



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**Desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IOT**

**NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**AGUIRRE ECHEVERRIA CARLOS ANDRES  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**Desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IOT**

**NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**AGUIRRE ECHEVERRIA CARLOS ANDRES  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IOT**

**NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**AGUIRRE ECHEVERRIA CARLOS ANDRES  
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**HERNANDEZ ROJAS DIXYS LEONARDO**

**MACHALA  
2023**

# Documento Nieves-Aguirre.pdf

*por* Bryan Nieves Pucha

---

**Fecha de entrega:** 22-mar-2024 12:27p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2328036022

**Nombre del archivo:** Documento\_para\_subir\_a\_Turnitin\_1\_.pdf (3.6M)

**Total de palabras:** 10801

**Total de caracteres:** 57637

# Documento Nieves-Aguirre.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.utc.edu.ec](http://repositorio.utc.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

2

[repositorio.utmachala.edu.ec](http://repositorio.utmachala.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

3

[www.dspace.uce.edu.ec](http://www.dspace.uce.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

4

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1%

5

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

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

Los que suscriben, NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO y AGUIRRE ECHEVERRIA CARLOS ANDRES, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IOT, 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.



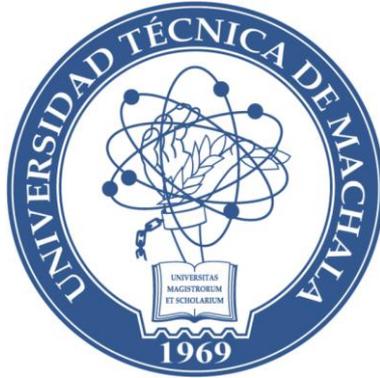
NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO

0705949501



AGUIRRE ECHEVERRIA CARLOS ANDRES

0751135070



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

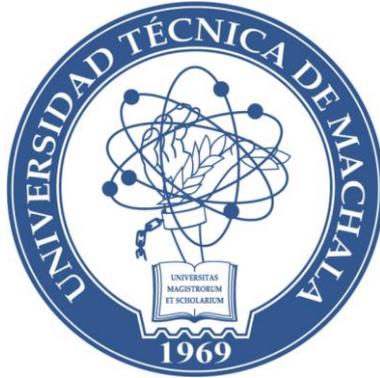
DESARROLLO DE UN METAVERSO PARA UN LABORATORIO  
REMOTO DE IOT

AGUIRRE ECHEVERRÍA CARLOS ANDRÉS  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

MACHALA

2024



**UTMACH**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

DESARROLLO DE UN METAVERSO PARA UN LABORATORIO  
REMOTO DE IOT

AGUIRRE ECHEVERRÍA CARLOS ANDRÉS  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

NIEVES PUCHA BRYAN LEONARDO  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

HERNANDEZ ROJAS DIXYS LEONARDO

MACHALA

2024

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, que con mucho esfuerzo me han permitido seguir con mis estudios, me han apoyado en cada paso de esta etapa.

Gracias por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia, por estar en las buenas y en las malas, sin ustedes nada de esto sería posible.

**Aguirre Echeverría Carlos Andrés**

Dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mis padres, porque me dieron la oportunidad de continuar con mis estudios superiores para superarme y mejorar en el ámbito académico, a mis hermanos que con su alegría me ayudaron a continuar en este arduo camino.

**Nieves Pucha Bryan Leonardo**

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente, quiero agradecer a mis padres por su apoyo incondicional, que ha sido fundamental para llegar a este momento de mi vida, por creer en mí y enseñarme todos los valores que me han inculcado.

También quiero agradecer a mi tutor de este trabajo de titulación, el Ing. Dixys Hernández por su orientación y el apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Por último, quiero agradecer a la Universidad Técnica de Machala por darme la oportunidad de obtener una educación de calidad.

**Aguirre Echeverría Carlos Andrés**

Agradezco a mi familia por el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi carrera, tanto emocional como económicamente, por brindarme la confianza, comprensión y su amor, los cuales fueron fundamentales para culminar con éxito este proyecto.

Quiero agradecer a mi tutor, el Ing. Dixys Hernández por la orientación invaluable, sus consejos sabios y experiencia que han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo de titulación.

También quiero expresar mi agradecimiento a Dios por brindar fortaleza, guía y bendiciones a lo largo de este tiempo.

**Nieves Pucha Bryan Leonardo**

## **RESUMEN**

El concepto de metaverso ha ido creciendo durante los últimos años, entrando en campos como los negocios, salud, arquitectura o inclusive la educación. El metaverso es un espacio virtual en donde los usuarios pueden interactuar entre ellos y con objetos de forma inmersiva. La educación en línea ha ayudado a varias personas a poder estudiar de manera remota, ya sea por temas de movilización o monetarios, permitiendo el acceso desde cualquier lugar. Uno de sus puntos débiles de esta modalidad es la ejecución de la parte práctica, ya que cuando se realizan prácticas de laboratorio virtuales se presentan inconvenientes al momento de adquirir conocimientos. Este trabajo se centra en el desarrollo de un metaverso específico para un laboratorio remoto de IoT, con el objetivo de proporcionar un entorno inmersivo donde los estudiantes puedan interactuar de manera práctica con objetos y herramientas propias de un laboratorio de IoT. Las pruebas de rendimiento han arrojado resultados positivos, confirmando la funcionalidad integral de todos los requisitos del software. Por otro lado, según la hipótesis planteada, no se encontró evidencia suficiente para afirmar que el metaverso mejora la experiencia de uso de los laboratorios remotos en estudiantes que participaron en actividades prácticas virtuales utilizando el metaverso desarrollado en este trabajo. La implementación de nuevas funcionalidades en el metaverso y expansión a una variedad más amplia de dispositivos, puede mejorar la accesibilidad y potencial impacto en la experiencia del usuario.

### **PALABRAS CLAVE:**

Metaverso, laboratorio remoto, IoT, metaverso en la educación, Unreal Engine.

## **ABSTRACT**

The concept of metaverse has been growing in recent years, entering fields such as business, health, architecture or even education. The metaverse is a virtual space where users can interact with each other and with objects in an immersive way. Online education has helped several people to be able to study remotely, whether for mobility or monetary reasons, allowing access from anywhere. One of the weak points of this modality is the execution of the practical part, since when virtual laboratory practices are carried out, there are problems when acquiring knowledge. This work focuses on the development of a specific metaverse for a remote IoT laboratory, with the aim of providing an immersive environment where students can interact practically with objects and tools typical of an IoT laboratory. Performance testing has returned positive results, confirming comprehensive functionality of all software requirements. On the other hand, according to the hypothesis proposed, insufficient evidence was found to affirm that the metaverse improves the experience of using remote laboratories in students who participated in virtual practical activities using the metaverse developed in this work. The implementation of new functionality in the metaverse and expansion to a wider variety of devices can improve accessibility and potential impact on the user experience.

### **PALABRAS CLAVE:**

Metaverse, remote laboratory, IoT, metaverse in education, Unreal Engine.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
GLOSARIO.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	15
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	15
1.2. Antecedentes Históricos.....	18
1.3. Antecedentes Teóricos.....	20
1.3.1. Metaverso.....	20
1.3.2. Laboratorio Remoto.....	23
1.3.3. Herramientas.....	24
1.4. Antecedentes Contextuales.....	25
1.4.1. Ámbito de aplicación.....	25
1.4.2. Establecimiento de requerimientos.....	25
CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	26
2.1. Definición del prototipo.....	26
2.2. Metodología de desarrollo del prototipo.....	27
2.2.1. Enfoque, alcance y diseño de investigación.....	27
2.2.2. Unidad de análisis.....	27
2.2.3. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.....	28
2.2.4. Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados.....	28

2.2.5.	Metodología o métodos específicos .....	28
2.2.6.	Herramientas y/o Materiales .....	29
2.3.	Desarrollo del prototipo.....	30
2.3.1.	Fase de Planificación.....	30
2.3.2.	Fase de Modelado.....	33
2.4.	Ejecución del prototipo.....	45
CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO .....		50
3.1.	Plan de evaluación .....	50
3.1.1.	Objetivo.....	50
3.1.2.	Alcance de la evaluación.....	50
3.1.3.	Cronograma.....	50
3.1.4.	Métricas y Medidas .....	51
3.1.5.	Procedimientos de evaluación .....	52
3.1.6.	Criterios de aceptación .....	52
3.1.7.	Escenarios de prueba.....	53
3.1.8.	Método de Evaluación.....	53
3.2.	Resultados de la evaluación.....	55
CONCLUSIONES .....		61
RECOMENDACIONES .....		61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		63
ANEXOS.....		66
Anexo 1:	Matriz de consistencia .....	66
Anexo 2.	Realización de la evaluación de rendimiento .....	67
Anexo 3.	Usuarios utilizando el metaverso.....	68
Anexo 4:	Pruebas de Rendimiento con modo de conexión Ethernet .....	69
Anexo 5:	Pruebas de Rendimiento con modo de conexión WIFI .....	70
Anexo 6:	Encuesta de Experiencia de Uso del metaverso. ....	71

Anexo 7. Estadística de la Encuesta de Experiencia de Uso del metaverso. ....	72
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problemas Causa - Efecto .....	13
Figura 2: Proceso de búsqueda SLR .....	17
Figura 3: Diagrama de porcentaje de artículos por fuente .....	17
Figura 4: Cantidad de artículos seleccionados por año .....	18
Figura 5: Línea de tiempo de la evolución del metaverso.....	18
Figura 6: Mapa conceptual de los antecedentes teóricos .....	20
Figura 7: Escenarios del metaverso.....	21
Figura 8: Arquitectura de un laboratorio remoto de IoT .....	24
Figura 9: Prototipo del trabajo de titulación.....	26
Figura 10: Modelado del prototipo.....	34
Figura 11: Modelo 3D de un escritorio .....	34
Figura 12: Modelo 3D de un interruptor para un foco .....	34
Figura 13: Modelo 3D de una estantería .....	35
Figura 14: Modelo 3D de un multímetro .....	35
Figura 15: Modelo 3D de una fuente de alimentación .....	35
Figura 16: Modelo 3D de generador de señales .....	36
Figura 17: Modelo 3D de un osciloscopio .....	36
Figura 18: Modelo 3D de un RaspBerry .....	36
Figura 19: Función Caminar .....	37
Figura 20: Función Correr.....	37
Figura 21: Función de cambio de cámaras.....	37
Figura 22: Función para interactuar con objetos en primera persona .....	38
Figura 23: Función para interactuar con objetos en tercera persona .....	38
Figura 24: Función para activar o desactivar widget interacción.....	38
Figura 25: Función para la conexión MQTT .....	39
Figura 26: Función para suscribirse a un tópico y recepción de mensajes.....	39
Figura 27: Función para validar mensajes MQTT recibidos.....	39
Figura 28: Función para activar y desactivar focos.....	39
Figura 29: Función de animación del interruptor .....	40

Figura 30: Función de verificación de conexión MQTT.....	40
Figura 31: Función para publicar mensajes MQTT .....	40
Figura 32: Función para cargar una URL.....	41
Figura 33: Función para mostrar cursor al área de colisión .....	41
Figura 34: Función para ocultar y visualizar el chat de texto .....	42
Figura 35: Función para enviar mensajes en el chat de texto.....	42
Figura 36: Función para actualizar el chat de texto .....	42
Figura 37: Función para añadir un componente Odin.....	42
Figura 38: Función para remover un componente Odin.....	43
Figura 39: Función para crear una sala y capturar la entrada de audio.....	43
Figura 40: Función para crear el widget lobby.....	43
Figura 41: Widget Lobby .....	43
Figura 42: Función para crear una sesión y remover el widget.....	44
Figura 43: Función para unirse a la sesión .....	44
Figura 44: Función para modificar la IP .....	44
Figura 45: Simulación del laboratorio remoto .....	44
Figura 46: Lobby del metaverso.....	45
Figura 47: Vista inicial dentro del metaverso .....	45
Figura 48: Encendido de luces en cliente y servidor.....	46
Figura 49: Interfaz en pantalla.....	46
Figura 50: Objeto interactivo .....	47
Figura 51: Navegación Web.....	47
Figura 52: Modo de primera persona .....	48
Figura 53: Objeto inspeccionable.....	48
Figura 54: Más información del objeto .....	49
Figura 55: Vista de una maqueta dentro del metaverso .....	49
Figura 56: Resultados de evaluación de usabilidad de acuerdo a las métricas aplicadas .....	58
Figura 57: Cálculo del Z estadístico.....	60
Figura 58: Gráfica de distribución normal .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición de variables y dimensionamiento .....	14
Tabla 2: Preguntas de investigación .....	15
Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión .....	16
Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	28
Tabla 5: Comparación entre herramientas para la creación de metaversos .....	29
Tabla 6: Herramientas y/o materiales.....	30
Tabla 7: Historia de Usuario #1 .....	30
Tabla 8: Historia de Usuario #2 .....	31
Tabla 9: Historia de Usuario #3 .....	31
Tabla 10: Historia de Usuario #4 .....	31
Tabla 11: Historia de Usuario #5 .....	32
Tabla 12: Historia de Usuario #6 .....	32
Tabla 13: Cronograma para priorizar tareas .....	32
Tabla 14: Cronograma del Plan de Evaluación .....	50
Tabla 15: Características de los computadores .....	53
Tabla 16: Indicador de Rendimiento .....	54
Tabla 17: Plantilla para evaluación del prototipo.....	54
Tabla 18: Resumen de los resultados de evaluación con conexión ethernet.....	55
Tabla 19: Resumen de los resultados de evaluación con conexión wifi .....	56
Tabla 20: Métricas de la encuesta de satisfacción.....	58

## GLOSARIO

### A

**Avatar:** Es una representación digital de un usuario en un entorno virtual tridimensional, en el que se puede personalizar la apariencia y características del mismo.

### I

**Internet de las Cosas (IoT):** Es una red en la que los objetos físicos cotidianos y dispositivos pueden conectarse y comunicarse entre sí, sin intervención humana directa.

### L

**Laboratorio Remoto:** Es un entorno en el que los usuarios pueden acceder e interactuar con equipos o experimentos tecnológicos a distancia, mediante la conexión a Internet.

### M

**Metaverso:** Es un espacio virtual tridimensional compartido que integra elementos del mundo físico y digital, en donde las personas pueden interactuar entre sí y con objetos digitales.

**MQTT:** Es un protocolo de mensajería liviano y simple, basado en la publicación y suscripción de Cliente Servidor y está diseñado para que sea fácil de implementar, lo cual lo hace ideal para la comunicación de Máquina a Máquina e Internet de las Cosas.

## **INTRODUCCIÓN**

Las instituciones de educación superior están implementando carreras en modalidad virtual que permite a los usuarios reducir gastos; sin embargo, este tipo de modalidad tiene un inconveniente al momento de realizar actividades prácticas, debido a que los estudiantes no pueden experimentar de manera eficaz, el uso de dispositivos y herramientas que se proporcionan en un laboratorio físico.

En los últimos años, con el creciente avance tecnológico, el término de metaverso se ha expandido a distintas áreas, llegando a ser una solución a diferentes problemas por el ambiente inmersivo y social que proporciona, ya que permite a los usuarios interactuar con objetos y escenarios simulados (virtualizados) muy similar a los reales, sin importar las barreras geográficas.

Este proyecto tuvo como finalidad el uso de las nuevas tecnologías, donde se utilizó como punto de partida, la creación de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT, que proporciona una solución a los usuarios que deseen experimentar el uso de dispositivos IoT.

### **Declaración y Formulación del Problema**

A nivel mundial, la educación en línea se ha ido expandiendo durante los últimos años, este crecimiento puede estar sujeto a diversos factores, principalmente puede ser por los gastos de movilización para acceder a la educación de manera presencial; otro factor clave puede ser la limitación de recursos o herramientas tecnológicas con las que cuentan las instituciones educativas.

Como se indica en [1], en América Latina desde 2010, la educación en línea ha tenido un crecimiento de un 73% en comparación a la presencial que tan solo hizo un 27%, esto debido a que muchas universidades en la región buscan la manera de adaptarse a las nuevas tecnologías, buscando una forma de optimizar los recursos con los que cuentan.

En la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), específicamente en la carrera de Tecnologías de la Información se presenta un problema al momento de realizar prácticas en un laboratorio de IoT de manera presencial, debido a que no se cuenta con la cantidad necesaria de recursos para que todos los estudiantes experimenten el uso de herramientas de IoT.

Ante esta problemática se busca desarrollar un metaverso para un laboratorio remoto de IoT que permita a los estudiantes realizar prácticas con instrumentos de medición, herramientas y

dispositivos IoT de manera inmersiva, desde cualquier lugar y en cualquier momento teniendo en cuenta la mejora de la experiencia de uso y la optimización de recursos.



Figura 1: Árbol de problemas Causa - Efecto

## Formulación del problema

- Problema Principal

¿Cómo mejorar la experiencia de uso de laboratorios remotos para los estudiantes que realizan prácticas de laboratorio de IoT en la Universidad Técnica de Machala?

## Objeto de estudio y Campo de acción

### Objeto de estudio

- Mejora en la experiencia de uso de un laboratorio remoto de IoT.

### Campo de acción

- Internet de las cosas (IoT) y desarrollo de software aplicado a la construcción de un metaverso.

### Objetivos

#### Objetivo General

- Desarrollar un metaverso con un entorno inmersivo para un laboratorio remoto de IoT, que mejore la experiencia de uso de los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información de la UTMACH, a través de la simulación y la conexión con dispositivos reales.

## Objetivos específicos

- Recopilar información científica sobre el metaverso y sus beneficios en la educación en línea.
- Desarrollar un entorno virtual basado en un laboratorio remoto de IoT.
- Integrar el metaverso del laboratorio remoto con dispositivos que se usan en un laboratorio de IoT.
- Evaluar la aplicación mediante el uso de una norma para calidad de software.

## Hipótesis y variables de Investigación

### Hipótesis

El desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT de la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Técnica de Machala, mejorará la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que desarrollan actividades prácticas virtuales de IoT.

### Variables y dimensionamiento (o categorización)

Tabla 1: Definición de variables y dimensionamiento

Variable	Categorías	Indicadores	Ítems
<b>Independiente:</b> Desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT.	Proceso de desarrollo Herramientas de desarrollo Metodología de desarrollo	Desarrollo del prototipo Motor de desarrollo Modelado 3D Metodología SCRUM	Fases de Desarrollo Unreal Engine Blender MQTT Planificación. desarrollo, reuniones, revisión y retrospectiva.
<b>Dependiente:</b> Mejora en la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que desarrollan actividades prácticas virtuales de IoT.	Usabilidad del Metaverso para un laboratorio remoto de IoT.	Encuesta de experiencia del usuario. Facilidad de uso.	Recopilación de datos Análisis de datos obtenidos.

### Justificación

Hoy en día, han surgido nuevas tecnologías como el metaverso que se están aplicando en diversas áreas. Una de esas áreas es la educación, ya que nos permite replicar o crear un espacio virtual en el que los usuarios pueden interactuar de manera inmersiva con objetos o herramientas virtuales.

La implementación de un laboratorio en cualquier área es demasiado costoso por las herramientas que se necesitan, a esto se suma que los laboratorios físicos cuentan con una capacidad limitada de personas que pueden realizar prácticas, causando que algunos estudiantes no puedan experimentar la parte práctica de una asignatura [2].

Es por ello que la importancia del siguiente trabajo se enfoca en un estudio sobre el uso de metaverso aplicado a un laboratorio remoto de IoT; es por este motivo que se desarrolló un entorno inmersivo que permite a los estudiantes de la UTMACH realizar prácticas virtuales por medio de una simulación capaz de controlar remotamente dispositivos IoT y así gestionar de mejor manera los recursos con los que se cuenta en el laboratorio de IoT.

En el Anexo 1, se puede observar un resumen de todos los objetivos, e información relevante respecto al trabajo de titulación.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de la Investigación

#### a) Preguntas de investigación

*Tabla 2: Preguntas de investigación*

Pregunta de investigación	Descripción y motivación
RQ1. ¿Qué es un metaverso y cuál es su relación con la educación en línea?	El propósito de esta pregunta es identificar y analizar la relación que tiene el metaverso para mejorar el aprendizaje de la educación en línea.
RQ1.1. ¿Cuáles son los antecedentes del uso de metaversos en entornos de laboratorio remoto?	Esta pregunta pretende identificar antecedentes relacionados con el uso de metaversos en un laboratorio remoto.
RQ1.2 ¿Cuáles son los beneficios relacionados con el uso de metaversos en laboratorios remotos?	El objetivo de esta pregunta es reconocer los beneficios que están asociados al desarrollo y la utilización del metaverso en laboratorios remotos.
RQ1.3. ¿Qué tecnologías y métodos se utilizan para crear un metaverso?	Esta pregunta tiene como objetivo profundizar acerca de las tecnologías y los métodos que se utilizan para el desarrollo de un metaverso. Esta información se utilizará para seleccionar las herramientas necesarias para el desarrollo de un metaverso.
RQ2. ¿Qué desafíos / problemas se identifican en la literatura de investigación relacionada con el desarrollo y/o uso de metaverso para un laboratorio remoto?	Esta pregunta tiene como objetivo identificar los trabajos necesarios en esta área.

## b) Palabras claves y Cadena(s) de búsqueda

La estrategia de búsqueda implementada consiste en el uso de operadores lógicos que ayudan a unir conceptos, utilizando cadenas de búsqueda, las bases de datos seleccionadas y consultadas fueron: Web of Science, Scopus, IEEE Explorer, ACM y Ebsco Host.

En la cadena de búsqueda se especificó considerando palabras claves (Metaverso, Educación en línea, Laboratorio remoto). Realizamos búsquedas de prueba con las cuales se definieron las siguientes cadenas de búsqueda, utilizada para buscar en palabras clave, título, resumen y texto completo de las publicaciones:

("metaverso" OR "metaversos" OR "edu-metaverso") AND ("educación en línea" OR "educación online" OR "educación por internet") OR ("laboratorio remoto") AND ("aprendizaje" OR "enseñanza" OR "proceso de enseñanza-aprendizaje")

### Cadena de búsqueda en inglés:

("metaverse" OR "metaverses" OR "edu-metaverse") AND ("online education") OR ("remote laboratory" OR "remote lab") AND ("learning" OR "teaching" OR "teaching process")

## c) Criterios de inclusión y exclusión

Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión

#	Criterio de inclusión
1	Estudios primarios
2	Estudios que abordan en los objetivos una relación del metaverso con el aprendizaje en línea.
3	Estudio publicado en un periodo de 5 años.
4	Estudios que relacionan metaverso y la educación en línea
#	Criterio de exclusión
1	Estudios secundarios
2	Artículos cortos ( $\leq 3$ páginas)
3	Estudios duplicados (sólo se incluyó una copia de cada estudio)
4	Estudios claramente irrelevantes para la investigación, teniendo en cuenta las preguntas de investigación.
5	Literatura gris
6	Trabajo redundante de la misma autoría
7	Publicaciones cuyo texto no estaba disponible (a través de buscadores o contactando a los autores)

#### d) Proceso y resultados de la búsqueda

Luego de realizar una búsqueda de artículos relacionados con nuestro tema de investigación, se realizó un filtro mediante la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, este proceso se puede ver más detallado en la Figura 2.

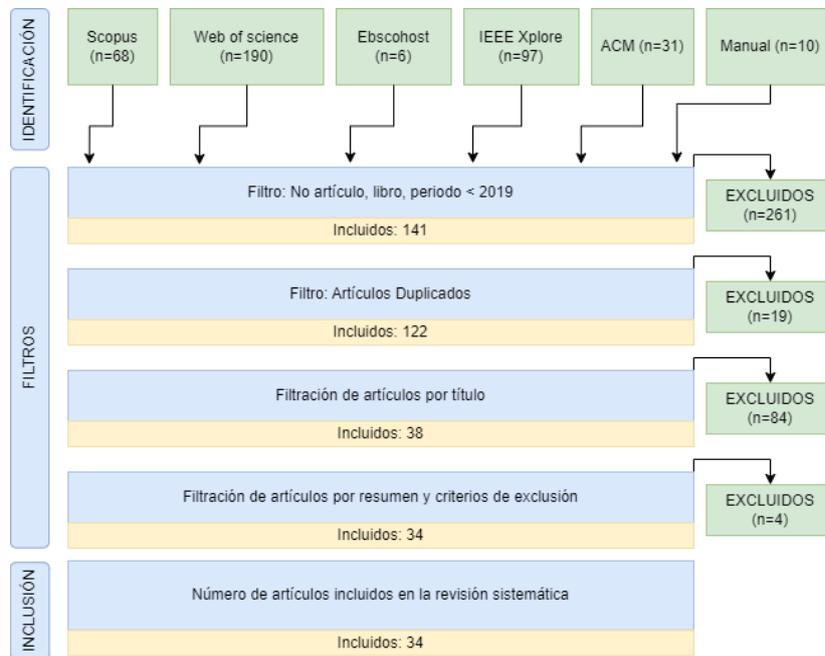


Figura 2: Proceso de búsqueda SLR

#### Resultados de la búsqueda

- **Porcentaje de artículos según la fuente**

En la Figura 3 se visualizan todas las fuentes de información seleccionadas y el porcentaje de aportación de artículos que pasaron los criterios de inclusión para el tema de investigación, siendo Web of Science la fuente de información que tiene el mayor aporte.

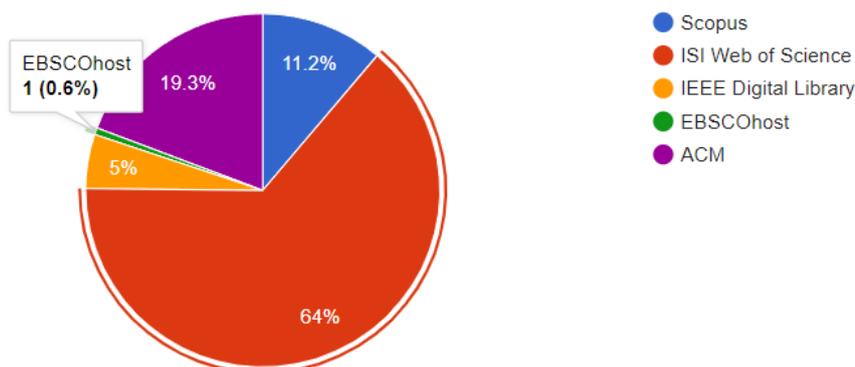


Figura 3: Diagrama de porcentaje de artículos por fuente  
Fuente: Elaborado en herramienta Parsifal [3]

- **Cantidad de artículos por año**

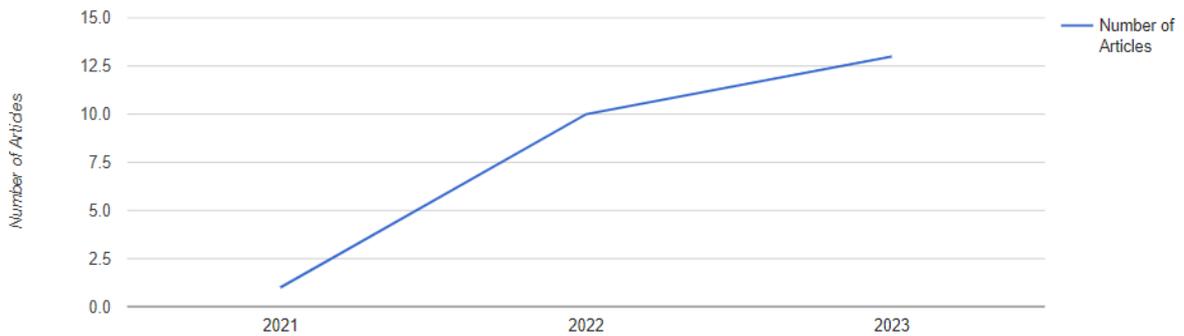


Figura 4: Cantidad de artículos seleccionados por año  
Fuente: Elaborado en herramienta Parsifal [3]

En la Figura 4, se presenta un gráfico que indica la cantidad de artículos relacionados con el tema de investigación en un periodo de tiempo (2019-2023), cabe recalcar que solo se contabilizaron los artículos que pasaron los criterios de inclusión.

## 1.2. Antecedentes Históricos

El concepto de metaverso se ha ido expandiendo en los últimos años; a pesar de no ser una tecnología reciente, ya que sus inicios datan desde el 2003 con la creación de Second Life. Sin embargo, esta tecnología ha hecho un “boom” en los últimos años, siendo el principal causante las declaraciones realizadas por el creador de Facebook. En la Figura 5 se resume los datos históricos más importantes alrededor del metaverso.

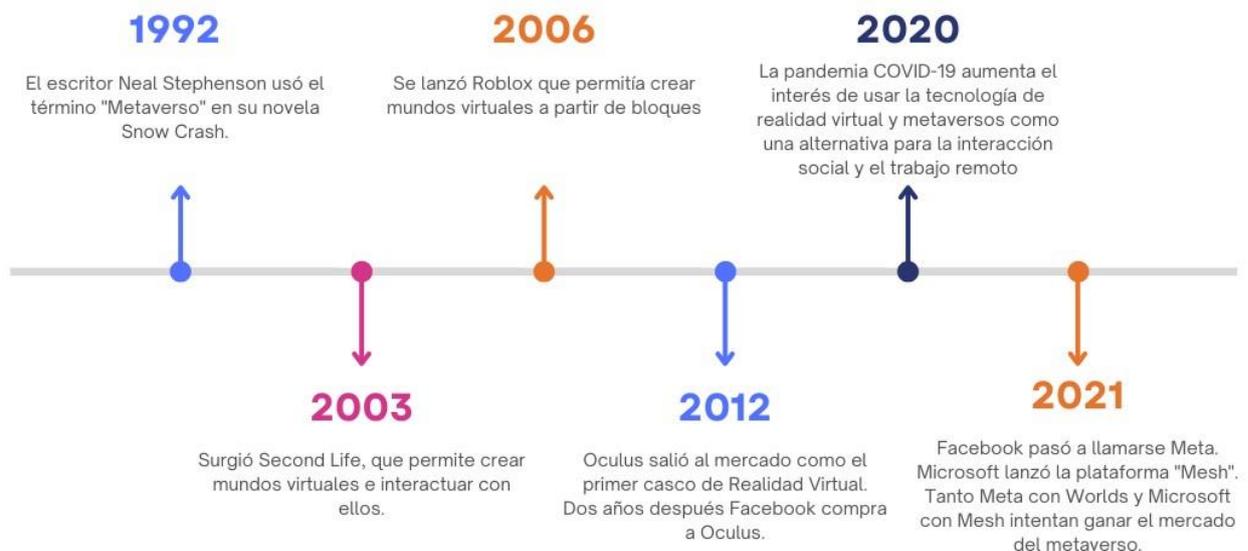


Figura 5: Línea de tiempo de la evolución del metaverso

Por primera vez en 1992 el término metaverso se usó en una novela de ciencia ficción llamada Snow Crash por el autor Neal Stephenson quien lo definía como un entorno virtual en donde se

combinaba los mundos físicos-digitales y los usuarios podían interactuar entre sí, a través de una representación humana tridimensional llamada avatares [4].

En el año 2003, Linden Lab lanza Second Life, que es resultado de la inspiración de la novela de Stephenson [4]. El metaverso de Second Life cuenta con algunas funciones tales como, permitir a los usuarios crear paisajes, comprar inmuebles y personalizar su avatar. Esto ha hecho que se posicione como uno de los pioneros en la creación de los metaversos, tanto así que en la actualidad todavía tiene una gran relevancia a pesar del pasar de los años.

Como se menciona en [5], Roblox fue lanzado en 2006 como una plataforma de juegos online, permitiendo el desarrollo de minijuegos, en el cual los mismos usuarios tienen la capacidad de probarlos. De la misma manera que Second Life, Roblox usa avatares para representar a los jugadores, con los cuales puedes interactuar por medio de un chat en el mismo juego y entrar a diferentes mundos.

En [6], se menciona que tan solo en 2012 una empresa llamada Oculus lanzó sus gafas de realidad virtual. Dos años más tarde, Facebook, ahora llamado Meta, adquirió la empresa y desde ese momento el mercado de la realidad virtual ha ido evolucionando, implementando nuevas funcionalidades y con precios más accesibles en sus productos.

En el año 2021, la empresa Facebook cambió su nombre a Meta, pasando de ser una empresa de redes sociales a una de metaverso. También presentó la aplicación Horizon Worlds, en donde usando sus gafas de realidad virtual puedes comunicarte con otros usuarios a través de la aplicación Horizon Worlds [7]. Ese mismo año Microsoft presenta Microsoft Mesh, que es una alternativa al servicio de Meta. Ambas empresas intentan acaparar el mercado del metaverso, presentando funciones novedosas e innovando cada día.

Debido a la pandemia del Covid-19, gran parte de las empresas en todas las áreas buscaron innovar con la tecnología del metaverso y la educación no es la excepción. Por ejemplo, en el 2023 se habla sobre el potencial de la aplicación del metaverso en la educación [8], sin embargo, aún no se cuenta con proyecto puesto en marcha para mejorar la enseñanza y aprendizaje.

En la actualidad, el metaverso es un concepto que se sigue vigente y se está expandiendo en varios sectores, como la educación y el entretenimiento, varias empresas lo han ido adaptando a sus negocios, publicando sus productos o servicios dentro del mismo.

### 1.3. Antecedentes Teóricos

En la Figura 6, se muestran todos los temas y subtemas relacionados con el proyecto de investigación que serán tratados para el desarrollo del marco teórico.

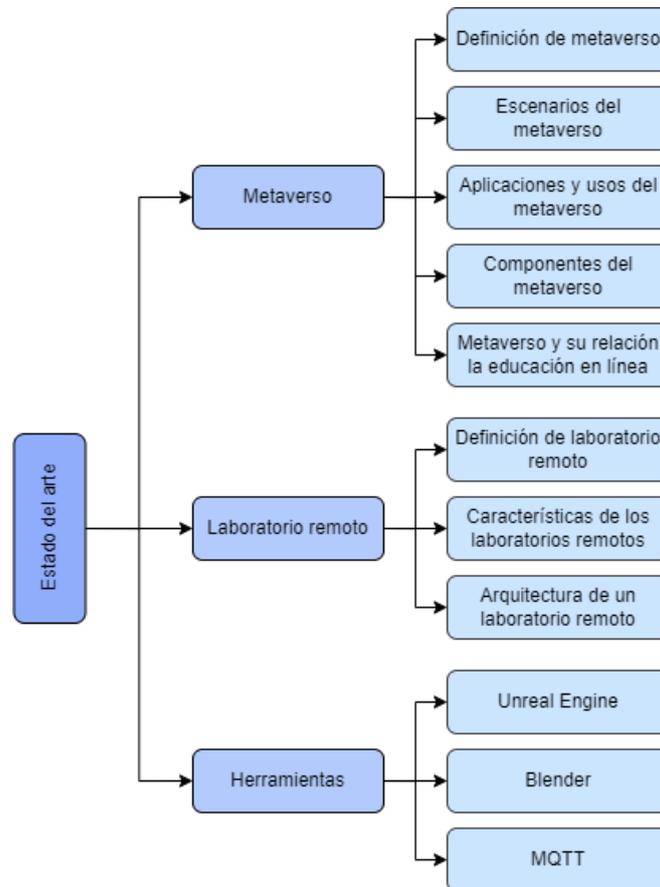


Figura 6: Mapa conceptual de los antecedentes teóricos

#### 1.3.1. Metaverso

##### 1.3.1.1. Definición de metaverso

Según [9], metaverso es un término que implica "meta y verso". “Meta” se refiere a algo que es trascendente y virtual, mientras “Verso” significa mundo o cosmos; esto haciendo referencia a que en conjunto metaverso siempre es visto como un mundo virtual.

El metaverso es complicado de definir esto debido a las diferentes interpretaciones tecnológicas, sin embargo, se lo define como un espacio virtual que une elementos físicos con elementos digitales, además de ofrecer un entorno 3D totalmente inmersivo que se catalogan como extensiones de lo que es real [10],

En [11], el metaverso se consideró como un espacio virtual para la socialización en el mundo real, donde usaban avatares e interactuaban con otros.

### 1.3.1.2. Escenarios del metaverso

En la Figura 7, se presentan los diferentes escenarios de metaversos:



Figura 7: Escenarios del metaverso  
Fuente: Recreación de [12]

#### **Realidad Aumentada**

En [8], se explica que la realidad aumentada es un aumento del mundo exterior haciendo referencia a superponer objetos virtuales en el mundo real, teniendo muchas aplicaciones, ya sea en el ámbito de educación o ciencias de la salud.

#### **Lifelogging (Grabación diaria)**

Es un aumento de funciones del mundo interno, permitiendo capturar, almacenar y compartir experiencias sobre personas y entidades [12].

#### **Mundos espejo**

Se menciona en [8], que este tipo de metaverso es una simulación del mundo exterior que replica la estructura del mundo real a una realidad virtual.

#### **Mundo virtual**

Los autores de [8], explican que en este tipo de metaverso el usuario se siente dentro del mundo virtual en donde varios usuarios pueden participar simultáneamente creando sus propios avatares.

### **1.3.1.3. Aplicaciones y usos del metaverso**

En [13], se menciona que Facebook marcaría el comienzo de la próxima revolución digital a través de su Metaverso y cambiando el nombre su compañía a META.

Debido a esto se dio un nuevo resurgimiento del concepto del metaverso, que quiere ser aprovechado en todas las áreas, en [14], se menciona uno de los principales usos y aplicaciones de los metaversos, siendo este el desarrollo de entornos virtuales colaborativos, un ejemplo de esto es la aplicación del metaverso en el área médica [15].

### **1.3.1.4. Componentes del metaverso**

Los componentes básicos del metaverso se pueden dividir en dos categorías que son:

- Marcos tecnológicos: Diversas tecnologías aplicadas al desarrollo del metaverso como pueden ser telepresencia, realidad virtual y cadena de bloques.
- Ecosistemas: Refleja el entorno y el mundo donde los usuarios controlan sus avatares para participar en diferentes actividades, como el contenido generado por el usuario y el comercio virtual [4].

### **1.3.1.5. Metaverso y su relación con la educación en línea**

En los últimos años, la conexión entre metaverso y la educación va en un crecimiento constante, naciendo de esta manera el término Edu-metaverso. Según [16], explica que el edu-metaverso permite a los estudiantes explorar, aprender y practicar en contextos complejos; además, permite a los estudiantes interactuar y comunicarse con compañeros a través de avatares.

Según [17], menciona que la aplicación de metaverso en la educación permitirá una mejor interacción entre el usuario y el entorno, recreando procesos emocionales y cognitivos que imitan a las experiencias presenciales de un aula.

El metaverso está siendo aplicado en diversas áreas; un ejemplo de esto es en la Universidad de Nagoya donde se están dictando conferencias utilizando salas de conferencias virtuales desde el 2020 [18]. Además, los autores de [19], concluyen que los docentes consideran que los metaversos son una herramienta adecuada para multiplicar las opciones aprendizaje y enseñanza como apoyo y no como sustituto de una metodología presencial.

En [20], se realizó una evaluación del nivel de satisfacción de la implementación de un prototipo de metaverso implementando AR, demostrando que tanto estudiantes como docentes mostraron un gran interés al usar estas herramientas, independientemente de su edad.

Esto demuestra que tanto estudiantes como docentes ven un gran potencial por explotar en la implementación de metaversos a la educación, mejorando el nivel de aprendizaje y concentración de los estudiantes.

Se indica en [21], que en comparación de sistemas habituales de enseñanza, la implementación de metaversos o experiencias inmersivas pueden proporcionar una interacción más eficiente y natural, estas interacciones ayudarían a mejorar el sistema de aprendizaje online.

### **1.3.2. Laboratorio Remoto**

#### **1.3.2.1. Definición de Laboratorio Remoto**

Los laboratorios remotos son una combinación entre software y hardware que permiten a un usuario controlar dispositivos electrónicos de manera virtual, monitoreando y controlando los equipos en tiempo real, es decir, como si estuviéramos en un laboratorio de manera presencial.

Los laboratorios remotos fueron creados hace varios años por la necesidad de hacer frente a la demanda de aprender electrónica e ingeniería eléctrica, debido a que adquirir conocimientos de manera presencial es bastante delicado, teniendo en cuenta que en algunas instituciones de educación superior los equipos o instrumentos electrónicos son limitados. Como se menciona en [22], el montaje de los laboratorios remotos es un poco más caro y complejo en comparación a los laboratorios virtuales, que ofrecen un modelo de aproximaciones a la realidad, realizando simulaciones para su enseñanza.

Según [23], una de las ventajas que ofrecen los laboratorios remotos es el costo de inversión, eliminando la necesidad de la presencia física, optimizando el uso de los recursos del laboratorio y promoviendo el autoaprendizaje.

#### **1.3.2.2. Características de los Laboratorios Remotos.**

Algunas de las características que ofrecen los laboratorios remotos a los estudiantes son:

- Transmisión de video para monitorear los equipos en tiempo real.
- Interfaz para el control de los dispositivos.

- Acceso a dispositivos de laboratorio desde cualquier lugar.
- Colaboración entre muchos estudiantes [24].

### 1.3.2.3. Arquitectura de los Laboratorios Remotos.

De acuerdo con [25], los laboratorios remotos usan una arquitectura cliente-servidor, que permite la interacción entre los estudiantes y los dispositivos físicos de forma remota. Esta arquitectura permite la interacción entre el usuario y los equipos electrónicos, transmitiendo cierta información de estos dispositivos.

En la Figura 8, podemos apreciar más a detalle de esta arquitectura, en donde tenemos un proyecto electrónico que está conectado a un ESP32, enviando señales a MQTT para que el usuario pueda tener ciertos datos del dispositivo, también se puede observar una cámara apuntando al proyecto, que está conectado al servicio WebRTC que es capaz de transmitir el video en tiempo real en una interfaz web. Entonces, el usuario puede controlar y visualizar el dispositivo en cualquier lugar desde la página a la que se está transmitiendo todos estos datos. Como se presenta en [26], el estudiante puede hacer uso del laboratorio remoto proporcionando un sistema para que el estudiante ponga en práctica los conocimientos de sistemas de control.

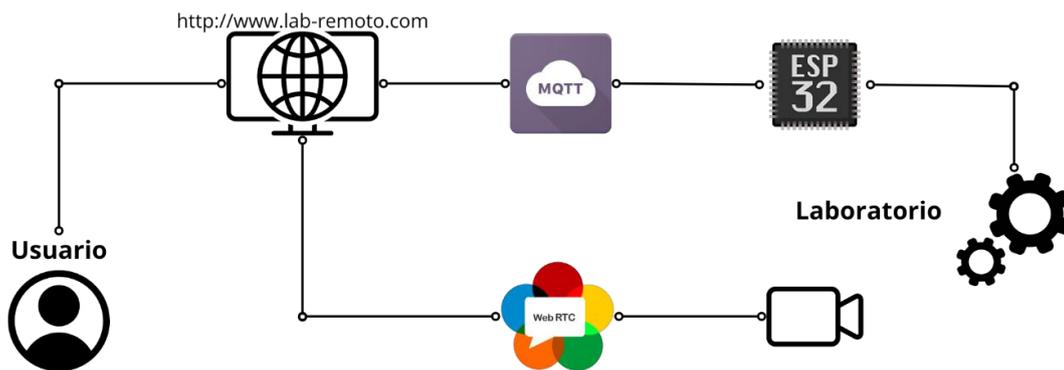


Figura 8: Arquitectura de un laboratorio remoto de IoT  
Fuente: Recreación de [26]

### 1.3.3. Herramientas

#### Unreal Engine

Como se plantea en [27], Unreal Engine es un motor de juego gratuito que se ha convertido en uno de los más populares de hoy en día, gracias a su conjunto de desarrollo de software, ya que también admite un lenguaje de secuencias de comando visual llamado Blueprint. Principalmente, fue creado como una herramienta de desarrollo de juegos, pero sus usos se han ido expandiendo en ámbitos como la arquitectura, ingeniería o realidad virtual.

## **Blender**

Blender es un programa gratuito que permite crear cualquier tipo de gráficos tridimensionales o cualquier tipo de simulación por computadora [28]. También se puede usar modelos que han sido desarrollados y publicados por otros usuarios.

## **MQTT**

Como lo hace notar [29], MQTT es uno de los principales protocolos de comunicación usados en plataformas en la nube para IoT, puesto que comparado con otros servicios, MQTT tiene una pequeña sobrecarga en sus procesos, esto hace que sea flexible para implementar en distintas aplicaciones. MQTT está presente en el sector del Internet de las Cosas, siendo participe en aplicaciones de domótica o monitoreo remoto.

### **1.4. Antecedentes Contextuales**

La Universidad Técnica de Machala (UTMACH) es una Institución de educación superior ubicada en el Cantón Machala, provincia de El Oro, la cual tiene como misión formar y perfeccionar a profesionales en diversas áreas del conocimiento, haciéndolos competentes y emprendedores [30].

El presente trabajo de titulación, está centrado en desarrollar un metaverso para un laboratorio remoto de IoT, que mejore la experiencia de uso de laboratorios remotos de los estudiantes que realizan prácticas virtuales de IoT en la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Técnica de Machala.

#### **1.4.1. Ámbito de aplicación**

Las universidades, en constante evolución y aprovechando el crecimiento de las tecnologías, se están adentrando en nuevos desarrollos. Uno de ellos es la implementación de un metaverso que puede tener un impacto significativo en situaciones de catástrofes ambientales, crisis de salud y escasez de recursos, por tal motivo, se desarrolló un espacio en un mundo virtual que permite a los estudiantes realizar prácticas de laboratorio de IoT de manera inmersiva mejorando el nivel de aprendizaje y la optimización de recursos.

#### **1.4.2. Establecimiento de requerimientos**

El desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT requiere:

- Un espacio inmersivo capaz de monitorear y aprender más sobre las herramientas usadas en el laboratorio de IoT.
- Una conexión entre el mundo virtual y físico que permita controlar el estado de los dispositivos IoT.
- Los usuarios dentro del metaverso podrán comunicarse por medio de un chat de voz y un chat de texto.
- Dentro del metaverso, habrá pantallas, en donde el usuario podrá visualizar e interactuar con páginas web.

Las herramientas del laboratorio de IoT que estarán dentro del metaverso, serán:

- Una PC, dentro de ella se podrá mostrará video en tiempo real de la maqueta física.
- Osciloscopio
- Multímetro
- Fuente de Alimentación
- Generador de Señales

## CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

### 2.1. Definición del prototipo

El prototipo de esta propuesta tecnológica trató sobre la implementación de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT, aplicando desarrollo de software, dispositivos físicos, y tecnologías como MQTT que permiten la conexión entre dispositivos IoT.

En la Figura 9 se presenta un esquema del prototipo desarrollado.

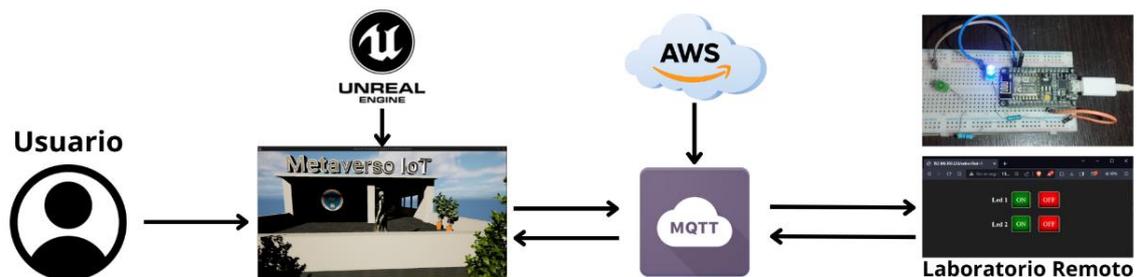


Figura 9: Prototipo del trabajo de titulación

El funcionamiento del prototipo del metaverso para un laboratorio remoto de IoT consiste en que el usuario pueda entrar a este espacio virtual, el cual estará equipado como un laboratorio práctico que contará con instrumentos para la práctica del estudiante.

El metaverso tendrá conexión con MQTT, que será capaz de recibir los datos que proporcione el laboratorio remoto, y a su vez lo que pase en el espacio real también se verá reflejado en el espacio virtual.

Los avatares que estén dentro del metaverso, tendrán una vista en primera y en tercera persona, cada usuario que ingrese tendrá su propia vista y lo que vea será hacia donde su cámara esté apuntando.

En cuanto al chat de texto, los usuarios tendrán la posibilidad de escribir en un cuadro de texto su mensaje y todos los usuarios que estén dentro del metaverso podrán visualizar lo que ha escrito dicho usuario.

Los usuarios que cuenten con un micrófono disponible en su computador tendrán la opción de hablar con los demás usuarios, y podrán habilitar el micrófono con una tecla o apagarlo con la misma. Todas las personas que estén dentro del metaverso podrán escuchar el audio de quien tenga habilitado el chat de voz.

## **2.2. Metodología de desarrollo del prototipo**

### **2.2.1. Enfoque, alcance y diseño de investigación**

Este trabajo seguirá un enfoque cuantitativo debido a que tiene variables que son medibles y al final se realiza una encuesta para comprobar la experiencia de uso de los estudiantes. En cuanto al alcance de la investigación será exploratorio, debido a que no se dispone de información suficiente sobre laboratorios remotos en el metaverso, para ello se realizó una indagación bibliográfica obteniendo una mejor comprensión y acercamiento al tema. Finalmente, el diseño de la investigación será cuasi experimental, ya que el laboratorio remoto en un metaverso está dirigido para un grupo de usuarios específicos de la UTMACH, los cuales pondrán a prueba nuestra aplicación.

### **2.2.2. Unidad de análisis**

#### **Población**

La población para la investigación fueron algunos estudiantes que están cursando o hayan cursado el 6to semestre de la carrera de Tecnologías de la información, debido a que están capacitados para

poner en práctica el uso del laboratorio remoto dentro del metaverso, siendo un equivalente de 25 personas.

## **Muestra**

Debido a que la población tiene una cantidad total inferior a 30, se selecciona como muestra el total de la población.

### **2.2.3. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos**

Las técnicas e instrumentos de recopilación de datos fueron detallados en la tabla 4:

*Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recopilación de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Encuesta	Encuesta realizada con la herramienta online Microsoft Forms.

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

Para las técnicas de procesamiento y análisis de datos, principalmente se realizó una encuesta para establecer el cumplimiento de los objetivos, una vez obtenidos estos datos se realiza un proceso para asegurar la veracidad y validez de los mismos y finalmente se procede con la tabulación de los datos aplicando gráficos estadísticos:

- Gráfico de pastel o sectores
- Gráfico de líneas
- Gráfico de barras simples, agrupadas, apiladas o al 100%

### **2.2.5. Metodología o métodos específicos**

La metodología que seleccionamos para realizar el presente proyecto se basa en la metodología de SCRUM que consta de las siguientes fases [31]:

- 1. La planificación del sprint** marca el inicio del enfoque SCRUM, en el cual se determinan las tareas asignadas a los miembros del equipo de trabajo y se estima el tiempo necesario para su finalización.
- 2. Las reuniones del equipo SCRUM**, conocidas como "**Scrum team meetings**", son sesiones breves y diarias en las que los equipos evalúan el progreso del trabajo, discuten las tareas del día y anticipan posibles problemas.

3. El "**Backlog Refinement**" implica una revisión detallada de las tareas y su progreso por parte del Product Owner. El objetivo es evaluar el tiempo y esfuerzo invertidos en cada tarea y abordar cualquier obstáculo identificado.
4. Durante la "**Sprint Review**", se llevan a cabo reuniones en las que participa el cliente, con el propósito de presentar y discutir los resultados logrados. La retroalimentación del cliente es esencial para obtener información valiosa y establecer una relación colaborativa.
5. La "**Retrospectiva**" se realiza al finalizar el sprint y abarca una revisión exhaustiva de lo acontecido durante el proyecto. Se analiza lo que se hizo bien, lo que se podría mejorar y se identifican las principales dificultades afrontadas, con el fin de adquirir conocimientos para optimizar proyectos futuros.

### 2.2.6. Herramientas y/o Materiales

Para la elección de herramientas de software, se ha realizado una comparación entre herramientas que pueden servir para la creación de metaversos. En la tabla 5 se puede observar tres herramientas que pueden ser utilizadas para el desarrollo de un metaverso.

*Tabla 5: Comparación entre herramientas para la creación de metaversos*

OpenSimulator	Second Life	Unreal Engine
Es de código abierto y permite crear entornos interactivos	Plataforma en línea que permite crear y explorar mundos virtuales.	Es un motor de creación de videojuegos gratuito que puede ser utilizado para la creación de metaversos.
Usa el Lenguaje de scripting LSL.	Se pueden programar objetos mediante el uso del lenguaje LSL.	Tiene dos tipos de lenguaje: C++ y una tecnología llamada Blueprint que es una forma más sencilla de programar.
Su calidad gráfica es limitada, aunque se pueden ajustar detalles como las sombras, efectos o textura de los objetos, no se tiene una experiencia inmersiva.	La calidad gráfica de Second Life es muy similar a la de OpenSimulator, se pueden ajustar varias configuraciones con respecto a sus gráficos.	Al ser una herramienta para la creación de videojuegos obtiene muchos beneficios con respecto a la calidad, siendo este uno de sus puntos más fuertes obteniendo una experiencia inmersiva.
Al ser una plataforma de código abierto, puede integrarse con MQTT.	Se podría integrar MQTT usando su lenguaje de scripting LSL, pero Second Life no lo incorpora.	Existen plugins que permite la integración de MQTT a nuestro proyecto en Unreal Engine.

Revisando los requerimientos de nuestro metaverso se ha elegido a Unreal Engine, debido a que tiene una buena calidad gráfica con respecto a las demás plataformas, además cuenta con plugins

o librerías que permiten la interacción con objetos de IoT, esto hará que el metaverso desarrollado cuente con una experiencia inmersiva.

En la tabla 6, se categoriza las herramientas y/o materiales que se usarán para el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 6: Herramientas y/o materiales

Categoría	Herramienta
Herramientas de software	Unreal Engine
	Blender
	Plugin MQTT
	Mosquitto
	Node-Red
Herramientas de hardware	Computadora Personal
	Tarjeta gráfica

## 2.3. Desarrollo del prototipo

### 2.3.1. Fase de Planificación

#### 2.3.1.1. Historias de Usuario

En esta fase se recopila información relevante para elaborar los requisitos técnicos, en donde se define las funcionalidades del sistema.

En las siguientes Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 se detallan las historias de usuarios:

Tabla 7: Historia de Usuario #1

Historia de Usuario			
<b>Número:</b>	1	<b>Usuario:</b>	Estudiantes/Profesor
<b>Nombre de Historia:</b>	Espacio inmersivo		
<b>Prioridad:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Requerimiento Funcional:</b>	RF-01	<b>Definición de iteración:</b>	1
<b>Programador encargado:</b>	Nieves Bryan – Aguirre Carlos		
<b>Descripción:</b>	Los usuarios que entren al metaverso podrán tener un espacio inmersivo de un laboratorio de IoT, en donde encontrarán diferentes herramientas.		
<b>Observaciones:</b>	Ninguna.		

Tabla 8: Historia de Usuario #2

Historia de Usuario			
<b>Número:</b>	2	<b>Usuario:</b>	Estudiantes/Profesor
<b>Nombre de Historia:</b>	Interfaz Interactiva		
<b>Prioridad:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Requerimiento Funcional:</b>	RF-02	<b>Definición de iteración:</b>	1
<b>Programador encargado:</b>	Nieves Bryan – Aguirre Carlos		
<b>Descripción:</b>	En el laboratorio habrá distintos elementos, en los que el estudiante podrá observar de una manera más detallada, teniendo una vista 360° del objeto en cuestión.		
<b>Observaciones:</b>	Ninguna.		

Tabla 9: Historia de Usuario #3

Historia de Usuario			
<b>Número:</b>	3	<b>Usuario:</b>	Estudiantes/Profesor
<b>Nombre de Historia:</b>	Manipulación Remota de Dispositivos		
<b>Prioridad:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Requerimiento Funcional:</b>	RF-03	<b>Definición de iteración:</b>	1
<b>Programador encargado:</b>	Nieves Bryan – Aguirre Carlos		
<b>Descripción:</b>	El usuario podrá interactuar con algunos dispositivos en el laboratorio en tiempo real, como encender y apagar luces.		
<b>Observaciones:</b>	Ninguna.		

Tabla 10: Historia de Usuario #4

Historia de Usuario			
<b>Número:</b>	4	<b>Usuario:</b>	Estudiantes/Profesor
<b>Nombre de Historia:</b>	Transmisión de datos en tiempo real		
<b>Prioridad:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Requerimiento Funcional:</b>	RF-04	<b>Definición de iteración:</b>	1
<b>Programador encargado:</b>	Nieves Bryan – Aguirre Carlos		
<b>Descripción:</b>	Algunos dispositivos transmitirán datos, por ejemplo, algún sensor que envíe métricas y se visualice en el metaverso.		
<b>Observaciones:</b>	Ninguna.		

Tabla 11: Historia de Usuario #5

Historia de Usuario			
<b>Número:</b>	5	<b>Usuario:</b>	Estudiantes/Profesor
<b>Nombre de Historia:</b>	Chat y Comunicación por Voz		
<b>Prioridad:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Requerimiento Funcional:</b>	RF-05	<b>Definición de iteración:</b>	1
<b>Programador encargado:</b>	Nieves Bryan – Aguirre Carlos		
<b>Descripción:</b>	En el metaverso los usuarios pueden dialogar por medio de un chat de texto y comunicación por voz.		
<b>Observaciones:</b>	Ninguna.		

Tabla 12: Historia de Usuario #6

Historia de Usuario			
<b>Número:</b>	6	<b>Usuario:</b>	Estudiantes/Profesor
<b>Nombre de Historia:</b>	Computadora Virtual para visualizar páginas web		
<b>Prioridad:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Requerimiento Funcional:</b>	RF-06	<b>Definición de iteración:</b>	1
<b>Programador encargado:</b>	Nieves Bryan – Aguirre Carlos		
<b>Descripción:</b>	En el metaverso habrá pantallas que simulen una computadora, en donde se visualice ciertas páginas web.		
<b>Observaciones:</b>	Ninguna.		

### 2.3.1.2. Priorizar tareas y elaborar sprints

En la Tabla 12 se presenta un cronograma en el que se priorizan las tareas que se han llevado a cabo.

Tabla 13: Cronograma para priorizar tareas

ID de ítem	Enunciado del ítem	Tarea	Estado	Hora	Día	
					Inicio	Fin
HU-01	Modelado y diseño del metaverso	Tarea 1	Realizado	8	7/8/2023	9/8/2023
	Creación del espacio virtual en Unreal Engine	Tarea 2	Realizado	4	10/8/2023	12/8/2023
	Diseño de algunos elementos del laboratorio	Tarea 3	Realizado	8	13/8/2023	15/8/2023
	Codificación en blueprints	Tarea 4	Realizado	6	16/8/2023	18/8/2023

ID de ítem	Enunciado del ítem	Tarea	Estado	Hora	Día	
					Inicio	Fin
HU-02	Pruebas de campo	Tarea 5	Realizado	2	19/8/2023	21/8/2023
	Diseño de herramientas IoT	Tarea 6	Realizado	8	22/8/2023	24/8/2023
	Implementación en el metaverso	Tarea 7	Realizado	3	25/8/2023	27/8/2023
	Codificación en blueprints	Tarea 8	Realizado	6	28/8/2023	30/8/2023
HU-03	Diseño de elementos para interactuar	Tarea 9	Realizado	3	31/8/2023	2/9/2023
	Práctica con MQTT	Tarea 10	Realizado	2	3/9/2023	5/9/2023
	Envío de datos por MQTT	Tarea 11	Realizado	4	6/9/2023	8/9/2023
	Codificación en blueprints	Tarea 12	Realizado	6	9/9/2023	11/9/2023
HU-04	Conexión con el laboratorio remoto	Tarea 13	Realizado	3	12/9/2023	14/9/2023
	Envío de métricas por MQTT	Tarea 14	Realizado	6	15/9/2023	17/9/2023
	Diseño para mostrar las métricas en los objetos	Tarea 15	Realizado	4	18/9/2023	20/9/2023
	Codificación en blueprints	Tarea 16	Realizado	6	21/9/2023	23/9/2023
HU-05	Uso de plugin para chat de texto y voz	Tarea 17	Realizado	3	24/9/2023	25/9/2023
	Pruebas de campo	Tarea 18	Realizado	1	26/9/2023	27/9/2023
HU-06	Codificación en blueprints	Tarea 19	Realizado	6	28/9/2023	29/9/2023
	Revisiones con el equipo	Tarea 20	Realizado	3	30/9/2023	30/9/2023

## 2.3.2. Fase de Modelado

### 2.3.2.1. Modelado del prototipo

En la Figura 10, podemos observar el modelado del prototipo que se realizó con el fin de tener una idea más clara de cómo se verá el metaverso. Existen dos áreas, la primera es el lugar principal, en donde estará el prototipo del laboratorio remoto, y en la segunda hay dos estanterías para poder observar algunos objetos IoT, en esta misma área existe una pantalla para poder visualizar páginas web.

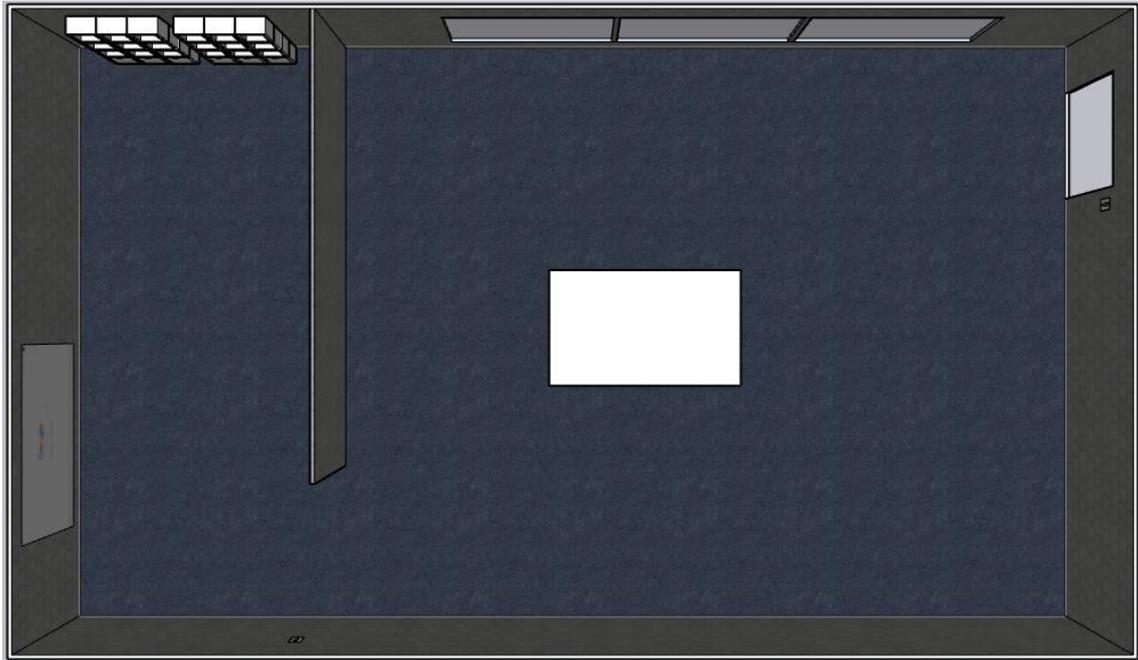


Figura 10: Modelado del prototipo

### 2.3.2.2. Diseño de modelos 3D

En las Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, se pueden apreciar algunos modelos 3D que se realizaron en Blender, y que posteriormente se agregaron dentro del metaverso.

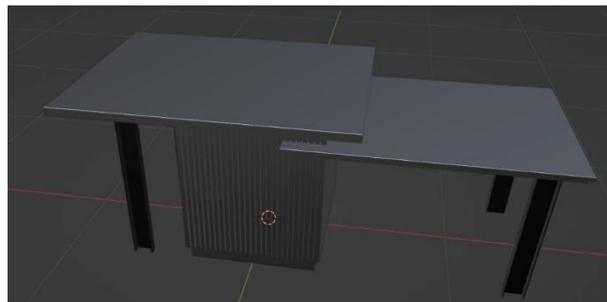


Figura 11: Modelo 3D de un escritorio

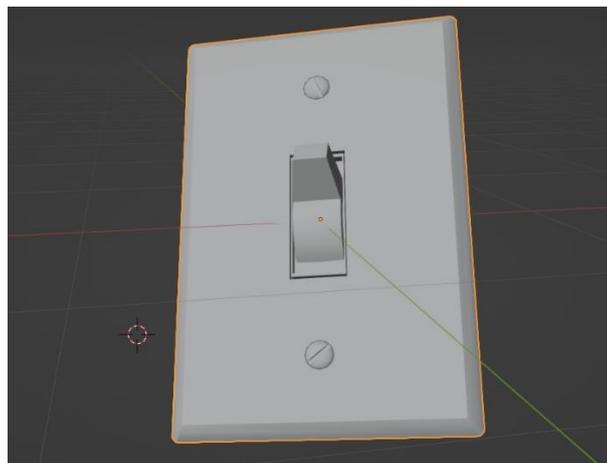


Figura 12: Modelo 3D de un interruptor para un foco

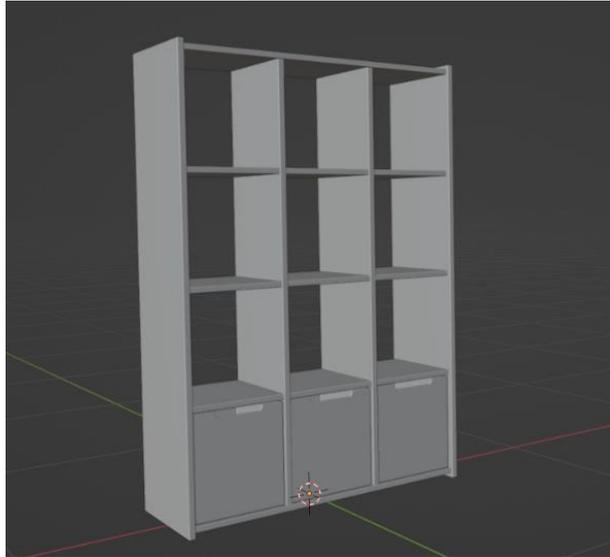


Figura 13: Modelo 3D de una estantería



Figura 14: Modelo 3D de un multímetro

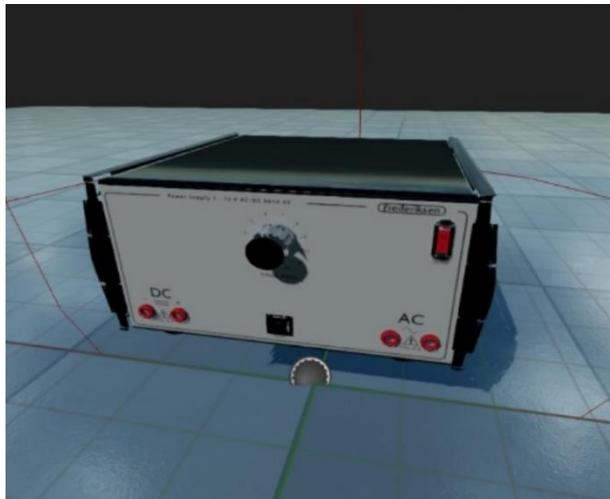


Figura 15: Modelo 3D de una fuente de alimentación



Figura 16: Modelo 3D de generador de señales

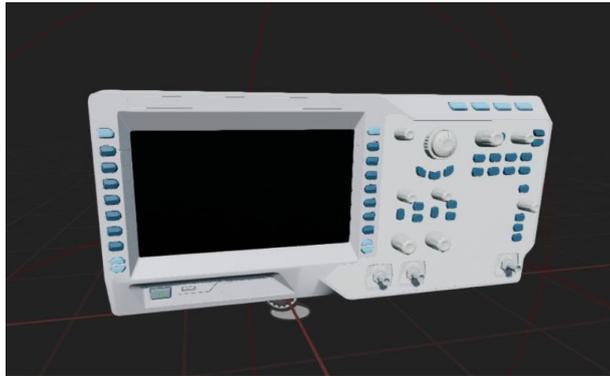


Figura 17: Modelo 3D de un osciloscopio

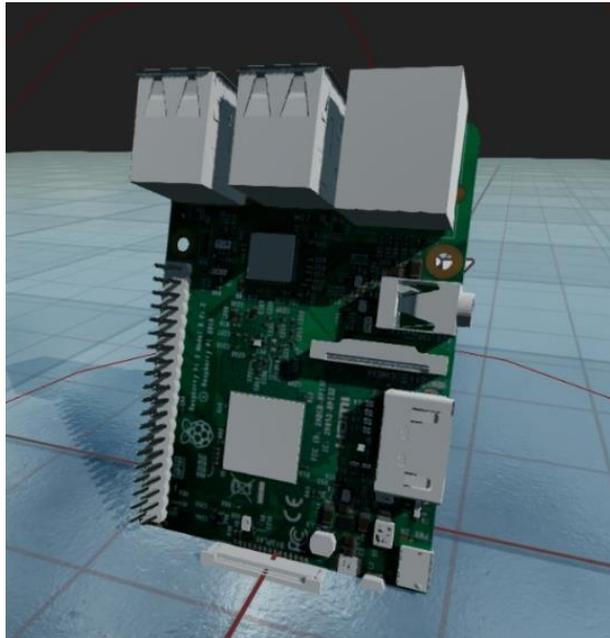


Figura 18: Modelo 3D de un RaspBerry

### 2.3.2.3. Diseño del sistema de acciones de los elementos del metaverso

#### Función de acción Caminar – Correr

En la Figura 19 y 20 se puede apreciar las funciones que permiten al avatar alternar entre la acción de caminar y correr.

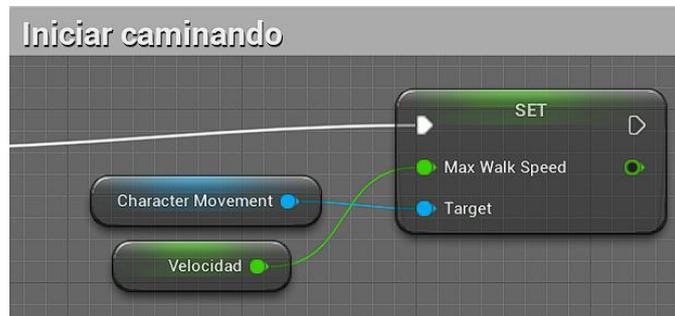


Figura 19: Función Caminar

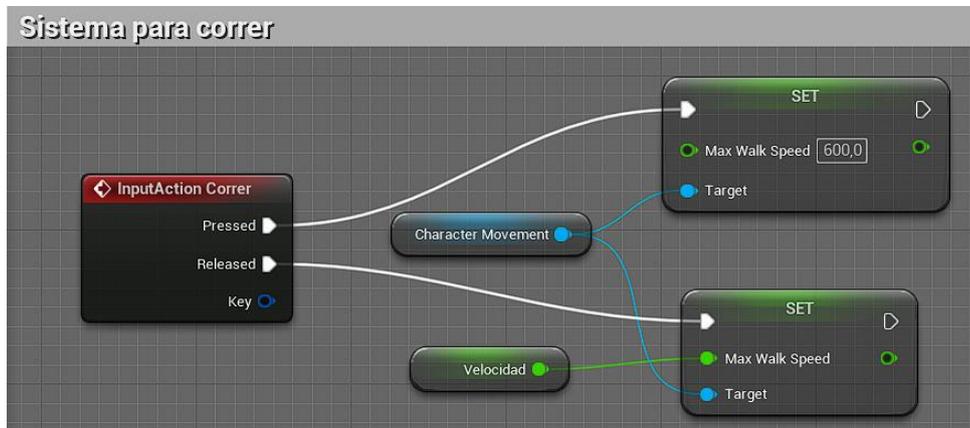


Figura 20: Función Correr

#### Función para alternar entre diferentes tomas.

En la Figura 21, se detalla la función de cambio de cámaras que permite al avatar tener una vista en primera y tercera persona dependiendo el gusto del usuario.

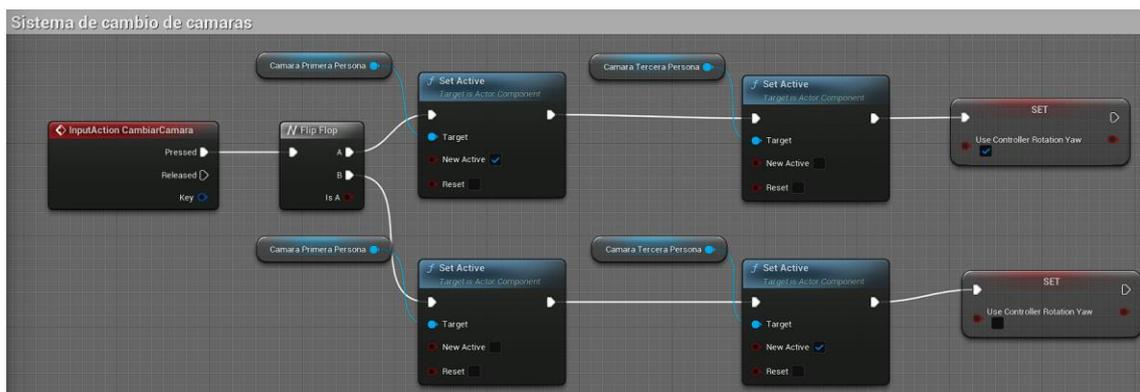


Figura 21: Función de cambio de cámaras

## Función para interactuar con objetos

En la Figura 22, se indica la función para que el usuario interactúe con objetos en primera persona.

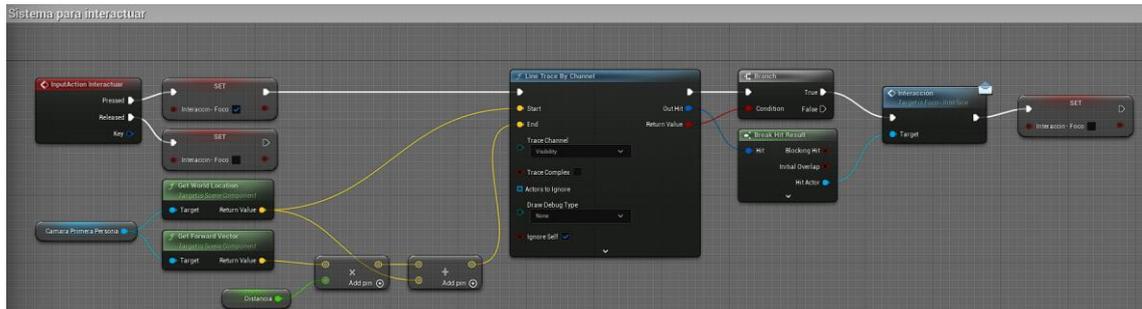


Figura 22: Función para interactuar con objetos en primera persona

En la Figura 23, se indica la función para que el usuario interactúe con objetos en tercera persona.

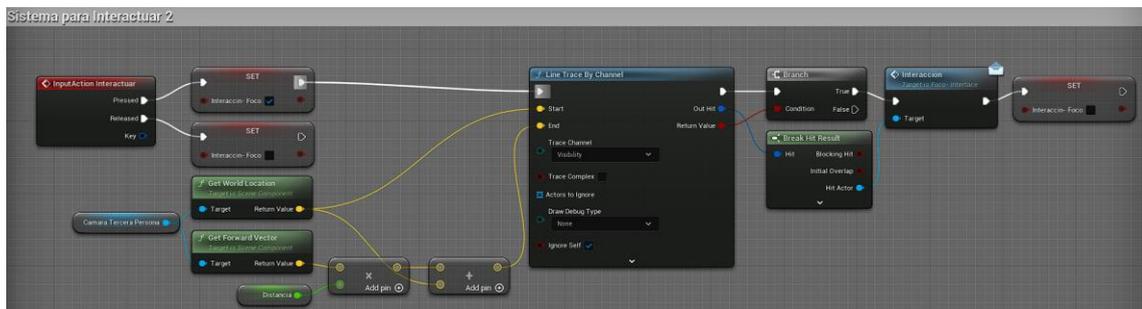


Figura 23: Función para interactuar con objetos en tercera persona

En la Figura 24, se detalla la función para presentar un mensaje en pantalla, al momento en el que el avatar ingrese a una caja de colisión, indicando al usuario la tecla correspondiente para interactuar con el objeto.

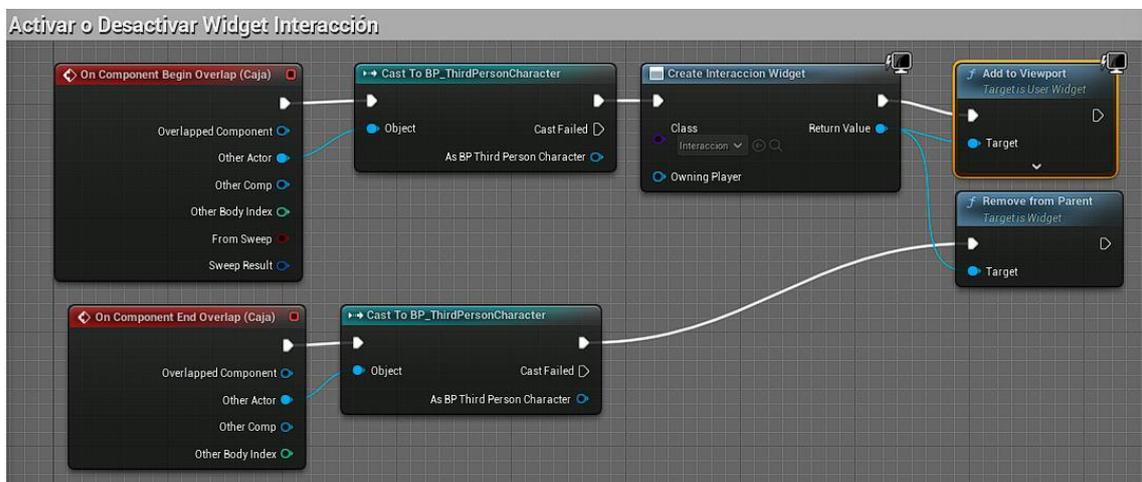


Figura 24: Función para activar o desactivar widget interacción

## Interacción con interruptores, envío y recepción de mensajes MQTT.

En la Figura 25, 26, 27 y 28 se aprecia las funciones necesarias que permiten la conexión a MQTT, validación de la conexión, suscripción a tópicos, recepción, validación y comparación de mensajes y las acciones para el encendido y apagado de las luces dentro del metaverso por medio de una conexión MQTT.

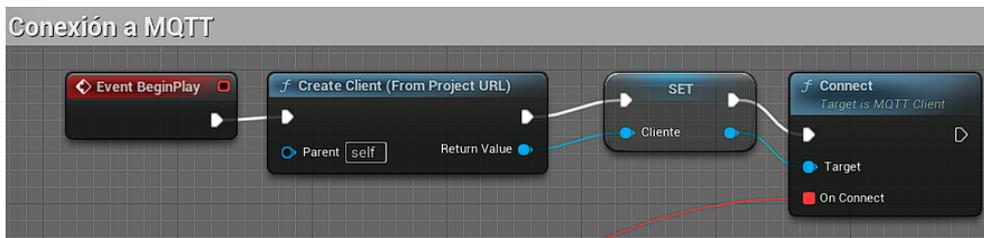


Figura 25: Función para la conexión MQTT

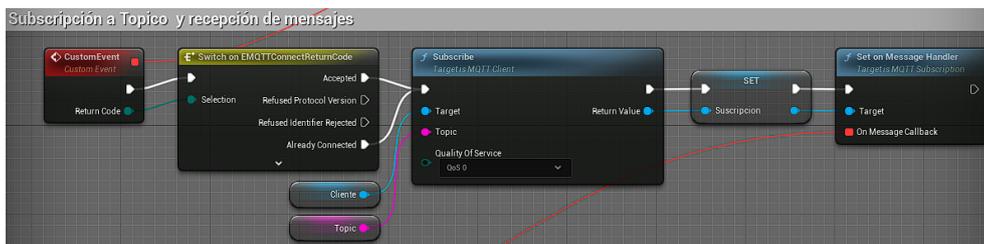


Figura 26: Función para suscribirse a un tópico y recepción de mensajes

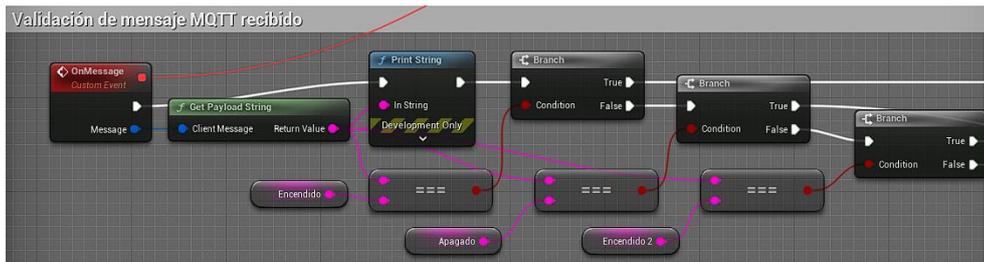


Figura 27: Función para validar mensajes MQTT recibidos

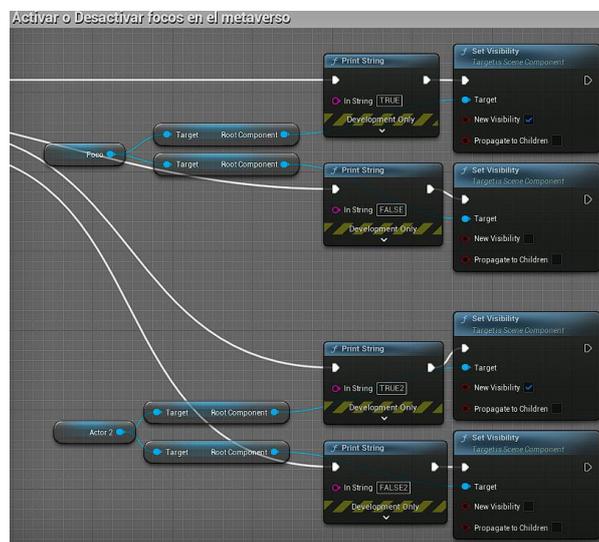


Figura 28: Función para activar y desactivar focos

## Envío de mensajes MQTT cuando se activa o desactiva un foco en el metaverso.

En las Figuras 29, 30 y 31 se muestra una función para animar el interruptor para apagar o encender las luces, luego verifica la conexión MQTT y finalmente envía los mensajes al tópico correspondiente.

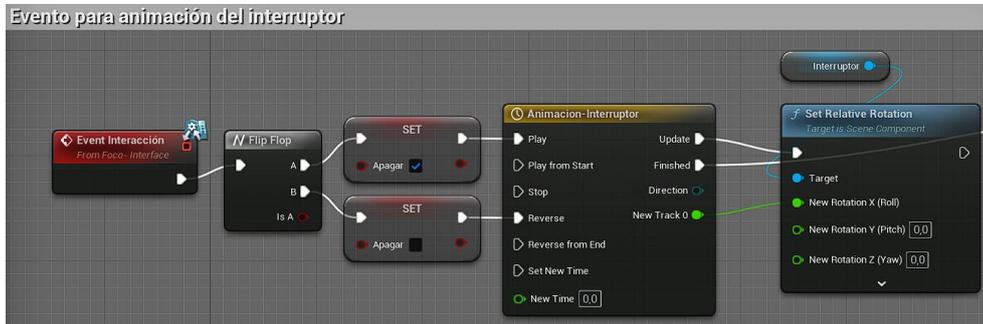


Figura 29: Función de animación del interruptor

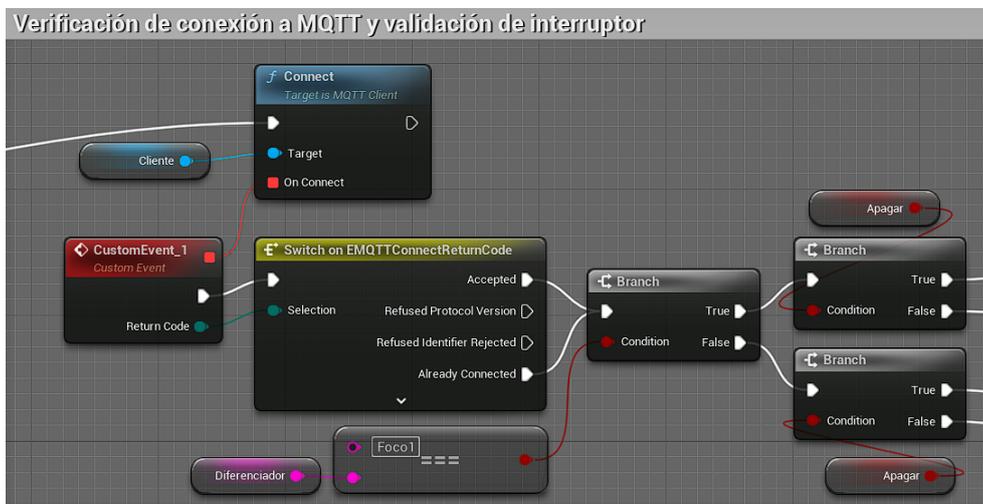


Figura 30: Función de verificación de conexión MQTT

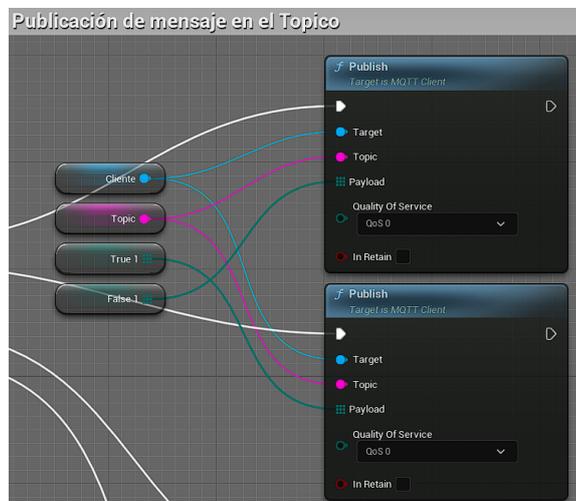


Figura 31: Función para publicar mensajes MQTT

## Pantalla con navegador web

En la Figura 32 se indica la función para cargar una URL al momento de realizar un cambio en un TextBox editable.

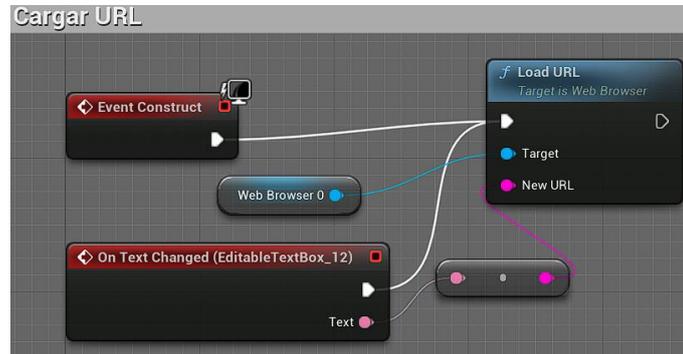


Figura 32: Función para cargar una URL

La Figura 33 detalla la función que permite mostrar el cursor para navegar en una página web, cuando el avatar ingrese al área de colisión de la pantalla.

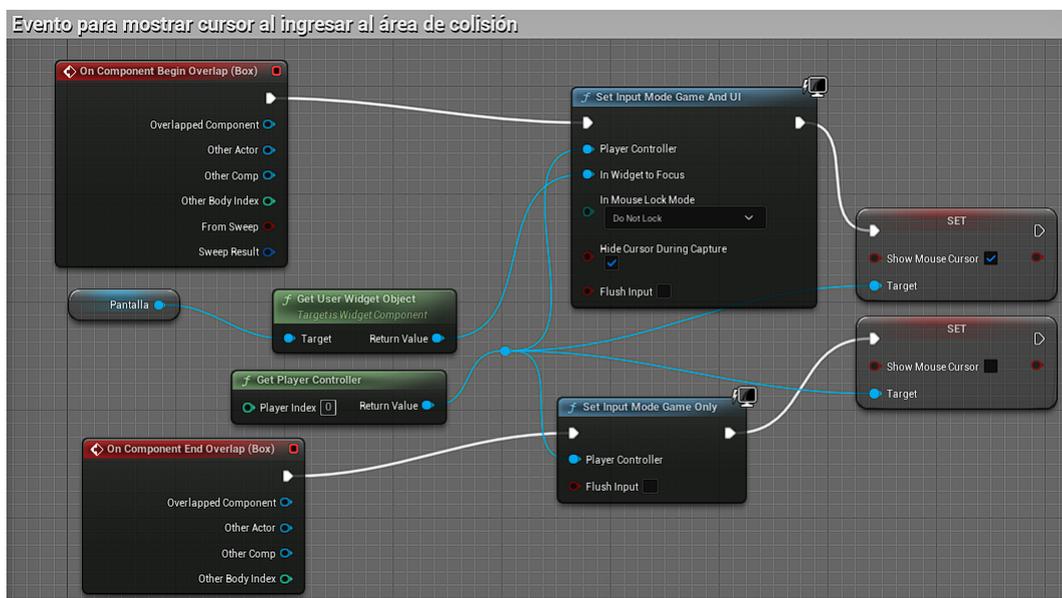


Figura 33: Función para mostrar cursor al área de colisión

## Chat de Texto

La Figura 34 se muestra la función para que el chat de texto se muestre y se oculte, en la Figura 35 se indica la función que sirve para que los usuarios puedan enviar mensajes entre ellos y por último en la Figura 36 se indica la función que sirve para actualizar el chat de texto.

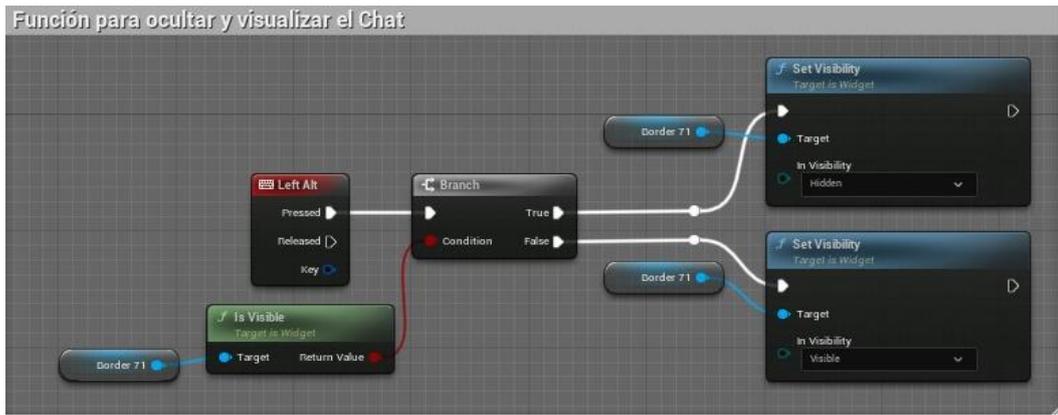


Figura 34: Función para ocultar y visualizar el chat de texto

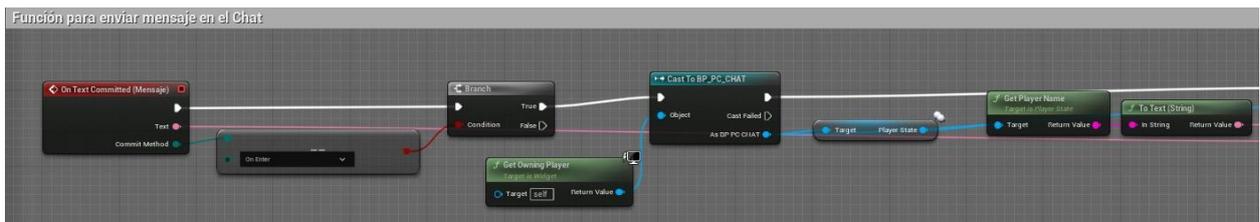


Figura 35: Función para enviar mensajes en el chat de texto

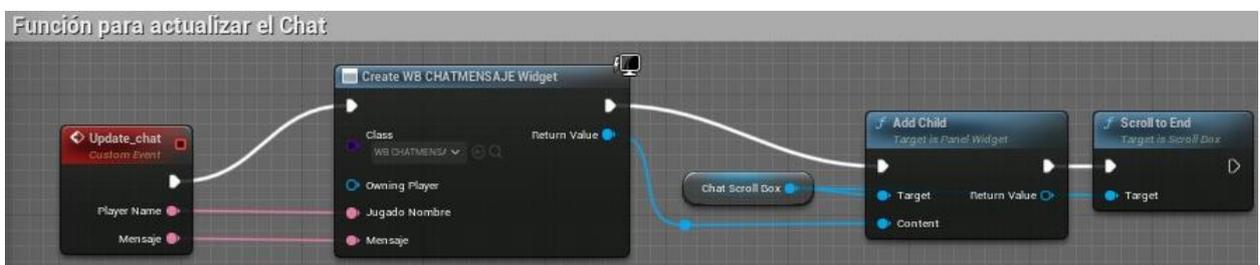


Figura 36: Función para actualizar el chat de texto

## Chat de voz

En la Figura 37 y 38 se indica funciones para añadir y remover un componente Odin respectivamente, el cual es un componente usado para chat de voz y en la Figura 39 se muestra la función que permite crear una sala y capturar una entrada de audio del usuario.

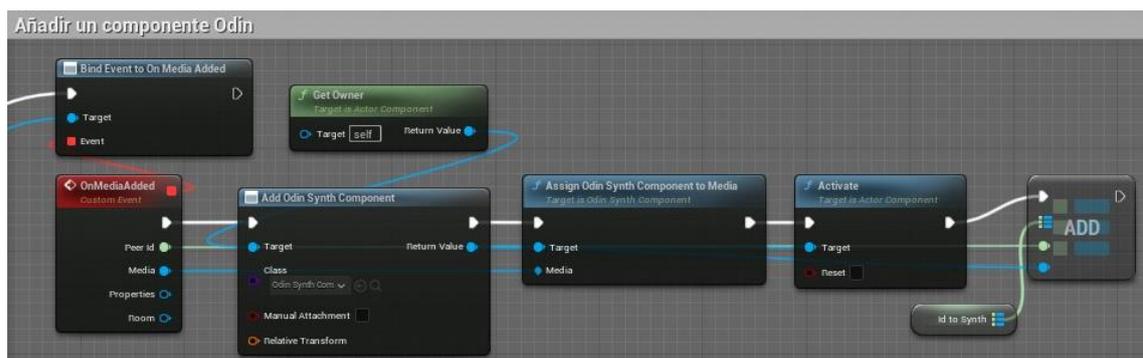


Figura 37: Función para añadir un componente Odin

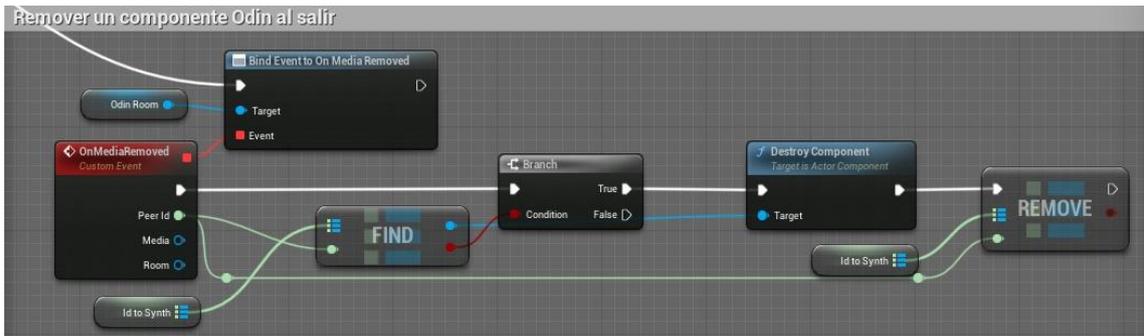


Figura 38: Función para remover un componente Odin

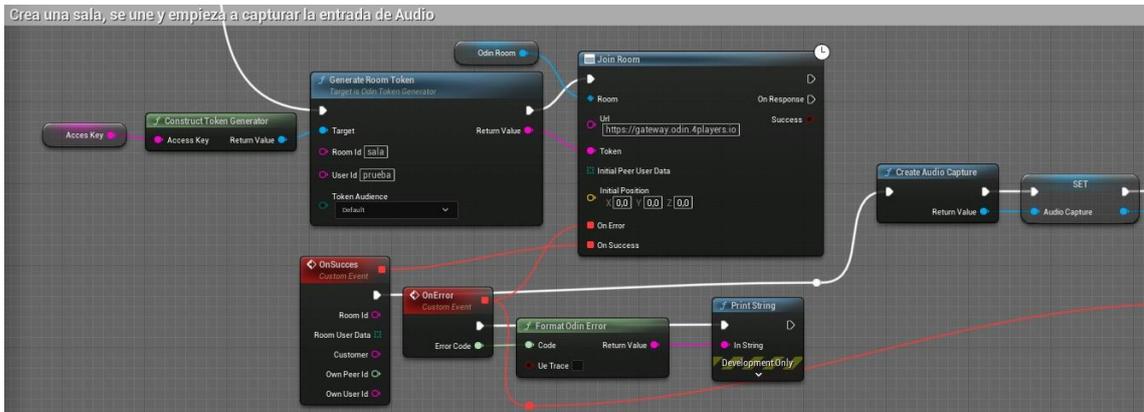


Figura 39: Función para crear una sala y capturar la entrada de audio

## Multijugador

En la Figura 40 y 41 se presenta la función para crear el widget del lobby, luego se presenta el lobby creado.

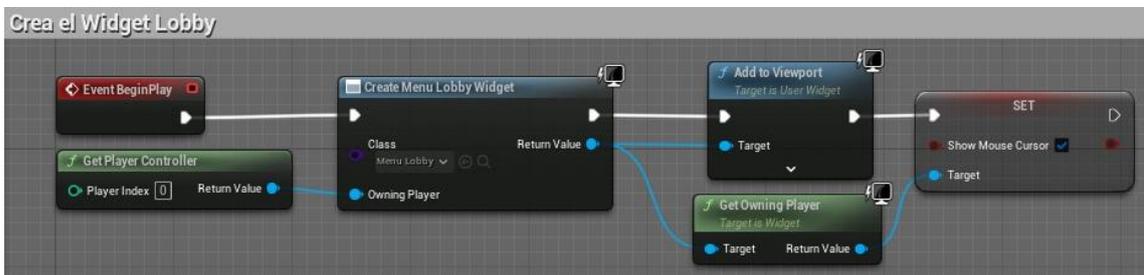


Figura 40: Función para crear el widget lobby



Figura 41: Widget Lobby

En la Figura 42 se muestra la función para crear la sesión y remover el widget, luego en la Figura 43 se muestra la función para unirse a la sesión, si no se encuentra una sesión en 3 segundos, se regresa al lobby, por último, en la Figura 44 está la función para modifica la dirección IP del servidor.



Figura 42: Función para crear una sesión y remover el widget

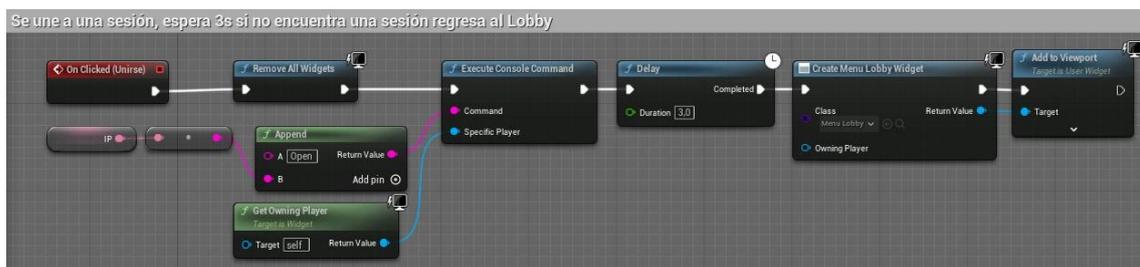


Figura 43: Función para unirse a la sesión



Figura 44: Función para modificar la IP

### 2.3.2.4. Diseño del laboratorio remoto

Mediante el uso de la herramienta Node-Red se realizó la conexión a MQTT para simular el laboratorio remoto de IoT, tal como se muestra en la Figura 45.

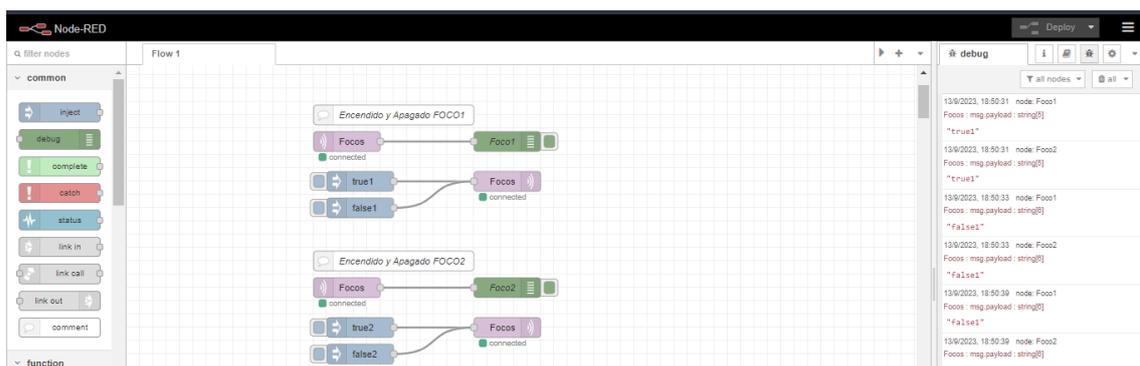


Figura 45: Simulación del laboratorio remoto

## 2.4. Ejecución del prototipo

### Inicio del metaverso

Cuando se inicie la aplicación del metaverso, el usuario verá una pantalla para crear el host o unirse a una sesión introduciendo la dirección IP de la sesión (Figura 46).

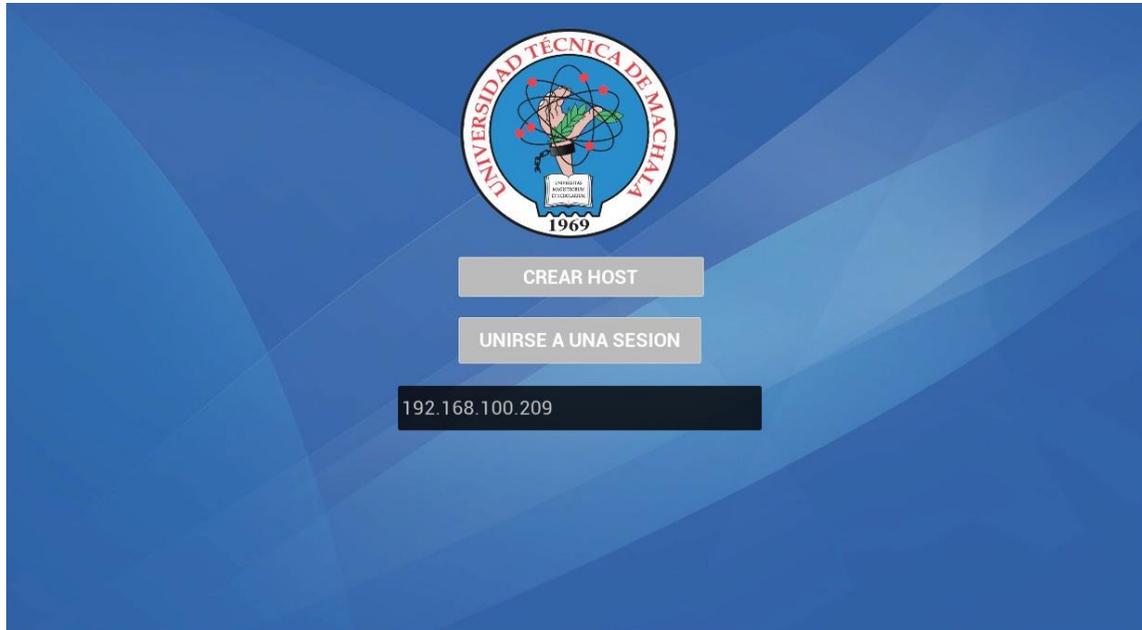


Figura 46: Lobby del metaverso

Luego de que el usuario se una a la sesión, puede ver el laboratorio dentro del metaverso (Figura 47).

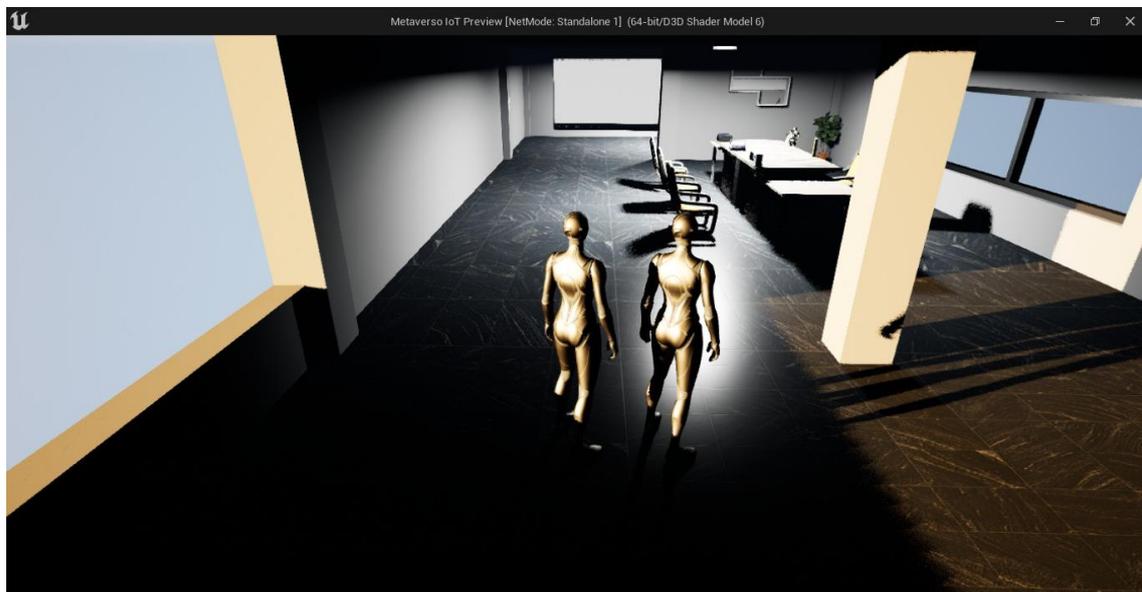


Figura 47: Vista inicial dentro del metaverso

Dentro del entorno del metaverso, el usuario puede interactuar con los objetos virtuales, en este caso se está encendiendo y apagando las luces, las cuales están conectadas por medio de MQTT. (Figura 48)

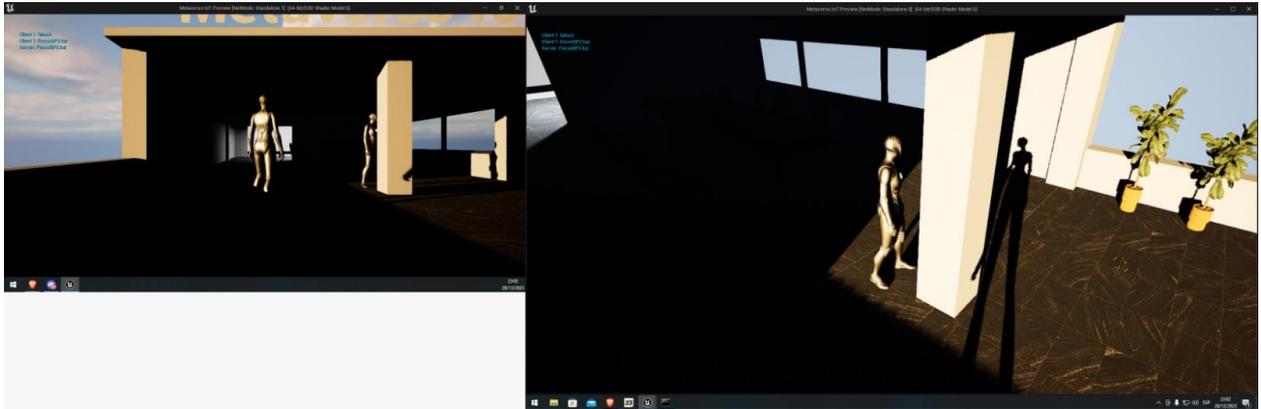


Figura 48: Encendido de luces en cliente y servidor

## Interfaz en pantalla

Al momento de entrar al área de colisión de un objeto interactivo, se muestra un mensaje en pantalla que permite al usuario conocer con qué tecla puede interactuar con ese objeto; en este caso, el usuario puede encender, apagar e incluso inspeccionar un elemento (Figura 49).

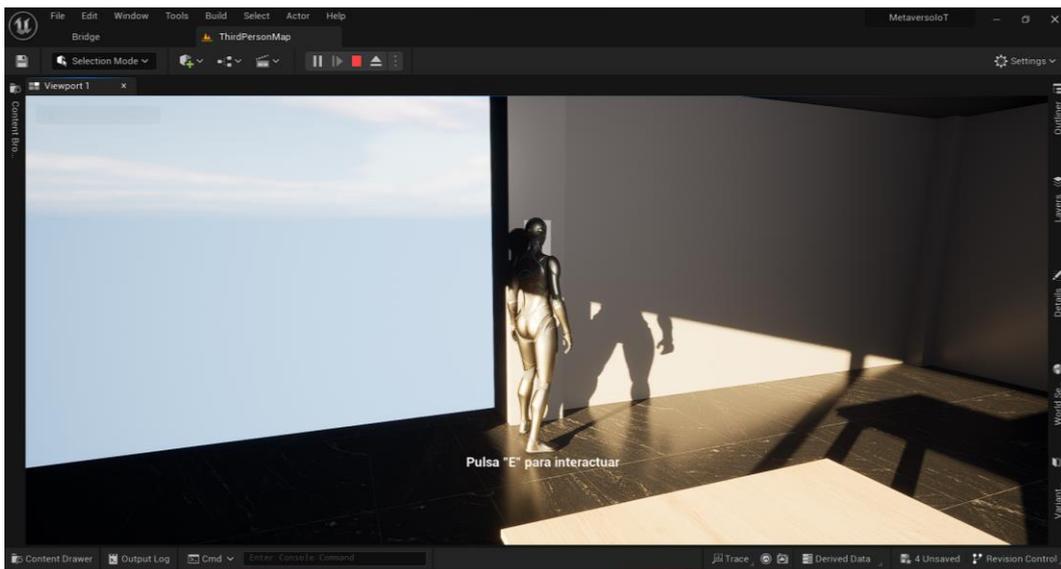


Figura 49: Interfaz en pantalla

## Objeto interactivo

Cuando el usuario pulsa la tecla para interactuar con el objeto, se ejecuta la función que posee el elemento, en este caso el interruptor emite un mensaje en pantalla y ejecuta la acción de encendido

o apagado, dependiendo el estado posterior del foco. Además, envía un mensaje MQTT al tópico correspondiente (Figura 50).

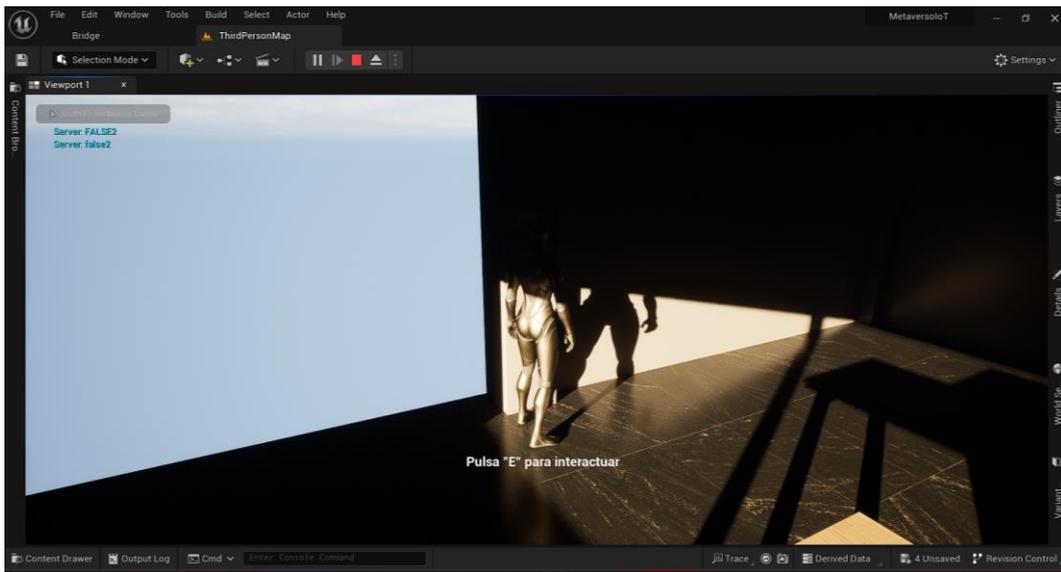


Figura 50: Objeto interactivo

## Navegación web

Al momento en el que el usuario entra al área de colisión de la pantalla, puede cambiar el URL para que ingrese a la página a la que desea navegar (Figura 51).

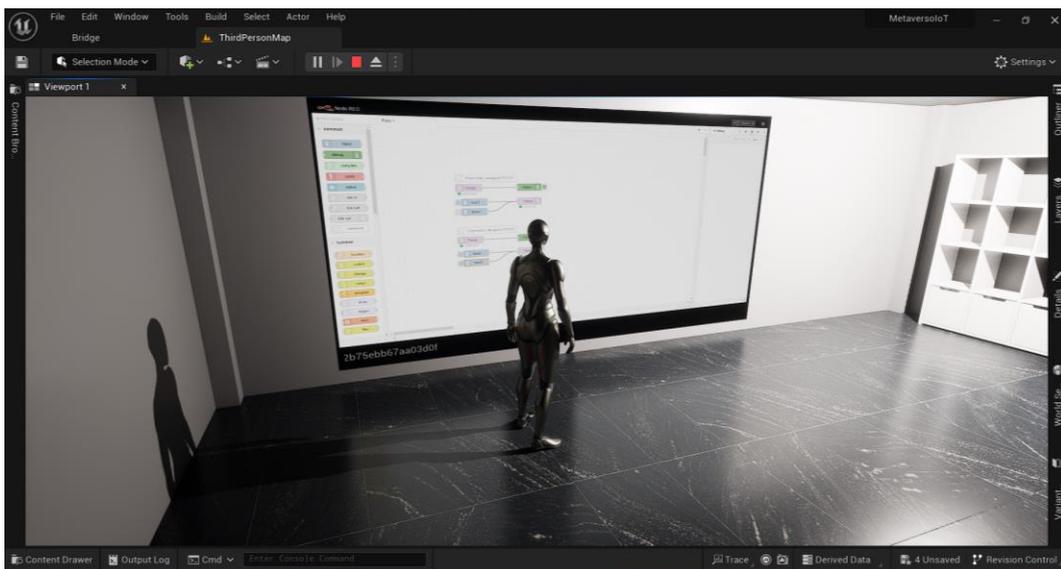


Figura 51: Navegación Web

## Cambio de cámara

Si el usuario presiona una tecla predeterminada se puede alternar entre modos de primera y tercera persona, permitiendo tener una vista inmersiva (Figura 52).

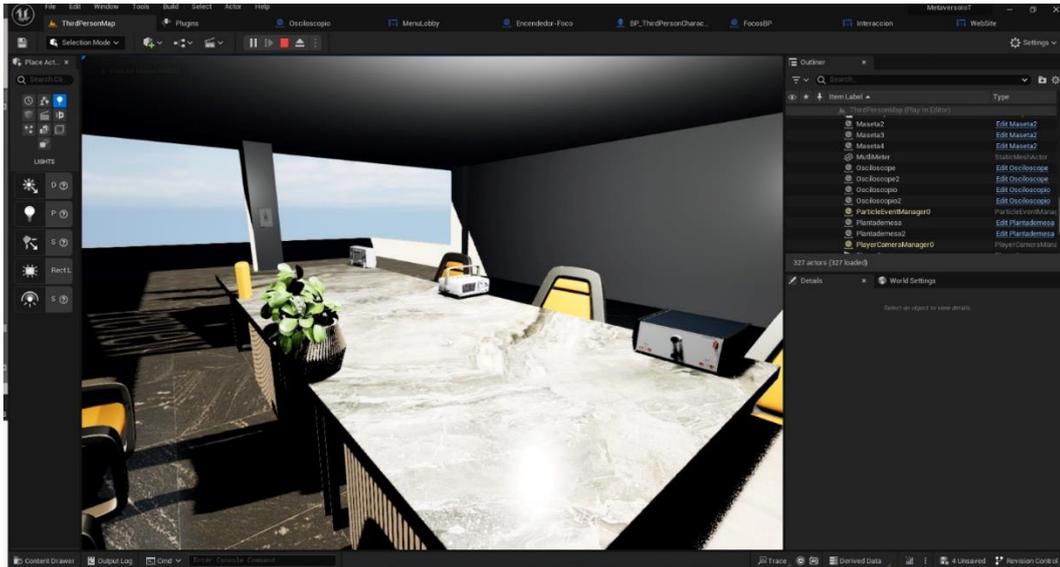


Figura 52: Modo de primera persona

## Inspección de objetos

El usuario puede inspeccionar objetos pulsando una tecla determinada, visualizando al objeto en una vista de 360°. Además, se muestra información sobre el objeto, como nombre y una descripción (Figura 53). Con la tecla M se muestra más información, como una página web con más detalles del objeto en cuestión (Figura 54).

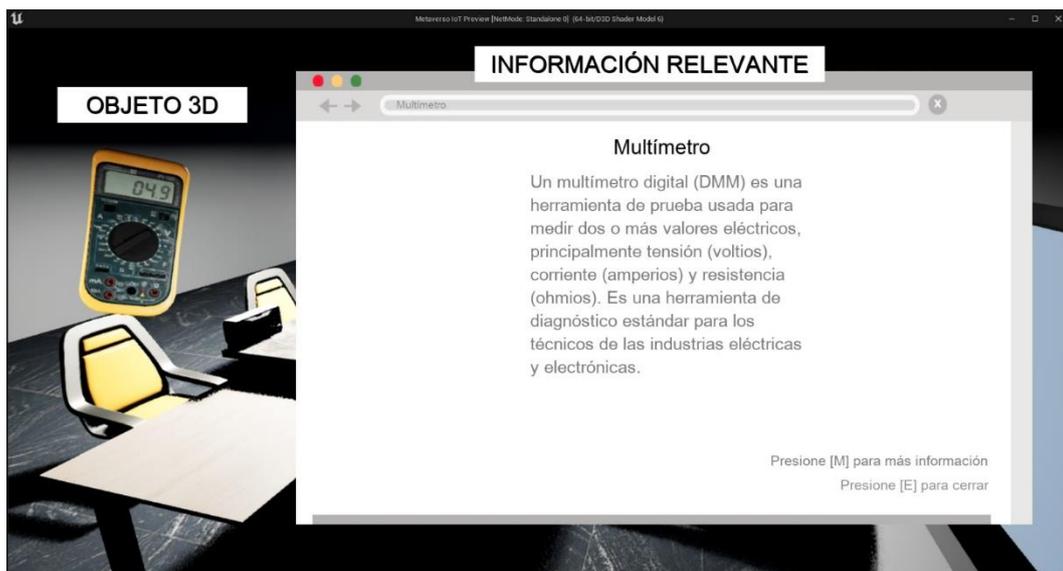


Figura 53: Objeto inspeccionable



Figura 54: Más información del objeto

## Maqueta Electrónica

En la Figura 55, se visualiza una maqueta electrónica en tiempo real.



Figura 55: Vista de una maqueta dentro del metaverso

# CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

## 3.1. Plan de evaluación

### 3.1.1. Objetivo

Evaluar la capacidad del metaverso para manejar la carga de usuarios, garantizar un tiempo de respuesta aceptable y mantener la estabilidad bajo condiciones de uso intensivo, mediante el uso de métricas de calidad en base a la norma ISO/IEC 25040 para la identificación de errores y problemas de carga que posea el software.

### 3.1.2. Alcance de la evaluación

Lo que se requiere evaluar es lo siguiente:

- **Carga de usuarios**  
Evaluar el rendimiento del metaverso bajo diferentes cargas de usuarios simulados.  
Verificar la escalabilidad del sistema para manejar un número creciente de usuarios concurrentes.
- **Tiempo de respuesta**  
Medir y analizar el tiempo de respuesta del metaverso al interactuar con dispositivos IoT.  
Identificar posibles cuellos de botella y optimizar el rendimiento.
- **Estabilidad**  
Realizar pruebas de resistencia para evaluar la estabilidad del metaverso durante periodos prolongados de uso.

### 3.1.3. Cronograma

En la Tabla 14 podemos ver el cronograma del plan de evaluación que se llevará a cabo durante 4 semanas (del 8 de enero de 2024 al 2 de febrero del 2024).

Tabla 14: Cronograma del Plan de Evaluación

Actividades	SEGUNDO HEMISEMESTRE			
	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
Planificación de la evaluación				
Diseño de la evaluación				
Ejecución de la evaluación				
Recopilación, Análisis y Documentación				

### **3.1.4. Métricas y Medidas**

#### **Carga de usuarios**

Número máximo de usuarios concurrentes:

- Rendimiento del sistema al aumentar gradualmente el número de usuarios.
- Punto en el que se alcanza la carga máxima sostenible

Tiempo de respuesta bajo carga:

- Medir el tiempo que tarda el sistema en responder a las interacciones de los usuarios bajo diferentes niveles de carga.
- Identificar cualquier degradación significativa en el rendimiento.

#### **Tiempo de Respuesta**

Tiempo de Respuesta Promedio:

- Calcular el tiempo promedio que tarda el sistema en responder a las solicitudes de los usuarios.

#### **Estabilidad**

Pruebas de Resistencia

- Realizar pruebas de resistencia para evaluar la estabilidad del metaverso durante periodos prolongados de uso.
- Observar la capacidad del sistema para mantener un rendimiento aceptable durante condiciones de carga sostenidas.

Registro de errores

- Mantener un registro detallado de los errores encontrados durante las pruebas de estabilidad.
- Clasificar los errores según su gravedad y prioridad para su corrección.

### **3.1.5. Procedimientos de evaluación**

#### **Pruebas de Carga:**

**Descripción:** Evaluar el rendimiento del metaverso bajo diferentes cargas de usuarios simulados.

**Procedimiento:** Aumentar gradualmente el número de usuarios concurrentes y medir el impacto en el rendimiento del sistema. Observar el punto en el que se alcanza la carga máxima sostenible.

#### **Pruebas de Estrés:**

**Descripción:** Someter al sistema a condiciones extremas para evaluar su resistencia y estabilidad.

**Procedimiento:** Aplicar cargas intensivas de trabajo o situaciones límite para evaluar cómo responde el metaverso y el laboratorio remoto durante periodos prolongados.

#### **Pruebas de Usabilidad:**

**Descripción:** Evaluar la facilidad de uso del metaverso para los usuarios finales.

**Procedimiento:** Realizar pruebas con usuarios representativos para evaluar la interfaz de usuario, la navegabilidad y la experiencia general. Recopilar retroalimentación sobre posibles mejoras.

### **3.1.6. Criterios de aceptación**

#### **Carga de Usuarios:**

El metaverso debe manejar un mínimo de 10 usuarios concurrentes sin una degradación significativa del rendimiento.

La carga máxima sostenible debe ser 20 usuarios concurrentes.

#### **Tiempo de Respuesta Bajo Carga:**

El tiempo de respuesta del sistema durante interacciones de usuario bajo carga no debe exceder 2 segundos en más del 80% de las pruebas.

#### **Tiempo de Respuesta Promedio:**

El tiempo de respuesta promedio para interacciones con dispositivos IoT debe ser inferior a 3 segundos.

### **Estabilidad y Resistencia:**

El metaverso debe ser capaz de funcionar de manera estable durante un periodo continuo de 2 horas bajo carga sostenida sin fallas críticas.

La tasa de fallas no debe superar 80% durante las pruebas de resistencia.

#### **3.1.7. Escenarios de prueba**

En un laboratorio de IoT, un estudiante conectado a un PC vía Ethernet actúa en el servidor del metaverso y varios estudiantes se conectan usando la IP del servidor, mediante dos tipos de conexión:

- Conexión de los usuarios mediante red inalámbrica (Wifi)
- Conexión de los usuarios vía Ethernet.

Las características de los computadores a utilizar son las siguientes:

*Tabla 15: Características de los computadores*

<b>Procesador</b>	Intel(R) Core (TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz, 2592 Mhz, 4 procesadores principales, 8 procesadores lógicos
<b>Memoria RAM</b>	12,0 GB
<b>Producto de placa base</b>	0503P4
<b>Tipo de Sistema</b>	PC basado en x64
<b>Fabricante del sistema</b>	Dell Inc.
<b>Nombre del S.O.</b>	Microsoft Windows 10 Pro
<b>Modelo del Sistema</b>	Inspiron 24-7459

#### **3.1.8. Método de Evaluación**

Luego de haber definido los criterios de aceptación y los escenarios de prueba, se han establecido preguntas para evaluar los tiempos de retardo que se presenta en cada situación.

En una práctica de laboratorio, con varios (n) estudiantes se desea conocer:

- ¿Cuál es el retardo que se puede experimentar cuando un usuario interactúa con las luces dentro del metaverso?
- ¿Cuál es el retardo que se puede experimentar cuando un usuario inspecciona un elemento?
- ¿Cuál es el retardo que se puede experimentar cuando un usuario presiona la tecla para ver más información sobre un elemento?

- ¿Cuál es el retardo que se puede experimentar cuando un usuario carga una página web?
- ¿Cuál es el retardo que se puede experimentar cuando un usuario modifica un valor de una herramienta del laboratorio remoto dentro del metaverso?
- ¿Cuál es el retardo que se puede experimentar cuando un usuario envía un mensaje en el chat del metaverso?

Para el desarrollo de la evaluación del prototipo se usó un indicador de rendimiento, el cual se estableció mediante el tiempo de respuesta de las acciones realizadas dentro del metaverso según la carga de usuarios. En la Tabla 16 podemos ver el indicador de rendimiento.

Tabla 16: Indicador de Rendimiento

Indicador de Rendimiento	
<=1 seg	Eficiente
>1 o <3 seg	Aceptable
>=3 seg	Deficiente

En la Tabla 17, se muestra una plantilla para la evaluación del prototipo que fue usada para medir los tiempos de respuestas y su funcionalidad por el número de usuarios conectados en el metaverso.

Tabla 17: Plantilla para evaluación del prototipo

<b>Número de usuarios</b>	15		
<b>Modo de Conexión: WIFI</b>			
<b>Interacciones</b>	<b>Tiempo de respuesta (seg)</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Funcionalidad</b>
Unirse a una sesión	6	Aceptable	Si
Encender luces	2	Aceptable	Si
Inspeccionar elementos	2	Aceptable	Si
Ver más información de un elemento	2	Aceptable	Si
Interacción con páginas web	4	Deficiente	Si
Interacción con herramientas IoT	2	Aceptable	Si
Enviar mensaje por chat de texto	1	Eficiente	Si
<b>Modo de Conexión: Ethernet</b>			
<b>Interacciones</b>	<b>Tiempo de respuesta (seg)</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Funcionalidad</b>
Unirse a una sesión	6	Aceptable	Si
Encender luces	2	Aceptable	Si
Inspeccionar elementos	2	Aceptable	Si
Ver más información de un elemento	2	Aceptable	Si
Interacción con páginas web	4	Deficiente	Si
Interacción con herramientas IoT	2	Aceptable	Si
Enviar mensaje por chat de texto	1	Eficiente	Si

### 3.2. Resultados de la evaluación

La evaluación del prototipo consta de dos fases, en la que la primera se evaluó el rendimiento del sistema y la segunda, se aplicó una encuesta para comprobar la experiencia de uso de los usuarios que pusieron a prueba el prototipo. Revisar **Anexo 2 y 3** para comprobar la realización de las pruebas de rendimiento.

#### Resultados de Evaluación de Rendimiento

*Tabla 18: Resumen de los resultados de evaluación con conexión ethernet*

<b>Número de Usuarios Evaluados:</b>	14
<b>Modo de Conexión:</b>	Ethernet
<b>Funcionalidad:</b>	Satisfactoria para todas las interacciones
<b>Observaciones Relevantes:</b>	Se observó un incidente de detención del servidor después de aproximadamente 2 horas en la prueba con 12 usuarios.
<b>Observaciones:</b>	<b>Ver Anexo 4</b>

#### Unirse a una Sesión:

**Tiempo de Respuesta:** Varía de 3.15 a 6.32 segundos.

**Rendimiento:** Mayormente deficiente, especialmente con un mayor número de usuarios.

**Funcionalidad:** Se logra unirse a la sesión en todos los casos, pero la eficiencia disminuye con más usuarios.

#### Encender Luces:

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.14 y 0.55 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en todos los casos.

**Funcionalidad:** Se logra encender las luces en todos los casos.

#### Inspeccionar Elementos:

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.14 y 1.06 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en la mayoría de los casos.

**Funcionalidad:** Se logra inspeccionar elementos en todos los casos.

#### Ver más Información de un Elemento:

**Tiempo de Respuesta:** Aceptable en general, con valores entre 1.25 y 4.15 segundos.

**Rendimiento:** Aceptable, aunque tiende a volverse deficiente con más usuarios.

**Funcionalidad:** Se logra ver más información en todos los casos, pero hay ciertas degradaciones de rendimiento.

#### **Interacción con Páginas Web:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.48 y 2.06 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en la mayoría de los casos.

**Funcionalidad:** La interacción con páginas web es exitosa en todos los casos.

#### **Interacción con Herramientas IoT:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.54 y 0.67 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en todos los casos.

**Funcionalidad:** La interacción con herramientas IoT es exitosa en todos los casos.

#### **Enviar Mensaje por Chat de Texto:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.27 y 0.53 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en todos los casos.

**Funcionalidad:** Se logra enviar mensajes por chat de texto en todos los casos.

*Tabla 19: Resumen de los resultados de evaluación con conexión wifi*

<b>Número de Usuarios Evaluados:</b>	14
<b>Modo de Conexión:</b>	WIFI
<b>Funcionalidad:</b>	Satisfactoria para todas las interacciones
<b>Observaciones Relevantes:</b>	Se observó un incidente de detención del servidor después de aproximadamente 1 hora en la prueba con 10 usuarios.
<b>Observaciones:</b>	<b>Ver Anexo 5</b>

#### **Unirse a una Sesión:**

**Tiempo de Respuesta:** Varía de 4.26 a 7.29 segundos.

**Rendimiento:** Mayormente deficiente, especialmente con más usuarios.

**Funcionalidad:** Se logra unirse a la sesión en todos los casos, pero la eficiencia disminuye con más usuarios.

#### **Encender Luces:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.22 y 0.37 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en todos los casos.

**Funcionalidad:** Se logra encender las luces en todos los casos.

#### **Inspeccionar Elementos:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.24 y 1.36 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en la mayoría de los casos.

**Funcionalidad:** Se logra inspeccionar elementos en todos los casos.

#### **Ver más Información de un Elemento:**

**Tiempo de Respuesta:** Aceptable en general, con valores entre 1.91 y 4.26 segundos.

**Rendimiento:** Aceptable, aunque tiende a volverse deficiente con más usuarios.

**Funcionalidad:** Se logra ver más información en todos los casos, pero hay ciertas degradaciones de rendimiento.

#### **Interacción con Páginas Web:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.39 y 1.96 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en la mayoría de los casos.

**Funcionalidad:** La interacción con páginas web es exitosa en todos los casos.

#### **Interacción con Herramientas IoT:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.43 y 0.63 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en todos los casos.

**Funcionalidad:** La interacción con herramientas IoT es exitosa en todos los casos.

#### **Enviar Mensaje por Chat de Texto:**

**Tiempo de Respuesta:** Eficiente, con valores entre 0.26 y 0.48 segundos.

**Rendimiento:** Eficiente en todos los casos.

**Funcionalidad:** Se logra enviar mensajes por chat de texto en todos los casos.

### **Resultados de evaluación de la encuesta de satisfacción**

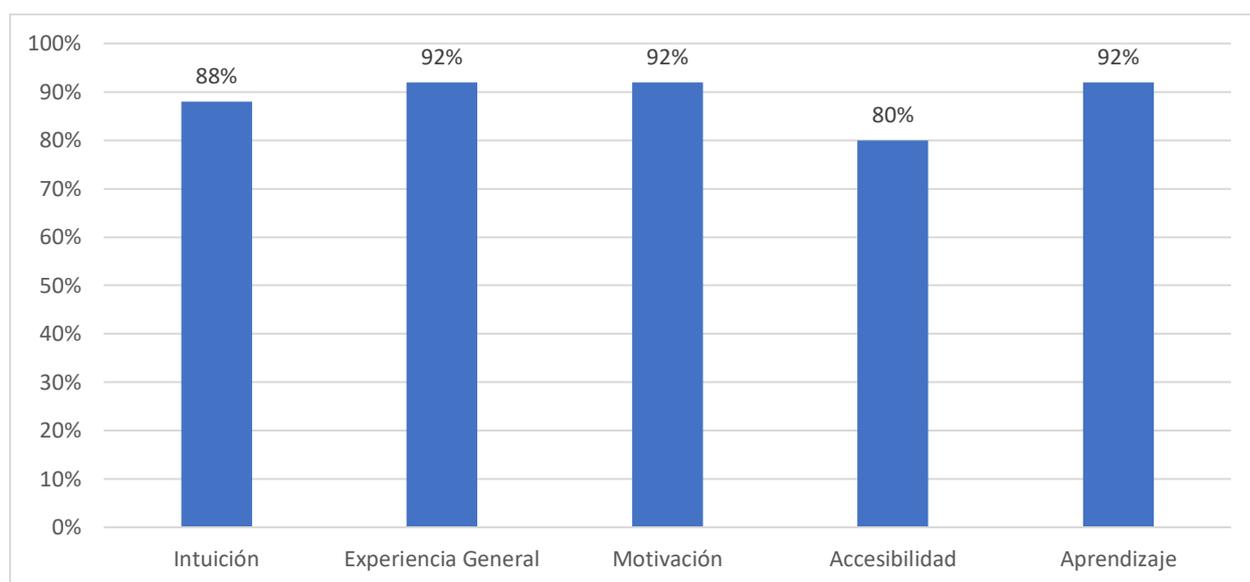
La encuesta realizada constó de cinco preguntas, las cuales se aplicó a la muestra de la población ya definida, con la finalidad de comprobar dicha hipótesis. Se realizó una prueba de hipótesis sobre proporciones que nos ayuda a evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios que pertenecen a una población.

Las preguntas fueron planteadas para definir los resultados de evaluación en la experiencia de uso que tuvo el usuario con respecto al metaverso de un laboratorio remoto de IOT (revisar **Anexo 6** y **7**). En la Tabla 20, se muestran las preguntas organizadas por métrica con su respectivo porcentaje.

*Tabla 20: Métricas de la encuesta de satisfacción*

Métricas	Preguntas	Porcentaje de Satisfacción	Porcentaje de Insatisfacción
<b>Intuición</b>	Pregunta 1 (100%)	88%	12%
<b>Experiencia General</b>	Pregunta 2(100%)	92%	8%
<b>Motivación</b>	Pregunta 3(100%)	92%	8%
<b>Accesibilidad</b>	Pregunta 4(100%)	80%	20%
<b>Aprendizaje</b>	Pregunta 5(100%)	92%	8%

Para la representación de los datos de acuerdo a las métricas obtenidas en la encuesta de satisfacción se realizó un gráfico de barras, en el que se puede observar que el metaverso obtiene un resultado mayor o igual al 80% con respecto a las métricas establecidas, como se aprecia en la Figura 56.



*Figura 56: Resultados de evaluación de usabilidad de acuerdo a las métricas aplicadas*

Para la comprobación de la hipótesis se tomaron en cuenta el promedio total de las preguntas realizadas, en donde se obtuvo un total de 89% que los usuarios se encontraban Muy Satisfecho o Totalmente Satisfecho y un 11% que se encontraban Neutrales, Poco Satisfechos o Nada Satisfecho.

Se eligió la prueba de hipótesis para proporciones, ya que las respuestas a las preguntas se representan en escalas de respuestas.

Se tomaron en cuenta los resultados que se encuentran en una escala positiva, “Muy Satisfecho” o “Totalmente Satisfecho” para la realización de la prueba de hipótesis.

### Variables

$n$  = tamaño de la muestra

$\hat{p}$  = proporción de la muestra

$x$  = número de casos favorables  $\rightarrow$  escala positiva

$p_0$  = proporción propuesta

$\alpha$  = nivel de significancia

$1-\alpha$  = nivel de confianza

$Z_0$  = estadístico de prueba

### Datos

$n = 125$

$$\hat{p} = \frac{x}{n} = \frac{111}{125} = 0,888$$

$x = 111$

$$p_0 = 85\% = 0,85$$

$\alpha = 0,05$

$$1-\alpha = 1 - 0,05 = 0,95$$

$Z_0 = \underline{\quad}$

### Planteamiento de la hipótesis

$H_0: p_0 \leq 85\% \rightarrow$  El metaverso no mejorará la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que desarrollan actividades prácticas virtuales de IoT.

$H_1: p_0 > 85\% \rightarrow$  El metaverso mejorará la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que desarrollan actividades prácticas virtuales de IoT.

### Cálculo de estadístico de prueba

$$Z_0 = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}}$$

$$Z_0 = \frac{0,888 - 0,85}{\sqrt{\frac{0,888(1-0,888)}{125}}}$$

$$Z_0 = \frac{0,038}{0,0282}$$

$$Z_0 = 1,347$$

### Cálculo de estadístico de referencia crítico

En la Figura 57, se puede observar la búsqueda realizada para cálculo del Z estadístico en base al nivel de significancia.

1 - $\alpha$	$\alpha$	$Z_\alpha$
0.90	0.10	1.28
0.95	0.05	1.645
0.99	0.01	2.33

Figura 57: Cálculo del Z estadístico

### Gráfica de distribución normal

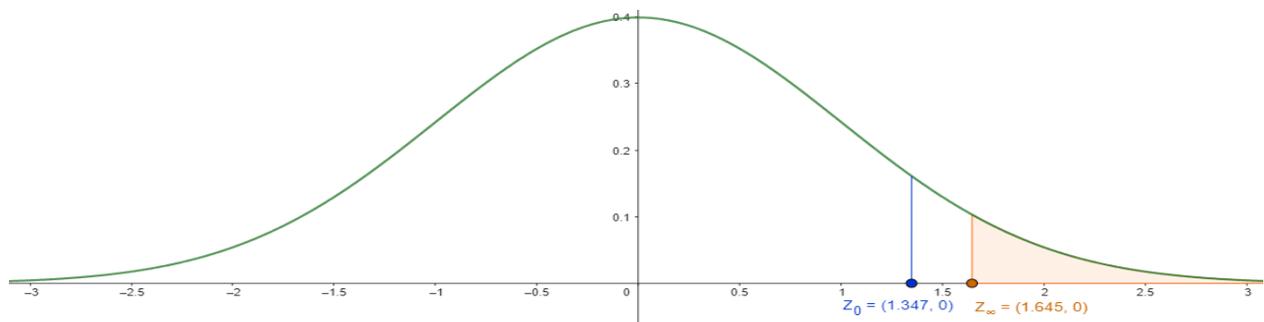


Figura 58: Gráfica de distribución normal

### Criterio de rechazo

$$Z_0 > Z_\alpha$$

$$1,347 > 1,645$$

*Falso*

En conclusión, Se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$ , es decir que con un nivel de significancia del 5%, no existe evidencia suficiente para afirmar que el desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT de la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Técnica de Machala mejorará la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que desarrollan actividades prácticas virtuales de IoT.

## CONCLUSIONES

- El metaverso ha experimentado un exitoso desarrollo, brindando un entorno inmersivo que simula un laboratorio de IoT. Este entorno tridimensional permite a los usuarios interactuar no solo entre ellos, sino también con los dispositivos presentes en un laboratorio de IoT. A pesar de estos avances, la falta de evidencia ha impedido la confirmación de mejoras significativas en la experiencia de uso de un laboratorio remoto de IoT.
- Se llevó a cabo una búsqueda de información en diversas fuentes bibliográficas mediante la metodología de Revisión Sistemática de la Literatura, cumpliendo con los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Este proceso permitió la construcción del marco teórico del presente proyecto.
- Se ha concluido con éxito la creación de un entorno virtual que permite a los usuarios adentrarse en una simulación de laboratorio remoto de IoT. Este entorno inmersivo ha sido diseñado con el fin de brindar una experiencia envolvente y realista.
- Se ha conseguido la integración de dispositivos que se usan en un laboratorio de IoT con el metaverso, mediante la implementación de herramientas externas, permitiendo a los usuarios interactuar en el entorno virtual con los elementos físicos del Internet de las cosas.
- La evaluación de la aplicación realizada conforme a la norma ISO/IEC 25040 para calidad de software, ha proporcionado una visión detallada del rendimiento. Se llevaron a cabo pruebas tanto con conexión ethernet como wifi, implicando a un número específico de 14 usuarios en ambas situaciones. Los resultados obtenidos revelaron un rendimiento satisfactorio en todas las condiciones planteadas durante el proceso de evaluación en este entorno de prueba específico. Por otro lado, al realizar una encuesta de satisfacción a 25 estudiantes, no se pudo verificar la hipótesis de que el metaverso desarrollado mejora la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que realizan actividades prácticas virtuales de IoT.

## RECOMENDACIONES

- Se aconseja actualizaciones periódicas para el metaverso, incorporando de manera regular nuevas herramientas y funcionalidades. Esto asegurará que el entorno virtual evolucione de manera continua, proporcionando un ambiente educativo dinámico y en constante crecimiento. Esta medida contribuirá no solo a la mejora continua de la experiencia de uso, sino también a la relevancia y actualización constante del contenido relacionado con IoT.

- Con el fin de optimizar la construcción del marco teórico, se sugiere mantener la metodología de Revisión Sistemática de la Literatura. Al seguir con esta metodología, se aprovecharán las ventajas de un enfoque estructurado y exhaustivo, garantizando la recopilación de datos pertinentes y la generación de un marco teórico robusto y bien fundamentado.
- Se recomienda incorporar una sección específica de retroalimentación dentro del metaverso, brindando a los usuarios la oportunidad de compartir sus observaciones y comentarios. Esta medida no solo fomentará una participación activa por parte de los usuarios, sino que también servirá como una valiosa fuente de información para perfeccionar la inmersión y realismo del entorno virtual.
- Se aconseja considerar herramientas de integración que implican un costo, con el fin de optimizar el rendimiento, ya que estas herramientas pueden ofrecer beneficios adicionales, como características avanzadas, soporte técnico especializado y actualizaciones regulares. Al evaluar y seleccionar cuidadosamente estas herramientas, se puede mejorar significativamente la eficiencia y la fiabilidad de la integración de dispositivos en el laboratorio de IoT, proporcionando una experiencia más sólida y satisfactoria para los usuarios.
- En base a los resultados de la evaluación, se sugiere realizar mejoras específicas en las áreas donde se observaron deficiencias en el rendimiento, especialmente al unirse a sesiones y al interactuar con más usuarios. Además, la detección y resolución de problemas que causan la detención del servidor deberían ser una prioridad.
- Se sugiere expandir la compatibilidad del metaverso para incluir una variedad más amplia de dispositivos, como smartphones (Android, IOS), tablets y dispositivos de realidad virtual (HTC, Oculus). Con esto se logrará aumentar la accesibilidad para un mayor número de usuarios.
- Se recomienda considerar la implementación de plugins de pago que ofrezcan funciones adicionales, enriqueciendo así la experiencia de los usuarios dentro del metaverso. La introducción de estas características adicionales puede proporcionar beneficios mejorados, características premium o niveles avanzados de interactividad, contribuyendo significativamente a la personalización general del entorno virtual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Oportunidades de la educación en línea en América Latina», UIW Main Site. Accedido: 20 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.uiw.edu/news/2021/06/oportunidades-de-la-educación-en-línea-en-américa-latina.html>
- [2] D. Contreras Masedo, «Desarrollo de una aplicación software para laboratorios remotos», Madrid, septiembre de 2012. [En línea]. Disponible en: <https://oa.upm.es/13966/>
- [3] «Parsifal», Parsifal. Accedido: 9 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://parsif.al/>
- [4] Z. Ramadan, «Marketing in the metaverse era: toward an integrative channel approach», *Virtual Real.*, vol. 27, n.º 3, pp. 1905-1918, sep. 2023, doi: 10.1007/s10055-023-00783-2.
- [5] J.-P. Simon, «The metaverse: updating the Internet (Web 3.0) or just a new development for immersive videogames?», *El Prof. Inf.*, p. e320317, jun. 2023, doi: 10.3145/epi.2023.may.17.
- [6] «Historia y evolución del concepto de metaverso». Accedido: 21 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://morehandigital.info/es/historia-y-evolucion-del-concepto-de-metaverso/>
- [7] J. Shen, X. Zhou, W. Wu, L. Wang, y Z. Chen, «Worldwide Overview and Country Differences in Metaverse Research: A Bibliometric Analysis», *Sustainability*, vol. 15, n.º 4, p. 3541, feb. 2023, doi: 10.3390/su15043541.
- [8] S. MiTra, «Metaverse: A Potential Virtual-Physical Ecosystem for Innovative Blended Education and Training», *J. Metaverse*, vol. 3, n.º 1, pp. 66-72, jun. 2023, doi: 10.57019/jmv.1168056.
- [9] S. Salloum *et al.*, «Sustainability Model for the Continuous Intention to Use Metaverse Technology in Higher Education: A Case Study from Oman», *Sustainability*, vol. 15, n.º 6, p. 5257, mar. 2023, doi: 10.3390/su15065257.
- [10] E. AbuKhoua, M. S. El-Tahawy, y Y. Atif, «Envisioning Architecture of Metaverse Intensive Learning Experience (MiLEx): Career Readiness in the 21st Century and Collective Intelligence Development Scenario», *Future Internet*, vol. 15, n.º 2, p. 53, ene. 2023, doi: 10.3390/fi15020053.
- [11] D. T. K. Ng, «What is the metaverse? Definitions, technologies and the community of inquiry», *Australas. J. Educ. Technol.*, vol. 38, n.º 4, pp. 190-205, nov. 2022, doi: 10.14742/ajet.7945.

- [12] J. Lee, «A study on the intention and experience of using the metaverse», *JAHHR*, vol. 13, n.º 1, pp. 177-192, 2022, doi: 10.21860/j.13.1.10.
- [13] G. D. Ritterbusch y M. R. Teichmann, «Defining the Metaverse: A Systematic Literature Review», *IEEE Access*, vol. 11, pp. 12368-12377, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3241809.
- [14] A. Jovanović y A. Milosavljević, «VoRtex Metaverse Platform for Gamified Collaborative Learning», *Electronics*, vol. 11, n.º 3, p. 317, ene. 2022, doi: 10.3390/electronics11030317.
- [15] A. Almarzouqi, A. Aburayya, y S. A. Salloum, «Prediction of User's Intention to Use Metaverse System in Medical Education: A Hybrid SEM-ML Learning Approach», *IEEE Access*, vol. 10, pp. 43421-43434, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3169285.
- [16] X. Chen, D. Zou, H. Xie, y F. L. Wang, «Metaverse in Education: Contributors, Cooperations, and Research Themes», *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 16, n.º 6, pp. 1111-1129, dic. 2023, doi: 10.1109/TLT.2023.3277952.
- [17] A. S. Al-Adwan, N. Li, A. Al-Adwan, G. A. Abbasi, N. A. Albelbisi, y A. Habibi, «“Extending the Technology Acceptance Model (TAM) to Predict University Students' Intentions to Use Metaverse-Based Learning Platforms”», *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, n.º 11, pp. 15381-15413, nov. 2023, doi: 10.1007/s10639-023-11816-3.
- [18] K. Nagao, «Virtual Reality Campuses as New Educational Metaverses», *IEICE Trans. Inf. Syst.*, vol. E106.D, n.º 2, pp. 93-100, feb. 2023, doi: 10.1587/transinf.2022ETI0001.
- [19] S. Ruiz-Campo, D. De Matías-Batalla, B. Boronat-Clavijo, y Á. Acevedo-Duque, «Los metaversos como herramienta docente en la formación de profesores de educación superior», *Rev. Latinoam. Technol. Educ. - RELATEC*, vol. 22, n.º 1, pp. 135-153, ene. 2023, doi: 10.17398/1695-288X.22.1.135.
- [20] E. Rojas, X. Hülsmann, R. Estriegana, F. Rückert, y S. Garcia-Esteban, «Students' Perception of Metaverses for Online Learning in Higher Education: Hype or Hope?», *Electronics*, vol. 12, n.º 8, p. 1867, abr. 2023, doi: 10.3390/electronics12081867.
- [21] Z. Wei, «Metaverse-based online english teaching scheme in multi-source and cross-domain environment», *Fractals*, vol. 31, n.º 06, p. 2340153, ene. 2023, doi: 10.1142/S0218348X23401539.
- [22] N. Abekiri, A. Rachdy, M. Ajaamoum, B. Nassiri, L. Elmahni, y Y. Oubail, «Platform for hands-on remote labs based on the ESP32 and NOD-red», *Sci. Afr.*, vol. 19, p. e01502, mar. 2023, doi: 10.1016/j.sciaf.2022.e01502.
- [23] F. Valencia De Almeida *et al.*, «Teaching Digital Electronics during the COVID-19 Pandemic via a Remote Lab», *Sensors*, vol. 22, n.º 18, p. 6944, sep. 2022, doi: 10.3390/s22186944.

- [24] J. M. Sierra-Fernandez, O. Florencias-Oliveros, M. J. Espinosa-Gavira, J. C. Palomares-Salas, A. Agüera-Pérez, y J. J. González-de-la-Rosa, «Reconfigurable Web-Interface Remote Lab for Instrumentation and Electronic Learning», *Int. J. Online Biomed. Eng. IJOE*, vol. 16, n.º 14, p. 69, nov. 2020, doi: 10.3991/ijoe.v16i14.16951.
- [25] A. Moulay Taj, J. Chacon Sombria, A. Gaga, A. Abouhilal, y A. Malaoui, «Conception and Implementation of an IoT System for Remote Practical Works in Open Access University's Electronic Laboratories», *Int. J. Online Biomed. Eng. IJOE*, vol. 17, n.º 02, p. 19, feb. 2021, doi: 10.3991/ijoe.v17i02.19755.
- [26] Universidad de los Llanos, Colombia, J. Vargas, J. Cuero, Universidad de los Llanos, Colombia, C. Torres, y Universidad de los Llanos, Colombia, «Laboratorios Remotos e IOT una oportunidad para la formación en ciencias e ingeniería en tiempos del COVID-19: Caso de Estudio en Ingeniería de Control», *Espacios*, vol. 41, n.º 42, nov. 2020, doi: 10.48082/espacios-a20v41n42p16.
- [27] T. K. Mohd, F. Bravo-Garcia, L. Love, M. Gujadhur, y J. Nyadu, «Analyzing Strengths and Weaknesses of Modern Game Engines», *Int. J. Comput. Theory Eng.*, vol. 15, n.º 1, pp. 54-60, 2023, doi: 10.7763/IJCTE.2023.V15.1330.
- [28] P. Suanpang, C. Niamsorn, P. Pothipassa, T. Chunhapatragul, T. Netwong, y K. Jermittiparsert, «Extensible Metaverse Implication for a Smart Tourism City», *Sustainability*, vol. 14, n.º 21, p. 14027, oct. 2022, doi: 10.3390/su142114027.
- [29] M. Esposito, A. Belli, L. Palma, y P. Pierleoni, «Design and Implementation of a Framework for Smart Home Automation Based on Cellular IoT, MQTT, and Serverless Functions», *Sensors*, vol. 23, n.º 9, p. 4459, may 2023, doi: 10.3390/s23094459.
- [30] «UTMACH | Universidad Técnica de Machala». Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.utmachala.edu.ec/portalwp/>
- [31] «¿Cómo funciona la metodología Scrum? Qué es y sus 5 fases», Platzi. Accedido: 20 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://platzi.com/blog/metodologia-scrum-fases/>

## ANEXOS

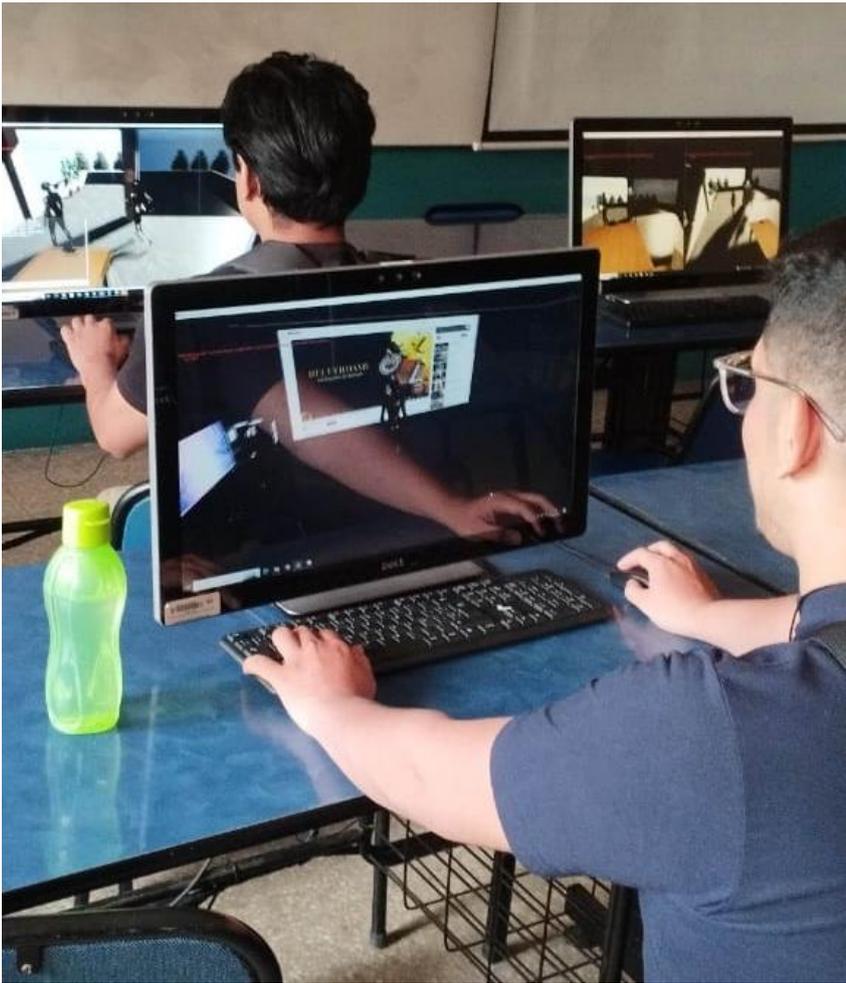
### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema, objeto y campo	Objetivo	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema:</b> ¿Cómo mejorar la experiencia de uso de laboratorios remotos para los estudiantes que realizan prácticas de laboratorio de IoT en la Universidad Técnica de Machala?</p> <p><b>Objeto de estudio:</b> Mejora en la experiencia de uso de un laboratorio remoto de IoT.</p> <p><b>Campo de Acción:</b> Internet de las cosas (IoT) y desarrollo de software aplicado a la construcción de un metaverso.</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar un metaverso con un entorno inmersivo para un laboratorio remoto de IoT, que mejore la experiencia de uso de los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información de la UTMACH, a través de la simulación y la conexión con dispositivos reales.</li> </ul> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilar información científica sobre el metaverso y sus beneficios en la educación en línea.</li> <li>- Desarrollar un entorno virtual basado en un laboratorio remoto de IoT.</li> <li>- Integrar el metaverso del laboratorio remoto con dispositivos de IoT.</li> <li>- Evaluar la aplicación mediante el uso de una norma para calidad de software.</li> </ul>	<p><b>Antecedentes históricos a nivel internacional y nacional del objeto, campo:</b> Historia del metaverso</p> <p><b>Fundamentos Teóricos de objeto, campo y variables:</b> Metaverso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición del metaverso</li> <li>Escenarios del metaverso</li> <li>Aplicaciones y usos del metaverso</li> <li>Componentes del metaverso</li> <li>Metaverso y su relación con la educación en línea</li> </ul> <p>Laboratorio Remoto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de laboratorio remoto</li> <li>Características de los laboratorios remotos</li> <li>Arquitectura de un laboratorio remoto</li> </ul> <p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Unreal Engine</li> <li>Blender</li> <li>MQTT</li> </ul>	<p>Hipótesis General:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT de la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Técnica de Machala, mejorará la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes en el desarrollo de actividades prácticas virtuales de IoT.</li> </ul>	<p><b>Variable 1 / Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de un metaverso para un laboratorio remoto de IoT.</li> </ul> <p>Dimensiones o categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso de desarrollo</li> <li>- Herramientas de desarrollo</li> <li>- Metodología de desarrollo</li> </ul> <p><b>Variable 2/ Dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en la experiencia de uso de los laboratorios remotos para los estudiantes que desarrollan actividades prácticas virtuales de IoT.</li> </ul> <p>Dimensiones o categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usabilidad del Metaverso para un laboratorio remoto de IoT.</li> </ul>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Alcance:</b> Exploratorio <b>Diseño:</b> Cuasi-experimental</p> <p><b>Unidades de análisis:</b> <b>Población:</b> 25 personas (Estudiantes que cursen el 6to nivel de la carrera de Tecnologías de la información)</p> <p><b>Muestra:</b> 25 personas (Total de la muestra)</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b> Encuesta</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b> Valores perdidos Tabulación de datos</p>

## Anexo 2. Realización de la evaluación de rendimiento



**Anexo 3. Usuarios utilizando el metaverso**



## Anexo 4: Pruebas de Rendimiento con modo de conexión Ethernet

Modo de Conexión: Ethernet	Número de Usuarios																	
	2			3			4			5			6			7		
	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad
Unirse a una sesión	4,15	Deficiente	Si	5,12	Deficiente	Si	5,2	Deficiente	Si	6,36	Deficiente	Si	4,29	Deficiente	Si	4,4	Deficiente	Si
Encender luces	0,14	Eficiente	Si	0,16	Eficiente	Si	0,2	Eficiente	Si	0,26	Eficiente	Si	0,4	Eficiente	Si	0,34	Eficiente	Si
Inspeccionar elementos	0,14	Eficiente	Si	0,22	Eficiente	Si	0,21	Eficiente	Si	0,67	Eficiente	Si	0,54	Eficiente	Si	0,41	Eficiente	Si
Ver más información de un elemento	1,25	Aceptable	Si	1,72	Aceptable	Si	2,83	Aceptable	Si	3,29	Deficiente	Si	2,83	Aceptable	Si	2,31	Aceptable	Si
Interacción con páginas web	0,86	Eficiente	Si	0,74	Eficiente	Si	0,75	Eficiente	Si	0,48	Eficiente	Si	0,86	Eficiente	Si	0,86	Eficiente	Si
Interacción con herramientas IoT	0,54	Eficiente	Si	0,54	Eficiente	Si	0,6	Eficiente	Si	0,63	Eficiente	Si	0,65	Eficiente	Si	0,56	Eficiente	Si
Enviar mensaje por chat de texto	0,43	Eficiente	Si	0,73	Eficiente	Si	0,37	Eficiente	Si	0,53	Eficiente	Si	0,35	Eficiente	Si	0,27	Eficiente	Si

Modo de Conexión: Ethernet	Número de Usuarios																				
	8			9			10			11			12			13			14		
	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad			
Unirse a una sesión	5,65	Deficiente	Si	3,8	Deficiente	Si	3,15	Deficiente	Si	4,45	Deficiente	Si	6,32	Deficiente	Si	4,14	Deficiente	Si	5,45	Deficiente	Si
Encender luces	0,27	Eficiente	Si	0,55	Eficiente	Si	0,28	Eficiente	Si	0,21	Eficiente	Si	0,34	Eficiente	Si	0,28	Eficiente	Si	0,28	Eficiente	Si
Inspeccionar elementos	0,73	Eficiente	Si	0,35	Eficiente	Si	0,4	Eficiente	Si	0,6	Eficiente	Si	1,06	Aceptable	Si	0,6	Eficiente	Si	0,41	Eficiente	Si
Ver más información de un elemento	3,08	Deficiente	Si	2,43	Aceptable	Si	2,69	Aceptable	Si	3,22	Deficiente	Si	3,88	Deficiente	Si	2,85	Aceptable	Si	4,15	Deficiente	Si
Interacción con páginas web	1,25	Aceptable	Si	1,13	Aceptable	Si	1,06	Aceptable	Si	0,6	Eficiente	Si	2,06	Aceptable	Si	1,19	Aceptable	Si	1,64	Aceptable	Si
Interacción con herramientas IoT	0,59	Eficiente	Si	0,64	Eficiente	Si	0,61	Eficiente	Si	0,64	Eficiente	Si	0,61	Eficiente	Si	0,67	Eficiente	Si	0,67	Eficiente	Si
Enviar mensaje por chat de texto	0,53	Eficiente	Si	0,41	Eficiente	Si	0,41	Eficiente	Si	0,46	Eficiente	Si	0,47	Eficiente	Si	0,41	Eficiente	Si	0,48	Eficiente	Si

## Anexo 5: Pruebas de Rendimiento con modo de conexión WIFI

Modo de Conexión: WIFI	Número de Usuarios																	
	2			3			4			5			6			7		
	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad
Unirse a una sesión	5,53	Deficiente	Si	5,45	Deficiente	Si	6,33	Deficiente	Si	5,91	Deficiente	Si	6,12	Deficiente	Si	5,19	Deficiente	Si
Encender luces	0,22	Eficiente	Si	0,2	Eficiente	Si	0,26	Eficiente	Si	0,21	Eficiente	Si	0,28	Eficiente	Si	0,28	Eficiente	Si
Inspeccionar elementos	0,32	Eficiente	Si	0,35	Eficiente	Si	0,24	Eficiente	Si	0,53	Eficiente	Si	0,46	Eficiente	Si	0,47	Eficiente	Si
Ver más información de un elemento	3,15	Deficiente	Si	1,91	Aceptable	Si	3,16	Deficiente	Si	2,48	Aceptable	Si	2,53	Aceptable	Si	2,58	Aceptable	Si
Interacción con páginas web	0,45	Eficiente	Si	0,41	Eficiente	Si	0,64	Eficiente	Si	0,39	Eficiente	Si	0,49	Eficiente	Si	0,95	Eficiente	Si
Interacción con herramientas IoT	0,56	Eficiente	Si	0,43	Eficiente	Si	0,58	Eficiente	Si	0,46	Eficiente	Si	0,55	Eficiente	Si	0,43	Eficiente	Si
Enviar mensaje por chat de texto	0,26	Eficiente	Si	0,26	Eficiente	Si	0,29	Eficiente	Si	0,26	Eficiente	Si	0,48	Eficiente	Si	0,36	Eficiente	Si

Modo de Conexión: WIFI	Número de Usuarios																				
	8			9			10			11			12			13			14		
	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad	Tiempo de respuesta (seg)	Rendimiento	Funcionalidad			
Unirse a una sesión	5,21	Deficiente	Si	4,56	Deficiente	Si	4,26	Deficiente	Si	4,69	Deficiente	Si	7,29	Deficiente	Si	5,33	Deficiente	Si			
Encender luces	0,29	Eficiente	Si	0,37	Eficiente	Si	0,36	Eficiente	Si	0,26	Eficiente	Si	0,24	Eficiente	Si	0,34	Eficiente	Si			
Inspeccionar elementos	0,65	Eficiente	Si	0,35	Eficiente	Si	0,37	Eficiente	Si	0,49	Eficiente	Si	1,36	Aceptable	Si	0,46	Eficiente	Si			
Ver más información de un elemento	2,95	Aceptable	Si	2,39	Aceptable	Si	2,18	Aceptable	Si	3,59	Deficiente	Si	3,18	Deficiente	Si	2,55	Aceptable	Si			
Interacción con páginas web	0,58	Eficiente	Si	0,95	Eficiente	Si	0,53	Eficiente	Si	0,48	Eficiente	Si	1,96	Aceptable	Si	1,36	Aceptable	Si			
Interacción con herramientas IoT	0,43	Eficiente	Si	0,53	Eficiente	Si	0,55	Eficiente	Si	0,59	Eficiente	Si	0,61	Eficiente	Si	0,53	Eficiente	Si			
Enviar mensaje por chat de texto	0,29	Eficiente	Si	0,34	Eficiente	Si	0,31	Eficiente	Si	0,31	Eficiente	Si	0,36	Eficiente	Si	0,37	Eficiente	Si			

**Anexo 6: Encuesta de Experiencia de Uso del metaverso.**

**1. ¿Considera usted que el metaverso es intuitivo para los usuarios?**

Nada Satisfecho	Poco Satisfecho	Neutral	Muy Satisfecho	Totalmente Satisfecho
<input type="radio"/>				

**2. ¿Cómo calificarías tu experiencia general utilizando el metaverso de un laboratorio remoto de IoT?**

Nada Satisfecho	Poco Satisfecho	Neutral	Muy Satisfecho	Totalmente Satisfecho
<input type="radio"/>				

**3. ¿Considera usted que el metaverso de un laboratorio remoto de IoT, ha aumentado su motivación para participar en actividades prácticas de IoT?**

Nada Satisfecho	Poco Satisfecho	Neutral	Muy Satisfecho	Totalmente Satisfecho
<input type="radio"/>				

**4. ¿Considera usted que el metaverso es accesible para todos los estudiantes, independientemente de su nivel tecnológico?**

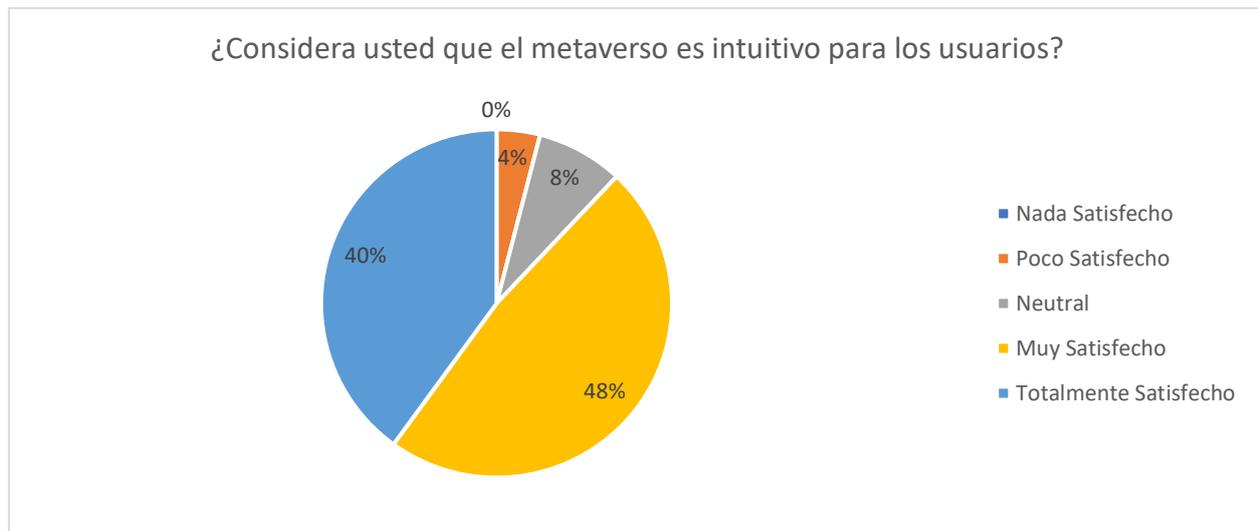
Nada Satisfecho	Poco Satisfecho	Neutral	Muy Satisfecho	Totalmente Satisfecho
<input type="radio"/>				

**5. ¿Considera usted que el metaverso ha contribuido de manera efectiva a mejorar tu comprensión de los conceptos de IoT?**

Nada Satisfecho	Poco Satisfecho	Neutral	Muy Satisfecho	Totalmente Satisfecho
<input type="radio"/>				

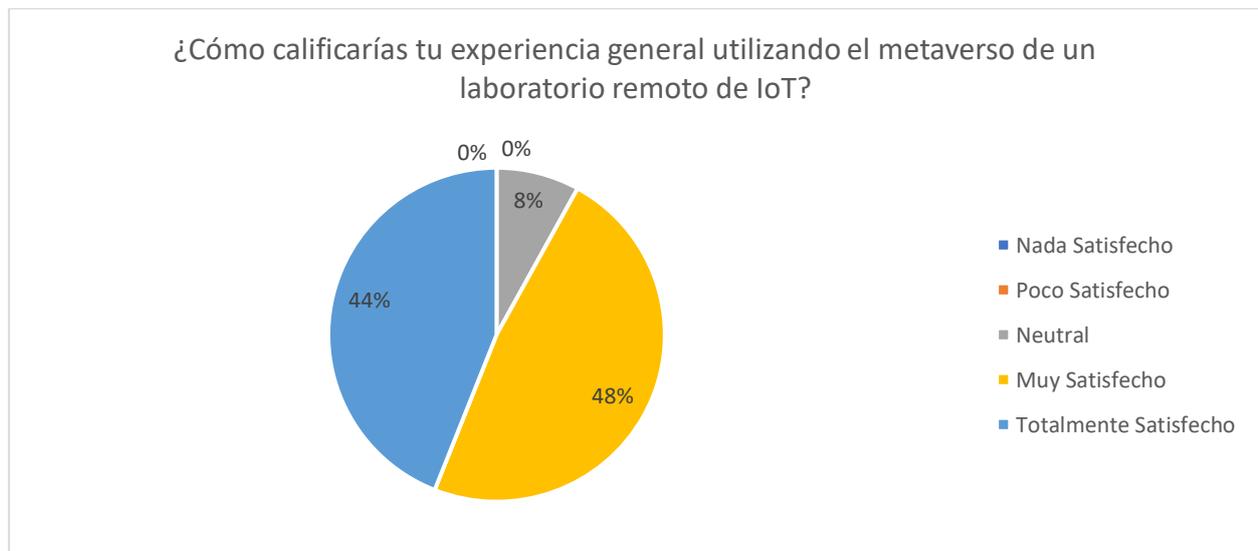
## Anexo 7. Estadística de la Encuesta de Experiencia de Uso del metaverso.

### Pregunta 1:



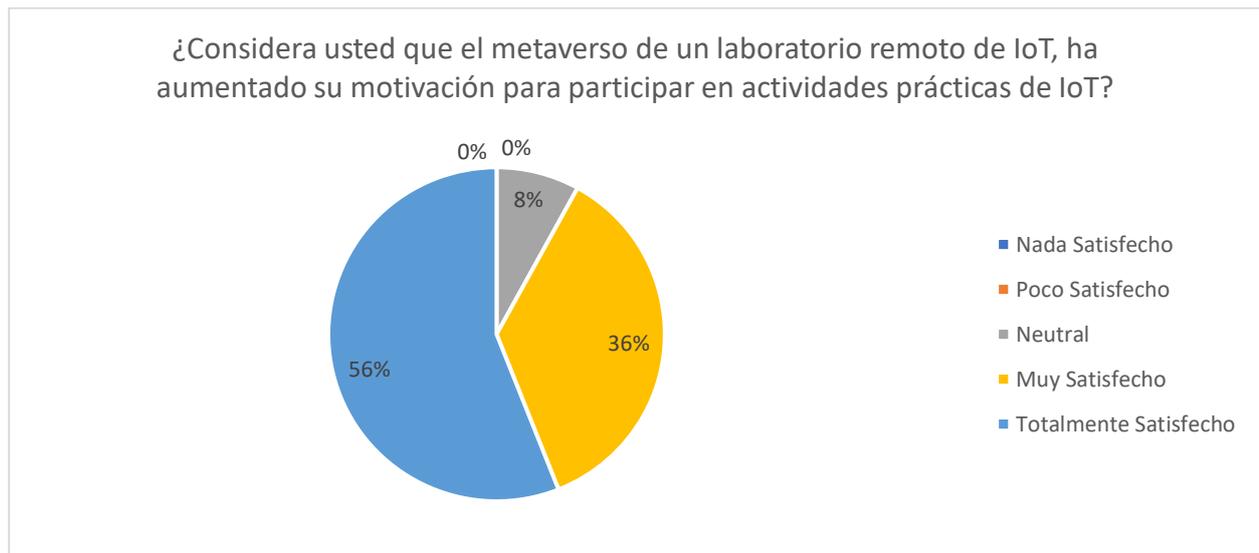
Según los resultados obtenidos, se puede observar que el 0% de los encuestados eligió “Nada Satisfecho”, el 4% escogió “Poco Satisfecho”, mientras que el 8% se mostró “Neutral” ante la pregunta, un considerable 48% están “Muy Satisfechos” y un 40% se encuentra “Totalmente Satisfecho” ante la intuición que tiene el metaverso para los usuarios.

### Pregunta 2:



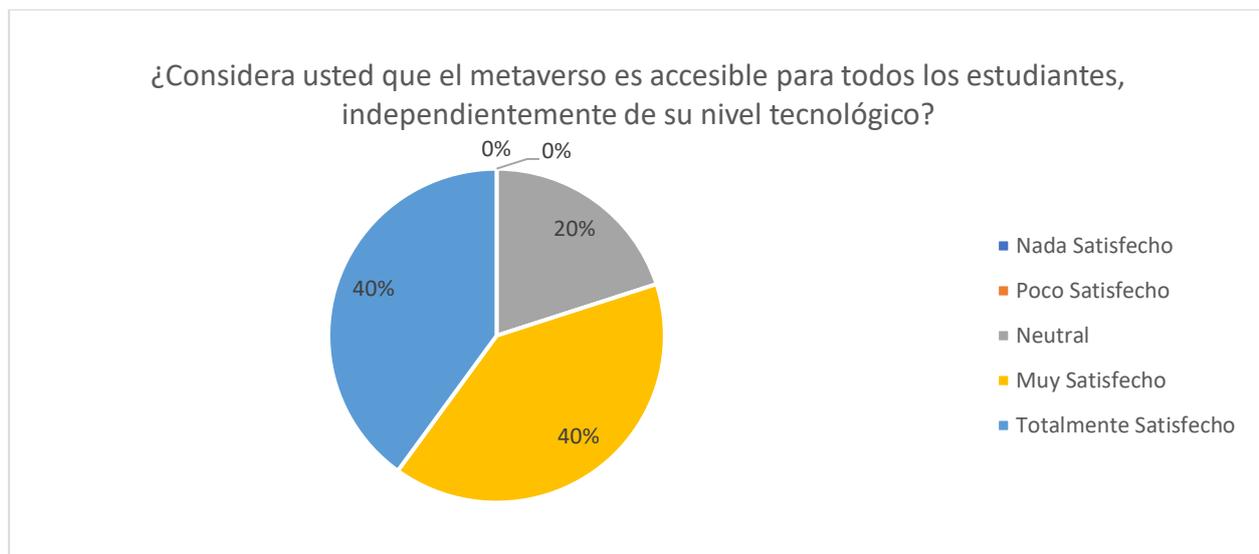
Según los resultados obtenidos, se puede observar que el 0% de los encuestados eligió “Nada Satisfecho”, el 0% escogió “Poco Satisfecho”, mientras que el 8% se mostró “Neutral” ante la pregunta, un considerable 48% están “Muy Satisfechos” y un 40% se encuentra “Totalmente Satisfecho” ante la experiencia general utilizando el metaverso de un laboratorio remoto de IoT.

### Pregunta 3:



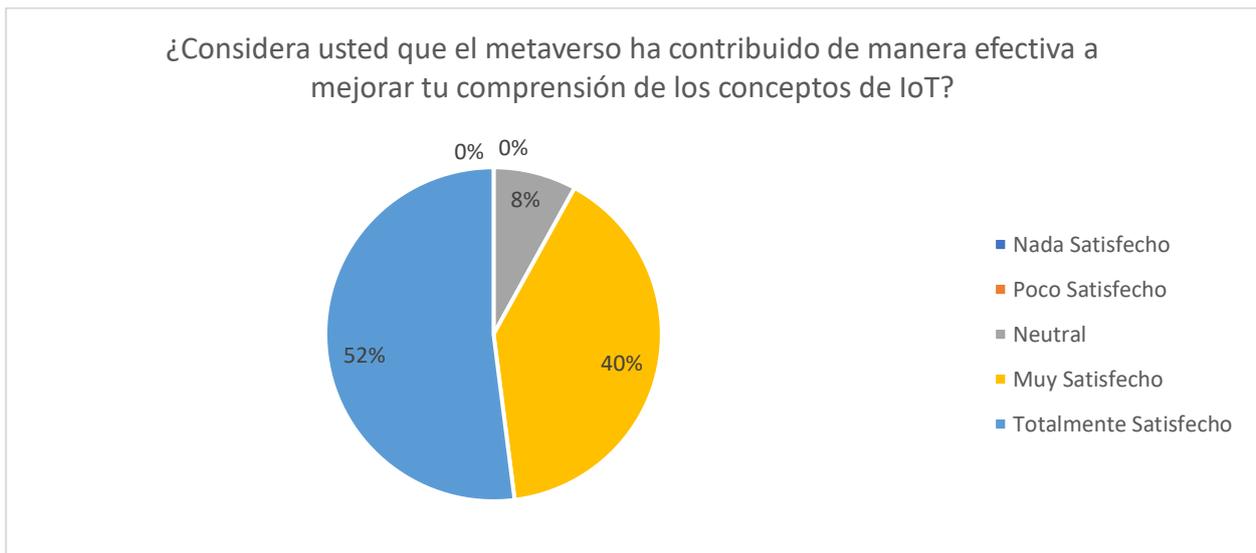
Según los resultados obtenidos, se puede observar que el 0% de los encuestados eligió “Nada Satisfecho”, el 0% escogió “Poco Satisfecho”, mientras que el 8% se mostró “Neutral” ante la pregunta, un 36% están “Muy Satisfechos” y un 56% se encuentra “Totalmente Satisfecho” dado que ha aumentado su motivación para participar en actividades prácticas de IoT.

### Pregunta 4:



Según los resultados obtenidos, se puede observar que el 0% de los encuestados eligió “Nada Satisfecho”, el 0% escogió “Poco Satisfecho”, mientras que el 20% se mostró “Neutral” ante la pregunta, un 40% están “Muy Satisfechos” y un 40% se encuentra “Totalmente Satisfecho” ante la accesibilidad del metaverso para los estudiantes, independientemente del nivel tecnológico que se posea.

### Pregunta 5:



Según los resultados obtenidos, se puede observar que el 0% de los encuestados eligió “Nada Satisfecho”, el 0% escogió “Poco Satisfecho”, mientras que el 8% se mostró “Neutral” ante la pregunta, un considerable 40% están “Muy Satisfechos” y un notable 52% se encuentra “Totalmente Satisfecho” ante la contribución del metaverso para comprender algunos conceptos de IoT.