



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

– **TELECOM** ESCUELA  
TÉCNICA **VLC** SUPERIOR  
DE INGENIERÍA DE  
TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de  
Telecomunicación

Migración a la plataforma META del entorno de realidad  
virtual del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles  
Segarra

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de  
Telecomunicación

AUTOR/A: Tamarit Núñez, Pedro

Tutor/a: Bachiller Martín, María Carmen

Cotutor/a: Rey Solaz, Beatriz

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## **Resumen**

En este Trabajo Fin de Grado se ha desarrollado un entorno de realidad virtual que permite visualizar e interactuar con diferentes elementos que conforman el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra. El entorno está desarrollado en el motor de videojuegos Unity y adaptado para poder migrarlo al metaverso, a través de la plataforma Spatial. De este modo, se consigue ofrecer una nueva experiencia al Museo de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universitat Politècnica de València y una nueva forma de visita al mismo. El proyecto busca aumentar la visibilidad de los elementos históricos del museo, permitiendo a cualquier persona acceder a ellos de manera interactiva y desde cualquier lugar del mundo.

En la memoria se recogen las explicaciones respecto a la evolución de la telefonía, la realidad virtual y su relación con los museos, el metaverso, la creación del entorno con las herramientas de Unity y Spatial y, por último, un análisis de los resultados obtenidos en las distintas plataformas trabajadas, así como la perspectiva futura del proyecto con posibles mejoras, cambios y adiciones al entorno virtual.

## Resum

En aquest Treball de Final de Grau s'ha desenvolupat un entorn de realitat virtual que permet visualitzar i interactuar amb diferents elements que conformen el Museu de la Telecomunicació Vicente Miralles Segarra. L'entorn està desenvolupat en el motor de videojocs Unity i adaptat per a poder migrar-lo al metavers, a través de la plataforma Spatial. D'aquesta manera, s'aconsegueix oferir una nova experiència al Museu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacions de la Universitat Politècnica de València i una nova forma de visita al mateix. El projecte busca augmentar la visibilitat dels elements històrics del museu, permetent a qualsevol persona accedir a ells de manera interactiva i des de qualsevol lloc del món.

En la memòria es recullen les explicacions respecte a l'evolució de la telefonia, la realitat virtual i la seua relació amb els museus, el metavers, la creació de l'entorn amb les ferramentes de Unity i Spatial i, per últim, una anàlisi dels resultats obtinguts en les diferents plataformes treballades, així com la perspectiva futura del projecte amb possibles millores, canvis i addicions a l'entorn virtual.

## **Abstract**

In this Final Degree Project, a virtual reality environment has been developed that allows users to view and interact with various elements that make up the Vicente Miralles Segarra Telecommunication Museum. The environment was created using the Unity game engine and adapted for migration to the metaverse through the Spatial platform. This approach offers a new experience for the Museum of the Higher Technical School of Telecommunications Engineering at the Polytechnic University of Valencia, providing a new way to visit it. The project aims to increase the visibility of the museum's historical elements, allowing anyone to access them interactively from anywhere in the world.

The report includes explanations regarding the evolution of telephony, virtual reality and its relationship with museums, the metaverse, the creation of the environment using Unity and Spatial tools, and, finally, an analysis of the results obtained on the different platforms used, as well as the future perspective of the project with possible improvements, changes, and additions to the virtual environment.

## RESUMEN EJECUTIVO

La memoria del TFG del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación debe desarrollar en el texto los siguientes conceptos, debidamente justificados y discutidos, centrados en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación

CONCEPT (ABET)	CONCEPTO (traducción)	¿Cumple? (S/N)	¿Dónde? (páginas)
1. IDENTIFY:	1. IDENTIFICAR:		
1.1. Problem statement and opportunity	1.1. Planteamiento del problema y oportunidad	Sí	2-3
1.2. Constraints (standards, codes, needs, requirements & specifications)	1.2. Toma en consideración de los condicionantes (normas técnicas y regulación, necesidades, requisitos y especificaciones)	Sí	3-5 y 12-14
1.3. Setting of goals	1.3. Establecimiento de objetivos	Sí	1-2
2. FORMULATE:	2. FORMULAR:		
2.1. Creative solution generation (analysis)	2.1. Generación de soluciones creativas (análisis)	Sí	14-16 y 33-41
2.2. Evaluation of multiple solutions and decision-making (synthesis)	2.2. Evaluación de múltiples soluciones y toma de decisiones (síntesis)	Sí	42-50
3. SOLVE:	3. RESOLVER:		
3.1. Fulfilment of goals	3.1. Evaluación del cumplimiento de objetivos	Sí	42-50 y 51-52
3.2. Overall impact and significance (contributions and practical recommendations)	3.2. Evaluación del impacto global y alcance (contribuciones y recomendaciones prácticas)	Sí	51-53 y 59

# Índice General

<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos generales y específicos .....	1
1.2 Contexto y motivación del proyecto.....	2
1.3 Plan de trabajo.....	3
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>7</b>
<b>Estado del Arte.....</b>	<b>7</b>
2.1 Evolución de la telefonía.....	7
2.2 Realidad Virtual y su aplicación en museos.....	8
2.3 Metaverso y plataformas de publicación .....	10
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>12</b>
<b>Herramientas y Tecnologías Utilizadas.....</b>	<b>12</b>
3.1 Descripción de Unity como Plataforma de Desarrollo 3D .....	12
3.2 Introducción a Spatial como Plataforma de Publicación en el Metaverso.....	13
3.3 Uso de LiDAR del iPhone 15 Pro para Escaneo 3D.....	14
3.4 3D Scan y su Integración con SketchFab.....	15
3.5 Oculus Meta Quest 2 para Pruebas de VR.....	17
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>19</b>
<b>Desarrollo del Proyecto .....</b>	<b>19</b>
4.1 Diseño del Museo de la Telefonía en Unity .....	19
4.2 Integración en Spatial y vinculación a Sketchfab .....	33
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>42</b>
<b>Resultados y Discusión .....</b>	<b>42</b>
5.1 Descripción del museo virtual finalizado.....	42
5.2 Evaluación de la experiencia de usuario .....	43

5.2.1 Experiencia a través de la web .....	43
5.2.2 Experiencia desde el móvil .....	45
5.2.3 Experiencia con las Meta Quest 2.....	47
<b>Capítulo 6.....</b>	<b>51</b>
<b>Conclusiones y Líneas Futuras.....</b>	<b>51</b>
6.1 Logros del proyecto .....	51
6.2 Mejoras y ampliaciones futuras para el museo virtual.....	53
<b>Capítulo 7 .....</b>	<b>54</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>54</b>
Referencias a trabajos y estudios consultados .....	54
<b>ANEXO I. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 .....</b>	<b>58</b>

# Índice ilustraciones

Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto. ....	6
Figura 2. Mona Lisa en el Museo Virtual de Louvre.....	9
Figura 3. Formatos de archivo soportados por Spatial. ....	14
Figura 4. Componentes de la cámara iPhone. Sensor LiDar. ....	15
Figura 5. Zapatilla escaneada con Scaniverse .....	16
Figura 6. Formatos de Objetos 3D soportados por Spatial.....	16
Figura 7. Zapatilla escaneada con Scaniverse y vista en Blender .....	16
Figura 8. Meta Quest 2 proporcionadas por la Escuela.....	18
Figura 9. Evolución de la Telefonía Móvil expuesto en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra .....	20
Figura 10. Pentomat y Centralita expuestas en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra.....	21
Figura 11. Vista de planta del Museo Virtual realizada con Autocad. ....	21
Figura 12. Vinculación de cuenta de Spatial en Unity.....	22
Figura 13. Configuración del proyecto en Unity. ....	23
Figura 14. Estructura Sala Principal en Unity. ....	23
Figura 15. Estructura del Hall en Unity.....	24
Figura 16. Componente Climbable visto en Unity. ....	25
Figura 17. Componente Projector Surface en Spatial.....	26
Figura 18. Elemento Seat Hotspot en Spatial.....	26
Figura 19. Configuración del Entrance Point en Unity.....	27
Figura 20. Configuración del Point Of Interest en Unity.....	28
Figura 21. Símil de "Rick y Morty" con las gafas VR, portales y telefonía.....	28
Figura 22. Funcionamiento Avatar Teleporter en Unity. ....	29
Figura 23. Configuración Interactable en Unity. ....	29
Figura 24. Configuración Point Of Interest en centralita. ....	30
Figura 25. Imagen de la Evolución de la Telefonía Móvil en Unity.....	31
Figura 26. Representación central Rotary en Unity.....	31
Figura 27. Pentomat configurada con un Interactable y un POI en Unity.....	32
Figura 28. Elementos prefabricados Spatial.....	33
Figura 29. Muebles prefabricados Spatial. ....	34



Figura 30. Elementos del Hall vistos en Spatial.....	35
Figura 31. Sección Mujeres Telefonistas en Spatial.....	35
Figura 32. Cartel Evolución Telefonía Móvil en Spatial.....	36
Figura 33. Zoom cartel Evolución de la Telefonía Móvil.....	37
Figura 34. Rotary, centralita manual y flechas en Spatial. ....	37
Figura 35. Versiones de la Pentomat en Spatial.....	38
Figura 36. Teléfonos escaneados con la app 3D Scan. ....	38
Figura 37. Objetos vinculados a Sketchfab desde Spatial.....	39
Figura 38. Evolución de la Telefonía en Spatial.....	39
Figura 39. Objeto 3D vinculado con Sketchfab en Spatial.....	40
Figura 40. Vídeo insertado en Spatial.....	40
Figura 41. Portal con redireccionamiento al Forms de satisfacción en Spatial.....	41
Figura 42. Plataformas compatibles con Spatial. ....	42
Figura 43. Vista del Hall a través de la web. ....	43
Figura 44. Vista de parte de la Sala Principal a través de la web. ....	44
Figura 45. Vista de parte de la Sala Principal y gestos a través de la web. ....	44
Figura 46. Vista en 1º y 3º persona desde la app para móvil.....	45
Figura 47. Visualización de los vídeos a través de la app para el móvil. ....	46
Figura 48. Objetos interactivables a través de la app móvil.....	47
Figura 49. Aviso uso de link en la app móvil. ....	47
Figura 50. Vista del Hall desde la Gafas VR.....	48
Figura 51. Mujeres Telefonistas desde las gafas VR.....	49
Figura 52. Elementos del Museo vistos con las Gafas VR.....	50
Figura 53. Mensaje al usar el portal-link con las Gafas VR.....	50
Figura 54. ODS relacionados con el TFG. ....	59

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Objetivos generales y específicos

Este Trabajo Final de Grado tiene como objetivo desarrollar un entorno en Realidad Virtual en el cual se expongan varios de los elementos relacionados con la telefonía que forman parte del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, ubicado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para realizar posteriormente su migración al Metaverso.

Con la creación del Museo Virtual de la Telefonía se pretende, por un lado, proporcionar una mayor visibilidad a los elementos que conforman el museo de la Escuela, ya que al integrarlo en el Metaverso cualquier persona podrá acceder a él mediante una visita virtual, sin necesidad de desplazarse hasta la ETSIT. Por otro lado, dado que se trata de un entorno virtual, este espacio debe ser interactivo para poder brindar a los visitantes de una experiencia enriquecida y dinámica. Por lo tanto, los elementos que se añaden al Museo Virtual cuentan con cierto grado de interacción.

Pero para poder cumplir con dichos objetivos generales, se deben de completar otros objetivos específicos, entre los cuales se encuentran los siguientes.

- Establecer los elementos que conforman el Museo Virtual. Es decir, qué objetos se muestran en el proyecto y de qué forma, tanto la distribución física como el formato en el que se exponen (imagen, objetos 3D, vídeo...).
- Obtener los elementos a mostrar en el formato de archivo establecido, bien sea realizando fotografías a los elementos, escaneándolos o recuperando archivos de proyectos realizados anteriormente sobre el Museo.
- Establecer la aplicación donde se desarrolla el entorno virtual, aprender a manejarla y crear el espacio. Además, decidir la plataforma mediante la cual se migra al Metaverso, analizar todas las posibilidades que ofrece y por último subir el entorno virtual.
- Asegurar la compatibilidad y funcionamiento correcto con las gafas de Realidad Virtual con las que cuenta la ETSIT, “Meta Quest 2”.

Todos estos apartados del proyecto se establecen entre la tutora, cotutora y desarrollador del trabajo. Para este proyecto se propone crear un Museo de la Telefonía, por lo que los elementos que se muestran son objetos del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra que guardan relación directa con la telefonía, bien sea por la comunicación, por su evolución o por su historia. Además, como es un entorno virtual, el espacio que se crea está ajustado a las dimensiones convenientes para que quepan todos los elementos y no haya espacios vacíos.

Para el desarrollo del entorno se utiliza el motor de videojuegos de Unity, ya que anteriormente se han realizado proyectos sobre el museo con este software y el resultado obtenido ha sido muy bueno. Por otro lado, para la migración al Metaverso se usa la plataforma *Spatial*, la cual permite subir entornos virtuales. Además, se analizan todas las opciones de interacciones, formatos y demás que ofrece, para poder aplicar el máximo nivel de dinamismo al entorno.

Por último, para tener una experiencia totalmente inmersiva se utilizan las “Meta Quest 2” que proporciona la Escuela, de ese modo se comprueba el correcto funcionamiento y visualización del proyecto creado.

## **1.2 Contexto y motivación del proyecto**

A lo largo de la historia de las comunicaciones la evolución de la telefonía ha tenido una gran importancia. Desde que Alexander Graham Bell patentó el teléfono en el año 1876 hasta la actualidad, donde contamos con teléfonos inteligentes los cuales usamos durante horas cada día, estos dispositivos han transformado la forma en la que nos comunicamos, trabajamos e incluso vivimos.

Con el paso del tiempo se puede apreciar una evolución desde los teléfonos de escritorio con operadoras manuales, pasando por los teléfonos de disco y de botones, desarrollando posteriormente los teléfonos móviles y finalmente a día de hoy los teléfonos inteligentes. Con la llegada de estos últimos dispositivos ya no solo se concibe el uso de los teléfonos para la comunicación, también se han convertido en un pilar fundamental en el día a día por las capacidades computacionales y multimedia que ofrecen en un único dispositivo portátil.

Es por ello por lo que esta historia y evolución se debe de preservar e ir actualizando a las nuevas oportunidades que ofrece la tecnología del mundo actual. Además, no solo desde un punto de vista informativo o educativo, sino visto como una forma de motivar e inspirar a las generaciones futuras, de forma interactiva, para que vean que siempre se pueden mejorar y desarrollar nuevas características.

Gracias a la Realidad Virtual se pueden ofrecer oportunidades de creación de experiencias accesibles desde cualquier parte del mundo. Creando este Museo Virtual no solo se

consigue mostrar la evolución de la telefonía, sino que se permite disfrutar de una experiencia inmersiva e interactiva que permite a los ciber visitantes explorar a la vez que aprender de una forma diferente y quizá más atractiva que en los museos tradicionales.

Actualmente se ofrecen varias experiencias para el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra. Por un lado, se puede visitar de forma presencial y guiada el museo, simplemente rellenando un formulario donde se solicita la cita previa desde la página web del museo. Además, se han realizado varios trabajos relacionados con la realidad virtual y aumentada. En ellos se desarrolló un entorno que se puede visitar también desde la página web y realizar una visita virtual. Por último, también cuenta con una APP de Realidad Aumentada (RA), la cual se puede descargar en el teléfono o Tablet. Para poder utilizarla se deben de buscar las marcas de Realidad Aumentada (QR) que hay por las vitrinas de algunos elementos del museo y de ese modo recibir información en diferentes formatos sobre algunos de los objetos. [1] No obstante, ninguno de los proyectos comentados está disponible en el metaverso.

Con este tipo de proyecto se consigue, por un lado, darle una vida digital a los elementos físicos con los que cuenta el del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra. De ese modo también se consigue conservar los objetos a lo largo del tiempo, tanto por que no pierden calidad como por su mayor grado de accesibilidad. Por otro lado, al no ser necesaria la presencialidad, se consigue ofrecer una mayor disponibilidad y además aumentar su alcance. Los únicos elementos necesarios para poder realizar esta visita es un dispositivo que soporte *Spatial* (móvil, Tablet, ordenador, Gafas de RV...) y conexión a Internet, por lo que en la sociedad de hoy en día está al alcance de prácticamente todo el mundo.

### 1.3 Plan de trabajo

A lo largo del proyecto se han ido estableciendo diferentes tareas para ir completando todos los objetivos propuestos. Para poder desarrollar el proyecto se han realizado 3 tareas principales, las cuales cuentan con tareas secundarias para poder completarlas. Las tareas son las que se exponen a continuación.

#### **Primera tarea:**

En este apartado se realizaron todos los trabajos que eran necesarios realizar previamente para poder empezar con el desarrollo del proyecto. Entre estos trabajos se encuentran:

- **Lectura de trabajos anteriores:** Anteriormente se han realizado proyectos relacionados tanto con Realidad Virtual (RV) como Realidad Aumentada y

aplicados al del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra. Es por ello por lo que la primera tarea fue leer estos TFGs de antiguos alumnos, para saber qué y cómo lo habían desarrollado. Concretamente se asignó leer 3 TFGs, todos ellos tutorizados por Carmen Bachiller. [2] [3]

- **Curso UPValencia X: Introducción al desarrollo de videojuegos con Unity.** Se trata de un curso de introducción al motor de Unity, el cual tiene una duración de propuesta de 6 semanas (dedicando 3-4 h por semana). En este curso se aprende a trabajar con la interfaz, se enseña a utilizar los elementos básicos del motor y se desarrollan los primeros juegos. [4]
- **Familiarización con *Spatial*:** Dado que la plataforma mediante la cual se migra el proyecto al Metaverso es *Spatial*, era necesario aprender su funcionamiento, saber tanto las opciones que ofrece como las limitaciones que tiene e ir probando a subir entornos para poder más adelante desarrollar el museo.

Ahora bien, en esta primera etapa se tuvo que reconducir el proyecto. En un primer momento la idea era adaptar el proyecto de realidad virtual sobre el museo más reciente que había para posteriormente subirlo al Metaverso. Previamente se debía de actualizar los elementos que había nuevos en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra y redistribuir los que se había cambiado de posición. El problema surgió tras investigar sobre *Spatial*, ya que para poder publicar proyectos se debe de utilizar una plantilla en concreto que te proporciona la plataforma.

Esta plantilla es del motor Unity, pero se tiene que utilizar una versión en concreto de Unity, la cual no coincidía con la de proyectos anteriores, por lo que surgían muchos errores. Además, el peso de dichos proyectos era muy elevado como para poder operar con ellos, por lo que se decidió cambiar el enfoque del proyecto.

El nuevo enfoque del proyecto se iniciaba desde cero. En vez de partir de proyector VR anteriores, se propuso crear un nuevo proyecto en el que se incorporarían solo algunos de los elementos que conforman el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra.

### **Segunda tarea:**

Por lo tanto, una vez readaptado el proyecto, se tuvieron que realizar las siguientes tareas:

- **Establecer elementos y distribución:** Como el proyecto se iba a realizar desde cero, sin reutilizar los realizados anteriormente, se debía de asignar los elementos que se querían mostrar en el proyecto y la forma en la que se haría. Se asignó de acuerdo con la opinión de la tutora, cotutora y alumno.

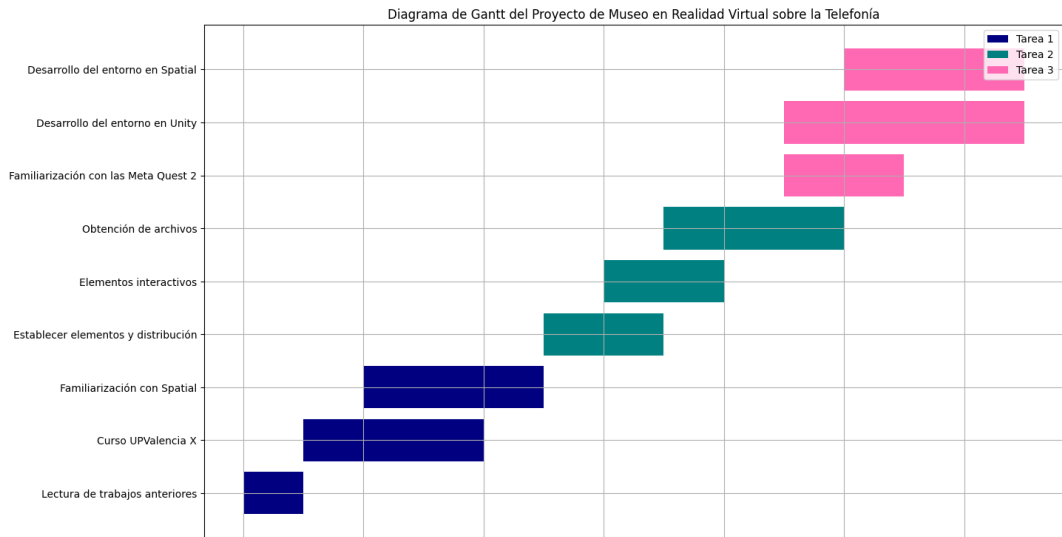
- **Elementos interactivos:** Una de las primeras tareas era saber todas las funciones que ofrece *Spatial*, por lo tanto, tras la familiarización con la plataforma se debía asignar las interacciones que tendría cada uno de los elementos del Museo Virtual.
- **Obtención de archivos:** Una vez decididos los elementos a mostrar en el museo, se deben de tener en los formatos correspondientes. Para ello, se tuvieron que realizar varias tareas. Una de ellas es recuperar archivos de otros proyectos anteriores. Otra de ellas fue fotografiar varios de los elementos que se iban a mostrar en el museo. Y, por último, se escanearon algunos objetos para tenerlos en formato 3D.

### Tercera tarea:

Una vez realizadas todas las tareas mencionadas anteriormente, ya se puede empezar a crear el entorno virtual. Las tareas que se realizan en esta sección son las siguientes:

- **Familiarización con las Meta Quest 2:** Dado que la Escuela cuenta con estas gafas de Realidad Virtual y que el proyecto puede apreciarse de una forma más intensa e inmersiva con esta clase de dispositivos, debía aprender sobre su funcionamiento para poder comprobar el correcto funcionamiento en esta plataforma.
- **Desarrollo del entorno en Unity:** Con todo lo anterior realizado, ya era posible empezar a desarrollar en Unity el Museo Virtual de la Telefonía, añadiendo todos los elementos e interacciones asignadas anteriormente.
- **Desarrollo del entorno en *Spatial*:** Tras finalizar el apartado de desarrollo en Unity, falta por añadir todas las funcionalidades proporcionadas por la plataforma de migración al Metaverso elegida, *Spatial*. Para finalizar, se realiza el análisis del correcto funcionamiento del proyecto en las diferentes plataformas disponibles.

Para poder apreciar las tareas de una forma esquemática y organizada, a continuación, se adjunta un gráfico en la Figura 1 con las tareas a realizar y el orden cronológico que siguen.



**Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto.**

En el eje horizontal o eje X cada subdivisión representa aproximadamente un mes de duración. No obstante, como se observa en la Figura 1, algunas de las tareas se solapan en el tiempo porque se realizaban de forma simultánea.

# Capítulo 2

## Estado del Arte

### 2.1 Evolución de la telefonía

La telefonía y su red son una de las tecnologías que más ha evolucionado desde su invención a finales de Siglo XIX hasta hoy en día. En el año 1876, Alexander Graham Bell con la patente de su versión del teléfono inició la era de la telefonía. [5]

Inicialmente, el teléfono se instalaba para poder hablar entre dos dependencias, realizando una conexión punto a punto. No obstante, 2 años más tarde, se inventó la primera centralita comercial, la cual era capaz de atender a 21 teléfonos. Además, en ese momento las líneas telefónicas estaban formadas por un solo hilo.

Más adelante, en 1889 aparece el primer teléfono público de moneda, la cual era capaz de conectar hasta 100 líneas. Ahora bien, a partir del Siglo XX la evolución que tuvo el teléfono fue un proceso desenfrenado. A principios de Siglo, los teléfonos tenían la necesidad de contar con una batería propia, pero a partir de los años 30, esta energía conseguía proporcionarse directamente desde la central telefónica a través de la línea telefónica. Estas líneas eran de naturaleza analógica. [6]

En 1946 aparece el primer teléfono móvil comercial, el cual podía establecer conexión entre vehículos en movimiento y una centralita telefónica mediante ondas de radio. Más tarde, en 1958, con el lanzamiento del Score, se consiguió la primera comunicación por satélite. A partir de los años 70 se empieza a hablar de la generación 0G, la cual no es una generación de telefonía móvil propiamente, pero fue el punto inicial de desarrollo de las generaciones posteriores. El acceso se basaba en la radio y su uso era principalmente militar y para la navegación. [7]

A principios de los años 80 surge la generación del 1G, la cual seguía utilizando tecnología analógica, pero su uso ya no era tan militar sino más civil y empresarial. En esta generación los teléfonos móviles eran muy grandes, y contaban con una batería que no duraba mucho tiempo. Comenzaron a aparecer las primeras operadoras y el roaming.

En la década posterior se desarrolla la telefonía digital, lo cual supuso un gran cambio. En este momento se considera la segunda generación, 2G. Supuso una mejora en la calidad de la voz, así como en la velocidad de transmisión de datos. Además, aparecen



los SMS. También se empezó a presenciar los inicios de la navegación por Internet desde el teléfono móvil, lo que iniciaría una gran revolución tecnológica. [8]

Ya en el Siglo XXI es cuando toma importancia el Internet móvil y con ello un gran abanico de nuevas posibilidades. Se trata del 3G, la cual ya permite realizar videollamadas, intercambiar correos electrónicos y consumir contenido multimedia mediante aplicaciones como Youtube. Además, las redes sociales ganan importancia en esta época en gran parte por la fácil accesibilidad que proporcionan estos dispositivos.

A finales de la primera década de los 2000 aparece la cuarta generación del 4G en la cual los teléfonos inteligentes toman importancia. Estos dispositivos ofrecen una gran variedad de posibilidades, como realizar fotografías y vídeos de alta definición o medir constantes vitales.

La quinta generación, el 5G también pretende ser una revolución en nuestras vidas. Hogares inteligentes, realidad virtual, una mayor velocidad de navegación son algunas de las opciones que ofrece esta generación, la cual ya está asentada en la sociedad. [9]

Hoy en día se está desarrollando la tecnología 6G, la cual reducirá aún más la latencia en las conexiones y permitirá mayores velocidades de transmisión. Algunos de los sectores que se espera que sean potenciados son las comunicaciones holográficas, la inteligencia artificial y la eficiencia energética. [10]

Como se puede apreciar, la evolución que ha tenido la tecnología de la telefonía en el último Siglo es abismal, cambiando por completo el funcionamiento y la vida cotidiana de la sociedad, permitiendo ya no solo comunicarse mediante llamadas telefónicas sino ofreciendo una infinidad de posibilidades con estos dispositivos tecnológicos.

## **2.2 Realidad Virtual y su aplicación en museos**

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías llegó la Realidad Virtual. El término de Realidad Virtual está definido por la RAE como: *“representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real”*. [11] Esta tecnología consiste en crear experiencias que puedan ser interactivas para el usuario mediante simulaciones que hagan creer que estás dentro de un entorno virtual.

Estos escenarios pueden ser entornos reales o escenario totalmente ficticios, pero permiten al usuario viajar por todo el mundo o por mundos ficticios sin moverse de su casa.

El nivel de inmersión que se logra depende de los dispositivos que se utilicen. Por un lado, están los simuladores profesionales, los cuales cuentan con todos los accesorios

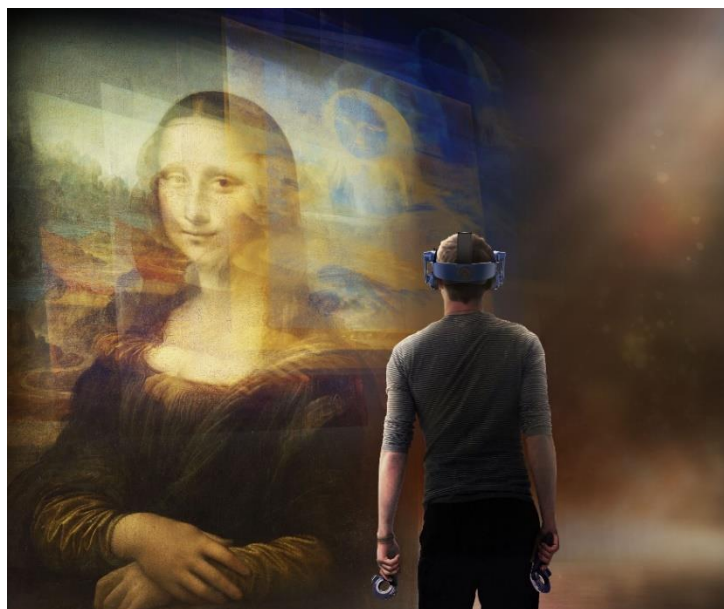
necesarios para interactuar en el entorno en el que te encuentres, como por ejemplo los simuladores que utilizan los conductores de F1, los cuales cuentan con el asiento del coche, volante, botones... y todo lo necesario para que sea una experiencia lo más parecida a la realidad posible. Por otro lado, están las experiencias semi inmersivas, las cuales se realizan con unas gafas de Realidad Virtual y sus mandos, de las cuales se trata su desarrollo más adelante en la memoria. [12]

Tal y como sucedió con los teléfonos, la aparición de la Realidad Virtual es uno de los avances tecnológicos más aclamados de los últimos años y cada vez está tomando más presencia en diferentes entornos, como por ejemplo en los Museos.

Implementar la tecnología de Realidad Virtual en los museos es una opción que cada vez están tomando más instituciones culturales, dado que es una forma de presentar y preservar su patrimonio. Mediante este tipo de aplicaciones se ofrece una gran accesibilidad, ya que permite que personas de todo el mundo realicen una visita a museos o exposiciones sin desplazarse físicamente. Esto puede llegar a ser de gran utilidad para personas con dificultades o limitaciones físicas.

Además, se puede ofrecer un alto nivel de interactividad, ya que se puede permitir a los visitantes interactuar con las exposiciones y objetos de una forma dinámica, sin riesgo de que se degraden dichos objetos frágiles o en riesgo, por lo que también es una forma de conservación de las obras de arte y elementos de los museos, disminuyendo el desgaste y riesgo de daños.

Es por ello por lo que cada vez más museos están creando exposiciones virtuales. Por ejemplo, el Museo del Louvre (Francia) ofrece visitar obras como la Venus de Milo o la Mona Lisa mediante Realidad Virtual a una alta resolución, donde el nivel de detalle de las obras es muy alto. En la Figura 2 se observa la portada de la visita virtual a la Mona Lisa en el Museo del Louvre. [13]



**Figura 2. Mona Lisa en el Museo Virtual de Louvre**

Del mismo modo ocurre con el Museo Británico (Reino Unido) o el Museo del Prado (España), los cuales permiten realizar recorridos virtuales por sus galerías y piezas de arte más conocidas. [14]

Si al aspecto visual le sumamos el auditivo, mediante audioguías, por ejemplo, la experiencia se convierte en aún más inmersiva y similar a la realidad. Además, con la llegada de la tecnología 5 y 6G, donde se permitirá una transmisión de datos más rápida y donde la inteligencia artificial cobrará relevancia, las experiencias en museos podrán llegar a ser más inmersivas, educativas y personalizadas.

## 2.3 Metaverso y plataformas de publicación

En los últimos años, tanto la Realidad Virtual como la Aumentada están teniendo un gran desarrollo. La realidad aumentada se define como: *“un recurso tecnológico que ofrece experiencias interactivas al usuario a partir de la combinación entre la dimensión virtual y la física, con la utilización de dispositivos digitales”*. [15] En otras palabras, la RA añade objetos virtuales en el contexto físico y se los muestra al usuario usando la interfaz del ambiente real con el apoyo de la tecnología. Tal es la evolución de estas tecnologías que se pretende darle un espacio para poder compartir y disfrutar de ello a otro nivel. Aquí es donde entra en escena el metaverso, pero antes seguir, vamos a comprender bien qué es el metaverso.

El **metaverso** es un universo paralelo al nuestro, un universo virtual que está interconectado y donde los usuarios pueden interactuar entre ellos y con el entorno de forma inmersiva y en tiempo real. Los avances en tecnología tanto en RV como en RA han hecho que estos mundos virtuales cada vez sean más realistas y demandados.

Imagina un espacio digital donde puedes moverte entre diferentes “mundos”, vivir un sinfín de experiencias, tener interacciones sociales... pero sin tener que salir de tu casa. Es un mundo en el que te creas un personaje o avatar y puedes vivir este tipo de aventuras, pero el objetivo no es solo conseguir entrar en un mundo de fantasía, sino crear una especie de realidad alternativa, donde se creen oportunidades que ayuden al trabajo, educación y comercio.

Los ámbitos en los que se puede aplicar este concepto son muy variados, desde simplemente el uso recreativo de videojuegos o entretenimiento como ver una película, hasta enfocarlo al desarrollo personal mediante entornos interactivos que fomenten el aprendizaje práctico o el trabajo con colaboración remota. El futuro del metaverso actualmente es incierto, ya que todavía es muy pronto, las empresas están prácticamente empezando a crear y desarrollar esta tecnología, puede fracasar y quedar en nada o puede ser el próximo salto evolutivo de internet.

Por otro lado, Mark Zuckerberg, fundador y director de Facebook, fue el que dio nombre a este concepto ya que presentó su nueva marca de la corporación “Meta”, la cual está

compuesta por WhatsApp, Instagram, Messenger y Quest entre otras. El creador la definió como un entorno virtual en el que no solo miras la pantalla, sino que eres capaz de entrar en ella. [16]

Se pretende que en este mundo paralelo podamos interactuar con nuestros contactos mediante avatares, asistir a conciertos o partidos o incluso realizar reuniones empresariales desde casa. También se podrá realizar pagos con monedas virtuales o tokens.

Algunas de las plataformas más populares del metaverso son: [17][18]

- **Decentraland:** Es uno de los metaversos más antiguos, creado en 2015. Está creada sobre la Blockchain de Ethereum. Los usuarios pueden comprar parcelas, construir en ellas y posteriormente venderlas. A su vez pueden comprar otro tipo de activos como avatares o incluso nombres. Su token es llamado MANA.
- **Somnium Space:** Esta plataforma fue lanzada al público en 2018. En este metaverso el objetivo es dar total libertad a los usuarios y que sean ellos los que creen dicho mundo virtual. Se pueden desarrollar todo tipo de actividades, desde ir al cine o a la universidad hasta comer en un restaurante. Su token recibe el nombre de CUBE.
- **Horizon Worlds:** Se trata del primer metaverso creado por Meta. En este caso su uso es restringido a las gafas virtuales de Meta. En este espacio los usuarios pueden interactuar socialmente entre ellos, viajar a mundos creados por los propios usuarios.

Para el desarrollo de este proyecto, concretamente en el apartado de migración al metaverso se ha optado por utilizar *Spatial*, de la cual se detalla más adelante en la memoria sus características.

## Capítulo 3

### Herramientas y Tecnologías Utilizadas

A lo largo de este capítulo se va a detallar cada una de las herramientas y tecnologías utilizadas para el desarrollo del Museo de Realidad Virtual. Las herramientas fueron seleccionadas por su capacidad de satisfacer las necesidades concretas del proyecto.

#### 3.1 Descripción de Unity como Plataforma de Desarrollo 3D

Entre las plataformas más populares y versátiles en la industria de los videojuegos, aplicaciones 3D y experiencias de Realidad Virtual y Aumentada se encuentra *Unity*.

Este motor de videojuegos permite trabajar en varias plataformas y tiene una extensa comunidad de desarrolladores, por lo que su aplicación a este proyecto es una elección ideal. Este software fue creado por Unity Technologies y lleva en el mercado desde su lanzamiento en 2005. [19]

La compatibilidad que ofrece con diferentes plataformas es una de las razones por las que se eligió este software, ya que permite su uso en iOS, Android, Windows, macOS, entre otras. Además, como era de esperar es compatible también con plataformas de realidad virtual y aumentada y con gafas fabricadas para su uso, de las cuales se habla más adelante en la memoria.

Unity es un software que permite crear y desarrollar videojuegos y cualquier tipo de entorno, ya sea en 2 o en 3 dimensiones. Adicionalmente, su motor físico tiene la capacidad de simular las leyes de la física por las que se rige el mundo en el que vivimos a la vez que animaciones, sonidos y una gran variedad de opciones, incluso la implementación de Scripts en lenguaje C, C# y C++, con el objetivo de proporcionar el máximo grado de libertad y posibilidades a los usuarios.

Unity, junto con Unreal Engine 5, el motor de desarrollo de juegos como Fortnite comparten el primer puesto a nivel de calidad y mercado de videojuegos actualmente. [20] Uno de los videojuegos más cotizados de la historia fue creado con Unity y empleaba Realidad Aumentada, estamos hablando del videojuego *Pokemon Go*, el cual permitía al usuario visualizar a los Pokemons justo donde estaban, haciendo uso de la cámara y simulando que está ahí presente.

De hecho, si nos centramos en el ámbito de Realidad Virtual y Aumentada, Unity gana terreno. Actualmente más del 60% de las experiencias de RV creadas se llevan a cabo

mediante Unity, por lo que es el motor prioritario en este sector. [21] Además, no solo tiene su aplicación en el campo de los videojuegos, también se utiliza en arquitectura y construcción, dado que se le pueden aplicar las físicas a los espacios 3D creados. También tiene mucha relevancia en la industria cinematográfica, ya que ayuda a la creación de efectos visuales y animaciones de escenas. Por ejemplo, uno de los últimos éxitos taquilleros, *Avatar: The way of water* ha empleado este motor para simular y renderizar los entornos acuáticos.[22]

Por todo ello, Unity ha sido la elección ideal para la realización del Museo Virtual de la Tecnología.

## 3.2 Introducción a Spatial como Plataforma de Publicación en el Metaverso

Una vez elegido el motor para desarrollar el Museo Virtual se debía de elegir una plataforma para subirlo al metaverso. El entorno debe ser accesible por todo el mundo para darle visibilidad al museo y poder compartir experiencias virtuales con otras personas de forma interactiva y remota. Como plataforma se eligió *Spatial*

Una vez explicado el concepto de metaverso en el apartado 2.3, podemos adentrarnos en la plataforma *Spatial*. Es una plataforma fundada en el año 2017 por Anand Agarawala and Jinha Lee, con el objetivo de hacer de internet un sitio más social y divertido y con el paso de los años ha logrado convertirse en una gran herramienta para el desarrollo de la realidad virtual y aumentada. [23]

En lo relativo al presente trabajo, una de las características más relevantes es el *Spatial Creator Toolkit*. La compatibilidad ofrecida por *Spatial* es una de sus virtudes, tanto con variedad de dispositivos (ordenador, teléfono móvil, gafas de RV...) como con otras herramientas de creación de espacios virtuales, entre los que se encuentra *Unity*. El *Spatial Creator Toolkit* es una herramienta para *Unity* que ofrece *Spatial* y permite crear, publicar e incluso llegar a monetizar juegos y experiencias creadas por los usuarios. Para ello, se debe contar con el motor de videojuegos *Unity* y concretamente con la versión 2021.3.21f y el módulo *WebGL Build Support* para poder hacer uso de ella. El *Spatial Creator Toolkit* incluye una plantilla para *Unity* que ofrece un gran número de funcionalidades que analizaremos más adelante, pero lo interesante es la compatibilidad a la hora de subir al metaverso el proyecto que creamos. Además, es totalmente gratuito, simplemente debes de crearte una cuenta para tener un usuario y poder guardar ahí los espacios que publiques.

Otra de las características a destacar de *Spatial* es que una vez has subido el proyecto a la plataforma, te deja añadir y modificar ciertas cosas, por lo que, por un lado permite mantener actualizados los proyectos y por otro puedes acceder a dichos proyectos simplemente con un dispositivo y conexión a internet, sin necesidad de tener que

instalar nada ni tener los proyectos guardados. Entre los elementos que deja añadir encontramos vídeos, imágenes, documentos, modelos 3D e incluso NFTs, los cuales se observan en la Figura 3.

Spatial supports a wide array of file formats (see table below for more info):

**3D:** GLB, glTF, FBX, OBJ, DAE, PCD

**Videos:** MP4, GIFs, MKV, MOV, AVI, WMV, WEBM

**Images:** PNG, JPEG, TIFF

**Documents:** .docx, .pptx, .xlsx, .pdf

**NFTs:** [Spatial also supports digital content on the blockchain. Click here to learn more.](#)

**Figura 3. Formatos de archivo soportados por Spatial.**

Además, cuenta con una conexión directa a Sketchfab, de la cual hablaremos más adelante en esta memoria.

Por último, como elementos destacables se encuentran las posibilidades de eventos interactivos que ofrece esta plataforma, de este modo no se tratará de una visita a un museo en la que todo se base en mirar, también se podrá interactuar con ciertos elementos y otros usuarios gracias al *Spatial Creator Toolkit*.

### **3.3 Uso de LiDAR del iPhone 15 Pro para Escaneo 3D**

La implementación de objetos 3D en el proyecto es uno de los objetivos a cumplir. Tanto en Unity como en Spatial se permite añadir modelos 3D, por lo que se va a hacer uso de ello, la diferencia es que los modelos 3D los crearemos nosotros mismos.

LiDAR (Light Detection and Ranging) es un acrónimo inglés de “detección y localización por luz”, es una tecnología de teledetección que emplea pulsos de luz de un láser para medir una distancia e incluso movimientos precisos. Este sensor trabaja de forma muy parecida a un radar o un sonar, emiten un pulso, este rebota en el objeto circundante y vuelve al LiDar. Con esta información se puede medir el tiempo que tarda en volver cada pulso y de ese modo calcular la distancia que se ha recorrido. La diferencia es que el radar utiliza microondas, el sonar usa ondas sonoras y el LiDAR luz reflejada. Estos tipos de escáner actualmente se implementan en una gran variedad de sectores, como la agricultura, automoción y aeronáutica e incluso para entretenimiento, en el cual entraría la modelización de entornos para la creación de aplicaciones de realidad virtual y aumentada. [24]

El iPhone 15 Pro cuenta con este escáner LiDAR en la zona donde se sitúan las cámaras, con el objetivo de mejorar la calidad de las fotografías y vídeos, ya que al poder captar y medir distancias es capaz de detectar la profundidad y otros factores que mejoran las imágenes, por ejemplo, para el modo retrato, el cual difumina el fondo de la imagen. Con este sensor puede detectar qué objetos están al frente y cuáles no. En la Figura 4 se puede observar la distribución que siguen estos dispositivos. [25]

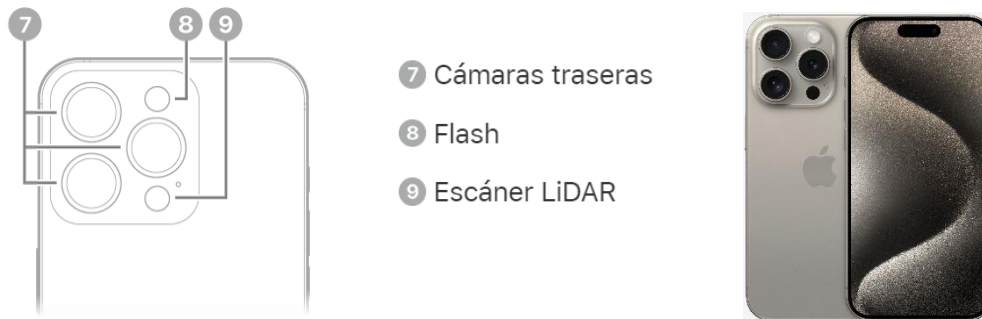


Figura 4. Componentes de la cámara iPhone. Sensor LiDar.

Es por ello por lo que para aplicaciones que crean modelos 3D detallados y exactos, donde se quiere capturar la forma y textura de los objetos, este dispositivo permite realizarlo. Además, ofrece grandes ventajas a la hora de la realización del proyecto. La primera de ellas es el ahorro económico. A comparación de un equipo de escaneo 3D profesional es un dispositivo accesible, lo cual reduce costes del proceso. No solo reduce costes, también tiempo, dado que el escaneo con LiDAR es rápido, permitiendo tener el formato digital en cuestión de minutos. Por último, su compatibilidad con una gran variedad de aplicaciones, de las cuales se desarrollará posteriormente, hace que la captura y el procesamiento de los datos escaneados sea eficiente.

### 3.4 3D Scan y su Integración con SketchFab

Sabiendo que contamos con el iPhone 15 Pro y su LiDAR comentado en el apartado anterior, se debe de encontrar una aplicación para iOS que realice ese escáner. Como primera opción se probó con la aplicación *Scaniverse*, la cual permitía realizar el escáner del objeto de una forma muy intuitiva y con un resultado no muy bueno.





Figura 5. Zapatilla escaneada con Scaniverse

Dado que el resultado que se muestra en la Figura 5 no era satisfactorio, se probó con la siguiente aplicación, con la cual se obtuvo un rendimiento mucho mejor. La aplicación se llama *Metascan*, y también se trata de una aplicación muy intuitiva. La versión que ofrece de prueba tan solo permite exportar el objeto 3D en formato .usdz (si quieres otros formatos como .obj, .fbx o .stl puedes pagar la versión PRO y exportar en esos formatos). No obstante, esto no supone un problema ya que la plataforma Spatial soporta los formatos para los archivos 3D mostrados en la Figura 6.

#### Supported File Types

Format	Maximum Size
3D Files - We recommend that you use a maximum texture size of 2048x2048.	
OBJ	100 MB
glTF	100 MB
GLB	100 MB
FBX	100 MB
DAE	60 MB

Figura 6. Formatos de Objetos 3D soportados por Spatial.

Pero una vez exportamos los archivos en formato .usdz se subían a Spatial sin texturas. Pensando que podía tratarse de un error se intentó pasar primero por la aplicación *Blender*, donde puedes exportar los archivos a otro formato, confiando en que si lo cambiábamos de .usdz a .fbx o .obj aparecerían las texturas, pero el resultado obtenido fue el mismo, seguía sin mostrar texturas, tal y como muestra la Figura 7.

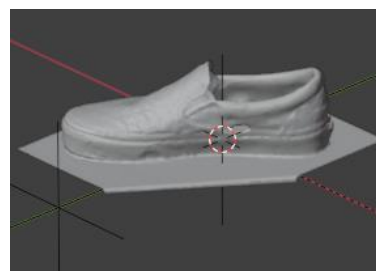


Figura 7. Zapatilla escaneada con Scaniverse y vista en Blender

Por lo tanto, era necesario buscar otra manera de obtener los archivos 3D que escaneáramos para poder subirlos a Spatial. Como se ha comentado en el apartado 3.2, una de las compatibilidades con las que cuenta esta plataforma es con *Sketchfab*.

*Sketchfab* es una plataforma online que permite a los usuarios subir, compartir y visualizar modelos 3D. Es una especie de red social o comunidad donde los usuarios publican sus modelos escaneados y a su vez permite la descarga de modelos 3D de otros usuarios. Además, permite visualizar los modelos en 3D en línea desde cualquier dispositivo, sin necesidad de instalar ninguna aplicación o plugin adicional, por lo que permite revisar el modelo seleccionado previamente a su descarga. Por lo tanto, el objetivo era encontrar una aplicación que dejara exportar los modelos escaneados directamente a *Sketchfab*

Con todos estos requisitos, que la aplicación fuera compatible con iOS, que utilizara el LiDAR para su escáner y que fuera compatible con *Sketchfab* encontramos 3D SCAN.

3D Scan es una aplicación diseñada para dispositivos de Apple y que aprovecha el LiDAR para capturar la profundidad y de ese modo poder generar los objetos en tres dimensiones. Además, permite iniciar sesión con tu cuenta de *Sketchfab* y añadir directamente los objetos escaneados a tu perfil, por lo que es el complemento perfecto para añadir objetos creados por uno mismo a *Spatial*. [26]

### **3.5 Oculus Meta Quest 2 para Pruebas de VR**

Oculus VR fue una empresa pionera en el mundo de la realidad virtual. Se fundó en el año 2012 por Palmer Luckey, Brendan Iribe, Michael Antonov y Nate Mitchell y fue adquirida por Facebook (ahora Meta) en el año 2014, lo que les proporcionó los recursos necesarios para continuar en sus avances y desarrollo en el campo de la realidad virtual.

Ese desarrollo ha seguido el siguiente camino: [27]

Con el lanzamiento de sus primeras gafas, las “*Oculus Rift*” en 2016 se ganaron rápidamente el interés de desarrolladores y apasionados por la tecnología, aunque con este dispositivo se requería de un PC dedicado para poder funcionar. Más adelante, en 2018 se lanzaron las “*Oculus Go*”, las cuales eran casi autónomas, ya que no necesitaban estar conectadas a un PC para funcionar pero sí que se requería de un teléfono móvil o Tablet para realizar la configuración inicial; además, este dispositivo tenía únicamente 3 grados de libertad y únicamente detectaba la rotación de la cabeza del usuario. Un año más tarde, en 2019 salió al mercado el modelo “*Oculus Quest*”, siendo ya este completamente autónomo y ofreciendo un seguimiento completo de la posición, con los 6 grados de libertad (lineal, rectitud horizontal y vertical, paso, ladeo y giro). [28] Seguidamente en 2020 se lanzó una versión mejorada de la anterior, las “*Oculus Meta/Quest 2*”, las cuales proporcionan unas especificaciones mejores y se han

posicionado como una de las gafas más populares y accesibles en el mercado. Por último, en 2023 salió al mercado la última de las versiones hasta el momento de las gafas de realidad virtual de *Meta*, las “*Oculus Meta/Quest 3*”, las que cuales son una versión mejorada del modelo anterior.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Telecomunicación de la UPV cuenta con varios de los modelos nombrados anteriormente, los cuales proporciona a los alumnos para trabajos como este, por lo tanto vamos a centrarnos en la versión “*Oculus Meta Quest 2*” ya que ha sido la proporcionada para la realización de este proyecto.

Las *Quest 2* están conformadas por el Visor y 2 mandos, uno para cada mano. En la parte del visor encontramos el botón de encendido y apagado y los botones de volumen para regularlo, así como la entrada tipo C para cargarlas y un Jack para conectarla mediante auriculares. En la parte frontal, concretamente en las esquinas tiene 4 cámaras las cuales tienen la función de situarnos físicamente. Respecto a los mandos, contamos con los botones AB y XY (cada pareja en un mando) 2 gatillos y un botón Home por cada mando. Ambas partes son ligeras, cómodas y la ubicación de los botones y gatillos es sensacional, lo que lo hace un producto muy ergonómico. Se pueden observar estos elementos en la Figura 8. [29]



**Figura 8. Meta Quest 2 proporcionadas por la Escuela.**

Respecto al rendimiento, no hay ningún inconveniente. El procesador Snapdragon XR2 es más que suficiente para la productividad exigida tanto para las tareas más básicas como para cuando se requiere de un rendimiento más alto. Además, cuenta con Wifi 6 y Bluetooth 5.1 para poder conectarse a internet y a otros dispositivos. Por todo ello, estas gafas son un recurso ideal para visualizar el resultado del Museo Virtual de la Telefonía.

## Capítulo 4

### Desarrollo del Proyecto

En este capítulo se aborda el desarrollo del proyecto en su totalidad, desde el diseño inicial en Unity, pasando por su integración en *Spatial* y finalizando por la visualización del mismo con las gafas de Realidad Virtual Oculus Meta Quest 2. Se detallan todas las herramientas y funcionalidades que se han implementado para crear este entorno con el objetivo de que sea un Museo inmersivo e interactivo.

#### 4.1 Diseño del Museo de la Telefonía en Unity

El primer paso es diseñar el Museo Virtual en el motor de videojuegos Unity, pero previamente a ello se debía de establecer por un lado qué queríamos mostrar en este proyecto y por otro lado establecer la distribución y colocación de dichos componentes a exponer.

Empezando por la distribución del espacio, se estableció con la tutora y cotutora cómo iba a ser la estructura del Museo Virtual. La sala principal consiste en un rectángulo de 6,5 metros de largo y 6 metros de ancho, en el cual para darle un sentido de rotación y cierta separación por zonas se colocará un muro de 2 metros de largo justo en el centro de la sala. De ese modo el espectador podrá rotar e ir apreciando cada una de las zonas del Museo Virtual.

Adicionalmente, se crea una sala a modo de recibidor o *Hall*, de ese modo se pone un poco en contexto al visitante del Museo, estableciendo de qué se trata este espacio, a quién pertenece. Además, esta sala permite cumplir con el objetivo de no entrar directamente en la sala con los objetos que se quieren mostrar.

El siguiente paso era elegir qué elementos del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra se quería mostrar en este entorno virtual. La temática elegida fue la telefonía, por lo que todos los componentes están relacionados directamente a ello. Teniendo esto en cuenta, los elementos que finalmente se muestran en el Museo Virtual de la telefonía son:

- **Mujeres Telefonistas:** Trata la evolución de las primeras mujeres que trabajaron en el servicio telefónico. En esta obra se puede apreciar el cambio con el paso de los años desde 1890 hasta 1980 de estas pioneras en el mundo de las telecomunicaciones.

- **Centralita manual:** De la mano de las mujeres telefonistas tenemos la centralita manual de líneas. En los inicios de la telefonía, la comunicación se establecía conectando mediante líneas privadas dos aparatos punto a punto. Este proceso se realizaba de forma manual en estas centralitas, introduciendo una clavija metálica en los agujeros del punto de cruce.
- **Evolución de la Telefonía Móvil:** En esta exposición se observan teléfonos móviles de las 4 primeras generaciones, comenzando ésta en el año 1973 con el primer prototipo portable que no requería estar en un coche para funcionar. Podemos ver móviles de todo tipo hasta el año 2014, los cuales contaban con tecnología 4G.
- **Rotary:** La evolución de la centralita manual. Mediante conmutación electrónica era capaz de gestionar hasta 10.000 líneas. Eran centrales muy grandes que ocupaban mucho, llegando a medir hasta 5 metros de altura.
- **Pentomat:** La evolución de las centrales. Era un dispositivo electromecánico de conmutación automática. Fue un desarrollo tecnológico español y una de sus características diferenciadoras era la capacidad de retener llamadas entrantes.
- **Teléfonos:** Se trata de una línea temporal que comienza en 1910 en la cual se muestran varios tipos de teléfonos, desde teléfonos de pared y de sobremesa hasta teléfonos móviles.
- Adicionalmente se añaden varios vídeos e imágenes al Museo Virtual.

Estos elementos elegidos se encuentran físicamente en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, a excepción de la Rotary debido a sus grandes dimensiones. En las Figuras 9 y 10 se pueden apreciar tal y como se ven físicamente en el museo.



**Figura 9. Evolución de la Telefonía Móvil expuesto en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra**

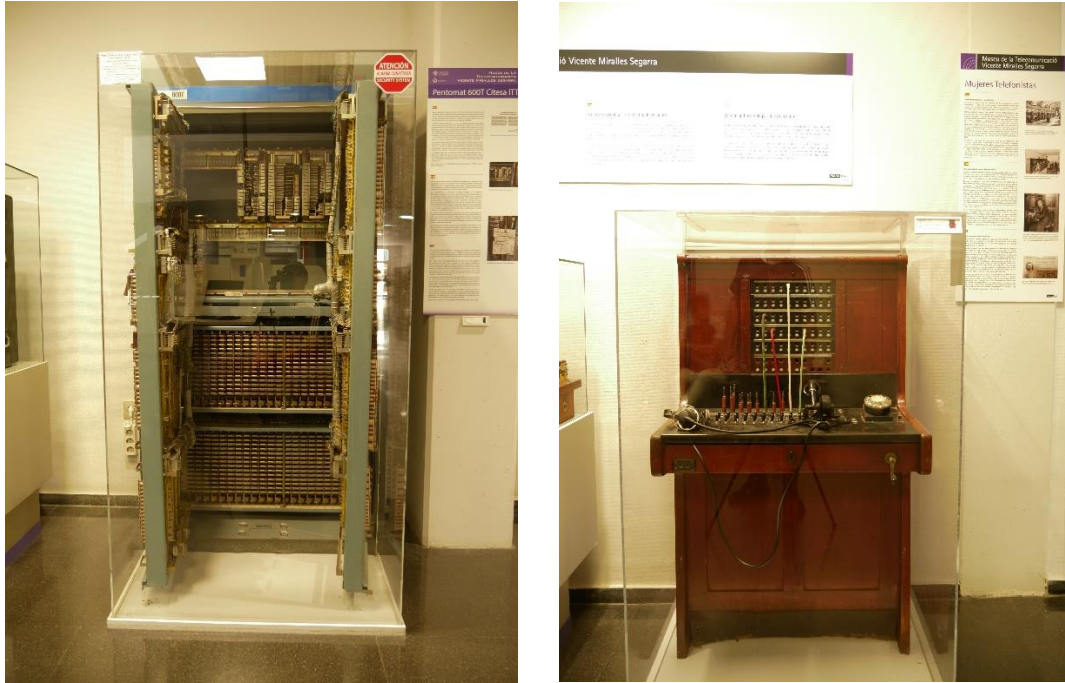


Figura 10. Pentomat y Centralita expuestas en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra

Por lo tanto, una vez sabíamos qué elementos se quería exponer, para plasmarlos en una distribución se realizó un esquema con las dimensiones y ubicación de cada uno de los elementos.

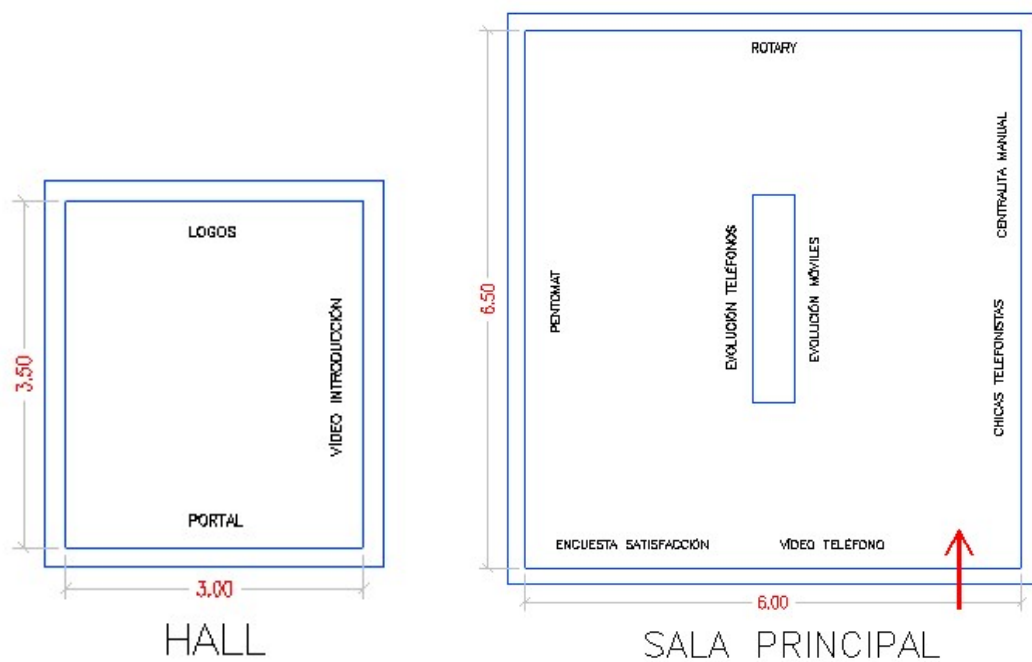
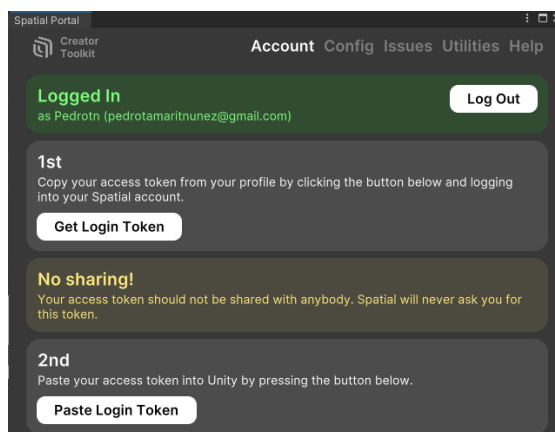


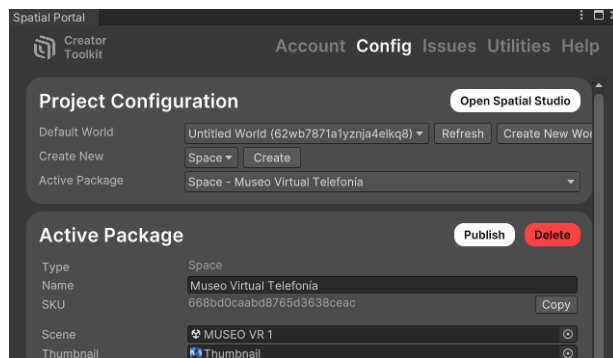
Figura 11. Vista de planta del Museo Virtual realizada con Autocad.

Con todos los elementos seleccionados y ya distribuidos como se muestra en la Figura 11, ya se puede plasmar en Unity. Como queremos utilizar el entorno de *Spatial*, debemos de descargarnos el *Spatial Creator Toolkit*. Una vez se inicia la plantilla, lo primero que se debe de hacer es dar de alta el proyecto en *Spatial*. Para ello, se inicia sesión desde Unity con la cuenta de *Spatial* y mediante una llave de acceso (Login Token) vinculas la cuenta, como muestra la Figura 12.



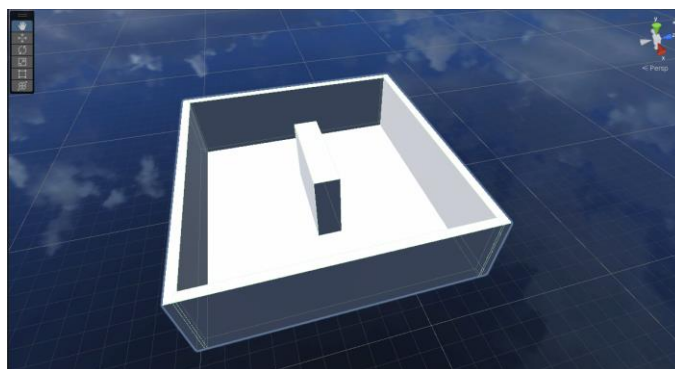
**Figura 12.** Vinculación de cuenta de *Spatial* en Unity.

Una de las ventajas que proporciona esta herramienta de creadores es que deja realizar pruebas en *Spatial* del proyecto que has creado en Unity sin tener que publicarlo de forma oficial cada vez que quieras ver los cambios y avances mediante un “Test Active Scene”. No obstante, el proyecto se debe dar de alta en *Spatial* igualmente, aunque no se subirá el espacio hasta que lo publiques. Es decir, puedes ir realizando pruebas en la *Sandbox* (Una *Sandbox* es un lugar para jugar o realizar pruebas donde se le proporciona al jugador un alto grado de libertad para ser creativo y jugar relativamente sin restricciones) que proporciona *Spatial* sin que estos se suban cada vez a la plataforma del metaverso. Por lo tanto, para darlo de alta debemos de crear un mundo nuevo el cual lleva asociado un código o clave intransferible, asignar la escena de Unity que queremos que muestre, y asignarle un nombre y un Thumbnail, que vendría a ser como la “foto de perfil” que se mostrará a ese mundo para cualquier persona que acceda desde *Spatial*. Todos los elementos comentados se aprecian en la Figura 13.



**Figura 13. Configuración del proyecto en Unity.**

Ahora bien, una vez hemos configurado todo, podemos empezar a colocar y crear los elementos en Unity. Lo primero que se creó fue la sala principal donde irían colocados los elementos del Museo Virtual, siguiendo las dimensiones ya establecidas anteriormente. Las paredes se crean utilizando los objetos 3D preestablecidos de Unity, concretamente mediante cubos dándoles tamaños según el eje del que se trate. Respecto al suelo, se crea un Ground Plane también a escala. La única característica por destacar de este proceso es que se les tiene que añadir un Box Collider para que se consideren objetos sólidos y que el personaje o avatar cuando entre en contacto con ellos no los atraviese. El resultado de esta infraestructura es el mostrado en la Figura 14.



**Figura 14. Estructura Sala Principal en Unity.**

Una vez creada la primera de las salas, nos disponemos a crear el Hall, el cual será el punto de inicio. Siguiendo las mismas indicaciones que para la sala principal creamos la infraestructura de la entrada, obteniendo el resultado que se ve en la Figura 15.



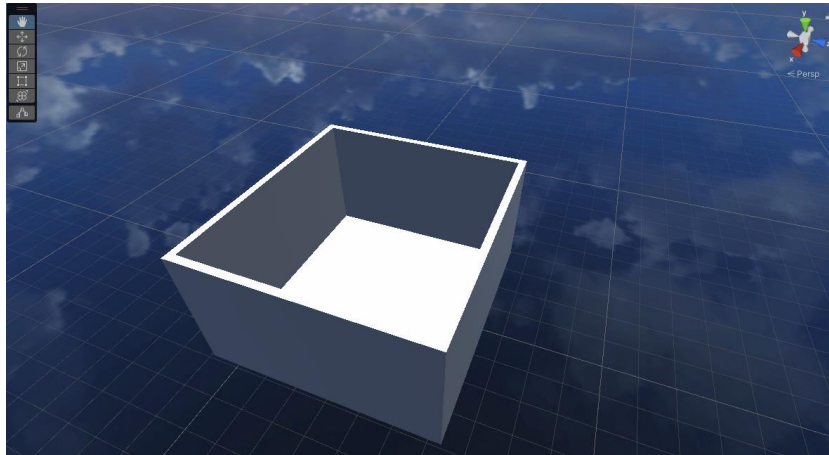


Figura 15. Estructura del Hall en Unity.

Ahora bien, el objetivo del Museo Virtual es que se trate de un entorno interactivo, en el que no todo consista en observar, sino que puedas intervenir con los elementos que haya expuestos, por lo que debemos de conocer qué características ofrece Spatial para ello. En consecuencia, vamos a detallar las posibilidades que nos brinda esta plataforma, para que cuando luego se comente su uso en los diferentes elementos establecidos sepamos las características de cada uno de ellos. [30]

- **Entrance Point:** Básicamente especifica un área donde el avatar será colocado al entrar en el mundo. Es un requisito indispensable que esa superficie seleccionada como punto de entrada sea un lugar considerado como sólido, para que el personaje no se caiga del entorno.
- **Interactable:** Un componente con el que los usuarios pueden interactuar, basado en proximidad. Se deben de definir 2 radios para este elemento. El primero de ellos, más grande que el siguiente, define el área en el que el avatar será capaz de visualizar que en cierto punto puede interactuar mediante un símbolo o icono específico, como un rayo, una moneda, un reloj... Por otro lado, el segundo de los radios define la zona en la que realmente el usuario puede interactuar con el elemento. Ahora bien, una vez se encuentre dentro del recinto interactivo existen 3 posibilidades. La primera de ellas es que el usuario deba de pulsar algún botón, el cual en función del dispositivo en el que se esté visitando el espacio varía. Si lo estás visualizando desde un ordenador, puede ser mediante un click del ratón como pulsando la tecla F. Si en cambio estás con las Gafas de RV, la interacción se activa apuntando con el mando y pulsando cualquiera de los 2 gatillos. Por último, si la visita se está realizando desde un dispositivo móvil o una Tablet, se debe tocar con el dedo justo el punto donde se ubica el icono o símbolo. La segunda y tercera de las posibilidades de interacción van de la mano, ya que una ocurre al entrar y la otra al salir de la zona establecida como interactiva. Ahora bien, la función de la interacción depende del objetivo que se desee obtener, pero las posibilidades son muy amplias, como por ejemplo que al interactuar cierto objeto cambie de textura o directamente desaparezca.

- **Point of Interest:** Coloca un marcador 3D con una descripción correspondiente de una ubicación. El título y la descripción del punto de interés se muestran en función de la proximidad del usuario, estableciendo un radio de aparición por un lado del marcador o símbolo y por otro lado del área donde se mostrará el texto. Principalmente el objetivo que persigue este componente es captar la atención de los usuarios a ubicaciones específicas del entorno. También puede ser útil para dar indicaciones del siguiente paso o para establecer unas normas o dar instrucciones a los visitantes.
- **Avatar Teleporter:** Se trata de una zona en la que cuando el avatar entra, se ve reubicado en otra zona preseleccionada. La zona de activación inicial puede ser o bien un área circular en el suelo, como las que se han descrito anteriormente, o en este caso puede asociarse a un objeto, como por ejemplo a un cubo. En este caso, cuando el avatar entra en contacto con dicho objeto es cuando se produce la teletransportación. Además, también se debe de posicionar el lugar de destino, para tener de ese modo definidos el punto inicial y final.
- **Empty frame:** Seleccionas un espacio donde aparece un marco vacío, sin ninguna imagen ni vídeo establecido. Al visualizarlo desde la plataforma de *Spatial* podrás añadir el archivo que quieras que se represente. Destacar que hay que fijarse en el sentido de orientación que se le aplica, de modo que esté de cara al usuario y no enfocando a la pared.

Todos los elementos interactivos detallados anteriormente se han utilizado en el proyecto, pero no son los únicos que ofrece la plantilla de *Spatial*. El resto de las opciones se especifican a continuación. No se han implementado por que en este proyecto no tenían ninguna practicidad o utilidad.

- **Climbable:** Con este componente se le asigna un collider a un elemento para que el personaje pueda escalarlo. Si en algún momento se creara una zona más elevada, en otra planta se podría usar esta prestación para llevarlo a cabo. Se puede observar en la Figura 16.

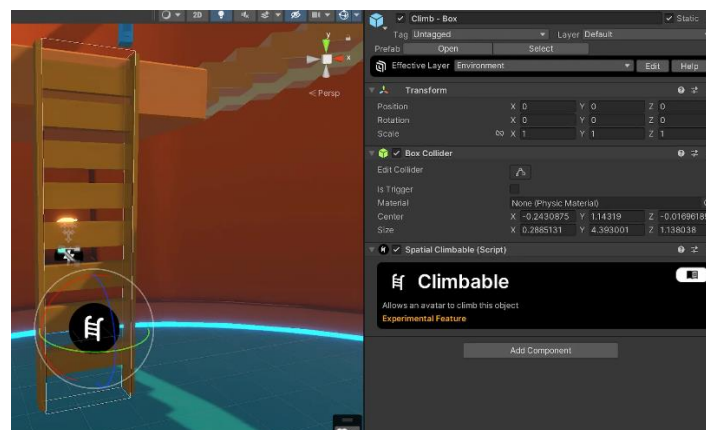


Figura 16. Componente Climbable visto en Unity.

- **Projector Surface:** Tiene bastante similitud con el Empty Frame, ya que define una superficie que se puede utilizar para compartir tu propia pantalla del ordenador. En el proyecto que nos incumbe, no tiene sentido aplicarlo. En la Figura 17 se puede apreciar su disposición.

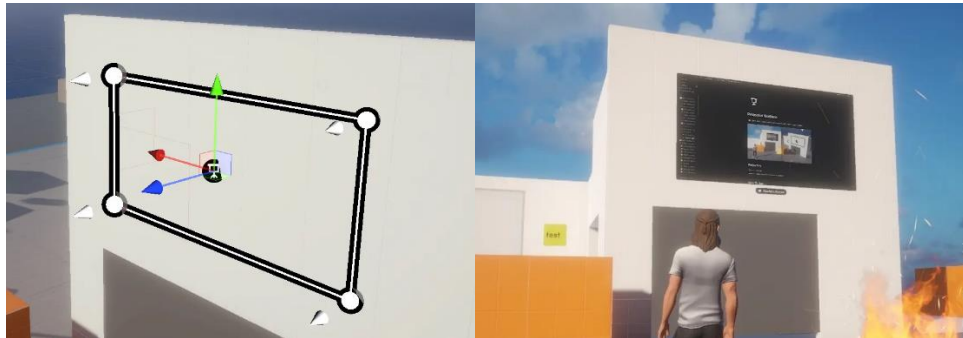


Figura 17. Componente Projector Surface en Spatial.

- **Seat Hotspot:** Asigna una ubicación donde los avatars dentro de *Spatial* pueden sentarse. Se asigna a un objeto que hayas creado y cuando se sienta el personaje entra directamente en modo de primera persona. En el proyecto no se ha utilizado, ya que solo hay un sillón para sentarse y dejaba añadirlo como un objeto prefabricado desde *Spatial* el cual ya tiene configurada esta opción. Esto puede tener aplicación en el caso en el que quieras poder sentar al avatar en un objeto específico creado por ti mismo. En la Figura 18 se aprecia su funcionamiento.

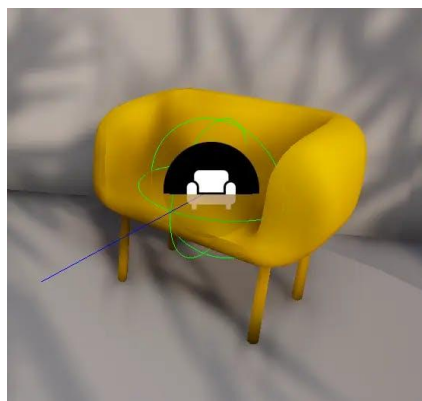


Figura 18. Elemento Seat Hotspot en Spatial.

Una vez tenemos claras todas las opciones disponibles para crear un entorno interactivo, hay que ir aplicándolo en Unity. A continuación, se va a explicar cómo se ha ido montando cada zona y sección del Museo Virtual de la Telefonía. Desde Unity ni se introducen todos los elementos ni se puede visualizar todo, aquí solo se configura el funcionamiento de las interacciones y algunos de los elementos a exponer.

Lo primero es definir el **Entrance Point**. Como ya se ha comentado anteriormente, para poner un poco en contexto al visitante del museo se va a aparecer en el Hall, por lo que el *Entrance Point* se debe de establecer en esa zona. Además, aparece orientado (se puede observar en la flecha que hay en el suelo) hacia una pared en la que aparecen los **logos** de la Universitat Politècnica de València, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, el logo de MUSEUSUPV y el de Museu de la Telecomunicació Vicente Miralles Segarra, así como un cartel de bienvenida al Museo Virtual de la Telefonía. En la Figura 19 se pueden apreciar estos elementos agregados.



Figura 19. Configuración del Entrance Point en Unity.

A continuación, para contextualizar al visitante de qué trata este entorno se establece un vídeo en la pared adyacente de la derecha. Se trata de un **vídeo** de 50 segundos a modo de **introducción** al Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra. Y como el usuario acaba de entrar, para que se de cuenta de que se trata de un vídeo, se inserta un *Point of Interest* en esa pared, en la cual se invita al visitante a reproducir el vídeo. Tal y como se explica anteriormente, se deben de definir 2 radios, uno donde aparece solamente el símbolo/icono, y otro en el que ya aparece el texto que nosotros escribamos. Desde Unity no se visualiza el vídeo, se puede reproducir una vez entras en el metaverso de *Spatial*. Se puede ver su funcionamiento en la Figura 20.

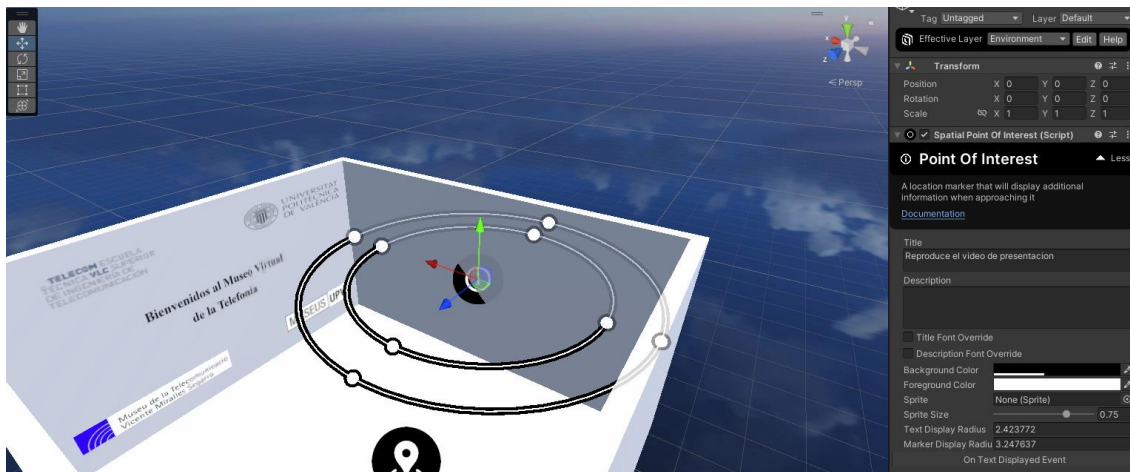


Figura 20. Configuración del Point Of Interest en Unity.

Por último, una vez ya se ha contextualizado al usuario que esté visitando este espacio se debe de trasladar a la sala principal. Para ello, se utiliza el componente *Avatar Teleporter* que ofrece *Spatial*. Tal y como se explicó anteriormente, se debe de definir o bien un área en la que cuando entre el avatar se teletransporte o bien asignarlo a un objeto. Se podría haber utilizado una puerta o un elemento más natural, pero como estamos en un mundo virtual, se puede elegir cualquier cosa. Al hablar de portales, teletransportarse, mundos virtuales... enseguida viene a la cabeza la serie de dibujos animados "Rick y Morty" donde la trama sigue las aventuras interdimensionales de un científico loco, Rick Sanchez, y su nieto adolescente, Morty. Ellos exploran universos paralelos, luchan contra criaturas extraterrestres y se meten en situaciones absurdas y peligrosas mientras en su hogar en la Tierra gestionan sus problemas con familiares y amigos. En la Figura 21 se pueden observar frames de la serie donde se aprecia la relación directa entre el proyecto y la serie.



Figura 21. Símil de "Rick y Morty" con las gafas VR, portales y telefonía.

Por lo tanto, por relación con la temática y a modo de guiño a la serie el lugar en el que se ubica el *Avatar Teleporter* es el portal que utilizan ellos en la serie, asignada a un cubo 3D creado. El lugar de destino de esta reubicación es la sala principal, de modo que una

vez cruza el portal aparece ya en el museo. Además, en la zona del portal se añade otro *Point of Interest* invitando al visitante a teletransportarse. En la foto adjuntada a continuación, en la Figura 22, se puede apreciar una línea roja, la cual indica el trayecto que realiza el avatar en el teletransporte.

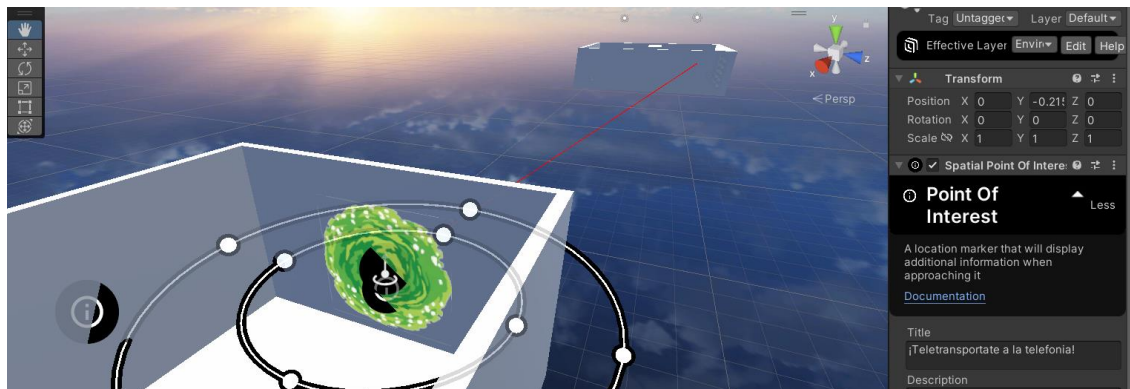


Figura 22. Funcionamiento Avatar Teleporter en Unity.

Por lo tanto, una vez introducidos en el portal aparecemos en la sala principal, donde iremos encontrando todos los elementos a mostrar del Museo. Lo primero con lo que nos encontramos es con la evolución de las **chicas telefonistas**. Para darle un carácter interactivo a este elemento se crean diferentes botones mediante el elemento *Interactable*, para que cada vez que se pulse la tecla F, se haga click o se apriete el gatillo del mando de las gafas de RV, en función del dispositivo desde donde estemos accediendo al entorno, vaya variando la imagen según el año que se quiera visualizar. Es decir, se crean 10 pulsadores que empiezan por el año 1890 con paso 10 hasta 1980 para poder seleccionar la versión de chica telefonista que se quiere observar. Para ello, se le asigna cada *Interactable* a un cubo que simula un cuadro, que es donde aparece la imagen de las chicas y se le asigna la interacción para que en función del botón que se pulse, cambie la imagen que se muestre. En la Figura 23 se observa esta configuración.

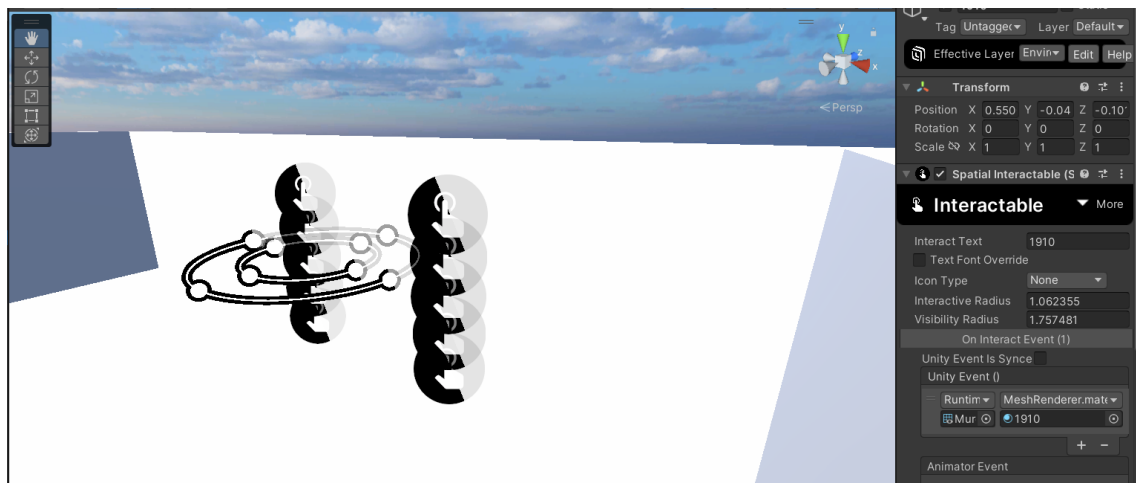


Figura 23. Configuración Interactable en Unity.

En esta sección cabe destacar el formato utilizado para las texturas en Unity. El formato de las imágenes es .png, y son unas imágenes que muestran solo a la chica, sin ningún fondo. Es decir, realmente el formato es transparente y al principio, en Unity, cuando se le asigna al material una textura, por defecto te recomienda una textura universal (Universal Render Pipeline). El problema es que, con ese formato, le aplica un fondo de color negro el cual no queremos mostrar. Por lo tanto, para que esto no ocurra, hay que modificar el shader. En este caso hemos utilizado uno que trabaja bien con imágenes con fondo transparente, concretamente el shader UI/Unlit/Transparent.

Comentar también que para mantener las proporciones de las imágenes, las cuales tienen una resolución de 2480x3508 píxeles, se ha creado el cubo donde se asignan estas imágenes a escala respecto a estas dimensiones para mantener las proporciones y que las fotografías que se muestren mantengan la imagen fiel.

A continuación, en la misma pared en la que se encuentran las chicas telefonistas se encuentra la **centralita manual** con la que operaban. Para poder digitalizar este elemento, el Profesor José María Monzó Ferrer junto con la tutora y cotutora, estuvo realizando fotografías desde diferentes vistas (planta, alzado y perfiles) para poder simular en 3D varios de los elementos, entre ellos, esta central. Por lo tanto, este elemento se crea modelizando cada parte de la central por separado y asignándole a cada una de las zonas su material con el shader correspondiente. Además, a este elemento se le añade un *Point of Interest* con el nombre que le corresponde, el cual se muestra solo cuando entras dentro del radio de muestra de texto. Esta distribución se puede observar en la Figura 24.

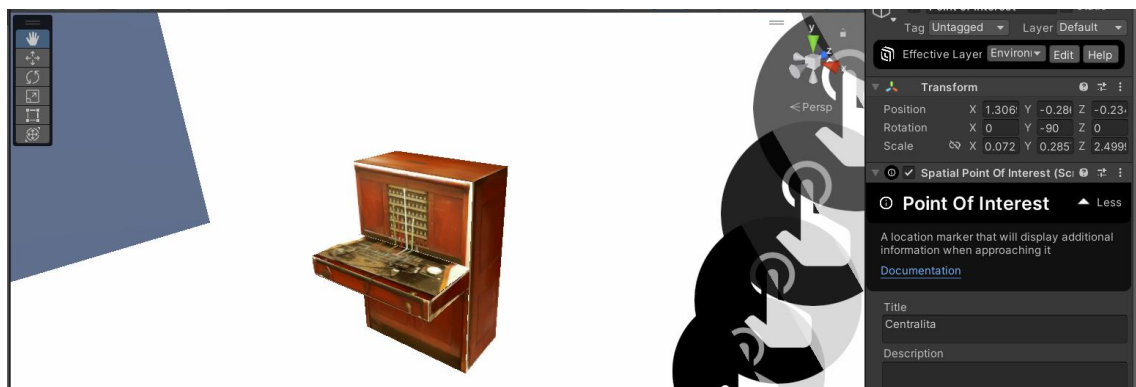


Figura 24. Configuración Point Of Interest en centralita.

En ese mismo pasillo que los elementos comentados anteriormente pero ubicado en la pared interior encontramos otra de las fotografías realizadas por los profesores nombrados anteriormente. En este caso se trata de la **Evolución de la Telefonía Móvil**, el cual se asigna también mediante un material con el shader transparente comentado anteriormente. Comentar también que una vez subidos al metaverso, se les añaden los carteles con la información relativa a dichos elementos, por lo que hay zonas que pueden aparecer vacías en Unity pero luego se rellenan en *Spatial*. En la Figura 25 se representan estos elementos.

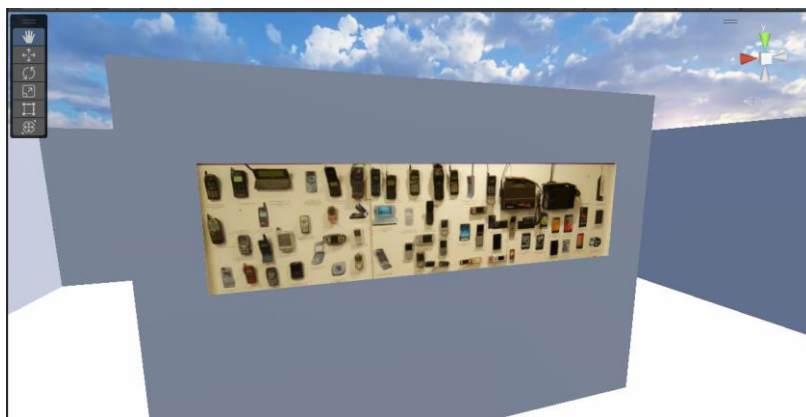


Figura 25. Imagen de la Evolución de la Telefonía Móvil en Unity.

Si continuamos hacia delante, nos encontramos con una pared la cual está ocupada por solo un elemento, de unas dimensiones que llaman la atención. Se trata de la **Rotary**, la cual tiene unas dimensiones de 3.17 metros de alto x 5.65 metros de largo x 0.285 metros de profundidad. Estas dimensiones se han mantenido en el museo virtual, por ello ocupa prácticamente la pared entera. Se puede ver en la Figura 26 su disposición en Unity.

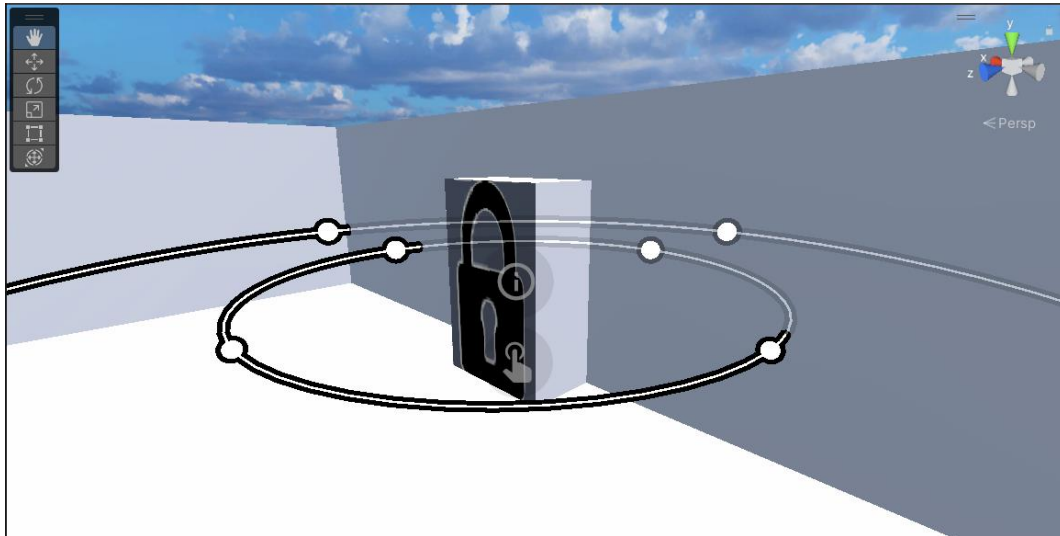


Figura 26. Representación central Rotary en Unity.

Por último, en cuanto a lo que se introduce desde el motor de videojuegos Unity, nos adentramos en el otro lado del pasillo. En la pared exterior nos encontramos con un objeto que en principio aparece bloqueado, este es la **Pentomat** al cual se le han asignados 2 interacciones. La primera es un *Point of Interest*, el cual muestra un texto dando indicaciones al visitante de que se acerque al objeto. El segundo de ellos es un *Interactable*, pero a diferencia de los anteriores, este se activa por proximidad. Cada vez que el avatar entra dentro del área establecida como interactiva (sin necesidad de pulsar ningún botón) se desbloquean las texturas de la Pentomat, mostrando así dicho elemento.



Cuando el avatar se aleja y sale de esa zona, se vuelve a bloquear y a mostrar el candado. Esto se ha realizado asignando una textura diferente en función de donde se encuentra el visitante, lo cual se muestra en la Figura 27.



**Figura 27. Pentomat configurada con un Interactable y un POI en Unity.**

El resto de los elementos se configuran una vez se ha publicado en el metaverso. Para ello, se debe de realizar previamente el Test de la escena, el cual abre en el buscador una pestaña con la SandBox específica del entorno y una vez comprobado que todo funciona correctamente, simplemente volviendo a los ajustes que se muestran en la figura 11, se clica en publicar y al cabo de unos minutos te llega un correo diciendo que tu Mundo Virtual ya está subido al Metaverso y disponible para visitar.

## 4.2 Integración en Spatial y vinculación a Sketchfab

Por lo tanto, una vez recibido el correo de Spatial donde se avisa de que el espacio se ha subido correctamente, ya se puede acceder al entorno desde la plataforma virtual. Una vez aterrizas en este entorno, puedes añadir nuevos elementos, por lo que primero se debe de saber cuáles son las opciones que nos ofrece esta plataforma para poder sacarle el máximo partido posible.

Por un lado, podemos añadir elementos prefabricados directamente por Spatial, los cuales son muy variados. A continuación, en la Figura 28 se pueden ver algunas de estas opciones.

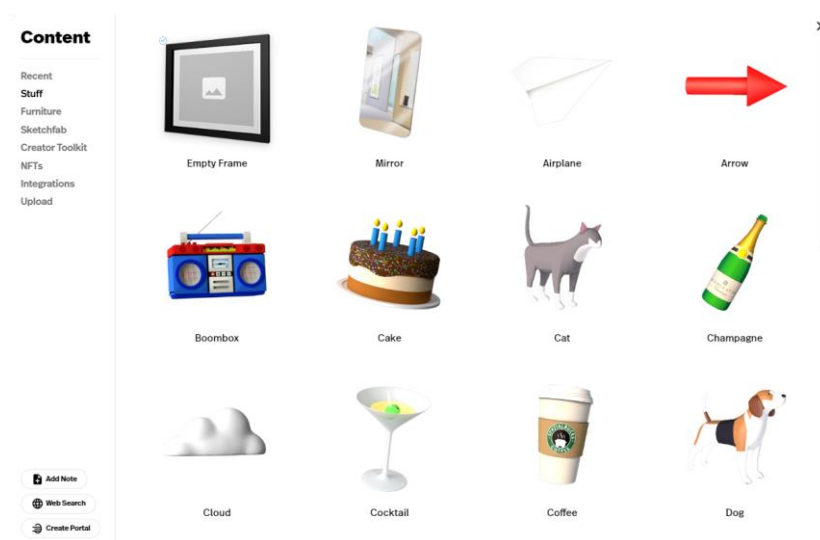


Figura 28. Elementos prefabricados Spatial.

Se trata de elementos muy distintos entre ellos y que no acaban de encajar con el entorno del Museo que se está creando, por lo que a excepción de las flechas que se implementan para marcar el sentido de rotación que deben seguir los visitantes, no se hace uso de este contenido.

De forma muy similar a los elementos anteriores existe la opción de añadir elementos, pero en este caso sobre una temática en concreto. Se trata de muebles, los cuales también están prefabricados y algunos incluso con función de tomar asiento si el mueble es para ello. Como las dimensiones del Museo Virtual están bastante ajustadas para contener los elementos que se pretende mostrar, sólo se hace uso de un sillón para que el visitante tenga la opción de tomar asiento si es que así lo desea. En la Figura 29 se pueden apreciar las opciones que se ofrecen para aplicar estos elementos.



**Figura 29. Muebles prefabricados Spatial.**

Además, tal y como se comenta anteriormente en esta memoria, se puede añadir Objetos 3D mediante Sketchfab, lo cual se comentará más adelante cuando se trate dicha sección. También se pueden añadir imágenes, vídeos, documentos y más directamente desde el dispositivo del cual accedas al espacio. Conforme se vayan comentando los elementos añadidos de este formato, se tratará en profundidad.

Por último, también ofrece la oportunidad de crear un “portal”. Con esta opción se puede acceder a un sitio web directamente desde el Metaverso, es decir, simplemente adjuntando un enlace al “portal” puedes navegar por internet. Esta opción también se implementa, por lo que se trata más adelante.

Por lo tanto, una vez definidas las opciones que ofrece el editor de *Spatial*, se detallan todos los elementos añadidos desde la plataforma, empezando por el Hall. En esta sección está prácticamente todo configurado ya desde el motor *Unity*, a excepción de un vídeo de presentación del Museo a modo de contextualizar al visitante y resumir qué es lo que se va a encontrar en este entorno. Para ello, directamente desde *Spatial* se sube al espacio el vídeo. Una vez lo carga, puedes seleccionar la posición en la que se encontrará dicho vídeo, ofrece la opción de rotación, de añadirle un marco externo y de mostrar el nombre del archivo. Una vez establecidos todos los parámetros que se podían configurar, el resultado es el siguiente.



Figura 30. Elementos del Hall vistos en Spatial.

En la Figura 30, ya se observa la vista desde *Spatial*. Cuando añades un vídeo, debes de hacer click en él para que se empiece a reproducir. Además, te permite la opción de verlo en pantalla completa, de ese modo observarlo mejor. También puedes regular el volumen y la velocidad de reproducción de este. Por lo que, una vez añadido este vídeo, pasamos a través del portal a la sala principal, donde se añadirán los elementos que falten.

Lo primero con lo que se encuentra el visitante al cruzar el portal es la parte de las chicas telefonistas. Desde Unity se asignó la parte de interacción y las imágenes de las chicas telefonistas, pero falta por añadir su descripción, la cual es un archivo .pdf, por lo que se añade directamente desde *Spatial* sin ningún tipo de dificultad. Para este tipo de archivos también se permite asignar la posición, rotación y tamaño del documento, obteniendo el siguiente resultado

.a

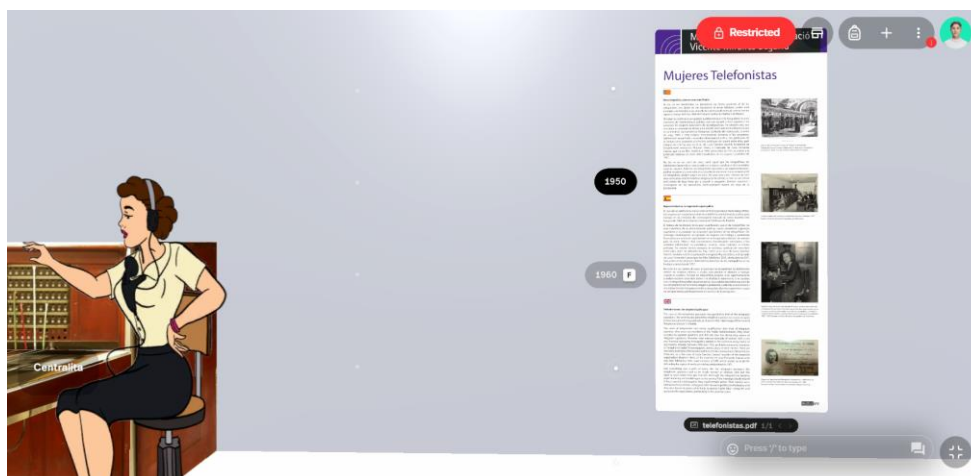
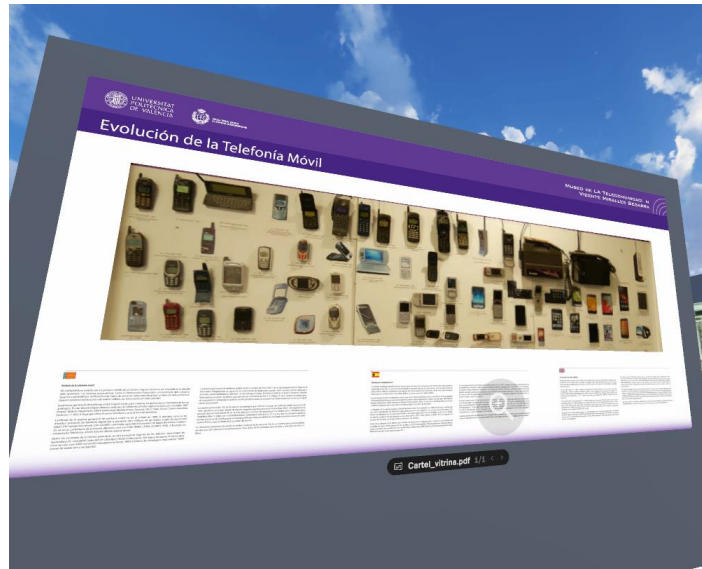


Figura 31. Sección Mujeres Telefonistas en Spatial.

En la Figura 31, Se puede observar por un lado la imagen de la mujer telefonista que se haya seleccionado, se pueden apreciar los diferentes puntos de interacción para

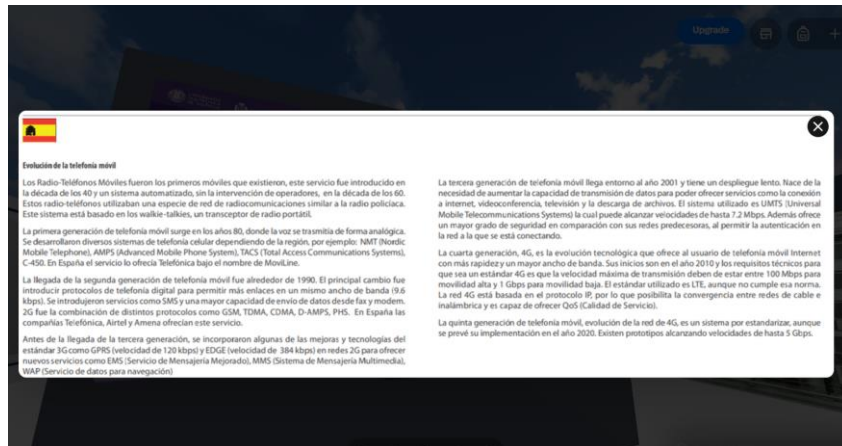
seleccionar el año que se desee observar y por último la descripción de este elemento del museo. Dicha descripción se puede leer sin ninguna complicación si te acercas al cartel.

Continuando el recorrido en el sentido que marcan las flechas del suelo, el siguiente elemento se encuentra en la pared interior. Desde el motor de videojuegos Unity se configuró la imagen a mostrar de la vitrina con los diferentes teléfonos móviles del museo, pero faltaba mostrar el cartel, por lo que desde *Spatial* se añade directamente, como se muestra en la Figura 32.



**Figura 32. Cartel Evolución Telefonía Móvil en Spatial.**

En este caso en concreto, al tratarse de un cartel tan grande se dificulta un poco la lectura del mismo, por lo que para poder leerlo con claridad se adaptó el cartel. Como las imágenes sí que permite visualizarlas en pantalla completa (a diferencia de los .pdf), la parte de texto del cartel, en vez de ponerla como un .pdf se pone como una imagen, de ese modo el visitante puede hacer zoom sobre la descripción en el idioma que desee y así leer con claridad la descripción de la Evolución de la Telefonía Móvil, tal y como se aprecia en la Figura 33.



**Figura 33. Zoom cartel Evolución de la Telefonía Móvil.**

Los siguientes elementos que muestra el museo con las centralitas, tanto la Manual como la Rotary. Ambas cuentan también con un cartel a modo de descripción, por lo que del mismo modo comentado anteriormente se añade el .pdf donde se muestra la información sobre las centralitas, obteniendo el resultado que se muestra en la siguiente captura. Además, en dicha imagen se puede apreciar una de las flechas añadidas al Museo Virtual para señalar el sentido de rotación para visitar correctamente el espacio. Estos elementos los encontramos en la Figura 34.



**Figura 34. Rotary, centralita manual y flechas en Spatial.**

Girando en el sentido que marcan dichas flechas, nos encontramos con el siguiente elemento, el cual tal y como se configuró en Unity debía permanecer bloqueado hasta que el usuario se encuentre cerca del elemento. Este elemento es la Pentomat, la cual también cuenta con un cartel descriptivo en formato .pdf, por lo que se añade del mismo modo comentado anteriormente. Además, a su lado se coloca uno de los muebles prefabricados proporcionados directamente desde *Spatial*, por lo que dicha sección queda de la manera mostrada en la Figura 35.



Figura 35. Versiones de la Pentomat en Spatial.

Para el siguiente apartado del museo, el cual se encuentra situado en la pared interior, se aplican los objetos 3D. Tal y como se detalló en el apartado 3.4 de esta memoria, se usa la aplicación 3D Scan, ya que es compatible con Sketchfab y usa el sensor LiDAR con el que cuenta el iPhone 15 Pro. Por lo tanto, el primer proceso es el escaneo de los teléfonos con los que cuenta el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra mediante la aplicación y con el uso de dicho teléfono. Algunos de los resultados obtenidos tras el escaneo se muestran en la Figura 36.

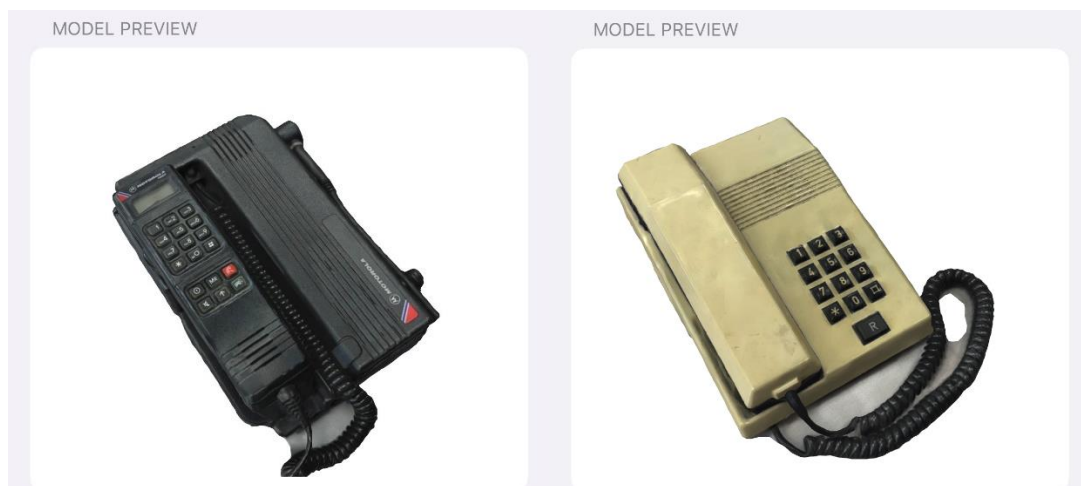


Figura 36. Teléfonos escaneados con la app 3D Scan.

Y ahora, el proceso que se debe de seguir para poder añadirlo al entorno y que se visualice correctamente es el siguiente. El primer paso es subir cada uno de los Objetos 3D escaneados al perfil creado en Sketchfab. Es totalmente gratuito e ilimitado siempre y cuando los objetos estén públicos, lo que significa que cualquier persona puede compartirlo y descargarlo. Una vez subido, se debe de vincular la cuenta de Sketchfab con la de Spatial, lo cual permite hacerlo la plataforma de *Spatial* directamente desde el propio Museo Virtual.

Una vez vinculadas las cuentas, te aparecen todos los objetos que hayas subido a Sketchfab y ya se puede añadir a *Spatial*, tal y como muestra la Figura 37.

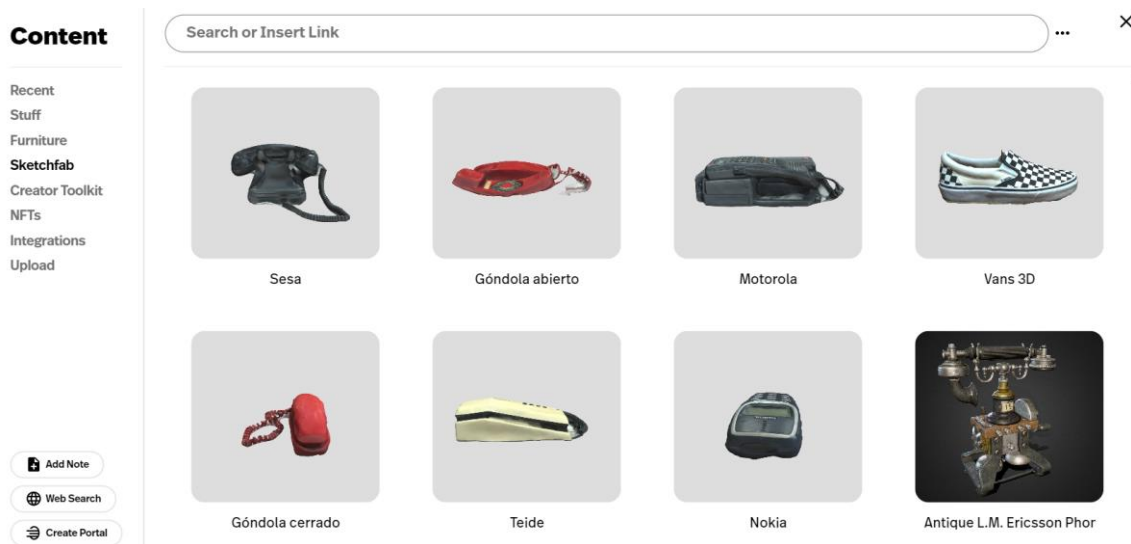


Figura 37. Objetos vinculados a Sketchfab desde Spatial.

Además, cuando añades el objeto, te permite colocarlo en la posición que desees, ajustando la rotación y la escala para establecer las dimensiones correctas. También ofrece la opción de mostrarlo sobre un pedestal, que en el caso del Museo es práctico y se implementa. Por lo tanto, una vez escaneados los teléfonos correspondientes, vinculada la cuenta y añadidos los objetos y el cartel respectivo a la evolución de la telefonía, el resultado en el Museo es el mostrado en la Figura 38.

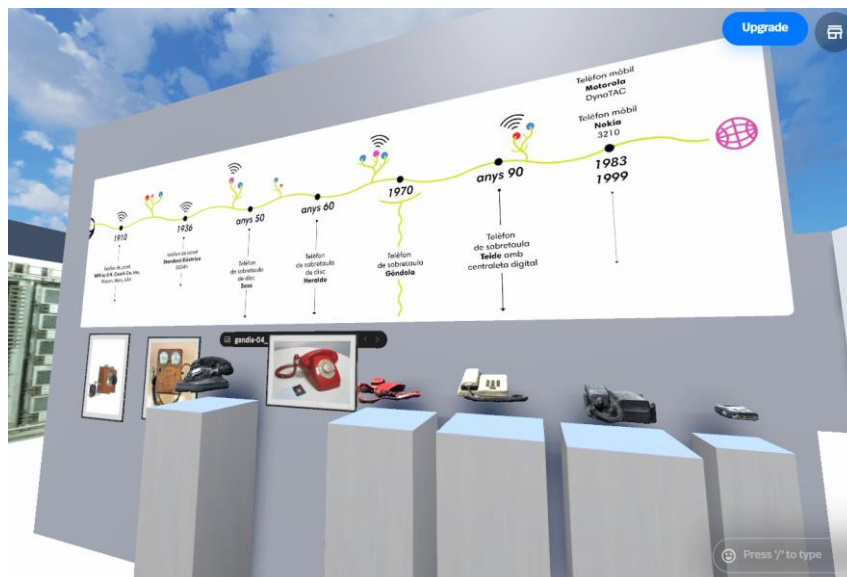


Figura 38. Evolución de la Telefonía en Spatial.



Como se puede observar, algunos de los teléfonos están en formato 3D y otros en imagen. Esto es debido a que algunos de los teléfonos se encuentran físicamente en las vitrinas del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra y no se podía acceder a ellos para realizar el escaneo. Los objetos escaneados y subidos a Spatial se aprecian en la Figura 39.



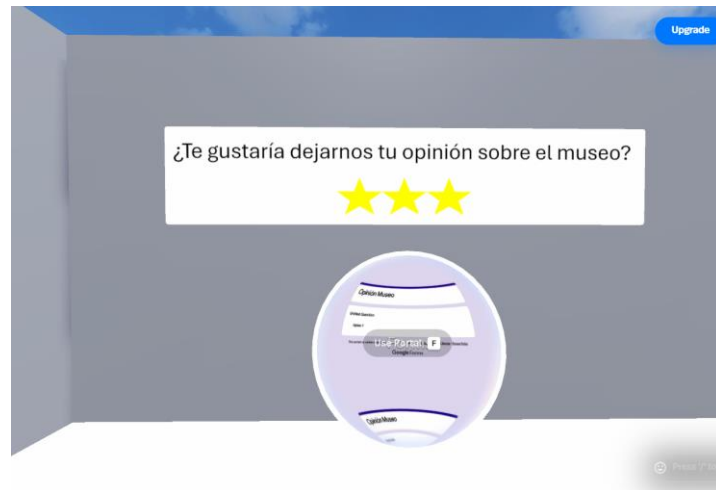
**Figura 39. Objeto 3D vinculado con Sketchfab en Spatial.**

Seguidamente a los objetos 3D, nos encontramos con otro vídeo, el cual se ha añadido de la misma forma que el anterior. En este caso, se trata de un vídeo en el cual la tutora Carmen Bachiller recibe una llamada telefónica en el Teléfono Sesa, el cual al descolgarlo se escucha a una persona recitando las primeras líneas del libro “El Quijote” con la peculiaridad de que la voz se escucha tal y como sonaba en ese teléfono, ya que está modelada. En el Museo Virtual queda de la manera mostrada en la Figura 40.



**Figura 40. Vídeo insertado en Spatial.**

Por último, para finalizar la visita virtual se le propone al visitante dejar su valoración respondiendo unas preguntas respecto del entorno virtual. Para ello, primeramente, se crea un Google Forms, [31] el cual se detallará más adelante en la memoria, y una vez creado, se puede añadir un portal en *Spatial*, el cual permite abandonar el sitio web para ir al enlace que se le proporcione. Antes de salir del entorno virtual te avisa de que vas a ir a otro sitio web y tienes que confirmar la decisión. El portal también puede configurarse para ajustar la posición y tamaño tal y como se desee. Una vez realizado todo lo anterior, el resultado en el Museo es el que se aprecia en la Figura 41.



**Figura 41. Portal con redireccionamiento al Forms de satisfacción en Spatial.**

## Capítulo 5

### Resultados y Discusión

Una vez finalizado el montaje del Museo Virtual de la Telefonía, el siguiente paso es realizar un análisis del mismo y de su funcionamiento. Para ello, se prueba el espacio en los diferentes dispositivos compatibles con *Spatial*, para poder realizar un buen análisis y comparación. Los dispositivos compatibles se muestran en la Figura 42. El link para acceder al entorno se encuentra en el [32] de la Bibliografía.

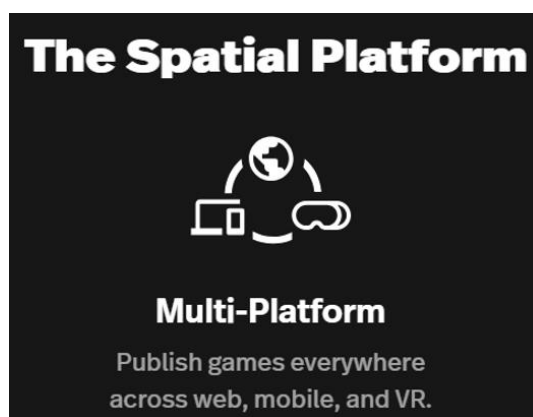


Figura 42. Plataformas compatibles con Spatial.

#### 5.1 Descripción del museo virtual finalizado

Se trata de un entorno digital versátil, dada su rápida capacidad de adaptación a nuevas funciones y elementos, así como por su nivel de accesibilidad, ya que cualquier persona con acceso a Internet puede acceder a él.

Su diseño y estructura hacen que sea un espacio intuitivo para visitarlo, tanto por la distribución que sigue como por las indicaciones añadidas, por ejemplo, con las flechas que indican el sentido de rotación. Además, el contenido expositivo está en armonía, lo que hace de la visita una experiencia agradable y claramente tematizada.

El museo no solo se basa en observar los elementos de forma pasiva, sino que mediante elementos interactivos que permiten a los visitantes participar en el entorno se le brinda la oportunidad al visitante de disfrutar de una experiencia dinámica.

También el formato de exhibición cambia para cada elemento. Algunos se proyectan en forma de vídeo, otros como imágenes, otros son objetos 3D... por lo que en cada sección van variando los estímulos que recibe el usuario.

## 5.2 Evaluación de la experiencia de usuario

A continuación, se analiza la experiencia desde las distintas plataformas compatibles con la plataforma.

### 5.2.1 Experiencia a través de la web

Para acceder mediante la web se hace uso de un ordenador con conexión a Internet. Para ello, se debe de iniciar algún navegador web e introducir la URL que tiene asignada el espacio al que se desea acceder. Una vez se entra al espacio, de modo predeterminado, la vista está configurada en tercera persona, es decir, se observa el avatar en el Hall tal y como se muestra en la Figura 43.



Figura 43. Vista del Hall a través de la web.

Es una forma totalmente válida para realizar la visita, pero si se desea realizar la experiencia en primera persona simplemente se tiene que desplazar la rueda del ratón para acercar o alejar la vista, hasta que se coloca en primera persona. Para manejar al personaje se puede hacer uso tanto de las flechas como de las teclas WASD, y para la cámara simplemente pinchando con el ratón y desplazando se cambia de orientación.

En el hall funciona todo perfectamente, el vídeo se reproduce sin problemas y deja ponerlo en pantalla completa para disfrutarlo mejor. Una vez te acercas al portal, se desplaza a la sala principal.

Una vez en la sala principal, puedes interactuar con los objetos o bien pulsando sobre el punto indicado o pulsando la tecla F, tal y como se muestra a continuación, donde en el año 1890 se encuentra la flecha del ratón en la Figura 44.

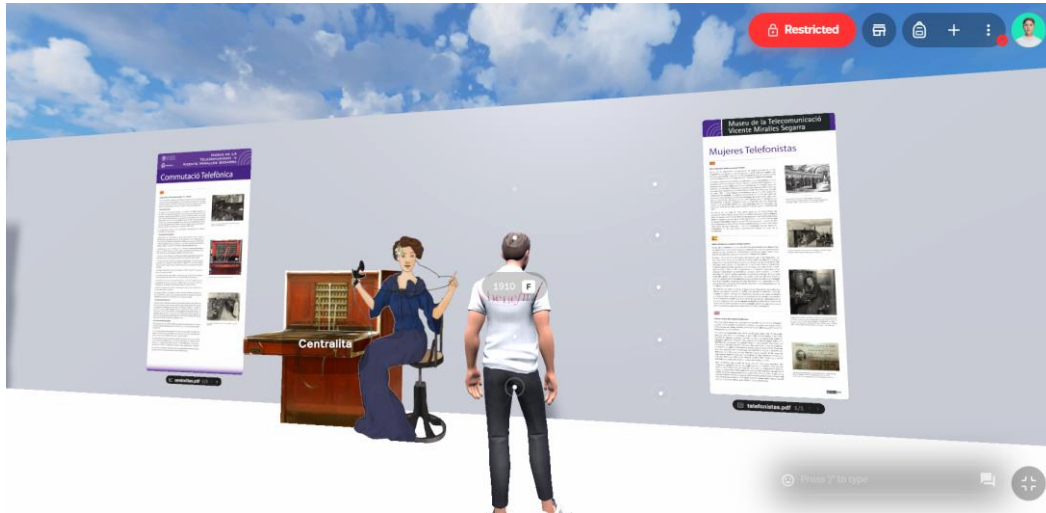


Figura 44. Vista de parte de la Sala Principal a través de la web.

El resto de los elementos funcionan y se visualizan perfectamente, tanto los carteles como los objetos 3D como el vídeo. Por último, para realizar la encuesta de valoración, de igual forma que con los objetos interactivos, se puede acceder mediante la tecla F como pinchando con el cursor del ratón sobre el portal, el cual redirige sin problema al formulario.

Por último, algunas acciones que permite realizar esta plataforma es saltar con el personaje pulsando la barra espaciadora y realizar bailes y reacciones pulsando la tecla T o la C. Estas se pueden apreciar en la Figura 45.



Figura 45. Vista de parte de la Sala Principal y gestos a través de la web.

Por lo tanto, la experiencia en la versión web es adecuada, dado que funcionan todos los elementos sin problema y las opciones de controles y de acciones son más que suficientes para la experiencia que se busca ofrecer.

## 5.2.2 Experiencia desde el móvil

Para acceder desde el móvil lo óptimo es descargarse la aplicación que ofrece esta plataforma, tanto para Android como para iOS. Para ello, simplemente se debe de acceder a la Google Play Store o a la App Store en función del sistema operativo desde el que se esté realizando, buscar “Spatial” e instalar la aplicación.

Ahora bien, para acceder al espacio es necesario tener el link del entorno. Una vez haces click en el link, el dispositivo te pregunta si deseas abrir el link en la aplicación de Spatial. Otra forma de acceder es copiar la URL en un navegador desde el móvil y te reenvía también a la aplicación.

Del mismo modo que ocurre desde la versión web, de forma predeterminada aparece la vista en tercera persona, pero simplemente haciendo zoom en la pantalla pulsando con dos dedos, podemos entrar en el modo primera persona, como se observa en la Figura 46.

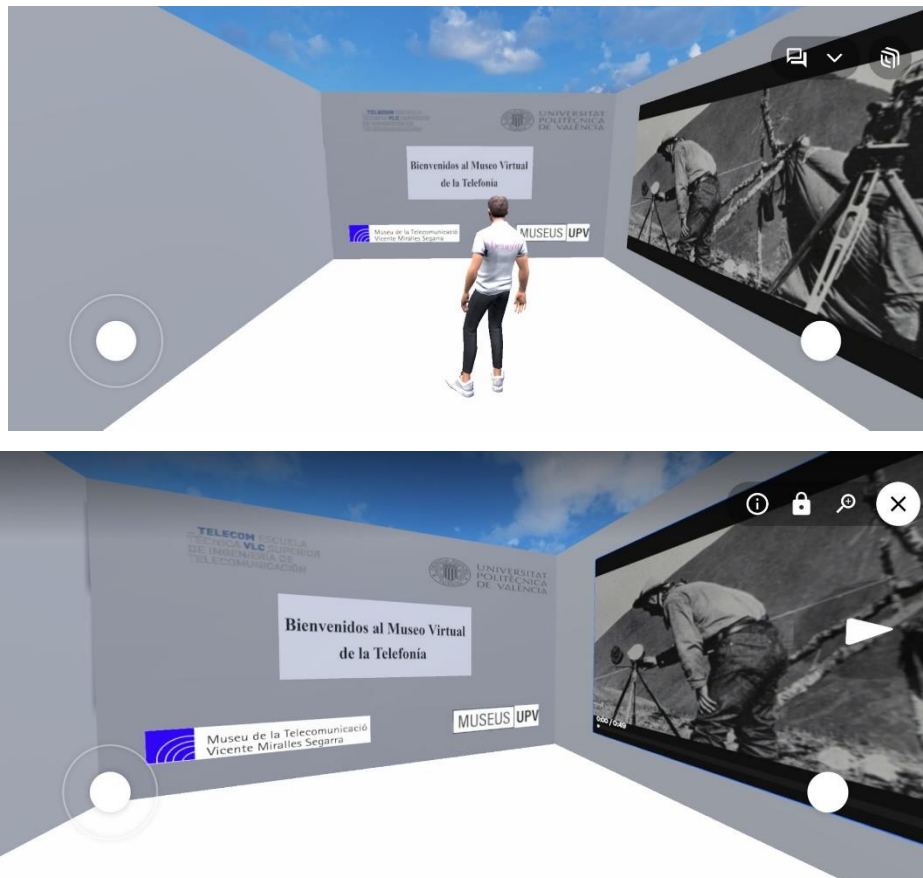


Figura 46. Vista en 1º y 3º persona desde la app para móvil.

Una de las diferencias principales con la versión web es que desde el móvil no hay teclas, por lo que como se puede apreciar en las imágenes anteriores, en la pantalla se observan

una especie de joysticks. El de la izquierda es el encargado de desplazar al personaje, mientras que el de la derecha se utiliza para realizar el salto. Para mover la cámara, simplemente hay que arrastrar el dedo por la pantalla.

Otra de las diferencias mayoritarias con la versión web es que, si quieres reproducir el vídeo en pantalla completa, debes de descargarlo. Si no, se puede observar directamente desde la exposición en la que está, sin necesidad de descarga. La Figura 47 muestra este funcionamiento.



Figura 47. Visualización de los vídeos a través de la app para el móvil.

Una vez pasamos a la sala principal, para interactuar con los objetos se debe de tocar con el dedo sobre ellos, de forma similar a cuando se pulsa con el ratón en la versión web. Funcionan todas las interacciones correctamente. En la Figura 48 se observa esta disposición.



Figura 48. Objetos interactivables a través de la app móvil.

Por último, con respecto al portal para ir al formulario de satisfacción, también se accede mediante pulsación en él y aparece también el mensaje avisando de que vas a abandonar esta plataforma. Cuando aceptas, abre el navegador que tengas configurado como predeterminado en tu dispositivo móvil para rellenar el formulario. En la Figura 49 se aprecia el aviso de uso de un link externo.

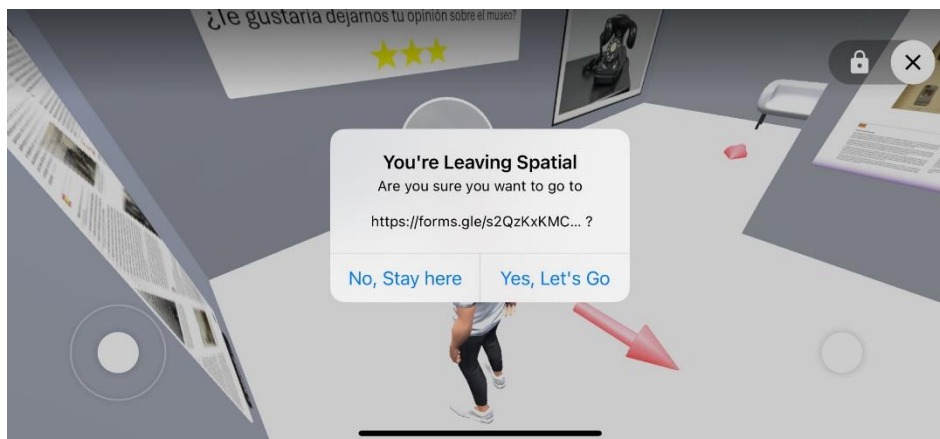


Figura 49. Aviso uso de link en la app móvil.

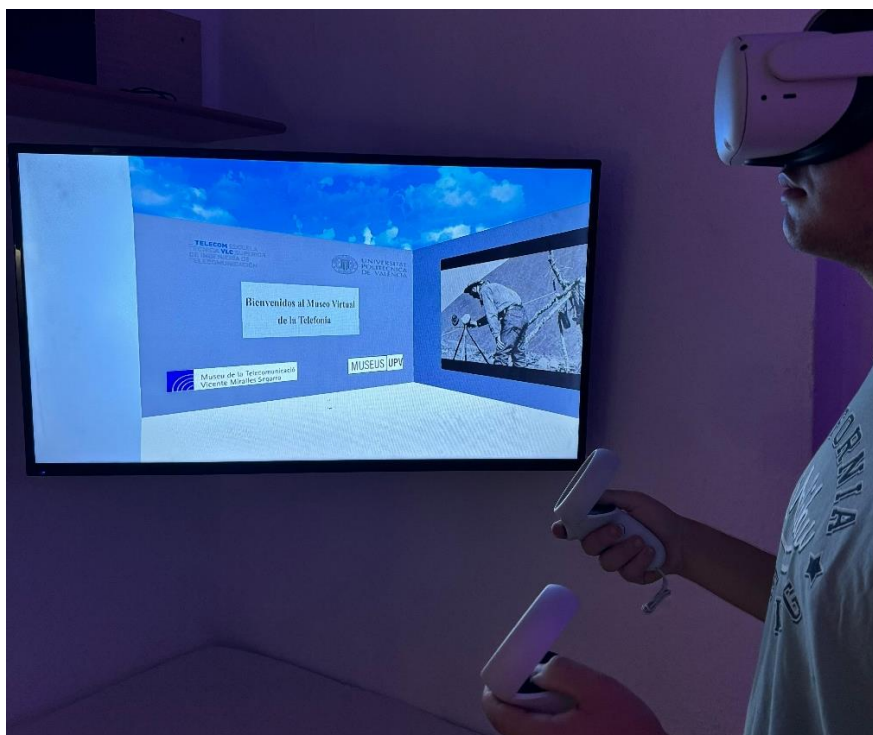
También ofrece la opción de realizar gestos y bailes. En conclusión, el rendimiento en esta plataforma es óptimo, se aprecia una buena fluidez y se pueden realizar todas las interacciones programadas correctamente.

### 5.2.3 Experiencia con las Meta Quest 2

Por último, se realiza el análisis de la experiencia con las gafas de realidad virtual. Para ello, se debe de descargar previamente la aplicación de Spatial en la Meta Quest 2. Una vez descargada, ya se puede acceder del mismo modo que en las otras plataformas.



Una vez accedemos al entorno virtual creado, a diferencia de en las otras plataformas analizadas, de forma predeterminada se establece la vista en primera persona. En este caso, los controles también son diferentes, ya que se utilizan los mandos. Con los joystics puede desplazarse el personaje y manejar la cámara, lo cual también se puede hacer moviendo la cabeza. Además, se pueden usar los botones para saltar y los gatillos para interactuar. En la Figura 50 se puede apreciar el Hall accediendo desde las gafas.



**Figura 50. Vista del Hall desde la Gafas VR.**

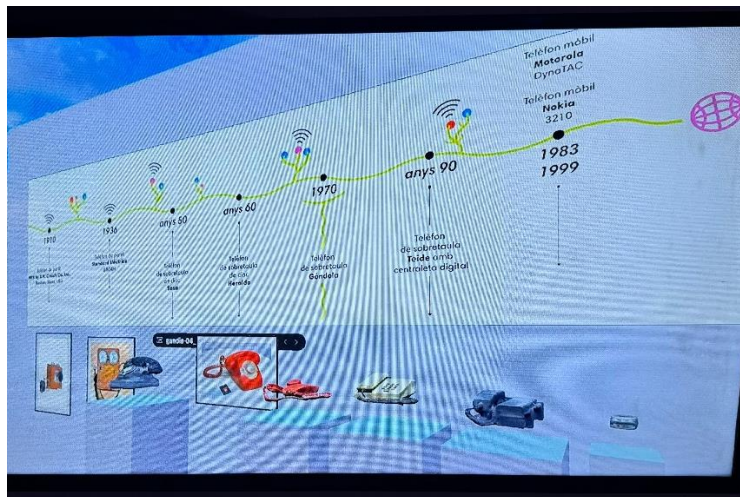
Para poder mostrar el funcionamiento de las gafas y poder ver lo que se está simulando en ellas, se comparte la pantalla mediante un Chromecast en la televisión y de ese modo poder hacer fotos. La primera conclusión que se obtiene desde el Hall es que no permite reproducir los vídeos, simplemente aparece la portada del vídeo como una imagen y si intentas interactuar el mando vibra, pero no se reproduce. No obstante, el portal funciona perfectamente.

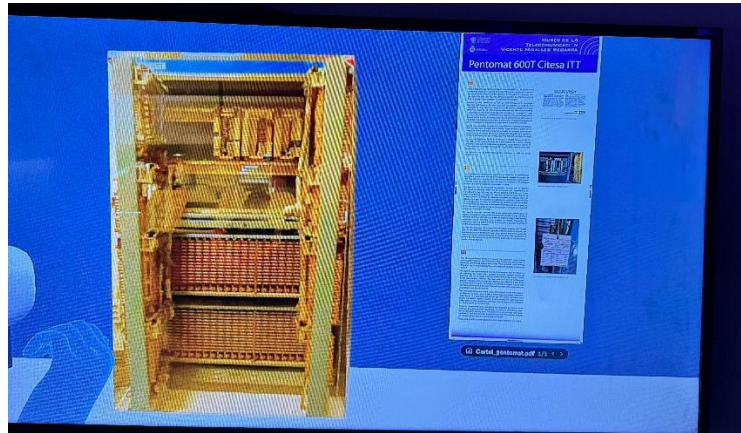
Por lo tanto, una vez teletransportados a la sala principal, se pueden analizar el resto de los elementos.



Figura 51. Mujeres Telefonistas desde las gafas VR.

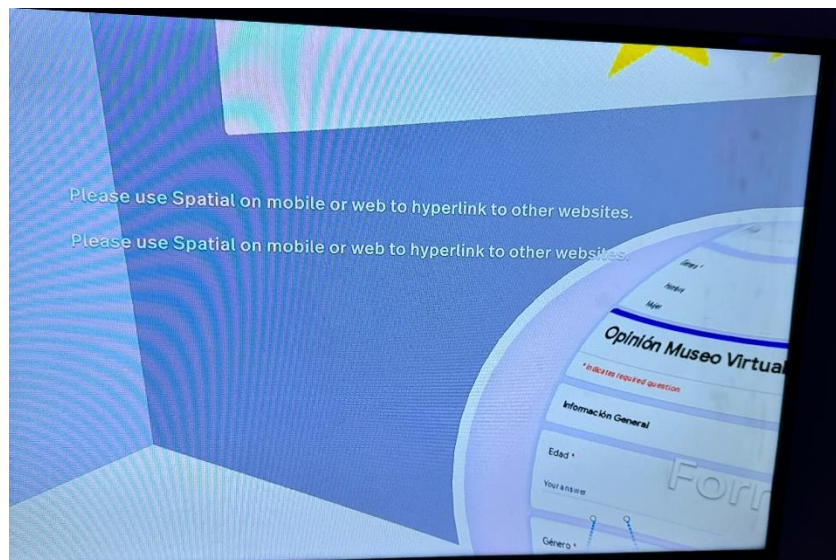
La parte interactuable de las mujeres telefonistas, mostrada en la Figura 51, funciona perfectamente, simplemente se debe de acercar el personaje y con los mandos y gatillos pulsar el año que se desea visualizar. El resto de los elementos como los carteles o imágenes se observan sin problema.





**Figura 52. Elementos del Museo vistos con las Gafas VR.**

En las imágenes de la Figura 52, se comprueba el correcto funcionamiento y visualización de algunos de los elementos añadidos. Por un lado, los objetos 3D añadidos mediante Sketchfab se aprecian como en el resto de plataformas. Por otro lado, la Pentomat y su interacción también funcionan sin problema. No obstante, del mismo modo que ocurre con el vídeo del Hall, el vídeo colocado en la Sala Principal tampoco es posible reproducirlo.



**Figura 53. Mensaje al usar el portal-link con las Gafas VR.**

Por último, cuando se intenta utilizar el portal con el link adjuntado al Forms, aparece un mensaje como el que se muestra en la Figura 53, donde básicamente indica que no es compatible acceder a otros sitios web con esta plataforma. Como conclusión, se deberían de realizar adaptaciones para la versión para gafas o bien valorar la posibilidad de migrar el entorno a otra plataforma del metaverso distinta a Spatial, ya que hay algunos componentes incompatibles.

# Capítulo 6

## Conclusiones y Líneas Futuras

### 6.1 Logros del proyecto

Tras estructurar, desarrollar y analizar este proyecto se puede concluir con que ha sido un camino desafiante a la vez que enriquecedor. Desde el inicio del proyecto, donde todo se resumía en una idea, un concepto, hasta ver el Museo Virtual terminado, cada etapa que ha trascendido ha sido una oportunidad de aprender, innovar y de superar obstáculos.

Uno de los logros más relevantes de este desarrollo es el haberlo realizado con herramientas de trabajo los cuales nunca había empleado, en especial por Unity y Spatial. Este desafío lo interpreto como una posibilidad de crecer, no solo en habilidades técnicas respecto al funcionamiento del programa, sino de brindarme la capacidad de adaptación y resiliencia a nuevas herramientas y tecnologías. Aprender a resolver problemas que surgen, a cambiar el rumbo del camino a seguir cuando algo no funciona como se espera son experiencias que al realizar este proyecto he interiorizado.

Otro de los logros del proyecto es haber podido cumplir los objetivos planteados al inicio del proyecto. Se ha conseguido conformar el Museo Virtual con elementos en distintos formatos, consiguiendo ofrecer esa interacción buscada. Además, para la obtención de dichos elementos se han empleado distintos métodos, desde reuso de archivos anteriores, la realización de fotografías a los elementos más grandes y el escaneo de objetos para ofrecer un formato 3D. Por último, se ha desarrollado el entorno virtual con las herramientas de trabajo propuestas en un inicio, por lo que el aprendizaje y mejora en estas plataformas ha sido significativa. Además, estos proyectos tienen una gran importancia para el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, ya que ayudan a ofrecer otro tipo de experiencias y enriquecen el valor del museo.

Por otro lado, otro logro que considero que se ha conseguido con este proyecto es el fomento de motivación por el hecho de trabajar con elementos que tratan la evolución. Por un lado, de la sociedad, como puede ser el apartado de las “Chicas Telefonistas”, donde se muestra cómo era la sociedad no hace tanto tiempo me ha ayudado a darme cuenta de la importancia de seguir avanzando y de no conformarse con lo que hay y ya está. Por otro lado, la evolución de las telecomunicaciones. Es fácil dar por hecha la tecnología que tenemos hoy en día, pero el haber trabajado con elementos tan antiguos me ha ayudado a apreciar la innovación y el esfuerzo que hay detrás de cada avance en las telecomunicaciones.

Además, poniendo la vista en el futuro, es lógico pensar que esto se trata solo del comienzo de una nueva era con la tecnología de la Realidad Virtual. Las posibilidades que ofrece son muy amplias, por lo que siguiendo explorando y mejorando, esta tecnología supondrá una gran importancia en el futuro. Por ello, otro de los logros de este proyecto es haberme adentrado en esta tecnología. A través de este proyecto, he podido apreciar cómo la Realidad Virtual no solo hace que el conocimiento sea accesible, sino que hace de ello una experiencia.

A modo de conclusión, el desarrollo de este proyecto donde se ha creado el Museo Virtual de la Telefonía ha sido una experiencia que no solo me ha ayudado a expandir mis conocimientos técnicos, sino que también me ha ofrecido la oportunidad de contribuir con algo que tiene un valor cultural y educativo duradero.

## 6.2 Mejoras y ampliaciones futuras para el museo virtual

Por último, en este apartado se tratarán posibles mejoras o propuestas para poder mejorar y ampliar este Museo.

Por un lado, como se comenta en el apartado 4.2 de esta memoria, el entorno cuenta con un “portal” a un Google Forms. En este formulario se realizan varias preguntas respecto del funcionamiento, por si en algún momento hubiera algún error de funcionamiento con alguno de los elementos, pero también se pregunta al visitante sobre el contenido, su calidad y recomendaciones. Es por ello que uno de los factores a tener en cuenta para posibles mejoras del Museo debe ser dicho formulario, ya que tener en cuenta la opinión de los visitantes ayudará a crear un entorno más atractivo para el público futuro.

Otra posible mejora o ampliación del proyecto va enfocado a la visibilidad de éste. Por un lado, se puede crear un apartado en página web del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra. De ese modo se consigue darle más visibilidad al trabajo. Además, el hecho de que la gente que accede a dicha página web encaja totalmente con el perfil del público objetivo de este Museo aumenta la probabilidad de que tengan interés de visitarlo.

Además, también por conseguir un mayor número de visitantes, se puede crear un código QR con el enlace al entorno de *Spatial*, para pegarlo en las vitrinas de los elementos que están físicamente en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra y virtualmente en el metaverso. Así se consigue que la gente que realice las visitas de forma presencial o los propios alumnos de la Escuela tengan una oportunidad más clara de acceder a él.

En cuanto a futuras ampliaciones, *Spatial* cuenta con un apartado dedicado a los NFT, llamado NFT Gallery. [33] Quizá una posible ampliación del proyecto sería el desarrollo de una pieza de arte virtual, la cual represente alguna de las obras de arte que hay pintadas en la Escuela, como puede ser la de las “Chicas Telefonistas”.

Otra posibilidad sería buscar otras plataformas del metaverso para migrar el entorno, debido a las incompatibilidades encontradas en la versión para gafas de RV.

Por último, una propuesta de ampliación del proyecto es la creación de distintas salas. Es decir, de igual forma que se ha creado un portal que te teletransporta del hall a la sala principal, donde se muestran elementos relacionados con la telefonía, se pueden crear diferentes salas a las cuales se acceda por distintos portales. En cada sala se pueden exhibir distintas piezas del museo, siguiendo una temática distinta en cada sala. De ese modo, se conseguiría tener un mayor número de elementos con los que cuenta el museo y distribuidos por temas.

# Capítulo 7

## Bibliografía

### Referencias a trabajos y estudios consultados

- [1] “Museo ETSIT – Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra”, Upv.es. [En línea]. Disponible en: <https://museotelecomvlc.webs.upv.es/>.
- [2] A. C. López, “REALIDAD AUMENTADA PARA LA MEJORA DE LA VISITA AL MUSEO DE LA TELECOMUNICACIÓN”, Universitat Politècnica de València, 10 de septiembre de 2018.
- [3] M. M. Simó, “Mejora de la usabilidad de las aplicaciones del Museo de la Telecomunicación”, Universitat Politècnica de València, 23 de junio de 2021.
- [4] “UPValenciaX: Introducción al desarrollo de videojuegos con Unity”, edX. [En línea]. Disponible en: <https://www.edx.org/es/learn/game-development/universitat-politecnica-de-valencia-introduccion-al-desarrollo-de-videojuegos-con-unity>.
- [5] Equipo editorial, Etecé. “Historia del teléfono - Invención, desarrollo y evolución”. Concepto. Accedido el 5 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://concepto.de/historia-del-telefono/>
- [6] “Evolución de la tecnología telefónica”. Carballar.com. Accedido el 5 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://carballar.com/evolucion-de-la-tecnologia-telefonica#:~:text=Hasta%201880,%20las%20líneas%20telefónicas,utilizarse%20circuitos%20de%20dos%20hilos.>
- [7] “History of the Telephone - ITPA”. Independent Telecommunications Pioneer Association - ITPA. Accedido el 5 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.nationalitpa.com/history-of-telephone>
- [8] “Generaciones de telefonía móvil. Del 0G al futuro 5G - ARDE - Agencia de expertos en App Marketing”. ARDE - Agencia de expertos en App Marketing. Accedido el 6 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: [https://arde.io/2018/06/21/generaciones-de-telefonía-movil/#Primera\\_generacion\\_1G](https://arde.io/2018/06/21/generaciones-de-telefonía-movil/#Primera_generacion_1G)

- [9] “Las edades de la tecnología móvil: 1G, 2G, 3G, 4G, 5G...”. Blog Euskaltel. Accedido el 6 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://blog.euskaltel.com/empresas/las-edades-de-la-tecnologia-movil-1g-2g-3g-4g/>
- [10] L. Sacristán. “6G: todo sobre su tecnología y cuándo llegará la próxima generación de redes móviles”. Xataka Móvil - Teléfonos móviles, tarifas, operadores de telefonía. Accedido el 6 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.xatakamovil.com/nuevo/6g-toda-informacion>
- [11] Lost Account, “Realidad virtual - lost account”, Medium. Accedido el 4 de septiembre de 2024. [En línea] Disponible en: <https://medium.com/@helibb99/realidad-virtual-7ad2bc695ecc>.
- [12] “Cómo funciona y en qué se usa la realidad virtual”. ADSLZone. Accedido el 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/realidad-virtual-rv/>
- [13] ““Mona Lisa Beyond the Glass”: the Louvre's first Virtual Reality experience”. Le Louvre. Accedido el 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.louvre.fr/en/explore/life-at-the-museum/mona-lisa-beyond-the-glass-the-louvre-s-first-virtual-reality-experience>
- [14] “Top 7 Museos con Realidad Virtual - ¡Descubre Nuevos Mundos!” Virtual Arena. Accedido el 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://virtualarena.tech/museos-con-realidad-virtual/>
- [15] T. Grapsas, “Conoce la realidad aumentada y las posibilidades de interacción que la hacen sobresalir en el mundo digital”, Rock Content - ES, 15-dic-2019. Accedido el 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>
- [16] C. Sanford, “Meta (Facebook) Connect 2021 metaverse event transcript”, Rev, 29-oct-2021. Accedido el 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.rev.com/blog/transcripts/meta-facebook-connect-2021-metaverse-event-transcript>.
- [17] “6 plataformas del metaverso que son tendencia en el 2022”. Extra Software. Accedido el 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.extrasoft.es/6-plataformas-del-metaverso-que-son-tendencia-en-el-2022/>
- [18] “5 plataformas del metaverso que serán tendencia este 2024”. Thinking for Innovation. Accedido el 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.iebschool.com/blog/plataformas-metaverso-tendencia/>
- [19] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Unity (motor de videojuego) - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 10 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motor\\_de\\_videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_videojuego))



- [20] “Top 9 mejores Motores de Videojuegos 2D & 3D Gratis y de Pago”. Notodoanimacion.es | noticias, recursos, tutoriales y empleo para Artistas Digitales. Accedido el 10 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.notodoanimacion.es/motores-para-crear-videojuegos/>
- [21] “PROGRAMAS PARA CREAR REALIDAD VIRTUAL | I AM VR - Veronica Rodriguez Virtual Reality”. I AM VR - Veronica Rodriguez Virtual Reality | I am VR is Verónica Rodríguez website, specialized in marketing, comms and production for the VR industry. Accedido el 11 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://i-amvr.com/programas-para-crear-realidad-virtual/>
- [22] “The water technology behind Avatar: The Way of Water”. Unity. Accedido el 11 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://unity.com/es/blog/industry/technology-behind-avatar-the-way-of-water>
- [23] “About”, Spatial. [En línea]. Disponible en: <https://www.spatial.io/about>.
- [24] “¿Qué es LiDAR? | IBM”. IBM - United States. Accedido el 20 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/es-es/topics/lidar>
- [25] “iPhone 15 Pro”. Apple Support. Accedido el 20 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.apple.com/es-es/guide/iphone/iph367ee8374/ios>
- [26] “Log in to your Sketchfab account”. Sketchfab. Accedido el 20 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://sketchfab.com/feed>
- [27] “LA HISTORIA DE FACEBOOK, OCULUS Y LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA | I AM VR - Veronica Rodriguez Virtual Reality”. I AM VR - Veronica Rodriguez Virtual Reality | I am VR is Verónica Rodríguez website, specialized in marketing, comms and production for the VR industry. Accedido el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://i-amvr.com/facebook-realidad-virtual-historia-oculus/>
- [28] “Renishaw: Seis grados de libertad (6DoF): explicación”. Renishaw. Accedido el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.renishaw.com/es/seis-grados-de-libertad-6dof-explicacion--45824>
- [29] J. García. “Oculus Quest 2, análisis: una de las mejores (y asequibles) opciones para iniciarse en la realidad virtual”. Xataka - Tecnología y gadgets, móviles, informática, electrónica. Accedido el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.xataka.com/analisis/oculus-quest-2-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>
- [30] “Installation | Spatial Creator Toolkit”. Spatial Creator Toolkit - Powered by Unity. Accedido el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://toolkit.spatial.io/docs/installation>
- [31] “Opinión Museo”, Forms.gle. [En línea]. Disponible en: <https://forms.gle/mKi1JCrhvuaU79YRA>.

[32] “Museo virtual telefonía”, Spatial. [En línea]. Disponible en: <https://www.spatial.io/s/Museo-Virtual-Telefonia-668bd1a4abd8765d3638ceae>

[33] “NFT gallery: Create your own metaverse art gallery”, Spatial.io. Accedido el 18 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.spatial.io/create-your-gallery>.

[34] “ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible”, Pacto Mundial, 22-sep-2021. Accedido el 22 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/>. [Consultado: 28-ago-2024].

**ANEXO I. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030**

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

<b>Objetivos de Desarrollo Sostenibles</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>No Procede</b>
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				<b>X</b>
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				<b>X</b>
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>		<b>X</b>		
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>	<b>X</b>			
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>			<b>X</b>	
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				<b>X</b>
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>				<b>X</b>
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>		<b>X</b>		
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>	<b>X</b>			
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				<b>X</b>
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>	<b>X</b>			
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>	<b>X</b>			
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>				<b>X</b>
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				<b>X</b>
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				<b>X</b>
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				<b>X</b>
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>			<b>X</b>	

Descripción de la alineación del TFG/TFM con los ODS con un grado de relación más alto. [34]

#### **ODS 4: Educación de calidad**

El TFG contribuye significativamente al ODS 4, ya que creando un entorno virtual sobre un Museo de la Telefonía en el metaverso facilita el acceso a la educación y al conocimiento histórico sobre su evolución. Mediante estas herramientas se puede llegar a todo el mundo, sin importar su ubicación o circunstancias. Además, con la Realidad Virtual se pueden ofrecer experiencias más inmersiva e interactiva, lo que acaba motivando a los estudiantes y público en general.

#### **ODS 9: Industria, innovación e infraestructura**

El desarrollo de un museo virtual utilizando Unity y Spatial está directamente relacionado con el ODS 9. Este ODS promueve la construcción de infraestructuras que consigan adaptarse con facilidad a nuevos cambios y el fomento de la innovación. Además, al desarrollar y migrar el entorno al metaverso, el proyecto también innova en la forma de presentar y mantener el conocimiento histórico, además de contribuir al avance de las tecnologías digitales en la educación y cultura.

#### **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles**

El TFG también está relacionado con el ODS 11. Como se trasladan elementos de un museo físico a un entorno virtual, se reduce la necesidad de desplazamientos físicos, bien de los elementos del propio museo como de las visitas que recibe en la escuela, por lo que a su vez disminuye la huella de carbono. Además, se ofrece prácticamente acceso universal al patrimonio cultural y educativo sin problemas de limitaciones geográficas, además de contribuir a hacer que las ciudades y comunidades sean más inclusivas y sostenibles.

#### **ODS 12: Producción y consumo responsables**

El ODS 12 se ve reflejado en este proyecto a través de la conservación en formato digital de elementos históricos y educativos, evitando su desgaste físico y el consumo de recursos que implicaría su exposición y mantenimiento. Al digitalizar y virtualizar las colecciones, se prolonga la vida útil de los objetos culturales y se minimiza el impacto ambiental producido.



Figura 54. ODS relacionados con el TFG.