños detalles que se repiten como las escaleras de las aulas que se muestran en la figura 15.

De igual manera con “Shading” se procede a dar sombra y con “Material” color y textura a las aulas. Como resultado tenemos el primer edificio terminado.

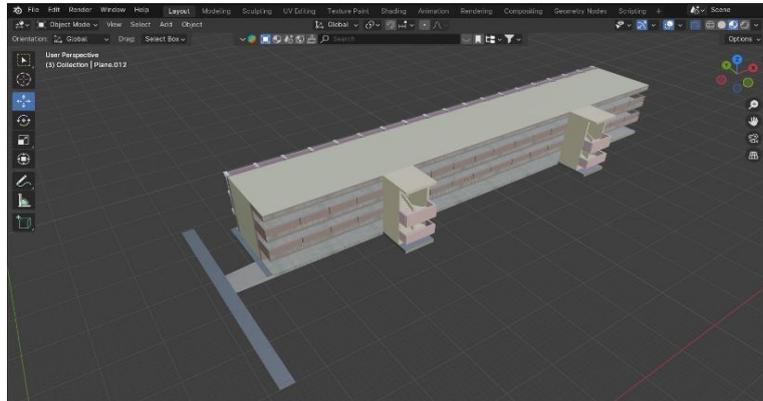


Figura 15: Levantamiento de la primera estructura, aulas de la Facultad de Ingeniería Civil

Se repite el mismo proceso utilizando la recolección de las imágenes del primer Paso del proyecto para guiarnos y poder modelar fielmente los detalles, como podemos observar en la figura 16, se obtiene una versión virtual de la Facultad de Ingeniería Civil.

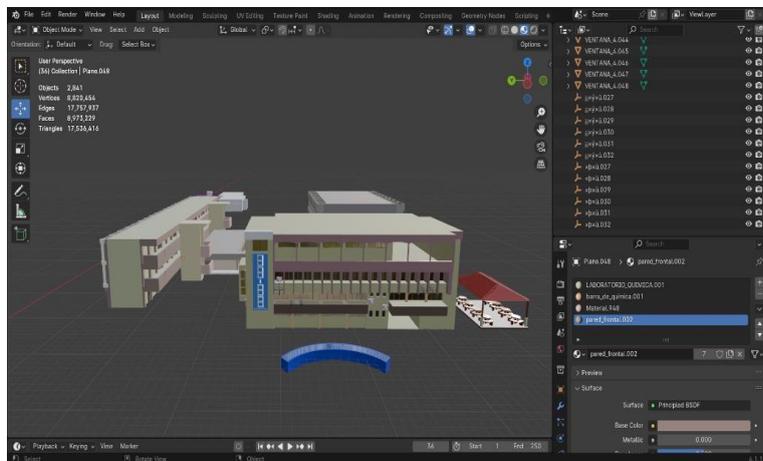


Figura 16: Facultad de Ingeniería Civil exterior finalizado

- **Polycam:** Una de las herramientas que utilizamos como equipo es Polycam la cual funciona como un puente que facilita el llevar modelos como estatuas o carteles, entre otras cosas al 3D, a continuación, visualizaremos un pequeño proceso de cómo se obtuvo el resultado de una decoración clásica de la Escuela de Informática.

Para usar polycam debemos acceder a nuestros dispositivos móviles y dentro de

la App Store o Play Store buscar Polycam, cabe recalcar que la aplicación cuenta con una prueba gratuita, pero si se desea obtener una mejor experiencia y aprovechar la tecnología que ofrece de forma más completa es necesario usar su versión de paga.

Dentro de la aplicación podemos ver nuestra Librería y seleccionando en “Create Capture” podemos usar imágenes de nuestro celular de la estatua o adorno que deseemos y podremos generar su modelado como se muestra en la Figura 17.

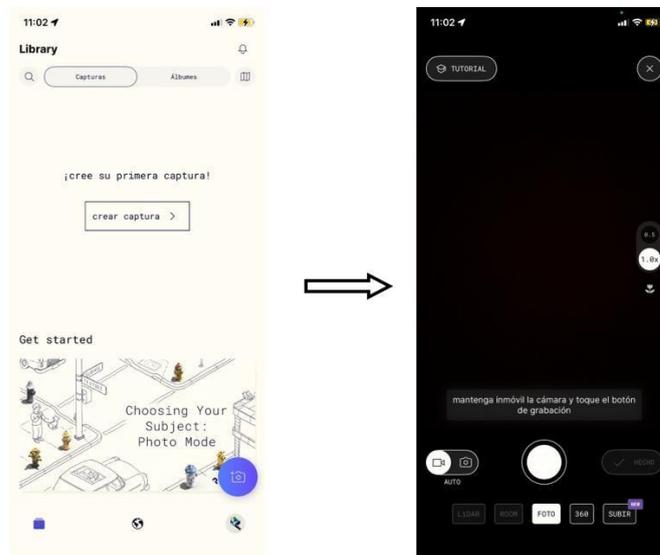


Figura 17: Visualización de la interfaz de Polycam

Una vez escaneada la foto se genera su modelo 3D (Figura 18), solo queda exportarlo a una extensión que soporte Blender y posteriormente usarlo en nuestro modelado.

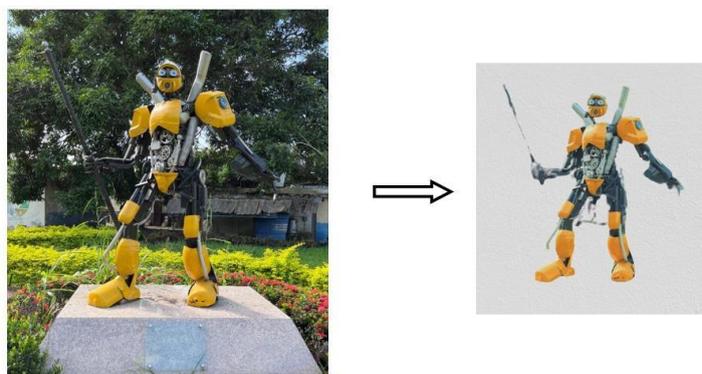


Figura 18: Escaneo y resultado de la herramienta

- **Texturización:** Otra tecnología que usamos al momento de modelar se debe a que en algunos casos deseamos obtener un resultado más detallado de algunas texturas, por lo que el ocupar una imagen y el módulo de textura de imagen puede ser una opción situacional, pero no siempre requerida. En caso de querer ocupar detalles en techos, paredes o incluso flora, podemos usar Materialize la cual nos permite crear nuestras propias texturas

Para empezar a usar Materialize necesitamos al igual que con el ejemplo anterior, una imagen la cual queramos usar, y gracias al uso de “Normal Map” y “Height Map” se puede crear aquellas imágenes que semejen la textura del objeto. Finalmente exportamos las imágenes generadas para proceder a usarlas en nuestros objetos de Blender como se muestra en la Figura 19.

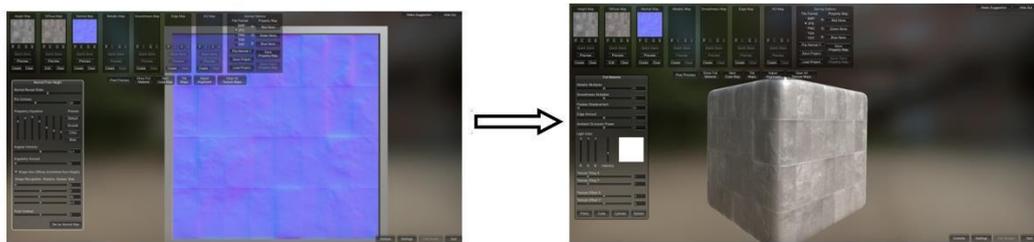


Figura 19: Creación de una textura de piedra.

Ensamblaje: Se importan los modelos, script, y demás elementos para proceder a desarrollar el metaverso en la plataforma de Unity3D.

Ahora que tenemos los modelos 3D debemos ir a nuestro motor gráfico o plataforma de diseño de videojuegos como es Unity 3D, accedemos a su interfaz y creamos un nuevo proyecto. En la figura 20 se visualiza como se creó paso a paso el proyecto que contendrá el metaverso.

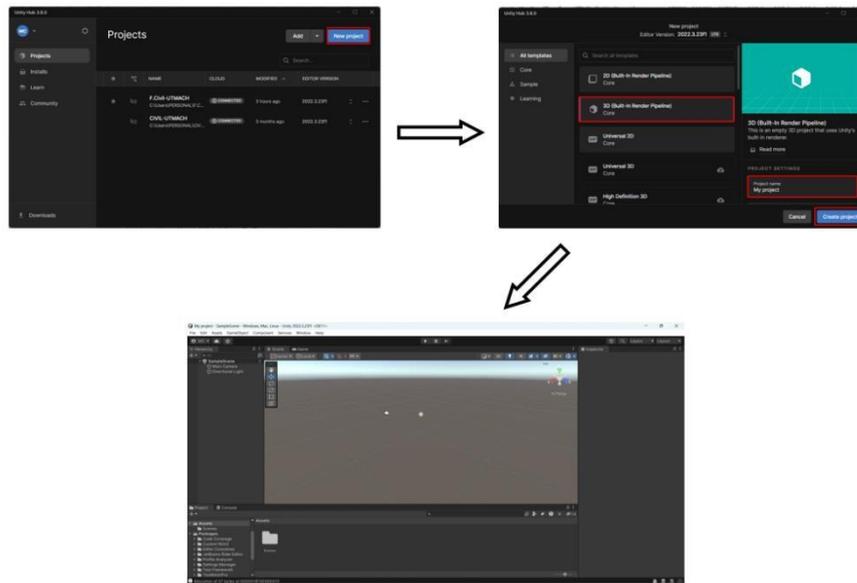


Figura 20: Creación del proyecto en Unity

Es importante tener en cuenta el formato de los modelos que usaremos, para poder exportar nuestros modelados y usarlos en los escenarios de Unity necesitamos que su extensión sea .fbx, una vez asegurados podremos añadirlos tal como se muestra en la figura 21.

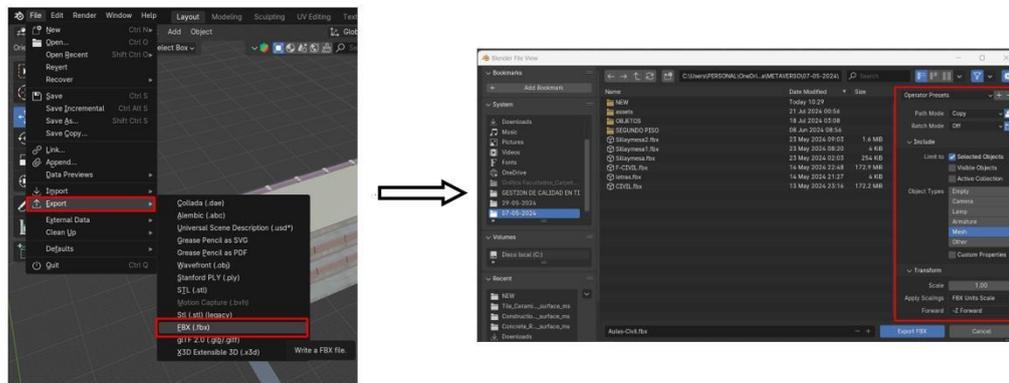


Figura 21: Importación de los modelos en extensión .fbx

Debemos comprender que Unity es un motor gráfico, por lo que nos facilita varios aspectos de desarrollo, tales como la música, escenarios, físicas, video, avatares, entre otras cosas. En todo escenario siempre se empieza por un terreno que es la base donde colocaremos nuestras estructuras creadas en Blender, los modelos si ya fueron incluidos con texturas estas también se podrán colocar en el proyecto.

En las Figuras 22, 23 y 24 podremos ver el resultado de este proceso el cual se repite hasta conseguir llevar la Facultad a la virtualización.

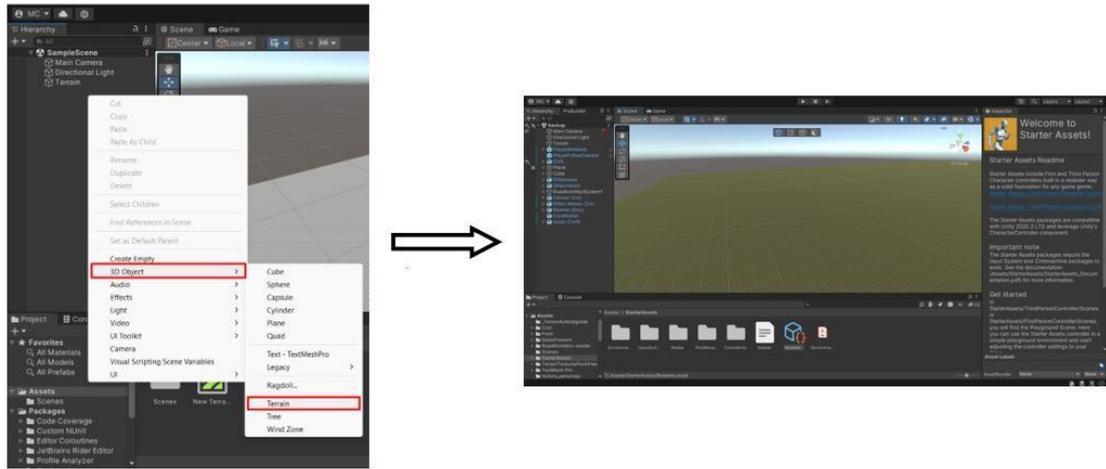


Figura 22: Implementación de terreno en el proyecto.

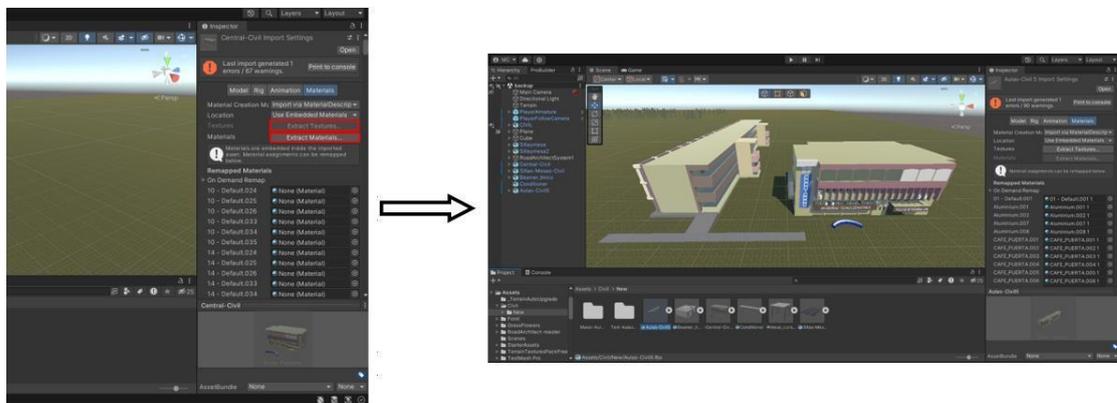


Figura 23: Se colocan los modelos de Blender en el terreno de Unity



Figura 24: Resultado de los modelos colocados.

- **Programación:** Para alcanzar el objetivo de entornos inmersivos, se implementaron scripts en C# para la navegación e interacción de los avatares con el entorno virtual desarrollado en Unity como se visualiza en los Apéndice 1 y 2.

Creación de Avatar

Dentro de Unity como mencionamos también se puede usar avatares, los cuales pueden tener físicas y colisiones como cualquier otro objeto, debemos tener en cuenta que para algunas acciones o implementaciones como la perspectiva del usuario (Avatar) en el proyecto se debe usar Assets.

El más popular de todos el Starter Assets – ThirdPerson de la Assets Store es esencial al momento de obtener buenos resultados en la experiencia de tercera persona facilitándonos la creación de prototipos sin la necesidad de construir funcionalidades básicas desde cero. En la figura 25 se puede observar cómo se implementa este Asset a nuestro proyecto.



Figura 25: Implementación de Starter Assets – ThirdPerson al proyecto

Ahora debemos ir a la página Avatar SDK, esta herramienta nos permite optimizar tiempo y producción en el proyecto, facilitándonos el poder crear un avatar a partir de una foto de la persona (rostro), una vez configuradas las características del personaje se procede a exportar en formato .fbx para ser usado en Unity como se visualiza en la Figura 26.



Figura 26: Creación de avatar

Finalmente importamos el personaje a nuestro proyecto de Unity (Figura 27), y con la ayuda del Assets de tercera persona se podrá configurar de una forma más sencilla la perspectiva del usuario.



Figura 27: Importación del avatar y aplicación del Asset

Menú de usuario

En el menú de usuario se elaboró una interfaz interactiva que permiten a los usuarios acceder al metaverso, créditos y salir del todo.

Para crear el menú, se diseñó una imagen de fondo utilizando una herramienta de diseño gráfico y se exportó a Unity para que sirviera como el fondo del menú. Luego, se agregaron objetos tipo Botón, cada uno con un objeto de tipo Texto que muestra el texto ilustrativo que verá el usuario. Finalmente, se añadió un script (ver en Apéndice 3) a cada botón y se seleccionó la función correspondiente, como se detalla en la Figura 28.

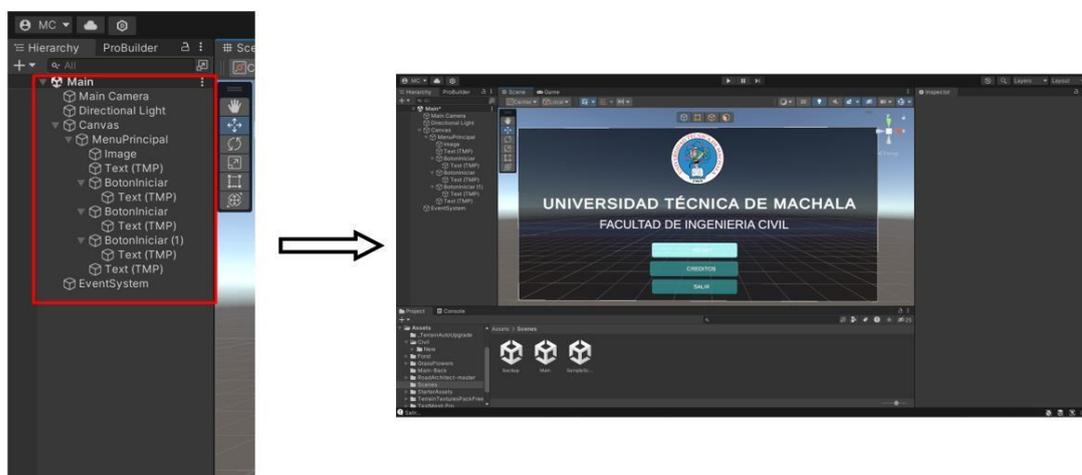


Figura 28: Creación del Menú Inicial del Metaverso

Desarrollo del Sprint

En cada sprint se realizaron reuniones para analizar el progreso de las diferentes tareas, con el objetivo de identificar contratiempo y obstáculos que necesiten ser solucionados.

- **Reuniones de Revisión.**

Al finalizar cada sprint, haciendo uso de reuniones de revisión se presenta los resultados logrados y se discutió sobre los obstáculos presentados. Además, otro de los objetivos de cada reunión es el de recolectar sugerencias de cada avance, con el fin de realizar ajustes para el siguiente sprint.

- **Iteraciones y Mejoras Continuas**

Mediante las sugerencias se planifica de planificaron mejoras antes de cada sprint, permitiéndonos alcanzar los objetivos establecidos.

- **Resultados del Sprint**

Los resultados logrados en cada sprint incluyen modelos 3D de los edificios, la navegación mediante avatares dentro del entorno virtual y mejoras en la percepción de la presencia virtual. Finalmente, el prototipo se otorgó a estudiantes para realizar las pruebas y conocer el nivel de aceptación y satisfacción.

FASE 4: Review

Las revisiones del prototipo se dio lugar al finalizar cada sprint, en cada revisión se presentaron avances y de la misma manera se recolectó sugerencias para mejorar su desarrollo. Este proceso se organizó de la siguiente manera:

Presentaciones de Avances:

- **Modelos 3D:** Se presentaron los modelos 3D de los edificios creados en Blender, incluyendo su representación con las instalaciones reales y componentes que garanticen la inmersión en el entorno virtual.

- **Funcionalidades Implementadas:** Mediante los scripts se logró la movilidad de los avatares y su interacción con objetos en el entorno virtual (Figura 29).



Figura 29: Revisión del sprint "Propuesta de Menú Metaverso"

Retroalimentación y Sugerencias:

- **Retroalimentación:** Junto a la parte interesada, se recolectaron sugerencias acerca de la funcionalidad, calidad de los modelos, interfaz, interacción y navegabilidad dentro del metaverso.
- **Recomendaciones:** Haciendo uso de la retroalimentación, se dispuso a realizar las mejoras necesarias para lograr los objetivos que se requieren, se usaron técnicas para la optimización de los modelos y se hicieron corrección durante su ejecución (Figura 30).



Figura 30: Socializando sugerencias

Planificación de Ajustes:

- **Priorización de Tareas:** A partir de la retroalimentación, se actualizaron las prioridades de las tareas a realizar.
- **Asignación de Responsabilidades:** Se realizó la distribución de las tareas en el equipo conforme se fue abordando las nuevas sugerencias y las nuevas correcciones en el prototipo.

Documentación de la Revisión:

- **Registro de Progreso:** Con el uso de las reuniones de revisión, se documentaron los avances en cada aspecto del prototipo.

FASE 5: Retrospective

Durante las iteraciones, haciendo uso de la retroalimentación se logró abarcar las necesidades y requerimientos que son necesarios para solventar el objetivo principal del prototipo.

- **Revisión de la Retroalimentación:**

Se examinan los comentarios de los estudiantes y demás participantes acerca del rendimiento, la funcionalidad y usabilidad del prototipo.

- **Actualización del Product Backlog:**

Basado en la retroalimentación recibida, se añaden nuevas tareas, realizando ajustes en las funcionalidades existentes y corrigiendo errores detectados. Las tareas se priorizan para abordar las prioritarias antes del próximo sprint.

- **Planificación del Sprint:**

Durante la reunión de planificación, el equipo escoge las tareas que se realizarán en el próximo sprint. Se asignan tareas específicas a los miembros del equipo y se presta atención a las mejoras sugeridas previamente.

- **Desarrollo y Mejora Continua:**

En el desarrollo del sprint, el equipo se dedica a las tareas asignadas y se realizan reuniones diarias para monitorear el progreso, resolver impedimentos y garantizar que el equipo esté alineado con los objetivos del sprint.

- **Pruebas y Validación:**

Antes de finalizar, se llevan a cabo pruebas para validar que las mejoras y nuevas funcionalidades cumplen con los criterios de aceptación establecidos. En esta etapa se identifica cualquier problema que haya pasado por alto y se asegura que el producto cumpla con los estándares de calidad requeridos.

- **Revisión y Retroalimentación Continua:**

Al terminar el sprint, se lleva a cabo una reunión de revisión para presentar los avances logrados y recibir sugerencias adicionales. Se evalúa el desempeño del sprint en términos de cumplimiento de objetivos y satisfacción del usuario. Esta retroalimentación se documenta y se utiliza para informar las siguientes iteraciones, garantizando así un ciclo de mejora continua.

2.4. Ejecución del prototipo

En las Figuras 31, 32, 33, 34, 35 y 36, se mostrará el resultado de los procesos anteriores, generando el metaverso y la exploración de la Facultad de Ingeniería Civil.



Figura 31: Entrada de la Facultad de Ingeniería Civil exterior.



Figura 32: Islas de Ingeniería Civil.



Figura 33: Entrada Escuela de Informática.



Figura 34: Aulas del área izquierda (planta baja).



Figura 35: Aulas del área izquierda (primer piso).



Figura 36: Aulas del área izquierda (segundo piso).

3 CAPITULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. Plan de Evaluación

Proceso de Evaluación

Fase 1: Preparación

- Diseño y definición de las métricas, para esto se tomó en hizo una investigación sobre varios artículos científicos los cuales hayan evaluado su prototipo a través de diversas métricas que aporten a obtener una respuesta del rendimiento e interactividad del entorno virtual.
- Aseguramiento de un espacio de prueba adecuado para los participantes, así mismo un dispositivo en el cual se pueda completar con éxito las diferentes acciones establecidas.

Fase 2: Ejecución

- Presentación de las funcionalidades y el entorno virtual a los participantes.
- Ejecución de la prueba de navegación en el metaverso.
- Realización de la evaluación con encuestas.
- Implementación de pruebas de rendimiento.

Fase 3: Recolección de Datos

Registro de las respuestas de los participantes en base a la experiencia obtenida durante la prueba del prototipo.

1. Involucrados

- a) **Población:** Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Machala.
- b) **Muestra:** 30 estudiantes seleccionados al azar de distintas especialidades dentro de la carrera de Ingeniería Civil.

2. Herramientas y Equipos

- a) **Cuestionarios:** Encuestas de satisfacción y evaluación de tiempos de ejecución.
- b) **Prototipo:** Versión funcional del metaverso, disponible para su uso en

computadoras de escritorio.

- c) **Equipamiento:** 30 computadoras disponibles en el laboratorio de la facultad.
- d) **Registro digital:** Herramientas para recolectar datos sobre las interacciones con el asistente y las métricas de uso del entorno virtual.
- e) **Software de captura de fotogramas y análisis:** MSI Afterburner que se instaló en los equipos (Tabla 11) para realizar las pruebas correspondientes.

Tabla 11: Características de equipos utilizados

Equipo	Computadora (Alto)	Laptop (Mínimo)
Procesador	AMD Ryzen 3 3100 4-Core 3.59GHz	11th Gen Intel Core i5-1135G7 2.40 GHz
RAM	8 GB	16 GB
Tarjeta grafica	Radeon RX550/550 Series	Iris Xe Graphics

3. Tiempo de Evaluación

El proceso completo se llevará a cabo en un periodo de 50 minutos.

4. Expectativas de Resultados

- a) **Inmersividad:** El usuario debe sentir una experiencia de calidad y familiaridad con el entorno, esto se consigue con texturas, sombras que simulen la realidad y buena iluminación.
- b) **Interactividad:** Los usuarios deben ser capaces de interactuar de forma correcta con el metaverso.
- c) **Tiempo de carga de entornos:** Según [48], se menciona que al evaluar su tiempo de carga de entorno basándose en la interacción de usuarios simultáneamente tuvo un tiempo de respuesta de 19,371 milisegundos, mediante el uso de esta métrica se estima el poder visualizar el tiempo de respuesta del entorno basado en la interacción de un solo jugador.

- d) **Tasa de fotogramas por segundo:** El rendimiento del metaverso debe ser bueno, de tal manera que no afecte las otras métricas. Se puede usar softwares especializados para medir la cantidad de fotogramas por segundo y el rendimiento del prototipo en ambas máquinas de alto y mínimo requerimiento, de esta forma estimar los requisitos previos para arrancar el entorno virtual en un dispositivo, como se describe en [49]. Se anticipa que en nuestro prototipo se pueda establecer que recursos son necesarios para poder disfrutar del metaverso sin requerir a bajones de FPS.

- e) **Tiempo de respuesta de controles:** El usuario debe ser capaz de percibir una latencia mínima entre las acciones que realiza. De acuerdo con [50], la métrica “control response time” hace referencia al tiempo de respuesta entre los controles, en nuestro caso las acciones como abrir puertas y el sistema del prototipo. Se estima que en nuestro entorno virtual la latencia sea mínima de tal manera que no interrumpa la experiencia del usuario.

3.1.1. Objetivos de Evaluación

Evaluar el funcionamiento del metaverso en base a métricas de usabilidad percibiendo un resultado favorable del prototipo:

- a) **Inmersividad:** Grado en el que se genera un concepto de percepción de presencia en el usuario, mejorando su experiencia al momento de visualizar el entorno.

- b) **Interactividad:** Capacidad con la que el usuario interactúa y reacciona con el entorno virtual y como este responde a sus acciones.

- c) **Tasa de fotogramas por segundo:** Cantidad de imágenes que se visualizan y se renderizan por segundos.

- d) **Tiempo de carga de entornos:** Tiempo en el que el prototipo demora en completar su carga para ser visualizado por el usuario.

- e) **Tiempo de respuesta de controles:** Latencia entre las acciones del personaje y la respuesta del sistema.

3.1.2. Métricas y criterios de evaluación

Se realizarán ciertas acciones dentro del prototipo para validar las métricas establecidas, estas métricas cuentan con un estándar el cual ha sido investigado y analizado con el fin de mostrar un impacto positivo en prototipos de entornos virtuales.

Para empezar, se evaluará las primeras impresiones de los usuarios al utilizar por primera vez el metaverso, estos estándares de índole cuantitativo se miden a través de dos métricas; Inmersividad e interactividad.

El usuario deberá probar, explorar e interactuar con el entorno virtual, luego de un tiempo estimado, se procederá a realizar una encuesta con preguntas basadas en la experiencia y calidad adquiridas durante la prueba del prototipo.

Luego se ejecutarán pruebas de rendimiento las cuales también están basadas en estándares los cuales ya han sido implementados con éxito en prototipos de entorno virtual, se evaluará el tiempo de carga de entornos, la tasa de fotogramas y la respuesta en controles.

3.1.3. Cronograma

Se definirá un cronograma con las fechas de cada una de las etapas, desde la preparación hasta el análisis de los resultados como se muestra en la Figura 37.

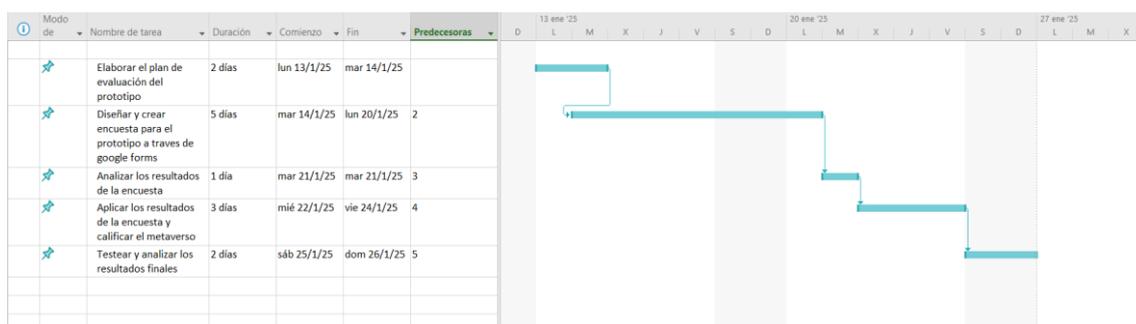


Figura 37: Cronograma del plan de Evaluación.

3.1.4. Planificación de reuniones con el tutor

Se estableció un programa de reuniones semanales con el tutor de tesis, llevadas a cabo todos los jueves entre el 7 de noviembre de 2024 y el 9 de enero de 2025. En

cada reunión, se abordó un tema específico relacionado con el avance de la investigación y se definieron las actividades correspondientes a desarrollar hasta la siguiente reunión como se visualiza en la Tabla 12.

Tabla 12: Cronograma de reuniones y actividades de la tesis con el tutor

Fecha	Tema	Actividad
7/11/2024	Revisión inicial de avances en la tesis (estructura y objetivos).	Verificar cumplimiento del estado general del proyecto
14/11/2024	Revisión de avances en el desarrollo del prototipo (primera iteración).	Evaluar funcionalidades básicas y diseño del metaverso.
21/11/2024	Ajustes y avances en el prototipo.	Incorporar retroalimentación de la sesión anterior y evaluar las mejoras.
28/11/2024	Avances en el modelado del entorno virtual.	Verificar la fidelidad del diseño con las instalaciones reales de la facultad.
5/12/2024	Avances en la planificación del plan de evaluación.	Revisar la metodología y herramientas propuestas para evaluar el prototipo.
12/12/2024	Revisión del plan de evaluación completo.	Validar instrumentos de medición y cronogramas asociados.
19/12/2024	Avances en los requisitos del sistema.	Revisión de la alineación entre los requisitos iniciales y las implementaciones realizadas
26/12/2024	Revisión general del prototipo (versión final previa a pruebas).	Identificar áreas de mejora antes de la prueba piloto.
2/01/2025	Preparación para la fase de evaluación.	Revisar el plan de evaluación.
9/01/2025	Revisión final antes de la entrega.	Revisar el plan de evaluación.

3.2. Resultados de la evaluación

3.2.1. Evaluación del prototipo

Los resultados de la evaluación se basan en un sondeo a 36 participantes, quienes valoraron las funcionalidades del metaverso de la Facultad de Ingeniería Civil tras su interacción con él. A continuación, se exponen y analizan los resultados de cada pregunta, identificando aciertos, deficiencias y oportunidades de mejora en el entorno virtual.

Inmersividad:

La figura 38, el 44.44% de los 36 usuarios tuvo una impresión positiva del prototipo al explorarlo por primera vez, lo cual es un resultado positivo del metaverso de la FIC.

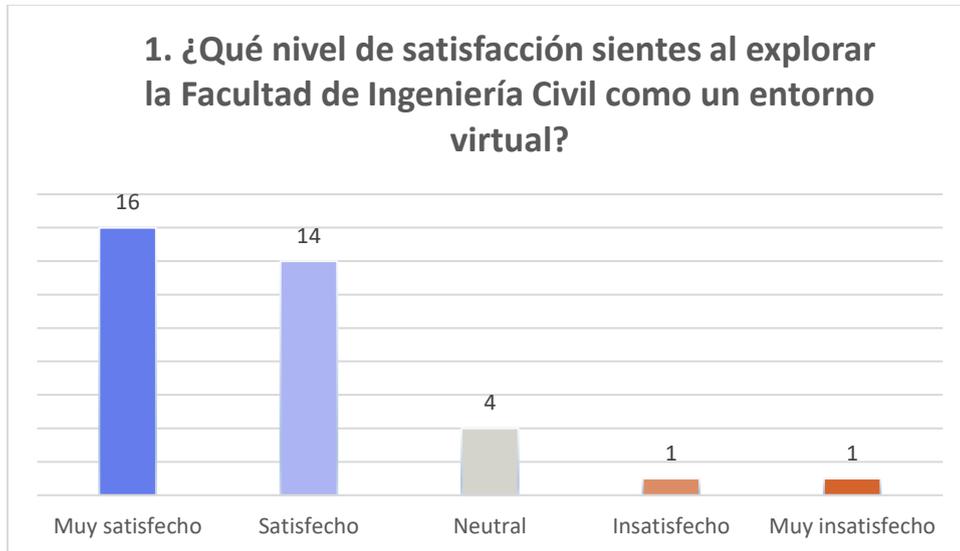


Figura 38: Resultados Pregunta 1 de la encuesta.

En la figura 39, podemos visualizar que al 100% de los usuarios les pareció un entorno virtual idéntico al real, lo cual refleja un gran punto a la inmersividad.

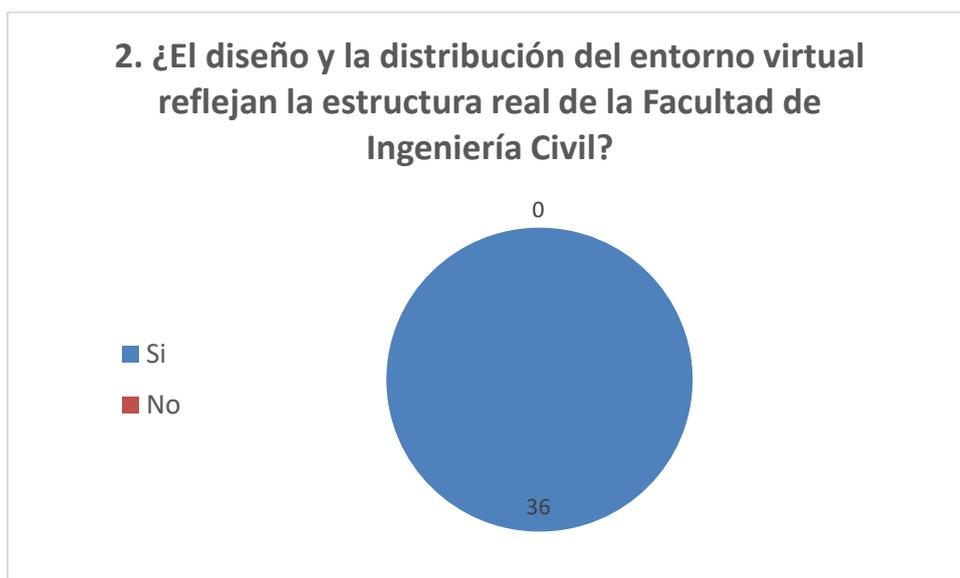


Figura 39: Resultados Pregunta 2 de la encuesta.

La respuesta a la exploración de aulas y laboratorios también fue muy positiva con

un 100% por parte de los 36 usuarios como se visualiza en la Figura 40.

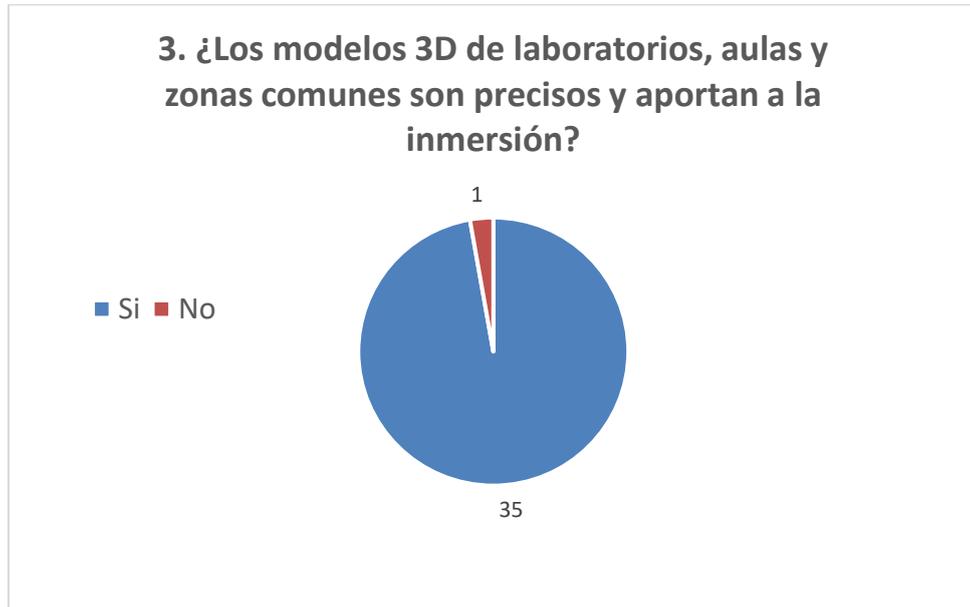


Figura 40: Resultados Pregunta 3 de la encuesta.

Por otra parte, a un 97% le resultó fácil reconocer las áreas de la Facultad de Ingeniería Civil, y un 3% no como se muestra los resultados de la pregunta en la Figura 41.

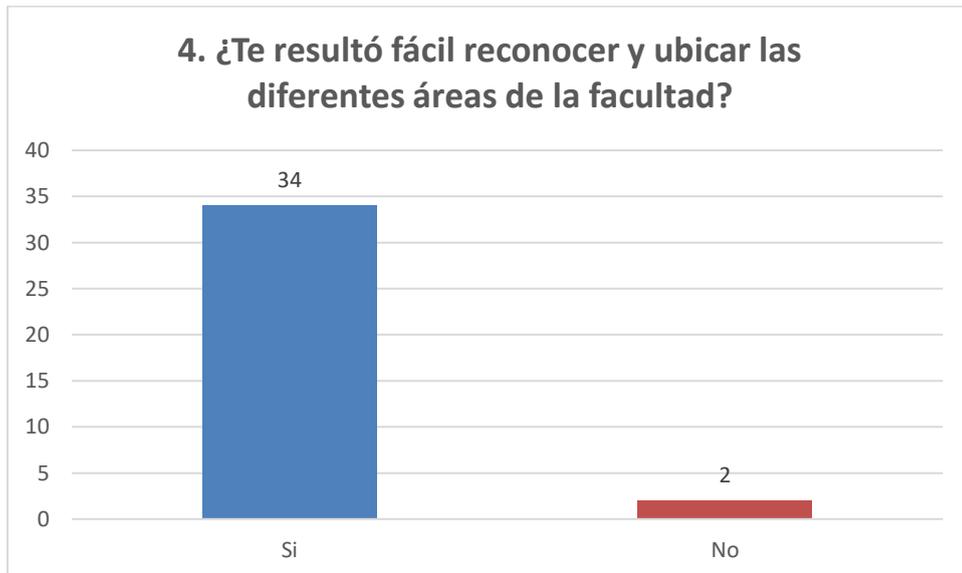


Figura 41: Resultados Pregunta 4 de la encuesta

Interactividad:

En la Figura 42, un 80% se familiarizó rápido con la UI, mientras que un 20% tuvo problemas para adaptarse.

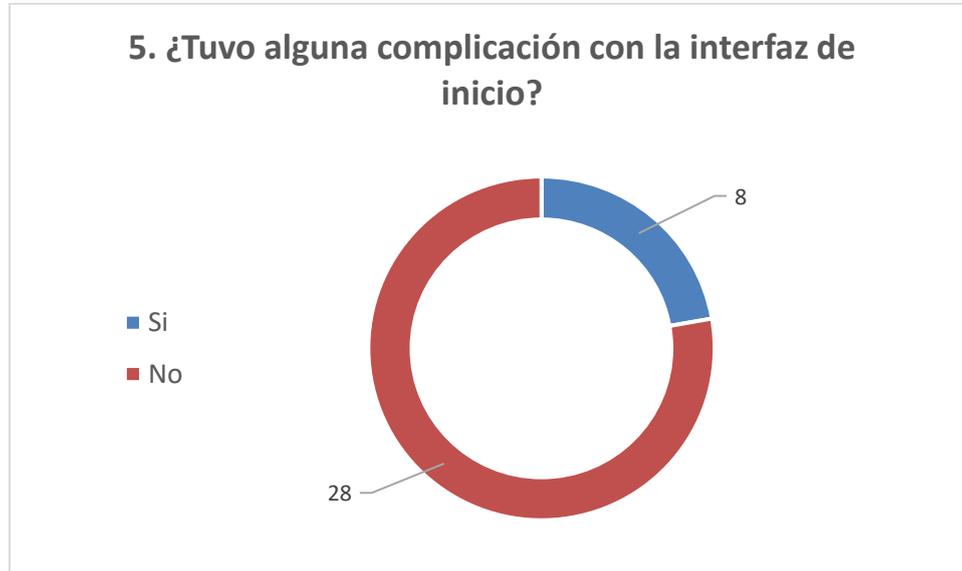


Figura 42: Resultados Pregunta 5 de la encuesta

En la Figura 43, se observa que la mayoría de los participantes consideró que los controles eran normales o fáciles de usar y que no tuvieron ninguna complicación con los controles en los movimientos del personaje.

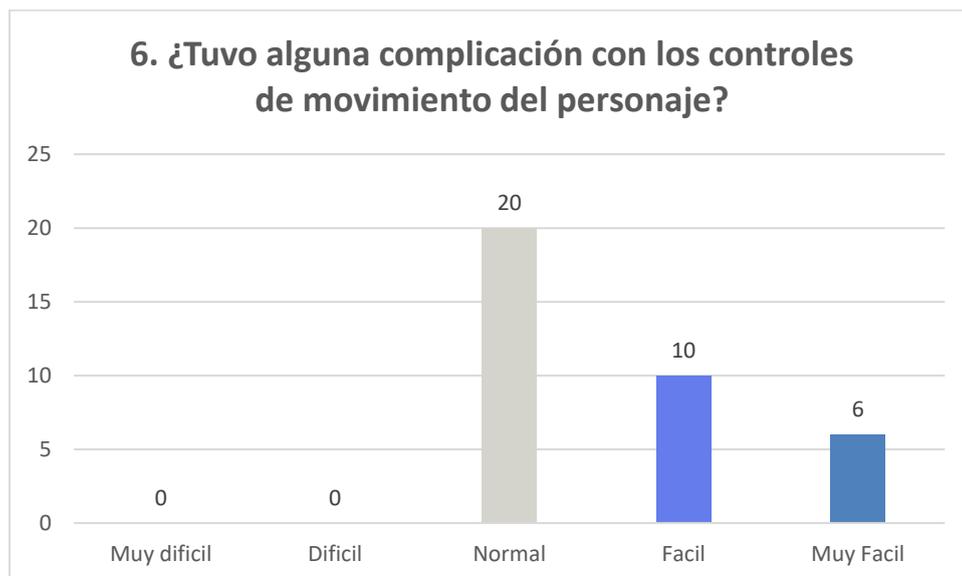


Figura 43: Resultados Pregunta 6 de la encuesta

En la Figura 44, se observa que la gran mayoría de los participantes considera que los controles no son intuitivos para usuarios sin experiencia previa.



Figura 44: Resultados Pregunta 7 de la encuesta

En la Figura 45, se visualiza un 94% de los usuarios no tuvieron problemas para interactuar con las puertas o escaleras.

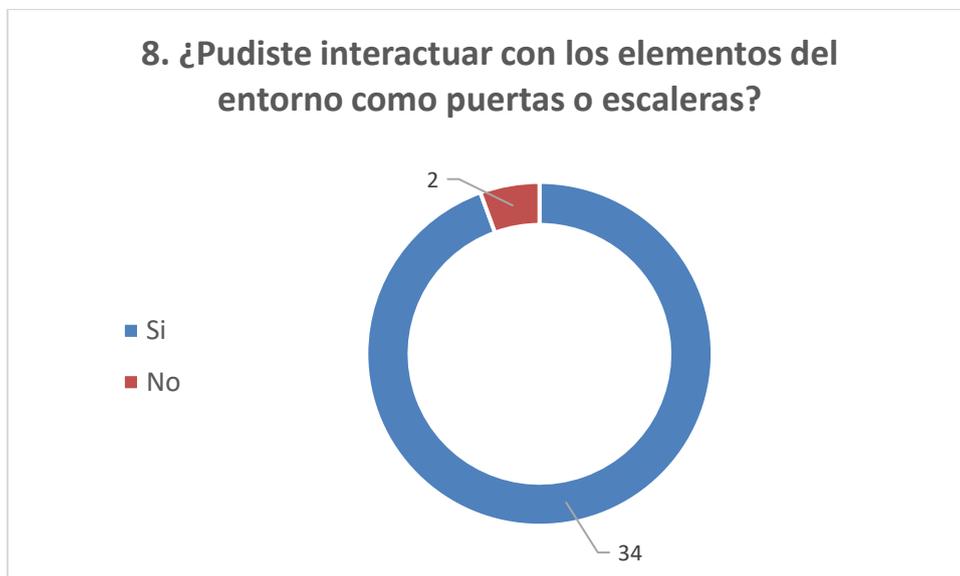


Figura 45: Resultados Pregunta 8 de la encuesta

En la Figura 46, un 44% de los usuarios consideran que la proporción de la infraestructura va de acorde a la real.

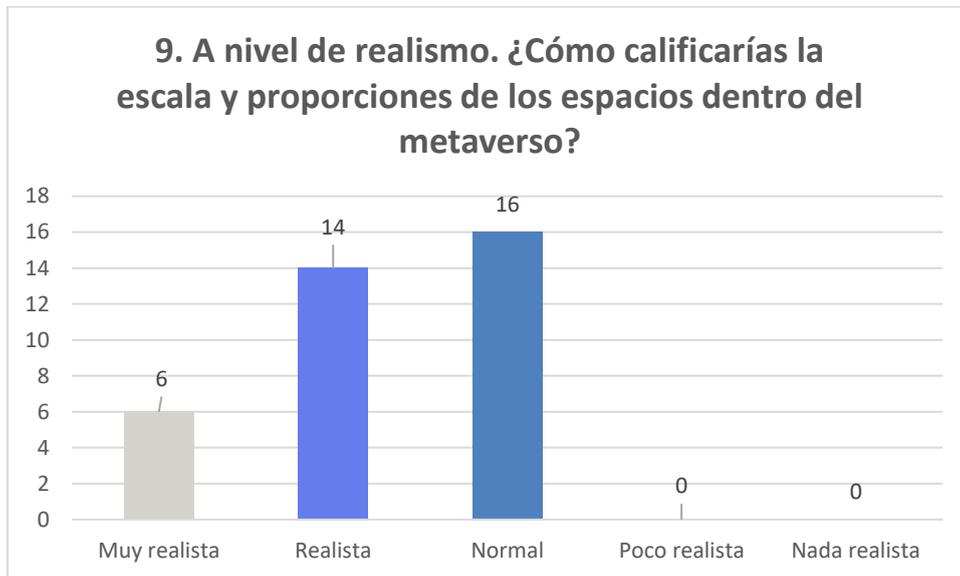


Figura 46: Resultados Pregunta 9 de la encuesta

La Figura 47, se visualiza un 83% de los usuarios no encontraron problemas para interactuar con elementos, mientras que un 13% dice que sí.

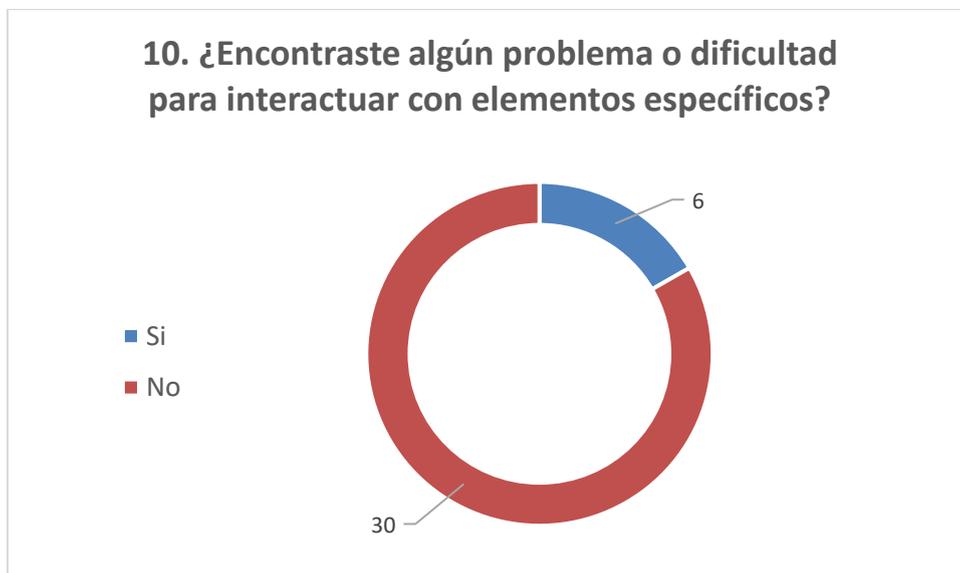


Figura 47: Resultados Pregunta 10 de la encuesta

3.2.2. Evaluación de la Eficiencia de Desempeño

3.2.2.1 Tiempo de respuesta de controles:

Para este campo se hizo una modificación en el código a través de un Time o Stopwatch que ayude a visualizar por consola cada vez que el usuario hace la petición al sistema a través de una acción, en este caso abrir una puerta.

- **Prueba en Computadora**

La Figura 48, muestra los resultados de la prueba de tiempo de respuesta al abrir y cerrar la puerta en la computadora.

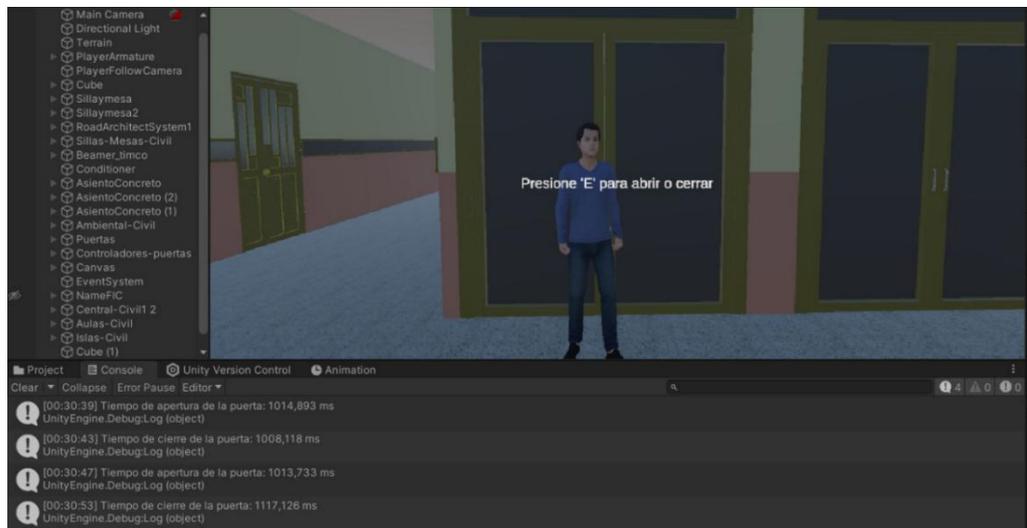


Figura 48: Prueba de tiempo de respuesta en computadora

- **Prueba en Laptop**

La Figura 49, muestra los resultados de la prueba de tiempo de respuesta al abrir y cerrar la puerta en la laptop.

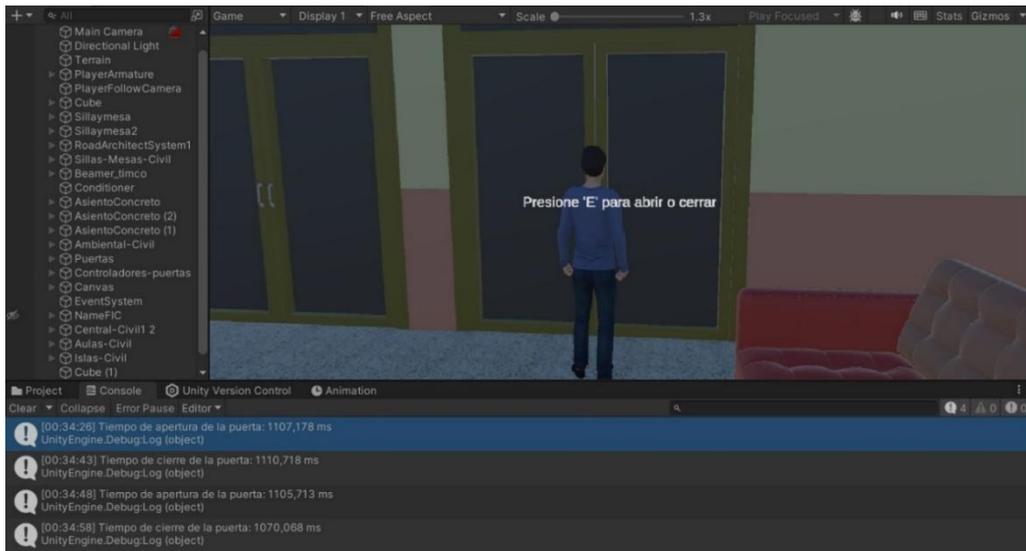


Figura 49: Prueba de tiempo de respuesta en laptop

Benchmark

La Figura 50, se muestra los resultados del benchmark de tiempo de respuesta de controles en dos equipos diferentes, con los tiempos de respuesta promedio, máximo y mínimo para cada equipo, así como la desviación estándar.

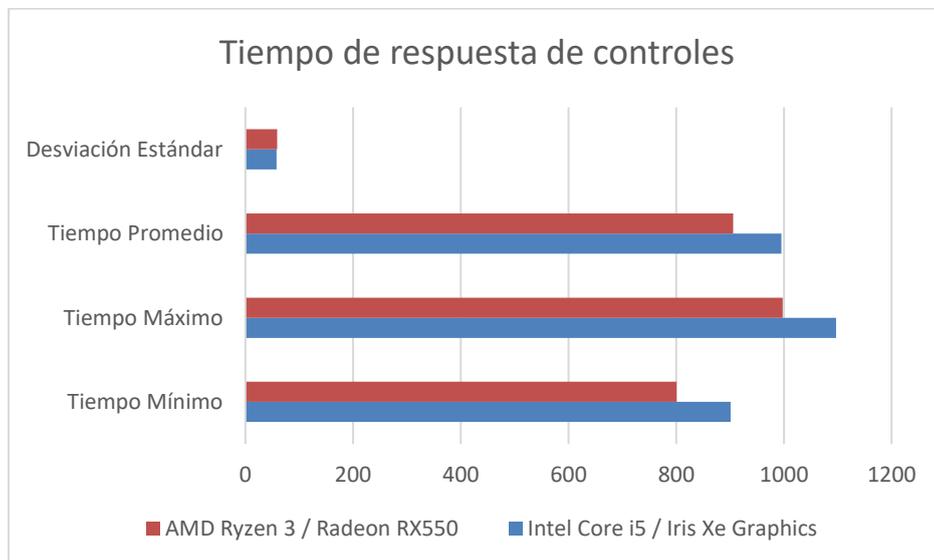


Figura 50: Resultados del Benchmark Tiempo de respuesta de controles

Taza de fotogramas por segundo:

- **Computadora**

En la computadora el metaverso se quedaba en 60fps en algunas zonas más demandantes llegaba a los 59fps, pero aun así se ve reflejado que tiene un buen rendimiento como se visualiza en la Figura 51 y 52.



Figura 51: Primera prueba de taza de fotogramas por segundo en computadora



Figura 52: Segunda prueba de taza de fotogramas por segundo en computadora

- **Laptop**

En la Figuras 53 y 54, se muestra como en algunas áreas los fps subían y bajaban, pero se mantenían en 30 a 40, lo cual es un rendimiento aceptable para el prototipo.



Figura 53: Primera prueba de taza de fotogramas por segundo en laptop



Figura 54: Segunda prueba de taza de fotogramas por segundo en laptop

Benchmark

La Figura 55, se muestra los resultados del benchmark de FPS en dos equipos diferentes, comparando su rendimiento en juegos como son los valores de FPS promedio, máximo y mínimo para cada equipo, y la desviación estándar.

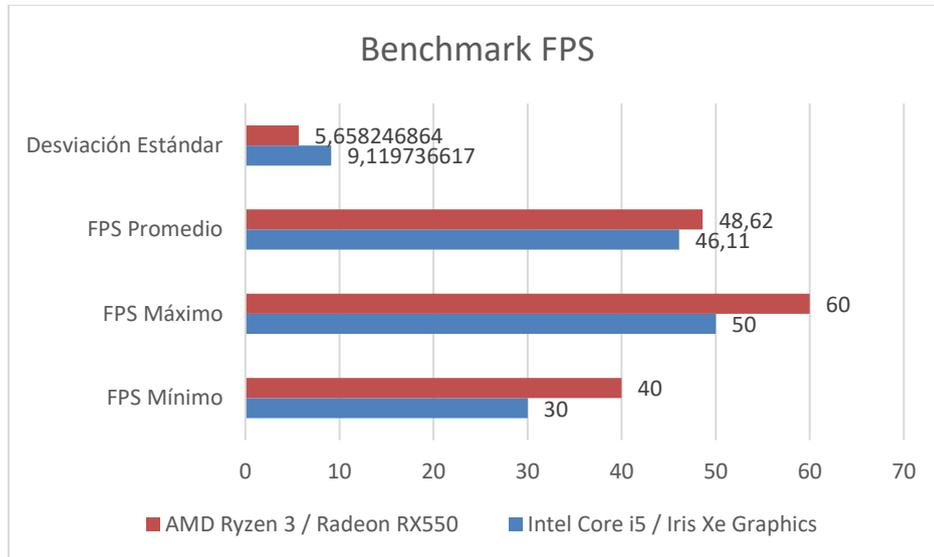


Figura 55: Resultados del Benchmark FPS en equipos utilizados

Tiempo de carga de entornos:

- **Computadora**

En la Figura 56, podemos observar que el tiempo de carga en la computadora es bastante rápido, respetando lo inmersivo y sin alterar la experiencia del usuario con lentitudes o latencias bajas.



Figura 56: Prueba de tiempo de carga de entornos en computadora

- **Laptop**

En la Figura 57, se muestra como la laptop tuvo un tiempo igual de corto, lo cual está bastante bien teniendo en cuenta que los entornos llegan a ser grandes y por lo tanto tiene un buen tiempo de carga.



Figura 57: Prueba de tiempo de carga de entornos en laptop

Benchmark

La Figura 58, muestra los resultados del benchmark de carga del entorno en dos equipos diferentes en donde se visualizan los tiempos promedio, mínimo y máximo de respuesta para cada equipo, así como la cantidad de pruebas realizadas.

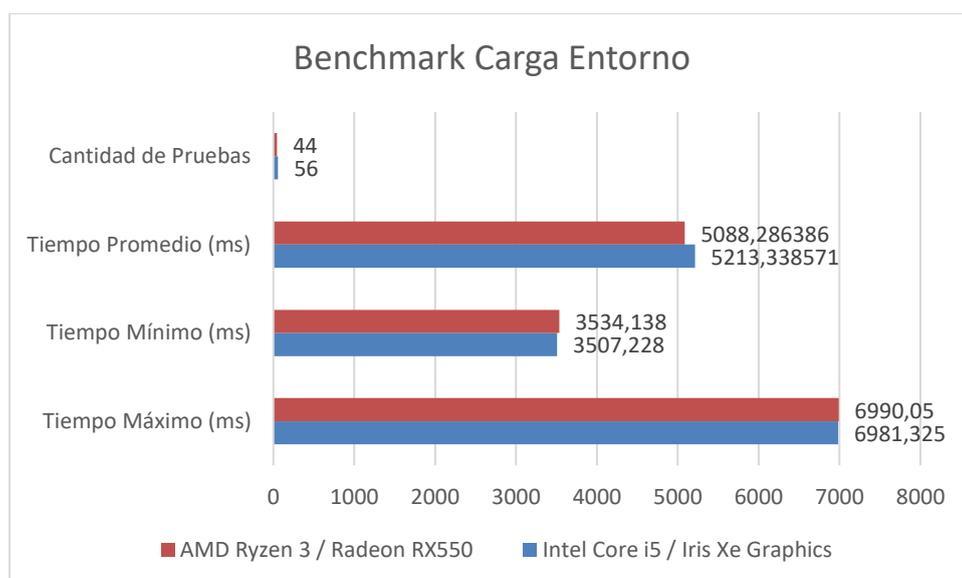


Figura 58: Resultados del Benchmark Carga Entorno en equipos utilizados

4 CONCLUSIONES

La implementación de una investigación previa del metaverso ha permitido establecer requerimientos y especificaciones claves que han asegurado su correcto funcionamiento, generando una base teórica sólida que sustenta al desarrollo del proyecto. De igual manera. De igual manera fue posible alinearse a la estructura de la facultad y a las nuevas tecnologías debido a las diversas fuentes e investigaciones realizadas a lo largo del periodo de obtención de información.

Los modelos 3d de la facultad de ingeniería civil ha logrado una representación detallada de la estructura original, generando una experiencia inmersiva en los usuarios, a su vez las acciones necesarias como abrir puertas aportan a la interacción entre el usuario con el entorno virtual.

5 RECOMENACIONES

- **Mejora en la optimización del modelado 3d:** Si bien el modelado está bastante bien y genera atracción al usuario, los modelos se pueden seguir optimizando e incorporando más detalles.
- **Profundizar en tendencias tecnológicas:** Con el fin de poder mejorar la escalabilidad del metaverso, siempre es necesario estar al día ante las nuevas tecnologías que puedan aportar al proyecto.
- **Realizar evaluaciones constantes:** Para mejorar el rendimiento, calidad y experiencia del usuario, en entornos virtuales siempre es necesario la evaluación constante.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. R. V. Hermida, «Las tierras sin nombre: En medio del lago», *Index Rev. Arte Contemp.*, n.º 16, pp. 146-181, nov. 2023, doi: 10.26807/cav.v9i16.553.
- [2] D. Mourtzis, J. Angelopoulos, y N. Panopoulos, «Metaverse and Blockchain in Education for collaborative Product-Service System (PSS) Design towards University 5.0», *Procedia CIRP*, vol. 119, pp. 456-461, ene. 2023, doi: 10.1016/j.procir.2023.01.008.
- [3] S. Maghaydah, M. Al-Emran, P. Maheshwari, y M. A. Al-Sharafi, «Factors affecting metaverse adoption in education: A systematic review, adoption framework, and future research agenda», *Heliyon*, vol. 10, n.º 7, abr. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28602.
- [4] J. A. V. López, «Marco teórico de realidad aumentada, realidad virtual e inteligencia artificial: Usos en educación y otras actividades», *Emerg. Trends Educ.*, vol. 6, n.º 12, Art. n.º 12, ene. 2024, doi: 10.19136/etie.a6n12.5695.
- [5] P. Medina-Chicaiza, M. E. Almachi-Toapanta, y M. S. Zumba-Velasteguí, «Análisis de documentos académicos sobre metaverso en el campo empresarial», *Rev. Arbitr. Interdiscip. Koinonía*, vol. 8, n.º 16, Art. n.º 16, jul. 2023, doi: 10.35381/r.k.v8i16.2520.
- [6] S. Barta, S. Ibáñez-Sánchez, C. Orús, y C. Flavián, «Avatar creation in the metaverse: A focus on event expectations», *Comput. Hum. Behav.*, vol. 156, p. 108192, jul. 2024, doi: 10.1016/j.chb.2024.108192.
- [7] J. A. Canchola-González y L. D. Glasserman Morales, «El concepto de fluidez digital: una revisión sistemática de literatura 2010-2020», *Texto Livre Ling. E Tecnol.*, vol. 13, n.º 3, pp. 25-46, nov. 2020, doi: 10.35699/1983-3652.2020.25087.
- [8] «(PDF) 3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current Status and Future Possibilities», *ResearchGate*, oct. 2024, doi: 10.1145/2480741.2480751.
- [9] T. M. de Classe, R. M. de Castro, y E. G. de Oliveira, «Metaverso como um ambiente de aprendizaje para o ensino híbrido», *RIED-Rev. Iberoam. Educ. Distancia*, vol. 26, n.º 2, Art. n.º 2, mar. 2023, doi: 10.5944/ried.26.2.36097.
- [10] P. Reyes Bravo, D. Contreras Aguilar, F. García Barrera, P. Reyes Bravo, D. Contreras Aguilar, y F. García Barrera, «A metaverse to carry out gamification activities in the area of people management», *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 31, pp. 0-0, 2023, doi: 10.4067/s0718-33052023000100214.
- [11] C. Isola, «Augmented reality, advertising and consumer protection in the light of European Union law», *Actual. Juríd. Iberoam.*, n.º 18, pp. 1478-1509, 2023.
- [12] M. S. Mendiola, «El metaverso: ¿la puerta a una nueva era de educación digital?», *Investig. En Educ. Médica*, vol. 11, n.º 42, Art. n.º 42, abr. 2022, doi: 10.22201/fm.20075057e.2022.42.22436.
- [13] M. de O. Fornasier, «Freedom of expression and the metaverse: on the importance of content creation for the emergence of a complex environment», *Rev. Investig. Const.*, vol. 10, n.º 1, Art. n.º 1, dic. 2023, doi: 10.5380/rinc.v10i1.87584.
- [14] M. G. Badilla-Quintana y F. J. Sandoval-Henríquez, «Estudio de caso: experiencia de estudiantes en formación inicial docente en simulaciones de prácticas pedagógicas en un mundo virtual», *Cuad. Investig. Educ.*, vol. 15, n.º 1, Art. n.º 1, feb. 2024, doi: 10.18861/cied.2024.15.1.3554.
- [15] P. I. Calonge y P. C. Muñoz, «La realidad virtual en el aula de música: un estudio cuasiexperimental», *Perspect. Educ.*, vol. 61, n.º 2, Art. n.º 2, jun. 2022, doi: 10.4151/07189729-Vol.61-Iss.2-Art.1215.
- [16] C. G. J. Vargas y F. A. Z. Rojas, «Metaverso, identidad virtual y mundos paralelos», *Rev. Iberoam. Cienc. Tecnol. Soc. - CTS*, vol. 19, n.º 57, Art. n.º 57, nov. 2024, doi: 10.52712/issn.1850-0013-366.
- [17] J. Chamba, M. Sánchez, M. J. Moya, J. Noroña, y R. Franco, «Simulación de movimiento de

- un robot hexápodo en entornos de realidad virtual», *Enfoque UTE*, vol. 10, n.º 1, Art. n.º 1, mar. 2019, doi: 10.29019/enfoqueute.v10n1.456.
- [18] F. S. Valencia-Córdoba, P. J. Rodríguez-Carrillo, y J. M. Reyes-Vera, «Ambiente Web 3D inmersivo para la educación universitaria», *Rev. UIS Ing.*, vol. 23, n.º 3, Art. n.º 3, ago. 2024, doi: 10.18273/revuin.v23n3-2024004.
- [19] C. L. C. Bustamante, E. S. V. Quimis, C. R. C. Plúa, y F. B. P. Ponce, «La realidad virtual, una tecnología educativa», *J. TechInnovation*, vol. 1, n.º 2, Art. n.º 2, jul. 2022, doi: 10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n2.2022.97-103.
- [20] D. D. L. O.- Miranda y A. C.- Campos, «El metaverso como tecnología disruptiva a la disposición de la metodología de enseñanza en las instituciones de educación superior», *Innovaciones Educ.*, vol. 25, n.º Especial, Art. n.º Especial, dic. 2023, doi: 10.22458/ie.v25iEspecial.4819.
- [21] R. G. Palomino, D. V. C. Mayanaza, J. M. R. Cruz, R. G. Palomino, D. V. C. Mayanaza, y J. M. R. Cruz, «Aulas virtuales en el aprendizaje del nivel superior», *Horiz. Rev. Investig. En Cienc. Educ.*, vol. 7, n.º 30, pp. 2074-2088, sep. 2023, doi: 10.33996/revistahorizontes.v7i30.649.
- [22] J. A. Caballero-Garriazo, J. R. Rojas-Huacanca, A. Sánchez-Castro, y A. F. Lázaro-Aguirre, «Revisión sistemática sobre la aplicación de la realidad virtual en la educación universitaria», *Rev. Electrónica Educ.*, vol. 27, n.º 3, Art. n.º 3, dic. 2023, doi: 10.15359/ree.27-3.17271.
- [23] N. Stephenson, *Snow Crash*. Bantam Books, 1993.
- [24] C. V. Franco y A. Berns, «Desarrollo de apps de realidad virtual y aumentada para enseñanza de idiomas: un estudio de caso», *RIED-Rev. Iberoam. Educ. Distancia*, vol. 27, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2024, doi: 10.5944/ried.27.1.37668.
- [25] J. M. P. Piernas, M. C. P. Meroño, y M. del P. F. Asenjo, «Escape Rooms virtuales: una herramienta de gamificación para potenciar la motivación en la educación a distancia», *RIED-Rev. Iberoam. Educ. Distancia*, vol. 27, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2024, doi: 10.5944/ried.27.1.37685.
- [26] C. A. Hernández-Suárez, A. A. Gamboa-Suárez, R. Prada-Núñez, C. A. Hernández-Suárez, A. A. Gamboa-Suárez, y R. Prada-Núñez, «Percepciones sobre el aprendizaje social y la operatividad de un entorno virtual: un análisis en estudiantes de una Facultad de Educación», *Form. Univ.*, vol. 17, n.º 1, pp. 129-138, feb. 2024, doi: 10.4067/S0718-50062024000100129.
- [27] B. Kye, N. Han, E. Kim, Y. Park, y S. Jo, «Educational applications of metaverse: possibilities and limitations», *J. Educ. Eval. Health Prof.*, vol. 18, dic. 2021, doi: 10.3352/jeehp.2021.18.32.
- [28] B. Oz, «A new perspective in construction management; the metaverse», *Rev. Constr. J. Constr.*, vol. 22, n.º 2, pp. 321-336, sep. 2023, doi: 10.7764/RDLC.22.2.321.
- [29] C. B. Moreno, M. R. M. Carretero, B. S.-R. de Santiago, y L. R. Rumayor, «Gamificación-educación: el poder del dato. El profesorado en las redes sociales», *RIED-Rev. Iberoam. Educ. Distancia*, vol. 27, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2024, doi: 10.5944/ried.27.1.37648.
- [30] A. Pregowska, M. Osial, y A. Gajda, «What will the education of the future look like? How have Metaverse and Extended Reality affected the higher education systems?», *Metaverse Basic Appl. Res.*, vol. 3, pp. 57-57, 2024, doi: 10.56294/mr202457.
- [31] J. L. Avalos-Pulcha, J. E. A. Padilla-Caballero, M. Á. Zubiaur-Alejos, y J. L. Poma-García, «El metaverso: Una estrategia para el impulso de la educación digital», *Rev. Arbitr. Interdiscip. Koinonía*, vol. 8, n.º 2, Art. n.º 2, oct. 2023, doi: 10.35381/r.k.v8i2.2944.
- [32] C. Gutiérrez-Cirlos *et al.*, «La medicina y el metaverso: aplicaciones actuales y futuro», *Gac. Médica México*, vol. 159, n.º 4, pp. 286-292, ago. 2023, doi: 10.24875/GMM.23000166.
- [33] E. Park, «Examining metaverse game platform adoption: Insights from innovation, behavior, and coolness», *Technol. Soc.*, vol. 77, p. 102594, jun. 2024, doi:

- 10.1016/j.techsoc.2024.102594.
- [34] T. Hulsen, «Aplicaciones del metaverso en medicina y atención sanitaria», *Adv. Lab. Med. Av. En Med. Lab.*, vol. 5, n.º 2, pp. 166-172, jun. 2024, doi: 10.1515/almed-2024-0004.
- [35] «Metaverso industrial: aplicaciones y ventajas - Electrónica Edimar». Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.edimar.com/metaverso-industrial/>
- [36] P. Medina-Chicaiza, M. E. Almachi-Toapanta, M. S. Zumba-Velasteguí, P. Medina-Chicaiza, M. E. Almachi-Toapanta, y M. S. Zumba-Velasteguí, «Análisis de documentos académicos sobre metaverso en el campo empresarial», *Rev. Arbitr. Interdiscip. Koinonía*, vol. 8, n.º 16, pp. 71-96, dic. 2023, doi: 10.35381/r.k.v8i16.2520.
- [37] J. M. H. de la Casa y P. S. Bautista, «FROM THE 360° PHOTO TO THE METAVERSE: conceptual and technical evolution of virtual and immersive journalism from Spain», *Braz. Journal. Res.*, vol. 19, n.º 2, Art. n.º 2, ago. 2023, doi: 10.25200/BJR.v19n2.2023.1562.
- [38] W. Zayat y O. Senvar, «Framework Study for Agile Software Development Via Scrum and Kanban», *Int. J. Innov. Technol. Manag.*, vol. 17, n.º 04, p. 2030002, jun. 2020, doi: 10.1142/S0219877020300025.
- [39] M. T. Gallego y A. C. D. Troncho, «TFC GESTION DE PROYECTOS INFORMÁTICOS».
- [40] «¿Cómo funciona la metodología Scrum? Qué es y sus 5 fases», Platzi. Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://platzi.com/blog/metodologia-scrum-fases/>
- [41] «Scrum: A Comprehensive Guide to Agile Project Management - Course Sidekick». Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.coursesidekick.com/arts-humanities/3565957>
- [42] O. Villar, *Learning Blender*. Addison-Wesley Professional, 2021.
- [43] «Blenderkit Add-on: Librería de Pinceles y Materiales gratuita para Blender», Blenderkit Add-on. Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://blendertaller.blogspot.com/2018/12/blenderkit-add-on-libreria-de-pinceles.html>
- [44] MasterD, «Qué es Unity y para qué sirve», MasterD. Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.masterd.es/blog/que-es-unity-3d-tutorial>
- [45] «Visual Studio Code: Editor de código para desarrolladores | OpenWebinars», OpenWebinars.net. Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>
- [46] «Polycam - LiDAR & 3D Scanner for iPhone & Android». Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://poly.cam/>
- [47] «How Many Test Users in a Usability Study?», Nielsen Norman Group. Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>
- [48] D. I. C. Chán, R. A. A. Vera, J. P. U. Pech, J. C. D. Mendoza, y J. A. S. Tejero, «Diseño de un prototipo para configuración de entornos virtuales de aprendizaje basados en gamificación utilizando UWE», *ReCIBE Rev. Electrónica Comput. Informática Bioméd. Electrónica*, vol. 10, n.º 1, Art. n.º 1, sep. 2021, doi: 10.32870/recibe.v10i1.217.
- [49] «(PDF) Una experiencia en el uso de metaversos para la enseñanza de la física mecánica en estudiantes de ingeniería», *ResearchGate*, dic. 2024, doi: 10.26507/rei.v12n24.778.
- [50] R. D. Tripathi, M. Lyu, y V. Sivaraman, «Assessing the Impact of Network Quality-of-Service on Metaverse Virtual Reality User Experience», 15 de julio de 2024, *arXiv*: arXiv:2407.10423. doi: 10.48550/arXiv.2407.10423.

ANEXOS

Anexo 1. Reunión con tutor



APENDICES

Apéndice 1. Button left door

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Button_door : MonoBehaviour
{
    private bool IsOpen = false;
    [SerializeField] private Animator myDoor = null;
    [SerializeField] private GameObject texto = null;
    private bool lugar = false;

    private float startTime; // Guarda el tiempo cuando se inicia la acción

    private void OnTriggerEnter(Collider other)
    {
        if (other.CompareTag("Player"))
        {
            texto.SetActive(true);
            lugar = true;
        }
    }

    private void OnTriggerExit(Collider other)
    {
        if (other.CompareTag("Player"))
        {
            texto.SetActive(false);
            lugar = false;
        }
    }

    void Update()
    {
        if (Input.GetKeyDown(KeyCode.E) && lugar)
        {
            startTime = Time.realtimeSinceStartup; // Iniciar medición

            if (!IsOpen)
            {
                myDoor.Play("left_door_open", 0, 0.0f);
                StartCoroutine(RegistrarTiempo("apertura"));
                IsOpen = true;
            }
            else
            {
                myDoor.Play("left_door_close", 0, 0.0f);
                StartCoroutine(RegistrarTiempo("cierre"));
                IsOpen = false;
            }
        }
    }

    IEnumerator RegistrarTiempo(string accion)
    {
        yield return new WaitForEndOfFrame(); // Esperar un frame para que inicie
        la animación
    }
}
```

```

        float animDuration = myDoor.GetCurrentAnimatorStateInfo(0).length; //
Obtener duración

        yield return new WaitForSeconds(animDuration); // Esperar a que termine la
animación

        float elapsedTime = (Time.realtimeSinceStartup - startTime) * 1000f; //
Calcular tiempo en ms
        Debug.Log("Tiempo de " + accion + " de la puerta: " +
elapsedTime.ToString("F3") + " ms");
    }

}

```

Apéndice 2. Button right door

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class button_right_door : MonoBehaviour
{
    private bool isOpen = false;
    [SerializeField] private Animator myDoor = null;
    [SerializeField] private GameObject texto = null;
    private bool lugar = false;

    private float startTime; // Guarda el tiempo cuando se inicia la acción

    private void OnTriggerEnter(Collider other)
    {
        if (other.CompareTag("Player"))
        {
            texto.SetActive(true);
            lugar = true;
        }
    }

    private void OnTriggerExit(Collider other)
    {
        if (other.CompareTag("Player"))
        {
            texto.SetActive(false);
            lugar = false;
        }
    }

    void Update()
    {
        if (Input.GetKeyDown(KeyCode.E) && lugar)
        {
            startTime = Time.realtimeSinceStartup; // Iniciar medición

            if (!isOpen)
            {
                myDoor.Play("right_door_open", 0, 0.0f);
                StartCoroutine(RegistrarTiempo("apertura"));
                isOpen = true;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    else
    {
        myDoor.Play("right_door_close", 0, 0.0f);
        StartCoroutine(RegistrarTiempo("cierre"));
        IsOpen = false;
    }
}

IEnumerator RegistrarTiempo(string accion)
{
    yield return new WaitForEndOfFrame(); // Esperar un frame para que inicie
la animación
    float animDuration = myDoor.GetCurrentAnimatorStateInfo(0).length; //
Obtener duración

    yield return new WaitForSeconds(animDuration); // Esperar a que termine la
animación

    float elapsedTime = (Time.realtimeSinceStartup - startTime) * 1000f; //
Calcular tiempo en ms
    Debug.Log("Tiempo de " + accion + " de la puerta: " +
elapsedTime.ToString("F3") + " ms");
}
}

```

Apéndice 3. Menú Inicial

```

using System.Collections;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class MenuInicial : MonoBehaviour
{
    private float startTime;

    public void Iniciar()
    {
        startTime = Time.realtimeSinceStartup; // Guarda el tiempo al iniciar la
carga
        StartCoroutine(CargarEscena());
    }

    private IEnumerator CargarEscena()
    {
        int nextSceneIndex = SceneManager.GetActiveScene().buildIndex + 1;
        AsyncOperation asyncLoad = SceneManager.LoadSceneAsync(nextSceneIndex);
        asyncLoad.allowSceneActivation = false; // Evita que la escena se active
automáticamente

        // Esperar a que la carga alcance el 90%
        while (asyncLoad.progress < 0.9f)
        {
            yield return null;
        }
    }
}

```

```

        // Calcular y mostrar el tiempo de carga solo una vez
        float loadTime = Time.realtimeSinceStartup - startTime;
        Debug.Log($"Tiempo de carga de la escena {nextSceneIndex}: {loadTime *
1000} ms");

        // Activar la escena después de mostrar el tiempo
        asyncLoad.allowSceneActivation = true;

        yield return null; // Asegurar que el siguiente código se ejecute después
de la activación

        // Ocultar el cursor después de que la escena esté completamente cargada
        Cursor.visible = false;
        Cursor.lockState = CursorLockMode.Locked;
    }

    public void Salir()
    {
        Debug.Log("Salir...");
        Application.Quit();
    }
}

```