

PROYECTO FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y desarrollo de un videojuego de Realidad Virtual para terapias de TEA.

AUTOR/A: Gonzalo Castillo Ibero

TITULACIÓN: Ingeniería Telemática

TUTOR/A: Víctor José Osma

DEPARTAMENTO: DTE

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE/A: Margarita Millán

TUTOR/A: Víctor José Osma

SECRETARIO/A: Juana María Gutiérrez

Fecha de lectura: 23 de julio de 2024

Calificación:

VºBº TUTOR/A

El Secretario/La Secretaria,

A mi familia, por estar apoyándome desde la distancia
y haber confiado en mí.

A mis amigos, especialmente Javi, Juan, Rafa y Pepe,
sin vosotros esto no habría sido posible.

A Fernando, con el que he estado trabajando codo con
codo durante estos 6 meses.

A mi tutor, Víctor, gracias por haberme dado la
oportunidad de trabajar en este proyecto tan bonito.

Resumen

El Trastorno del Espectro Autista afecta a una gran cantidad de personas y, en los últimos años, este número ha ido en aumento debido a causas que aún no se tienen claras en el mundo científico. El principal punto de inflexión en la calidad de vida de las personas que lo padecen es la terapia, no obstante, esta se está quedando obsoleta, pudiendo llegar a ser repetitiva y aburrida.

El uso de la Realidad Virtual (RV) en la medicina se ha extendido a lo largo de los años. Esto, sumado a la teoría de la gamificación, que propone el uso de las mecánicas de los juegos en entornos no lúdicos para aumentar la motivación, crea el ambiente perfecto para el diseño de videojuegos en Realidad Virtual para terapias de TEA. Los principales beneficios que aporta la RV es un entorno controlado, seguro y personalizable, mientras que la gamificación potencia la motivación a la vez que proporciona entretenimiento a la hora de trabajar en las terapias. Han surgido muchas aplicaciones en los últimos años que han tratado de usar la gamificación y la RV para distintas tareas, demostrando que es factible e incluso beneficioso.

En este trabajo se continuará con el desarrollo de un videojuego en RV para terapias de TEA. El videojuego consta de una aplicación donde el terapeuta puede crear salas con distintos objetos y añadir una serie de frutas que el jugador deberá buscar. El principal beneficio que aporta con respecto a otros juegos similares es que no se centra en una sola afección del TEA, sino que, según el diseño que haga el terapeuta, se puede tratar casi cualquier aspecto.

El principal problema que tenía el trabajo previo era que estaba diseñado para unas gafas de RV cableadas, por lo que se decidió migrar a unas gafas de RV no cableadas. El escenario al comienzo del proyecto consiste en el videojuego con una migración a medias. Durante el desarrollo del proyecto se ha completado esta migración. Además, se han añadido nuevas funcionalidades, como los muebles activos, que aportan un extra de dinamismo y complejidad al videojuego. Por otro lado, se ha añadido la posibilidad de usar pictogramas como objetos a recoger, pudiendo, además, ser totalmente personalizables por el terapeuta. Finalmente, se ha cambiado la interfaz de usuario haciendo que sea más amigable e intuitiva.

Con una serie de diagramas UML se explica el funcionamiento de la aplicación y las funcionalidades añadidas. Durante el trabajo han surgido muchos errores: se habla de los más importantes y el camino que ha llevado a su solución. Este proyecto globalmente no está terminado, por ello se proponen varias líneas de investigación para continuar con el desarrollo.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible este proyecto está directamente relacionado con el ámbito de la salud y de la innovación tecnológica.

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) affects a large number of people, and in recent years, this number has been increasing due to still unknown causes. The main turning point in the quality of life for people who suffer from ASD is therapy; however, it is becoming obsolete, potentially repetitive and boring.

The use of Virtual Reality (VR) in medicine has been expanding over the last couple of years. Combined with the theory of gamification—which proposes the use of game mechanics in non-gaming environments to increase motivation—creates the perfect environment for designing VR video games for ASD therapies. The main benefits provided by VR include a controlled, safe, and customizable environment, while gamification boosts motivation and provides with an entertaining mood. Many applications have emerged in recent years that have tried to use gamification and VR for various types of therapies, demonstrating that it is feasible and even beneficial for the patients.

This work continues the development of a VR video game for ASD therapies. This video game consists of an application where the therapist can create rooms with different objects and add a series of fruits that the player must find. The main benefit provided compared to other similar games is that it does not focus on a single aspect of ASD; rather, depending on the design made by the therapist, almost any aspect can be addressed.

The main problem with the previous work was that it was designed for wired VR glasses. It was then decided to migrate to wireless VR glasses. The initial scenario at the beginning of this work consists of the video game with a partially completed migration. During the project development, this migration has been completed. Additionally, new functionalities have been added, such as active furniture, which adds extra dynamism and complexity to the video game. Moreover, the possibility of using pictograms as objects to collect has been added, which can also be fully customized by the therapist. Finally, the user interface has been changed to be more user-friendly and intuitive.

A series of UML diagrams explain the functioning of the application and the added functionalities. Many errors have been detected during the work, the most important ones are discussed and have the solution explained. This project is not totally finished; therefore, some lines of research are proposed to continue the development.

In the framework of the Sustainable Development Goals, this project is directly related to the fields of health and technological innovation.

Índice

Resumen	3
Abstract	5
1 Introducción y objetivos	13
1.1 Introducción	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Estructura del resto de la memoria	15
2 Fundamentos teóricos	17
2.1 Trastorno del Espectro Autista	17
2.1.1 Historia	17
2.1.2 Afecciones	17
2.1.3 Tratamiento	18
2.2 Realidad Virtual	19
2.2.1 Historia	20
2.2.2 Problemas y Aplicaciones	21
2.3 Teoría de la gamificación y juegos serios	22
2.3.1 Teoría de la gamificación	22
2.3.2 Juegos Serios	23
3 Estado del arte	25
3.1 Realidad Virtual en terapias generales	25
3.2 Realidad Virtual aplicada a terapias de TEA	27
3.3 Trabajo previo	30
4 Diseño y desarrollo de la aplicación	33
4.1 Requisitos de usuario	33
4.2 Desarrollo de nuevos elementos	34
4.3 Casos de uso	39
4.4 Diagramas de flujo	48
4.5 Diagramas UML	50
4.5.1 Aplicación del terapeuta	50
4.5.2 Aplicación del cliente	52
4.6 Problemas y soluciones	54
4.6.1 Colocación de objetos dentro de la sala	54
4.6.2 Elección del tamaño de la sala	55
4.6.3 Funcionamiento erróneo de la aplicación del terapeuta cuando están las gafas RV conectadas al ordenador	56
4.6.4 Animación del armario	56
4.6.5 Permanencia de frutas y pictogramas al Editar Sala	57

5	Impacto del proyecto	59
6	Presupuesto	61
6.1	Presupuestos parciales	61
6.2	Presupuesto Total	63
7	Conclusiones y líneas futuras	65
7.1	Conclusiones	65
7.2	Líneas futuras	66
8	Bibliografía	67
9	Anexos	71
9.1	Manual de Usuario	71
9.2	Lista de funcionalidades añadidas o cambiadas	83

Índice de figuras

1	Gafas Lenovo Explorer VR.	14
2	Ejemplo de terapia ocupacional mediante pictogramas.	19
3	Máquina conocida como "Sensorama", el antecedente de la RV.	20
4	Prototipo de las gafas Oculus Rift.	21
5	Ejemplo de uso de Minecraft: Education Edition para enseñar química.	23
6	VirtualRet, plataforma desarrollada por Virtualware.	25
7	Terapia de rehabilitación para el equilibrio, A paciente en la clínica, B paciente a distancia.	26
8	Ejemplo de paciente sometiéndose a terapia para el TEPT.	26
9	Ejemplo de terapia para practicar habilidades sociales con Floreo.	27
10	Ejemplo de terapia para practicar el contacto visual.	28
11	Panel de control de la aplicación RehabNet durante un tratamiento.	28
12	Ejemplo de la aplicación VR-EAL. Escenario (a): terapias para practicar las habilidades sociales y ejecutivas. Escenario (b): terapias para practicar la autoexpresión y relajación.	29
13	Ejemplo de la aplicación del estudio [38] en una terapia inmersiva mediante dos pantallas.	30
14	Colocación de frutas por parte del terapeuta.	31
15	<i>Feedback</i> negativo al recoger una fruta errónea.	31
16	Diseño del barril cerrado y el barril abierto.	35
17	Máquina de estados de la animación de la puerta izquierda del armario.	35
18	Armario corredero abierto.	36
19	Mesilla de noche.	37
20	Fase de elección de pictogramas en la creación o edición de una sala.	38
21	Pictograma "Enjuagarse" en la aplicación del cliente, dentro del juego.	39
22	Fase de los pictogramas en la creación de la sala.	40
23	Ejemplo de muebles activos en el programa del terapeuta.	41
24	Desplegable que muestra las carpetas de los pictogramas.	42
25	Ayuda para mover los objetos.	43
26	Ventana para modificar el orden de elección de los pictogramas.	44
27	Diseños del pictograma genérico.	45
28	Ejemplo de pizarra con pictograma genérico.	45
29	<i>Feedback</i> positivo al elegir una fruta correcta.	46
30	Armario dentro del juego.	47
31	Barril dentro del juego.	48
32	Mesilla dentro del juego.	48
33	Diagrama de flujo de la parte de la aplicación del terapeuta.	49
34	Diagrama de flujo de la parte de la aplicación del cliente.	50
35	Ayuda gráfica de los controles de la cámara en la fase de creación y edición de salas.	52

36	Estructura de los <i>scripts</i> de la aplicación del terapeuta según funcionalidades.	52
37	Estructura de los <i>scripts</i> de la aplicación del cliente según funcionalidades.	54
38	Ejemplo del funcionamiento correcto de la aplicación en cuanto a la colocación de objetos.	55
39	Armario original con las puertas abiertas.	57
40	Tabla de sueldos por convenio en el ámbito de las tecnologías de la información, consultoría y estudios de mercado [41].	61
41	Menú Principal de la aplicación del terapeuta.	71
42	Ventana para crear una sala desde cero.	72
43	Fase 1. Elección del tamaño y forma de la sala.	72
44	Fase 2. Elección de las texturas de la sala.	72
45	Fase 3. Añadir muebles a la sala.	73
46	Ventana contextual de ayuda para mover los objetos.	74
47	Fase 4. Añadir objetos decorativos a la sala.	74
48	Fase 5. Añadir frutas a la sala.	75
49	Fase 6. Añadir pictogramas a la sala.	75
50	Ejemplo del desplegable con distintas carpetas.	76
51	Fase 7. Añadir jugador y pizarra a la sala.	76
52	Ejemplo de pictograma genérico.	77
53	Fase 8. Añadir comentario a la sala.	77
54	Ventana de elección de nombre y tipo de edición para la sala.	78
55	Ventanas de inicio de una sala.	78
56	Pantalla de iniciar sesión con cliente desconectado.	79
57	Pantalla de iniciar sesión con cliente conectado.	79
58	Pantalla que ve el terapeuta durante el juego.	80
59	Pantalla de visualización de <i>Rankings</i> .	80
60	Espadas del jugador para pinchar los objetos.	81
61	Ejemplo de pizarra durante el juego.	81
62	Pictograma final de gracias.	82

Lista de acrónimos

TEA: Trastorno/s del Espectro Autista.

RV: Realidad Virtual.

UML: *Unified Modeling Language*.

DSM: *Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders*.

ToM: Teoría de la Mente o *Theory of Mind*.

ABA: *Applied Behavior Analysis*.

TCC: Terapia Cognitivo-Conductual.

TEPT: Trastorno de Estrés Post-Traumático.

TCP: *Transmission Control Protocol*.

BD: Base de Datos.

IP: *Internet Protocol*.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

SMI: Sueldo Mínimo Interprofesional.

IVA: Impuesto de Valor Añadido.

1. Introducción y objetivos

1.1. Introducción

Los Trastornos del Espectro Autista (TEA) son una serie de afecciones que afectan al desarrollo íntegro de las personas en distinto grado y en distintos ámbitos. Este trastorno se caracteriza por alteraciones en el desarrollo de habilidades sociales, la comunicación, tanto verbal como no verbal, y en el comportamiento, entre otros [1].

Al tratarse de un espectro y tener, además, un gran abanico de síntomas distintos y en distintos grados, dificulta mucho el diagnóstico. Además, no existe cura para el TEA, por tanto, un temprano diagnóstico y una buena elección de terapias son clave para mejorar la calidad de vida de los individuos.

El número de personas con TEA se ha visto significativamente aumentado en los últimos años, en este estudio [2] llevado a cabo entre 2009 y 2011, y 2015 y 2017 en Estados Unidos, se expone que el número de pacientes con TEA ha aumentado a más del doble. En este otro artículo [3] se llevó a cabo una investigación en 2020 en 11 estados de Estados Unidos, que concluyó con una estimación de que 1 de cada 36 niños padecen TEA, a diferencia del mismo estudio llevado a cabo en 2006 que estimaba que 1 de cada 110 niños padecían TEA. Es muy difícil llevar a cabo una estimación buena, por ejemplo, en este otro artículo [4] se estima que en 2021 los casos eran de 1 de cada 70 niños en el sur de España. A pesar de las diferencias de estimaciones en lo que se coincide es en el aumento de casos. Las causas de este aumento no están muy claras en la literatura científica, en este sentido, en el estudio recogido en [2] se afirma que debido a cambios demográficos y socioeconómicos se ha incrementado la concienciación y el acceso a la sanidad. Otros autores [5] afirman que se debe a cambios en los criterios de diagnóstico y diagnósticos más tempranos.

Uno de los principales activos para mejorar la calidad de vida de las personas con TEA son las terapias, no obstante, las terapias clásicas están cada vez más obsoletas y pueden ser monótonas y repetitivas, haciendo que la terapia sea más una obligación, que una oportunidad de mejorar las habilidades, especialmente en los niños. Es por ello que la modernización de las terapias es imperativa, incluyendo las nuevas tecnologías del siglo XXI, de las cuales está tomando gran importancia la gamificación y el uso de la realidad virtual (RV).

La realidad virtual es definida por Grigore C. Burdea como una tecnología que utiliza entornos desarrollados por ordenador para crear una experiencia inmersiva en la que los usuarios pueden interactuar con el entorno mediante gafas RV y controladores, y en la que los entornos pueden imitar al mundo real o ser completamente ficticios, dando una sensación de participación activa [6]. Esta tecnología se encuentra en amplio desarrollo e investigación y, a pesar de ser una tecnología principalmente desarrollada para entornos lúdicos, ha evolucionado hacia aplicaciones en muchos ámbitos de la vida, desde educación [7][8], seguridad [9], medicina [10], y más concretamente dentro de la medicina las terapias para personas con TEA [11], lo veremos con detalle más adelante.

La gamificación consiste en la aplicación de mecánicas de los videojuegos a otros ámbitos no lúdicos, este concepto ha tomado especial relevancia en la educación [12]. Y es en esta unión de gamificación, realidad virtual y terapias para TEA dónde se centra este trabajo, en la continuación de los trabajos expuestos en [13] y [14].

1.2. Objetivos

El videojuego iniciado en [13] y continuado por [14] tenía el principal inconveniente de que estaba diseñado para unas gafas Lenovo Explorer que eran cableadas. En la figura 1 vemos cómo eran estas gafas:



Figura 1: Gafas Lenovo Explorer VR.

El videojuego consistía de forma muy resumida, se expandirá esta explicación más adelante, en dos aplicaciones, una para el terapeuta en la que se podían diseñar salas, incluyendo muebles, objetos y frutas, y otra aplicación donde se ejecutaba la sala y el jugador debía encontrar las frutas, usando unas espadas. Con la ayuda de estudiantes de beca se inició la migración del proyecto a unas gafas Meta Oculus Quest 2. Esta migración estaba incompleta, contenía errores y le faltaban funcionalidades, por lo tanto, el principal objetivo, y del que derivan los demás, es la continuación de la migración añadiendo funcionalidades y solucionando errores del videojuego [13] [14] en Unity, en concreto esta continuación se puede dividir en los siguientes subobjetivos:

- Estudio y comprensión del entorno de desarrollo Unity: Para ello se ha de comprender el lenguaje de programación C++, y el funcionamiento básico de los proyectos de realidad virtual en Unity.
- Comprensión del trabajo previamente realizado: llevando a cabo la lectura de los trabajos previos [13][14] y el estudio del código actual.
- Finalización de la migración de las funcionalidades básicas del trabajo previo a las gafas Meta Oculus Quest 2: Este objetivo consiste en la resolución de errores y bugs encontrados en el proyecto actual que no incluía las funcionalidades de muebles activos y adición de pictogramas como objetos a buscar.

- Inclusión de pictogramas: El juego actual consiste en buscar una serie de frutas en una sala creada por el terapeuta, incluiremos entonces la posibilidad de buscar pictogramas.
- Inclusión de muebles activos: Incluir algunos muebles con la capacidad de ser interactuados, como un armario que se abre o un cajón que se puede sacar.
- Detección y corrección de errores: durante todo el proceso de codificación y pruebas se han de corregir los posibles fallos o bugs que se encuentren en el código.
- Mejora de la calidad visual: Mejorar algunos apartados visuales de la aplicación para que sean más intuitivos y claros.

1.3. Estructura del resto de la memoria

A continuación, en el resto de la memoria se presentan los siguientes temas: Primero, se hablará más detalladamente de los fundamentos teóricos del TEA, de la RV y de la teoría de la gamificación. Después, se hará un repaso del estado del arte, primero con videojuegos en general para distintos tipos de terapias, para luego enfocarse los que son específicamente diseñados para el TEA, terminando con una breve explicación del trabajo previo realizado. Tras el estado del arte, entraremos dentro del diseño y desarrollo de la aplicación, donde veremos los requisitos de usuario, diagramas tanto de flujo como UML y los problemas y soluciones más relevantes. Finalmente, hablaremos del presupuesto, las conclusiones y las líneas futuras. En los anexos encontraremos el manual de usuario de la aplicación, así como una lista de funcionalidades añadidas o cambiadas.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Trastorno del Espectro Autista

2.1.1. Historia

Durante toda la historia tenemos casos de personas con síntomas que definen el autismo, sin embargo, la primera referencia al autismo como término médico aparece en 1911 de la mano del psiquiatra Paul Eugen Bleuler que lo utiliza para describir un síntoma de la esquizofrenia y se traduce del latín como *"encerrado en uno mismo"* [15]. La primera definición del término aparece en 1943 por el psiquiatra Leo Kanner en que en su artículo *"Autistic Disturbances of Affective Contact"*, publicado en la revista *Nervous Child* [16], describió a un grupo de niños que mostraban un conjunto específico de comportamientos, como una profunda falta de interés en las relaciones sociales y una insistencia en la estabilidad del entorno. Kanner lo resume como "la incapacidad para relacionarse de forma normal con personas y situaciones desde el comienzo de sus vidas".

Este estudio impulsó nuevas investigaciones con respecto al autismo, pero no fue hasta 1980 cuando la Asociación Americana de Psiquiatría incluyó por primera vez el autismo en el *"Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM)"*, en su tercera edición [17]. La inclusión oficial del autismo en el DSM proporcionó un reconocimiento formal del trastorno y una serie de criterios específicos para el diagnóstico, lo que propició un diagnóstico más sistemático del trastorno.

Después de este reconocimiento formal surgieron algunos estudios con distintos objetivos: Se buscaba el origen, y aunque hasta el día de hoy sigue sin saberse con total seguridad, se ha establecido un fuerte carácter genético y un desarrollo diferente del cerebro; se investigaba más profundamente el trastorno, identificando más síntomas y afecciones así como posibles tratamientos; se introdujo el término espectro, aludiendo al gran número de síntomas y severidades [18] que se padecen y que no tienen por qué darse a la vez; también se habla de diferentes grados de severidad o afección del trastorno en función de la dependencia que tiene la persona para vivir por sí misma.

Finalmente, en 2013 se publicó la quinta edición del DSM que unificaba las diferentes categorías bajo el término Trastornos del Espectro Autista y establecía unos criterios diagnósticos [19].

2.1.2. Afecciones

Las diferencias en el desarrollo cerebral de las personas con TEA provocan una serie de afecciones que pueden influir negativamente en distintos ámbitos de la vida diaria, haciendo que las personas que lo padecen no puedan tener un desarrollo íntegro y reduciendo el nivel

de la calidad de vida de las mismas. Las principales afecciones de las personas con autismo son:

1. **Dificultades en la comunicación e interacción social:** Dificultades para entender y emplear la comunicación verbal y no verbal, esto se traduce en problemas para entablar conversaciones, entender el sarcasmo o captar señales sociales implícitas. También tienen dificultades a la hora de formar relaciones, interpretar las emociones de los demás y participar en juegos de forma colaborativa.
2. **Comportamientos repetitivos e intereses restringidos:** Las personas con TEA suelen presentar alteraciones como aletear las manos, intereses intensos y específicos y seguir rutinas estrictas
3. **Sensibilidad sensorial:** Esta alteración consiste en diferencias en la sensibilidad en alguno de los cinco sentidos, pudiendo ser muy sensibles o extremadamente insensibles.
4. **Teoría de la Mente (ToM) y desarrollo cognitivo:** Las personas con TEA a menudo tienen dificultades significativas con la teoría de la mente, es decir, la capacidad de comprender y atribuir estados mentales a uno mismo y a los demás. Esto afecta su capacidad para interpretar y predecir el comportamiento de los demás [20]. Además, en su desarrollo cognitivo pueden tener diferentes niveles intelectuales, donde destaca el pensamiento por imágenes o pensamiento visual [21].
5. **Problemas de comportamiento:** Estos incluyen agresividad, autoagresión o problemas para regular las emociones
6. **Dificultades de coordinación y motricidad:** Incluye problemas con habilidades motoras finas y gruesas.
7. **Alteraciones en la función ejecutiva:** Dificultades para planear y ejecutar tareas.

2.1.3. Tratamiento

No se ha encontrado todavía una cura para el TEA, ni existe medicación para paliar los síntomas del mismo, sin embargo, se ha demostrado que un pronto diagnóstico y tratamiento beneficia enormemente la gravedad de los síntomas y aumenta la calidad de vida de las personas en el futuro [22]. Para conseguir que estas terapias funcionen los tratamientos deben ser individualizados, de acuerdo al nivel de desarrollo de los pacientes e intensivos, es decir, no deben ser puntuales o esporádicos, además de estar acompañados de criterios de evaluación para ponderar el rendimiento de los mismos [23]. Por último, deben tener un respaldo de investigaciones científicas rigurosas.

Las terapias del TEA se pueden dividir en los siguientes tipos según su área de enfoque:

- Terapias de análisis del comportamiento aplicado (ABA): Enfocada en mejorar los comportamientos específicos mediante el refuerzo positivo.
- Terapia Ocupacional: Mejora de las habilidades motoras y de coordinación. En la figura 2 vemos como mediante pictogramas se enseña a practicar habilidades motoras finas como atarse los cordones.

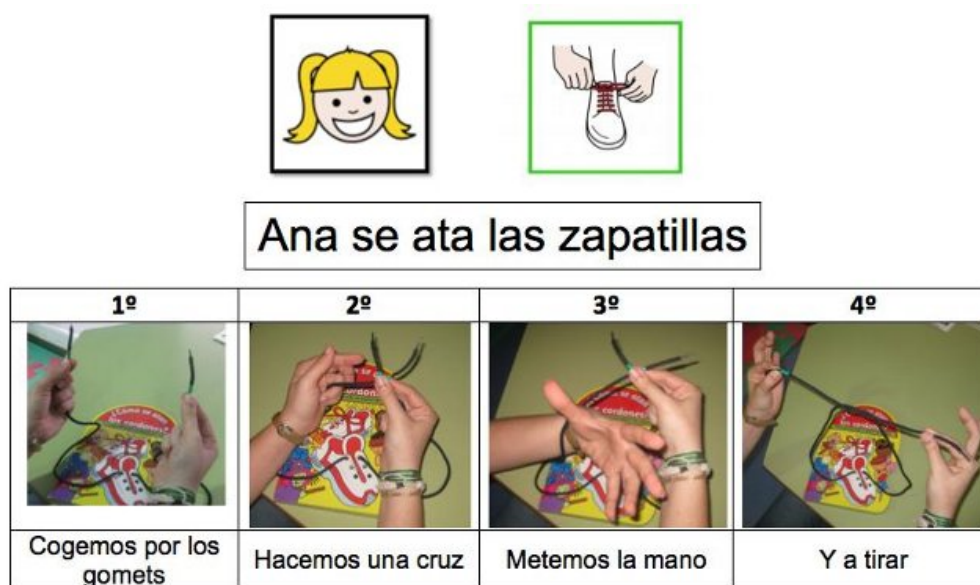


Figura 2: Ejemplo de terapia ocupacional mediante pictogramas.

- Terapia del Habla y Lenguaje: mejora de las habilidades de comunicación verbal y no verbal.
- Terapias basadas en el desarrollo: Combinan principio de ABA con enfoques hacia el desarrollo cognitivo y relaciones personales.
- Terapia Cognitivo-Conductual(TCC): Intervención psicológica enfocada en cambiar patrones de pensamiento y comportamiento.

2.2. Realidad Virtual

La realidad virtual (RV) es una tecnología que permite crear entornos simulados en los que los usuarios pueden interactuar de manera inmersiva. A lo largo de las décadas, la RV ha evolucionado significativamente, desde conceptos básicos hasta sistemas avanzados que se utilizan en diversas aplicaciones, como la medicina, la educación, el entretenimiento, entre otras.

2.2.1. Historia

Las primeras tecnologías inmersivas pueden encontrarse en 1962 con un dispositivo llamado "Sensorama" que juntaba imágenes en 3D, sonidos, vibraciones y olores para ofrecer una experiencia inmersiva. Este dispositivo sentó las bases para futuras tecnologías [24]. En la figura 3 podemos observar cómo era la máquina inmersiva.



Figura 3: Máquina conocida como "Sensorama", el antecedente de la RV.

El término realidad virtual fue usado por primera vez por Jaron Lanier en la década de los 80, que fundó una de las primeras empresas de productos RV. Durante los próximos 20 años la realidad virtual evolucionó lentamente con intentos de grandes empresas de llevarla al mercado masivo, como Sega o Nintendo.

No fue hasta 2010 que, con los avances tecnológicos y una gran inversión, la RV experimentó un resurgimiento significativo. Uno de los puntos clave fue la fundación de Oculus VR, que tuvo una gran acogida entre el público y que Facebook compró por 2.000 millones de dólares en 2014, haciendo una gran apuesta por la tecnología. Esto dio pie al desarrollo de RV por parte de otras empresas grandes del momento como Sony o HTC. En la figura 4 podemos observar el prototipo de las gafas Oculus Rift, diseñadas por Oculus VR y que motivaron la compra de esta compañía por parte de Facebook.

La evolución continua de la tecnología de realidad virtual promete aún más innovaciones en el futuro. Con avances en áreas como la inteligencia artificial, la realidad aumentada y las interfaces cerebro-computadora, la RV está posicionada como una de las principales tecnologías para cambiar nuestra forma de interactuar con el mundo digital [25].



Figura 4: Prototipo de las gafas Oculus Rift.

2.2.2. Problemas y Aplicaciones

Hoy en día la RV se basa en unas gafas con una pantalla integrada que recrean un escenario en tres dimensiones, dando la impresión de estar dentro del mismo, además, son capaces de detectar el movimiento del jugador mediante sensores. Estos escenarios suelen ser interactivos mediante mandos en las manos que simulan acciones como cerrar la mano. Además, los mandos suelen tener algún tipo de realimentación como vibraciones para comunicarse con el jugador, indicando, por ejemplo, que ha cogido algún objeto.

A pesar de los grandes avances que ha tenido la RV, especialmente en los últimos años, existen todavía algunos desafíos a los que se enfrenta la realidad virtual [25]:

- **Costo y Accesibilidad:** Actualmente, los precios de los dispositivos RV de alta calidad tienen un precio elevado y no accesible para muchas personas.
- **Salud y Seguridad:** La cinetosis o mareo por movimiento es una patología que se produce debido a la diferencia entre lo que captan los ojos y lo que capta el oído interno y produce mareos, náuseas y desorientación [26]. Además, no deja de ser una pantalla, lo que puede producir fatiga visual y daños a largo plazo en la vista.
- **Interacción y Realismo:** A pesar de la gran calidad actual de los avances en tecnologías 3D y de monitores, los entornos siguen siendo poco realistas y son fácilmente diferenciables de la realidad. Además, los controles, que suelen ser mandos en las manos, en ocasiones son poco precisos y poco intuitivos de utilizar.
- **Otros:** Otros problemas que podemos encontrar son: el costo del desarrollo de videojuegos, las necesidades técnicas y complejidad para el mismo, la variedad y calidad

del contenido y la inclusión, pues muchas de estas aplicaciones no están desarrolladas teniendo en cuenta las necesidades de personas con discapacidades físicas.

Los usos que tiene la realidad virtual, a pesar de estos desafíos a los que se enfrenta, son muy variados:

- **Uso militar:** Para simular el pilotaje de aeronaves, barcos o submarinos, de forma que sirva como entrenamiento. También para simular situaciones en el campo de batalla.
- **Educación:** Haciendo uso de la gamificación, que veremos más adelante, se puede trabajar en diferentes tipos de asignaturas de la educación con RV.
- **Salud:** Desde la recreación de modelos en 3D, apoyados por otras técnicas, hasta la realización de operaciones a distancia.
- **Diseño:** La posibilidad que ofrece de ver diseños en 3D de una forma inmersiva es una gran ventaja para cualquier área del diseño, desde el diseño de interiores hasta diseño de coches de carreras.

Otro de los usos que tiene es la ayuda en el desarrollo de terapias para personas con TEA: el hecho de ser un entorno completamente controlado y personalizado hace que las personas con TEA tengan más fácil acostumbrarse a estas situaciones, ya que son predictivas.

2.3. Teoría de la gamificación y juegos serios

2.3.1. Teoría de la gamificación

La gamificación (del inglés, "*gamification*") consiste en la aplicación de elementos y principios de diseño de juegos en contextos no lúdicos para mejorar la participación y motivación. Aunque esta práctica ha existido durante mucho tiempo, el término gamificación en sí se popularizó en la década de 2010, cuando con los avances de los videojuegos se empezó a aplicar esta técnica cada vez más [27].

Las mecánicas de los juegos tienen una influencia psicológica en las personas, que fomenta que se lo pasen bien. Las más destacadas son [28] [29]:

- **Puntos:** Proporcionan una medida tangible del progreso y estimulan al usuario mediante refuerzo positivo por hacer las cosas bien. De forma inversa también podemos hablar de castigos, cuando se hace mal algo de forma que se pierda parte de los puntos o se quite alguna ventaja.
- **Rankings:** Fomentan la competitividad y obligan al usuario a esforzarse más para llegar a puestos más altos.

- **Insignias:** Dan una distinción al haber logrado un hito
- **Otros:** Existen más mecánicas como, por ejemplo: la personalización de avatares, haciendo que el usuario esté más conectado con el jugador virtual; niveles, que son otra forma de medir el progreso y dar *status* a los jugadores; narrativa, dando una motivación para realizar el trabajo, contando una historia; entre otras.

2.3.2. Juegos Serios

Los juegos serios son una parte de la gamificación que consiste en el diseño de un juego, videojuego usualmente, cuyo fin no es lúdico. La principal diferencia con usar juegos existentes es que se puede afinar perfectamente el diseño del juego a las características necesarias que se buscan. Estos juegos, al igual que en la gamificación, se pueden aplicar a muchos ámbitos, aunque hoy en día se usan especialmente en la educación [12]. Uno de los principales ejemplos es el *Minecraft: Education Edition* que, aunque el juego original sí que tiene fin lúdico, esta versión fue diseñada para usarse en el ámbito de la educación y se pueden aprender materias, desde las matemáticas hasta historia: en la figura 5 podemos ver un ejemplo de cómo se usa este juego para enseñar química. En resumen, un juego serio es todo aquel juego cuyo objetivo de diseño es otro distinto del lúdico, como puede ser la educación, el entrenamiento militar o la salud.

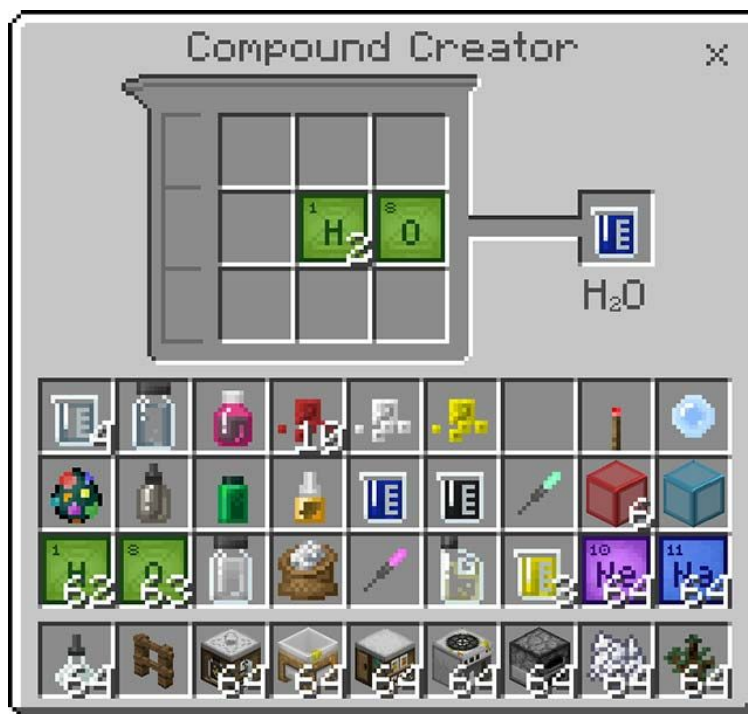


Figura 5: Ejemplo de uso de Minecraft: Education Edition para enseñar química.

2.3 Teoría de la gamificación y juegos serios

En el ámbito que nos ocupa, las terapias para personas con TEA, este tipo de juegos son especialmente interesantes, ya que muchas veces debido a las afecciones que presentan, las personas con TEA tienen muchas restricciones a la hora de ser introducidos entornos nuevos y el nivel de personalización que ofrecen los juegos serios los hacen una alternativa perfecta para esta aplicación de la gamificación.

3. Estado del arte

3.1. Realidad Virtual en terapias generales

Dentro de las terapias, el uso de la RV está cada vez más extendido, usándose en diferentes áreas, muchas de ellas relacionadas con la salud y, especialmente, las terapias. Para contextualizar esta diversidad de aplicaciones se darán algunos ejemplos de desarrollos en los últimos 10 años:

- **Tratamiento de las fobias:** Uno de los primeros usos que se le dio a la realidad virtual en las terapias fue en el tratamiento de las fobias, porque se puede controlar perfectamente el nivel de exposición y obtener *feedback* instantáneo. En este estudio [30] se hace una revisión de varios artículos relacionados con el uso de RV para tratar fobias como el miedo a volar, la agarofobia o la acrofobia, concluyendo que el uso de RV es un mecanismo que ayuda a conseguir resultados en este tratamiento. En España la empresa Virtualware [31] ha creado una plataforma llamada VirtualRet para tratar la fobia a volar: en la figura 6 podemos ver a una persona probando la plataforma, que simula estar en un avión.



Figura 6: VirtualRet, plataforma desarrollada por Virtualware.

- **Rehabilitación neurológica:** En este estudio [32] se habla de cómo usar la RV para terapias de rehabilitación a distancia de personas que han sufrido algún tipo de accidente cardiovascular que ha afectado a alguna función motora y de equilibrio: el principal beneficio que aporta es económico, además de que entre los pacientes era más aceptado el método usando RV. En la figura 7 vemos un ejemplo de una imagen tomada del artículo, donde se están practicando terapias para el equilibrio, en la clínica (A), y a distancia (B).

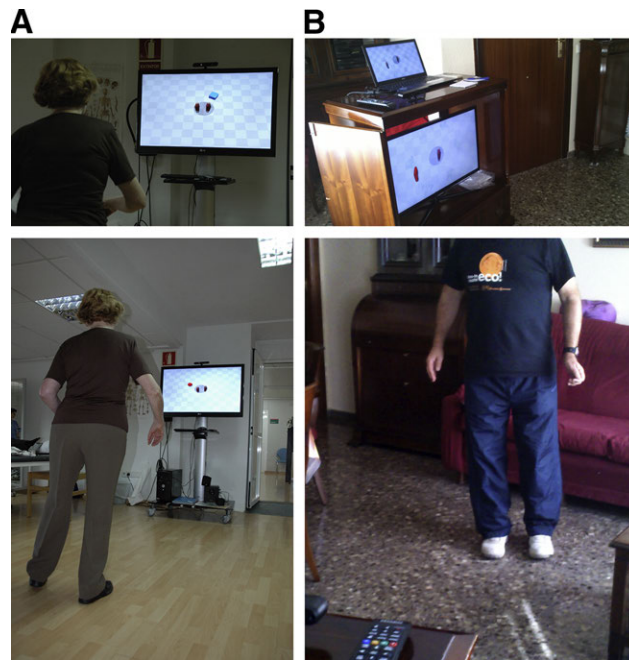


Figura 7: Terapia de rehabilitación para el equilibrio, A paciente en la clínica, B paciente a distancia.

- **Tratamiento de Trastornos de ansiedad y Estrés Post-Traumático (TEPT):** En este artículo [33] se hace una revisión de varios estudios que utilizan la realidad virtual para estos tratamientos que, aunque son parecidos a las fobias, tienen un trastorno psicológico completamente distinto. En la figura 8 se puede ver a un paciente recibiendo tratamiento para el TEPT, sacada de uno de los estudios mencionados en el artículo.



Figura 8: Ejemplo de paciente sometido a terapia para el TEPT.

Algo a destacar de, en general, todos los estudios es la necesidad de llevar a cabo más investigaciones en este ámbito, ya que se intuye un claro potencial de la RV, pero la falta de datos concluyentes y demás investigaciones hacen muy complejo que se pueda notar una diferencia con las terapias tradicionales.

3.2. Realidad Virtual aplicada a terapias de TEA

Algunas de las aplicaciones más importantes y destacadas en el mundo de la RV aplicado a terapias para el TEA son:

- Floreo:** Es una plataforma de RV diseñada para enseñar habilidades sociales y de comunicación a niños con TEA. Utiliza entornos virtuales para crear situaciones sociales realistas en las que los usuarios pueden practicar interacciones sociales en un entorno seguro y controlado. Se basa en lecciones guiadas y tiene la posibilidad de personalización por parte del terapeuta [34]. En la figura 9 vemos un ejemplo de la aplicación simulando la interacción social de que un policía te pare por la calle.



Figura 9: Ejemplo de terapia para practicar habilidades sociales con Floreo.

- Empowered Brain's Face2Face module:** Este videojuego se centra en mantener el contacto visual con las personas, además, usa gamificación. Está diseñado para unas gafas de realidad mixta, esto quiere decir que superponen objetos en 3D en el ambiente real. En la figura 10 tenemos un ejemplo del funcionamiento de la aplicación: Cuando

3.2 Realidad Virtual aplicada a terapias de TEA

se detecta una cara (A) empieza una barra de progreso mientras se mantenga contacto, a la vez que se van ganando puntos (B), cuando se completa esta barra se le superpone una máscara a la persona como recompensa, además de obtener una estrella (C). Tras unos segundos, desaparece la máscara y aparece de nuevo la barra de progreso, como si hubiera varios niveles (D) [35].

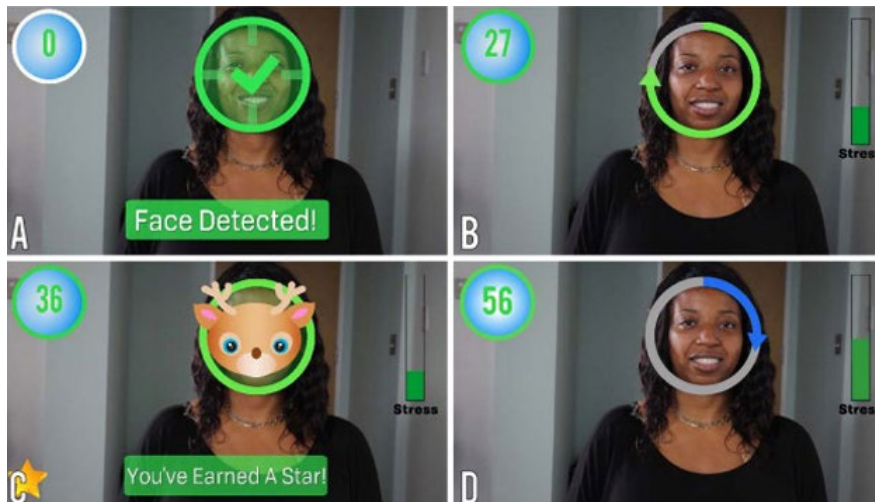


Figura 10: Ejemplo de terapia para practicar el contacto visual.

- **RehabNet VR:** RehabNet VR es una plataforma de realidad virtual utilizada para la rehabilitación cognitiva y el desarrollo de habilidades en personas con TEA. Se centra en mejorar las habilidades motoras y la coordinación, así como en proporcionar herramientas para la regulación emocional [36]. En la figura 11 se muestra un ejemplo de la pantalla de control que vería el terapeuta o psicólogo durante el tratamiento, donde puede recolectar diferentes datos e ir modificando el escenario.

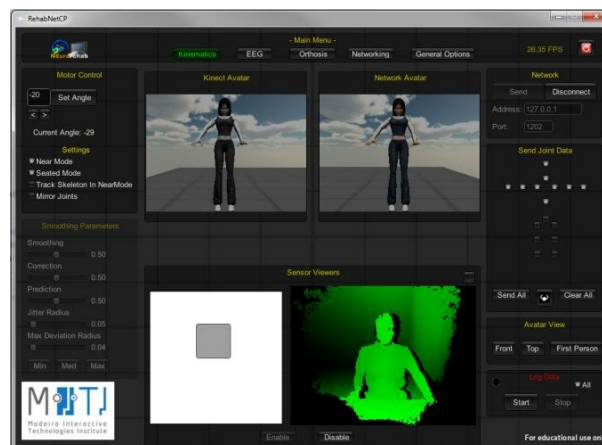


Figura 11: Panel de control de la aplicación RehabNet durante un tratamiento.

- **VR-EAL:** Esta plataforma de realidad virtual usa un sistema inmersivo de cuatro pantallas para presentar a niños con distintos escenarios de forma que puedan realizar terapias variadas. En el estudio llevado a cabo en [37], donde se desarrolló este proyecto, se hicieron pruebas con niños en transición de escuela infantil a primaria. Los resultados preliminares apuntaban a que estos niños habían mejorado en: detección de emociones, expresión de afecto y relaciones sociales. En la figura 12 tenemos un ejemplo del funcionamiento de la aplicación: en el escenario (a) están practicando las interacciones sociales y las funciones ejecutivas, y en el escenario (b) están realizando terapia para practicar la autoexpresión, la relajación y la superación.

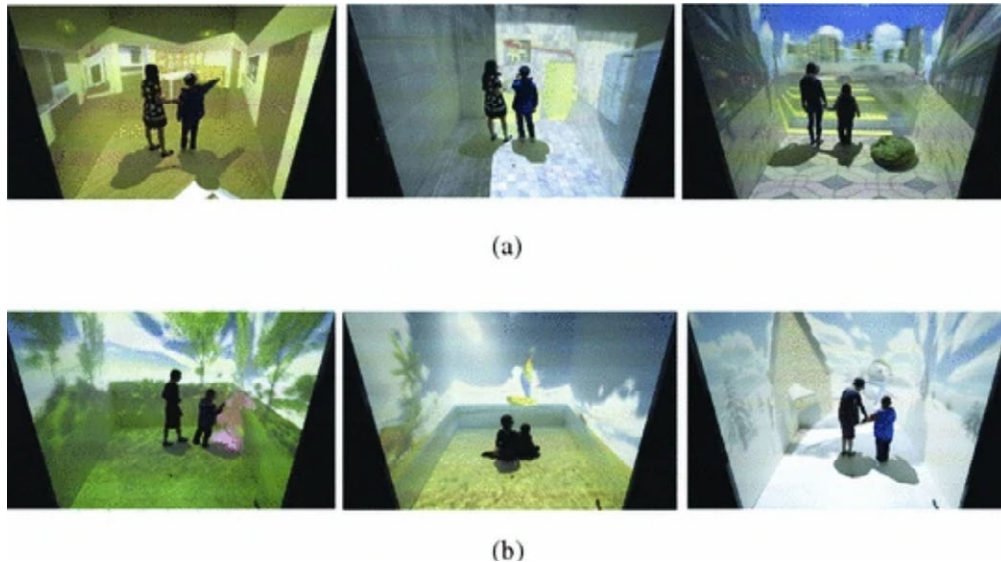


Figura 12: Ejemplo de la aplicación VR-EAL. Escenario (a): terapias para practicar las habilidades sociales y ejecutivas. Escenario (b): terapias para practicar la autoexpresión y relajación.

- **Proyecto EVE:** Son una serie de trabajos que se desarrollaron en España para la creación de entornos virtuales mediante pantallas, como el visto en el anterior ejemplo, en lugar de mediante gafas. En este estudio [38] realizan tratamientos para mejorar las habilidades emocionales de niños con TEA, en la figura 13 se observa un ejemplo, en este caso la inmersión se realizaba mediante solo 2 pantallas.



Figura 13: Ejemplo de la aplicación del estudio [38] en una terapia inmersiva mediante dos pantallas.

3.3. Trabajo previo

El juego serio desde el que se parte ha sido desarrollado en [13] y [14]: se trata de un juego de búsqueda de frutas en una habitación diseñada por el terapeuta. Uno de los principales problemas que tenía es que su diseño era para unas gafas de RV cableadas, por lo que se propuso el cambio a unas gafas de RV inalámbricas, las Meta Oculus Quest 2. El juego consta de dos aplicaciones: una del terapeuta dónde se diseñan las salas y una de cliente donde se ejecuta el juego.

En la aplicación del terapeuta encontramos las siguientes funcionalidades básicas: crear salas, modificar salas, iniciar el juego y ver los *rankings*. Dentro de la creación y edición de salas, cada sala puede ser de tamaño máximo 10x10 m y en ella se pueden cambiar las texturas del suelo y pared, añadir muebles, objetos distractores y frutas, que pueden tener que ser recogidas en orden o no, además de que se pueden poner frutas distractoras que no haya que coger. También se puede añadir una pizarra en la que se mostrarán las frutas a buscar dentro de la sala. Cuando se crea o modifica una sala se guarda en una BD local. En cuanto a los *rankings* se guardan también en esta base de datos y se recuperan de ella cuando el terapeuta quiere verlos. Esta aplicación alberga un servidor TCP que se usa para comunicarse con la aplicación del cliente, enviándole los datos de la sala a través de este y recibiendo las frutas recogidas una vez que el juego esté en marcha. En la figura 14 podemos ver la parte de la creación y edición de salas donde el terapeuta elige las frutas que va a poner, si se recogen o no en orden y dicho orden.

En la parte del cliente se cuenta con un par de espadas o varitas que se colocan en las manos de forma automática. Usando el cliente TCP se comunican con el servidor para recibir

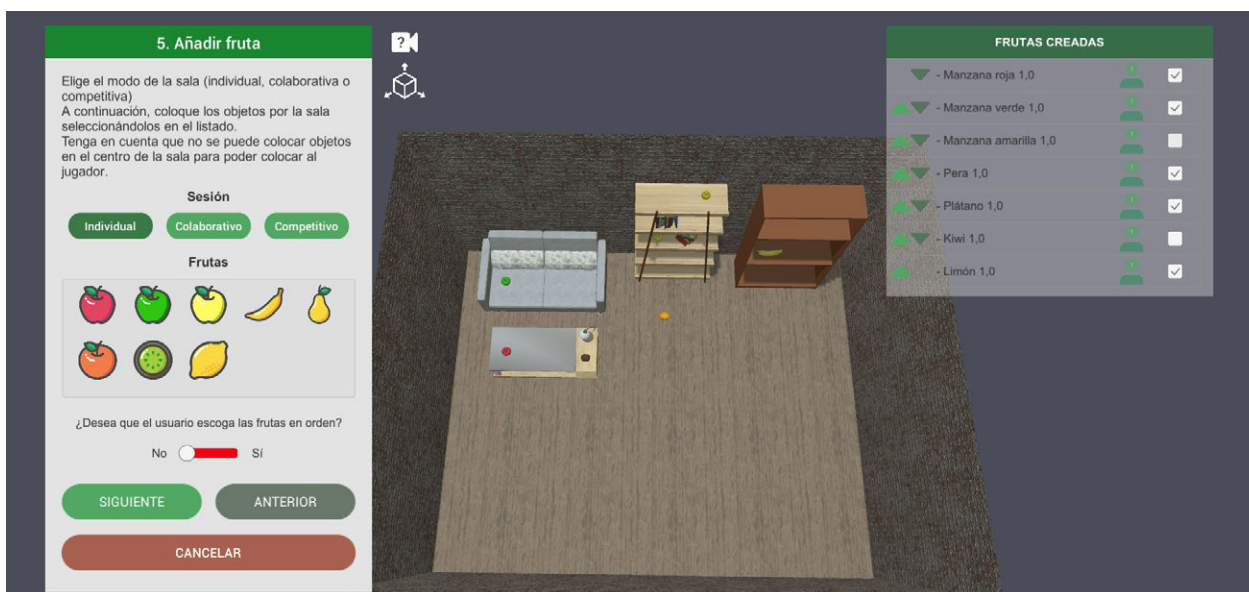


Figura 14: Colocación de frutas por parte del terapeuta.

los datos de la sala que se va a jugar y tras cargarla esperan un mensaje para iniciar. Una vez iniciada, el jugador puede moverse por la sala y buscar y pinchar en todas las frutas que veamos en la pizarra o que nos indique el terapeuta. Cada vez que pinchemos una fruta recibiremos *feedback* inmediato para saber si era la correcta. Tras haber tocado todas las frutas pertinentes, el juego se dará por finalizado, apareciendo una pantalla final con un pictograma de "Gracias". En la figura 15 vemos un ejemplo de cuál sería el *feedback* si al seleccionar una fruta no es la correcta.



Figura 15: *Feedback* negativo al recoger una fruta errónea.

La versión para las gafas cableadas, las Lenovo Explorer, desarrollada en [13] y completada en [14], tenían una versión rudimentaria de los muebles activos y de los pictogramas. En este trabajo se van a añadir y mejorar estas funcionalidades en la versión para las Oculus, a la vez que se van a corregir los fallos existentes en la aplicación. El código del que se parte, por tanto, es una versión para las Oculus con las funcionalidades anteriormente expuestas y una versión muy rudimentaria en de los muebles activos y pictogramas desarrollada para las Lenovo Explorer.

Como hemos visto en las anteriores subsecciones, la mayoría de los videojuegos están diseñados para tratar un aspecto concreto del autismo (interacciones sociales rápidas en la calle, mantener la mirada, salas de espera, etc.), otros tienen un catálogo de diferentes actividades, pero que está limitado a estas mismas. Sin embargo, con esta aplicación el terapeuta es capaz de incidir en casi cualquier afección del TEA. Con la variedad de posibles diseños de salas se pueden crear terapias enfocadas a muchos ámbitos del TEA y en distinto grado. Es decir, el nivel de personalización que ofrece esta aplicación es altísimo.

Además, con la mejora que se va a introducir con los muebles activos, se aporta un grado de dinamismo, complejidad y variabilidad. Por otro lado, los pictogramas llevan al extremo el nivel de personalización, ya que estos los elige o diseña el propio terapeuta, pudiendo poner, por ejemplo, imágenes de personas u objetos conocidos por el jugador. En definitiva, este proyecto destaca por el hecho de que el entorno donde se van a realizar las terapias es totalmente personalizable, y por tener un catálogo ampliable.

4. Diseño y desarrollo de la aplicación

4.1. Requisitos de usuario

Partiendo de la aplicación existente estos son los requisitos que se añadieron o cambiaron como funcionalidades o elementos dentro de la aplicación, divididos en aplicación de cliente y aplicación de servidor (terapeuta):

■ Aplicación del terapeuta:

1. Aplicación sin fallos: Este era el requisito más importante y que más tiempo llevó.
2. En el apartado de crear o editar sala: los muebles, objetos, frutas y pictogramas deben poder ser modificados en tamaño y orientación, dando giros de 90°.
3. Se dispondrá de 3 muebles activos.
4. Los muebles activos dispondrán de una pieza distintiva que indique que pueden moverse.
5. Los muebles activos deben poder abrirse y cerrarse.
6. Las animaciones de los muebles activos deberán ser inmediatas tras tocar en la pieza distintiva.
7. Ahora las frutas no tienen 3 tamaños predeterminados, sino que se puede modificar su tamaño poco a poco y en vez de aparecer con el texto "Grande", "Mediano", "Pequeño", aparecerá con un multiplicador con el tamaño respecto al original, por ejemplo, "x1.3".
8. En el apartado de crear y editar debe aparecer una nueva fase en la que se da la posibilidad de añadir pictogramas.
9. Los pictogramas deben poder ser elegidos por el terapeuta, añadiéndolos a una carpeta estipulada y con la posibilidad de ordenarlos en subcarpetas, de máximo un nivel.
10. En los pictogramas, además de modificar el tamaño y la orientación, también se podrá modificar la altura de posicionamiento.
11. Se debe poder elegir si los pictogramas deben ser recogidos en orden o no.
12. Se podrán añadir pictogramas que no haya que recoger.
13. A la hora de editar sala: se dará la opción de editar una sala o crear una nueva sala a partir de otra. Con la primera opción se recuperarán texturas de la pared y suelo, muebles, frutas y pictogramas que había en la sala, y con la segunda las frutas o pictogramas no aparecerán.
14. En la edición de salas se recuperará el orden de las frutas y pictogramas y la elección del terapeuta de la recogida o no en orden.

15. Al crear o editar una sala se podrá cambiar el tamaño anteriormente elegido.
16. El jugador siempre se colocará en el medio, evitando que cualquier mueble, objeto o fruta se coloque en el centro en un radio de 30 cm.
17. En la parte de iniciar sala o ver *rankings* las salas existentes en la BD deben de ser mostradas en orden alfabético.
18. El aspecto gráfico de la aplicación deberá ser más amigable e intuitivo.

■ Aplicación del cliente

1. La pantalla final de gracias aparecerá más lejos y se difuminará poco a poco.
2. Las espadas deben ser más cortas y parecer que están siendo agarradas por nuestra mano.
3. En la pizarra los pictogramas se podrán poner con un pictograma genérico o el real en miniatura.
4. Al pinchar en un objeto seleccionable aparecerá de forma inmediata un *feedback*, consistiendo en un *tick* en el caso de que sea correcto o una equis en el caso de que no lo sea, está acompañado de una pequeña animación de partículas, tras terminar la animación el objeto desaparecerá en el caso de que sea correcto. Estas animaciones de *feedback* serán más cortas.

Todos estos cambios o nuevas funcionalidades se traducen en modificaciones en las aplicaciones del terapeuta y el cliente. En el Anexo se encuentra una lista completa de los cambios realizados en las aplicaciones, ya sea por errores corregidos o por actualizaciones en las funcionalidades.

4.2. Desarrollo de nuevos elementos

Los nuevos elementos que se desarrollaron fueron 3 muebles activos y los pictogramas. Empezando por los muebles activos:

- Barril: Este barril consta de dos piezas diseñadas en [14]. El cuerpo y una tapa, la animación que se realiza consiste en que la tapa se levanta, luego se desplaza hacia un lado y finalmente baja mientras que rota, dejándose apoyada en uno de los lados del barril. La parte de la tapa dispone de un pequeño círculo o pieza plateada, del mismo color que la varita, esa es la zona en la que hay que pinchar para empezar la animación del barril. En la figura 16 podemos ver como es el diseño del barril con la tapa cerrada, en esta se aprecia este círculo de color plateado que actúa como *trigger* para abrir el barril. Y como quedaría una vez abierto, con la tapa apoyada en el suelo junto a él.

Estas animaciones se diseñan con Unity y consisten en máquinas de estados. En este caso y en el de todos los muebles se trata de una máquina con 3 estados: Idle, este es el



Figura 16: Diseño del barril cerrado y el barril abierto.

estado por defecto, se pasa al estado Abierto cuando se toca la zona plateada; Abierto, cuando se entra en este estado se realiza la animación de abrir el barril, una vez que termina la animación si se vuelve a tocar la zona plateada se pasa al estado Cerrado; Cerrado, en este estado se realiza la animación de cerrar el barril y automáticamente se pasa al estado Idle. Estas animaciones se repiten de la misma forma para los tres muebles activos. En la figura 17 se ve como queda la máquina de estados de una de las puertas del armario, ya que como hemos dicho, los estados de los muebles activos son siempre los mismos. El diseño de estas animaciones estaba hecho también por [14],

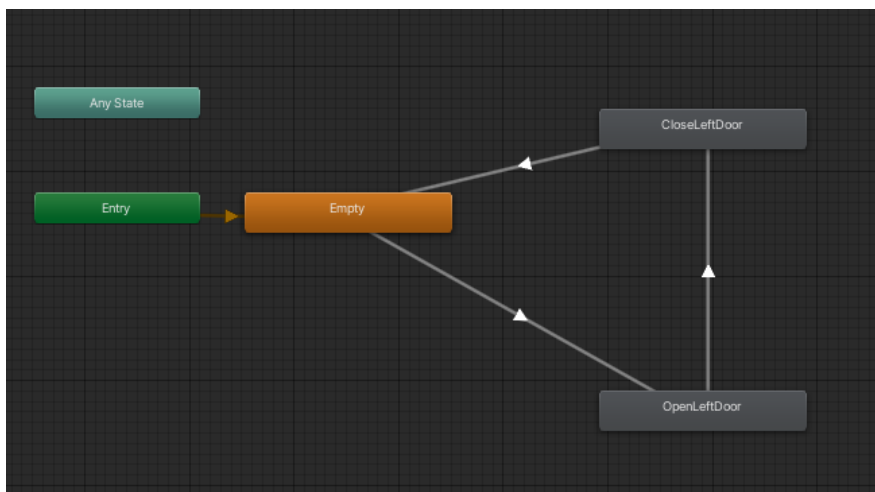


Figura 17: Máquina de estados de la animación de la puerta izquierda del armario.

no obstante, por incompatibilidad de versiones se volvieron a hacer las animaciones, además de que se les introdujeron cambios como la velocidad o el trayecto, incluso en

algunas, como el armario, se cambiaron completamente.

- Armario: Este armario contaba en un principio según el diseño en [14] con una caja, unas baldas, dos puertas y dos manillares, sin embargo, por problemas en la animación se decidió cambiar el tipo de armario a corredero, por lo tanto, se eliminaron los manillares y se cambiaron las puertas, de forma que, ahora disponen en uno de sus extremos de una zona plateada, esta zona representa distingue a los muebles que son activos y, además, es la zona que hay que pinchar con las varitas para hacer la animación. Se cambió el diseño para que las puertas estuvieran una en frente de la otra y se realizó una animación, de forma que, al abrir la puerta más interior esta no quedara completamente abierta, sino que sobresaliera un trozo para que fuera más fácil volver a pinchar en la zona plateada para cerrarla. En la figura 18 se aprecia como queda el armario una vez abierto, con la zona metálica sobresaliendo un poco para que se pueda cerrar con más facilidad.

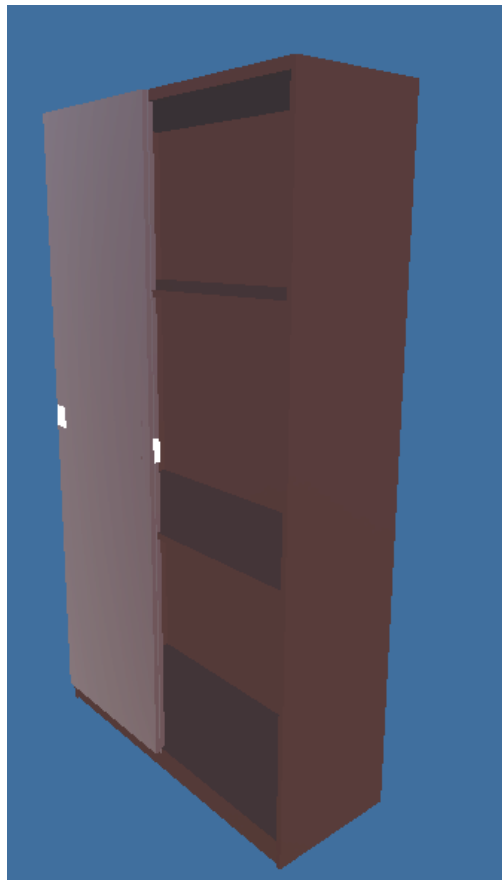
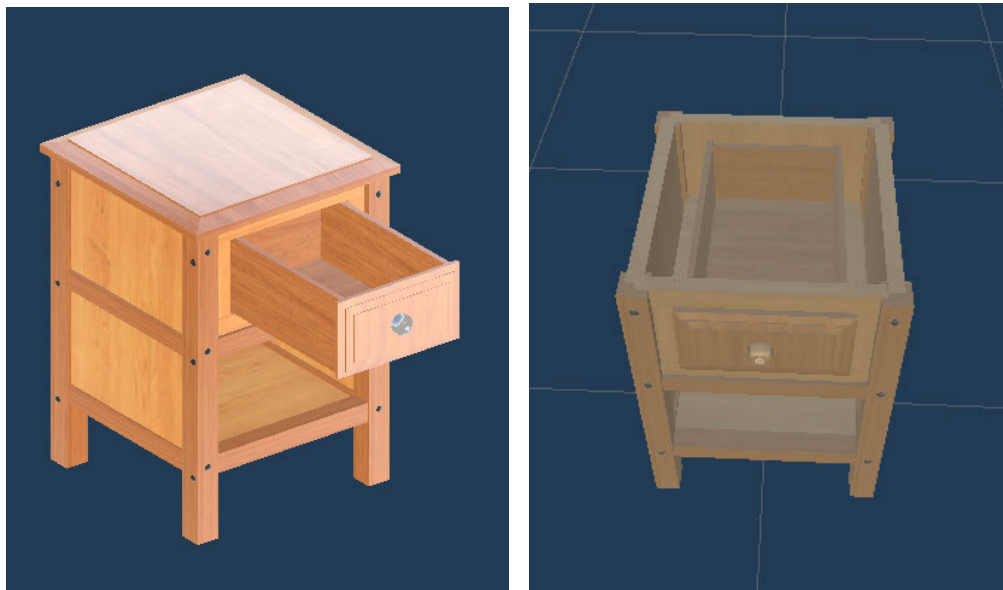


Figura 18: Armario corredero abierto.

- Mesilla: Se trata de una mesilla de noche con un cajón en su interior. Esta mesa no se llegó a implementar anteriormente, su problema era que los objetos de dentro se tenían que mover con ella. Para solucionarlo se realizó una comprobación de las colisiones

de otros objetos con la base del cajón, de forma que, si algún objeto que no fuera otra parte del mueble está colisionando con la base, este objeto se hace hijo del cajón. Esto en Unity, o en general en cualquier motor 3D, lo que hace es que la posición del objeto hijo se vuelve relativa a la del padre, no al centro del mundo virtual, de esta manera al realizar la animación de abrir el cajón, el objeto que está dentro se movería al compás del cajón. La zona en la que habrá que pinchar y que es de color plateado será el manillar del cajón. En la figura 19a podemos ver cómo queda la mesilla una vez que se ha abierto el cajón, con el manillar plateado. Otro de los problemas era que el terapeuta debía colocar los objetos en su posición original, es decir, dentro del cajón. Para solucionarlo se decidió quitar la parte superior del objeto en la aplicación del terapeuta para poder colocar los objetos, en la figura 19b vemos como queda en la aplicación del terapeuta.



(a) Mesilla de noche con el cajón abierto. (b) Mesilla de noche en la aplicación del terapeuta.

Figura 19: Mesilla de noche.

En cuanto a los pictogramas: al llegar a la fase de elección del pictograma se buscarán y cargarán por defecto los existentes en la carpeta establecida, además, se crearán las texturas necesarias con dichos pictogramas para ponerlas en el marco. En la pantalla del terapeuta aparece un seleccionable para elegir la subcarpeta que desea cargar en el caso de que las halla, así el terapeuta podrá tener los pictogramas organizados en subcarpetas, pero solo en un nivel. Cuando se seleccione uno se creará un nuevo objeto de marco, se le asignará la textura seleccionada y el nombre del pictograma. En el momento de guardar la sala solo se guardará el nombre de los pictogramas utilizados, en ningún momento se guardarán las propias imágenes

4.2 Desarrollo de nuevos elementos

en la BD. Además, se podrá elegir el orden de búsqueda de estos pictogramas y puede haber algunos que no haya que buscarlos, estos pueden servir como pistas de que es lo que hay que hacer en esa sala. Por ejemplo, en una sala en la que haya que buscar plátanos se puede poner un pictograma que signifique "Buscar" al lado de uno con un plátano, de forma que el jugador entienda que tiene que buscar los plátanos sin tener que recibir instrucciones del terapeuta. En la figura 20 vemos como se ha diseñado esta fase de elección de pictogramas, con el desplegable para elegir carpetas en la izquierda, que por defecto está en "root", seguido de los pictogramas que hay en la carpeta seleccionada y de la elección del orden. En la parte derecha tenemos una ventana donde podemos ordenarlos usando las flechas y elegir si se recogen o no usando las *checkbox*.

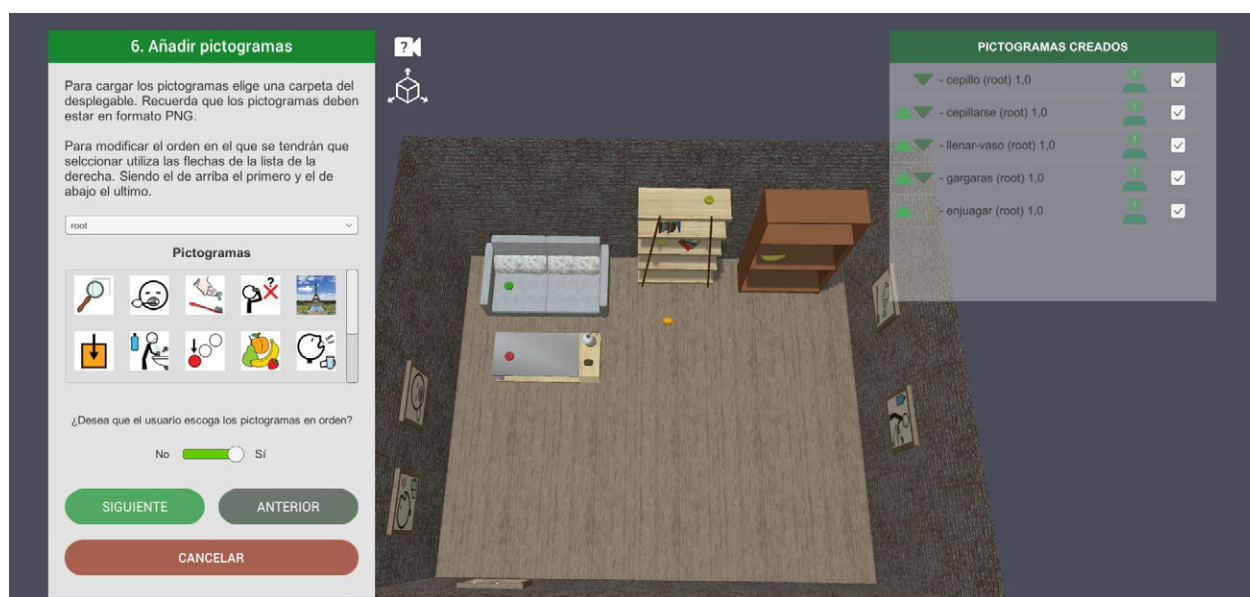


Figura 20: Fase de elección de pictogramas en la creación o edición de una sala.

En cuanto a la parte del cliente, esta recibirá los nombres de los pictogramas a través del servidor usado para la comunicación, creando cada marco, pero sin asignar de momento ninguna textura. Una vez que todos los nombres hayan sido recibidos, pedirá al servidor que mande los mapas de bits que representan cada imagen a través de un túnel TCP/IP, entonces creará la textura y se la asignará al marco con el nombre de la imagen. Para seleccionarlos funcionan exactamente igual que las frutas, teniendo el *feedback* del *tick* verde o equis roja y las partículas. En la figura 21 podemos ver como quedaría un pictograma dentro del juego, en este caso simbolizando enjuagarse la boca.

Estos son los elementos nuevos que se han añadido, basándose en el trabajo de [14], aunque con bastantes modificaciones. Como ya se ha comentado antes, en el anexo hay una lista con todos los cambios añadidos.



Figura 21: Pictograma "Enjuagarse" en la aplicación del cliente, dentro del juego.

4.3. Casos de uso

Un caso de uso detalla cómo un usuario interactúa con un sistema para lograr un objetivo específico. En toda la aplicación podemos encontrar muchos casos de uso, los principales descritos en [13], en este apartado se hablará de los modificados o añadidos. En el Anexo se puede encontrar un manual de usuario con el funcionamiento de toda la aplicación, explicado de forma más extensa y con ejemplos.

■ Crear Sala

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: Un terapeuta quiere crear una sala.
3. Descripción: Desde la pantalla principal el terapeuta presiona el botón de Crear Sala, aparece una ventana emergente que le pide el nombre de la sala, tras introducirlo y darle a continuar aparece la pantalla de creación. En esta pantalla encontramos a la izquierda la fase en la que nos encontramos, con una breve descripción de la misma y objetos interactivables (dependiendo de la fase), además de los botones para navegar entre fases y cancelar. Las fases que hay son las siguientes: Elección del tamaño de la sala, elección de las texturas del suelo y pared, adicción de muebles, adicción de objetos, adicción de frutas, adicción de pictogramas, adicción de jugador y pizarra, comentario. Este caso de uso ya estaba en la aplicación de base, se ha añadido la fase de los pictogramas, en la figura 22 tenemos un

ejemplo de esta fase, similar al resto, con su descripción, sus iconos y sus botones para navegar por las distintas fases.



Figura 22: Fase de los pictogramas en la creación de la sala.

■ Crear Sala a partir de otra

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere crear una sala con base en otra previamente creada.
3. Descripción: Desde la pantalla principal se da al botón de editar sala, aparecerá una ventana con un desplegable con los nombres de las salas en la BD, en orden alfabético, una casilla rellenable para el nuevo nombre y un botón que pone crear nueva. Tras elegir sala, poner el nuevo nombre y darle al botón de crear nueva, aparecerá la sala recuperada de la BD, pero sin las frutas o pictogramas, se aparecerá en fase de elegir las texturas de la pared y suelo, con posibilidad de volver a la anterior y cambiar el tamaño, la sala se guardará en la BD como una nueva entrada. La funcionalidad está modificada, aquí, por un lado, el hecho de que aparezca el nombre de las salas en orden alfabético, por otro el de que se aparezca en la fase de elegir texturas y se pueda cambiar el tamaño de la sala. Anteriormente, se aparecía directamente en la fase de los muebles y no se podía ir hacia atrás.

■ Editar Sala

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere editar una sala anteriormente creada.
3. Descripción: Desde la pantalla principal se da al botón de editar sala y en la ventana que aparece, tras elegir el nombre de la sala y el nuevo nombre, se da

al botón de editar, el mecanismo es igual que el caso de uso anterior, pero con la diferencia de que ahora aparecen las frutas y pictogramas existentes también y que la sala sobrescribe la entrada de la BD de la sala editada. De nuevo, como en el caso anterior, anteriormente no se podía cambiar la textura ni el tamaño de la sala y no se recuperaban ni frutas ni pictogramas al editar.

■ Iniciar Sesión

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: Con el jugador conectado, el terapeuta quiere iniciar la sesión de juego.
3. Descripción: El terapeuta da al botón de Iniciar Sesión desde el menú principal, elige la sala que quiere que se juegue y le da a continuar. Cuando el jugador se conecta se activa el botón de iniciar, al darle se inicia la sala y al terapeuta le aparece una tabla con las frutas y pictogramas que tiene que recoger el jugador, con una segunda fila donde irán apareciendo *ticks* conforme el jugador los vaya recogiendo. Este caso de uso se adaptó para incluir los pictogramas también.

■ Colocar muebles activos

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere colocar un mueble activo al crear o editar una sala
3. Descripción: Tras llegar a la fase de añadir muebles creando o editando una sala se ve en la parte izquierda de la pantalla una ventana en la que encontramos una breve descripción y unas fotos en miniatura de los muebles, haciendo *click* en una con un mueble interactuable se coloca el mueble en el ratón, el mueble aparecerá con un sombreado verde cuando esté colocado en una posición disponible. La principal diferencia es que estos muebles no aparecen como aparecerán luego a la hora de jugar en la sala, el armario aparecerá sin puertas para hacer más fácil introducir objetos en él, el barril aparecerá en su estado abierto, y la mesilla aparecerá sin la parte superior. Esto ayuda a que sea más fácil colocar objetos dentro, en la figura 23 tenemos un ejemplo de cómo quedarían los tres muebles activos en la aplicación del terapeuta.

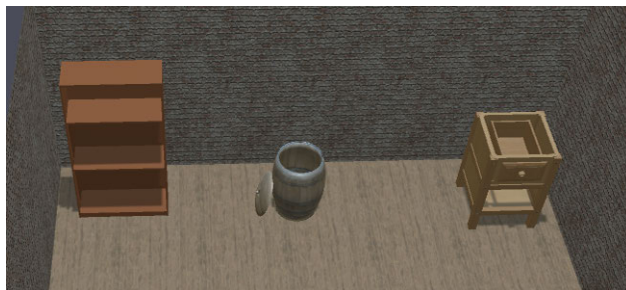


Figura 23: Ejemplo de muebles activos en el programa del terapeuta.

■ Añadir Pictograma al programa

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta tiene una serie de pictogramas y los quiere usar en el programa
3. Descripción: El terapeuta copia en el directorio "Assets/Pictos" los pictogramas o carpetas que necesite, si añade carpetas estas solo podrán tener pictogramas dentro, no otras carpetas. Además, los pictogramas deben tener formato PNG.

■ Añadir Pictograma a la sala

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere añadir un pictograma a la sala que está editando o creando.
3. Descripción: Cuando se llega a la fase de añadir pictogramas aparece a la izquierda una ventana con una pequeña descripción, debajo un desplegable con el nombre de las carpetas dentro de la carpeta destino de los pictogramas para navegar entre ellas y debajo de este unas miniaturas de los pictogramas que se encuentran dentro de la carpeta seleccionada. Para añadir un pictograma se hace *click* en una de las miniaturas y aparecerá en el ratón un marco con aspecto de madera con el pictograma dentro. En la figura 24 podemos ver como aparecerían el nombre de las diferentes carpetas en las que el terapeuta ha ordenado sus pictogramas, siendo "root" la carpeta, origen que se corresponde con el directorio "Assets/Pictos", en ella puede haber tanto pictogramas como carpetas. Los nombres de estas carpetas son los que aparecen en el desplegable, por ejemplo, folder1, dentro de estas carpetas solo puede haber pictogramas.

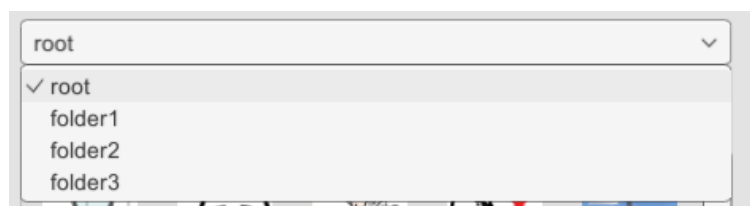


Figura 24: Desplegable que muestra las carpetas de los pictogramas.

■ Borrar pictograma

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere eliminar un pictograma que ha creado en la sala
3. Descripción: Estando en la fase de pictogramas se hace *click* sobre el pictograma que se quiere eliminar y este se nos pondrá en el cursor, presionando la tecla "Esc" eliminaremos el pictograma.

■ Elegir tamaño del pictograma

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere cambiar el tamaño de un pictograma
3. Descripción: Para elegir el tamaño del pictograma antes de colocarlo se deberán usar las flechas del teclado, con la flecha inferior se hará que se hagan más pequeños, hasta un 50 % del tamaño original y con la flecha superior se harán más grandes, hasta un 200 % del tamaño original. En la figura 25 podemos ver la ventana de instrucciones que indica como cambiar el tamaño de los objetos con las flechas.



Figura 25: Ayuda para mover los objetos.

■ Mover el pictograma

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere mover un pictograma ya colocado.
3. Descripción: En el caso de que se quiera mover un pictograma ya colocado se hará *click* sobre él, estando en la fase de pictogramas, entonces el pictograma se moverá siguiendo al ratón, como si lo acabáramos de crear. Si lo que se quiere es modificar la altura a la que se encuentra, entonces se deberán usar los botones "q" y "a" del teclado, siendo el primero para subirlo y el segundo para bajarlo y finalmente con la tecla "r" podremos rotarlo con movimientos de 90°. En la figura 25 se puede ver la pestaña de ayuda que indica como mover los objetos.

■ Modificar orden de los pictogramas

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere cambiar el orden en el que se tienen que pinchar los pictogramas.
3. Descripción: En la fase de pictogramas aparecerá a la derecha un menú con los pictogramas añadidos a la sala, en la figura 20 se puede observar dicho menú. Para modificar el orden se usará unas flechas situadas al lado de los nombres de cada uno de los pictogramas. En la figura 26 se aprecia la ventana que aparece a la derecha en la fase de colocación de pictogramas en la que podremos cambiar el orden con las flechas y elegir si hay que recoger un pictograma o no con el *checkbox* de más a la derecha.



Figura 26: Ventana para modificar el orden de elección de los pictogramas.

■ Elegir pictograma genérico

1. Actor: Terapeuta
2. Contexto: El terapeuta quiere que en la pizarra del jugador aparezca un pictograma genérico.
3. Descripción: En la fase de añadir jugador y pizarra aparecerá un deslizable con dos posibles opciones, el funcionamiento de este es similar al de un interruptor, cuando está en la posición de la derecha indica que se mostrará el pictograma genérico en la pizarra, además de tener tonos verdes, y cuando está en la posición izquierda indica que no se mostrará un pictograma genérico sino una miniatura de cada uno. Esta configuración se guarda y será enviada al cliente cuando se inicie el juego. En la figura 27 se observan 3 posibles diseños del pictograma genérico

que se han creado y en la figura 28 un ejemplo de cómo quedaría en la pizarra durante el juego.



Figura 27: Diseños del pictograma genérico.

 Usuario	 cepillarse	 gargaras	 enjuagar	 frutas	 en
Gonzalo					

Figura 28: Ejemplo de pizarra con pictograma genérico.

■ Pinchar fruta o pictograma correcto

1. Actor: Jugador
2. Contexto: El jugador toca en una fruta o pictograma correcto
3. Descripción: Cuando el jugador pincha con la varita un elemento a buscar correcto, aparece un *tick* verde y grande encima del objeto seleccionado, además, aparecen unas partículas. Cuando termina la animación de las partículas, tanto el objeto como el *tick* desaparecen. Esta funcionalidad ya estaba incluida, pero se ha cambiado la duración de la animación, así como solucionados errores en el sentido de la detección de las colisiones. En la figura 29 podemos ver cómo sería el *feedback* positivo.

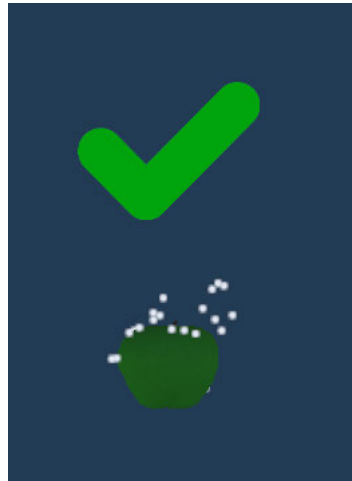


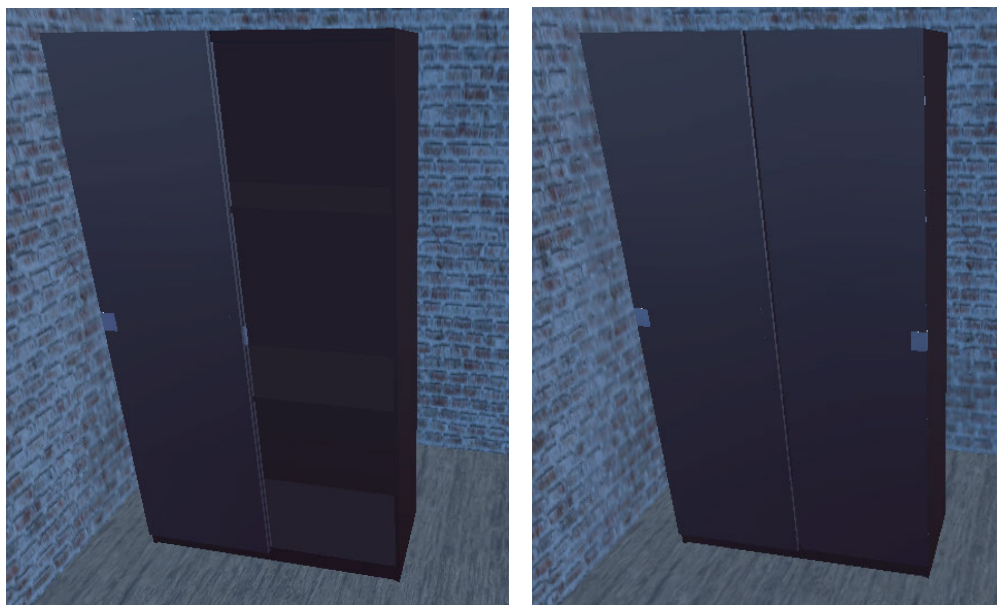
Figura 29: *Feedback* positivo al elegir una fruta correcta.

■ Pinchar fruta o pictograma incorrecto

1. Actor: Jugador
2. Contexto: El jugador hace *click* en una fruta o pictograma incorrecto
3. Descripción: Cuando el jugador pincha con la varita un elemento a buscar incorrecto, aparece una equis roja y grande encima del objeto seleccionado, además de unas partículas. Cuando termina la animación de las partículas la equis desaparece, pero el objeto no. Esta funcionalidad ya estaba incluida, pero se ha cambiado la duración de la animación y arreglados errores de detección de las colisiones.

■ Pinchar en el mango del armario

1. Actor: Jugador
2. Contexto: El jugador pincha con la varita en alguna de las puertas del armario, en la zona concreta pintada de plateado, durante el juego.
3. Descripción: El jugador pincha la zona designada para mover una de las puertas del armario. En el caso de que esté cerrada, se hace la animación de abrir, que consiste en un movimiento lateral, y viceversa. Durante la animación de los muebles no se puede volver a pinchar, es decir, si una puerta se está abriendo, no se podrá cerrar hasta que haya terminado la animación. Esto extiende a todos los muebles activos. En la figura 30 podemos ver como quedaría el armario en el juego, tanto abierto (30a), como cerrado (30b).



(a) Armario dentro del juego, abierto. (b) Armario dentro del juego, cerrado.

Figura 30: Armario dentro del juego.

■ Pinchar en el punto del barril

1. Actor: Jugador
2. Contexto: El jugador pincha con la varita en la zona concreta pintada de plateado de la tapa del barril durante el juego.
3. Descripción: Cuando el jugador pinche en el punto de la tapa del barril, en el caso de que la tapa esté puesta, esta se levanta un poco, se desplaza hacia un lado y luego hacia abajo, de forma que termina apoyada en una de las caras del barril. En el caso de que esté abierta, repite la misma animación, pero de forma inversa. En la figura 31 tenemos unos ejemplos del barril abierto (31a) y cerrado (31b).

■ Pinchar en el manillar de la mesilla

1. Actor: Jugador
2. Contexto: En jugador pincha el manillar de la mesilla durante el juego
3. Descripción: Cuando el jugador pincha en el manillar de la mesilla, si el cajón está cerrado, se abre moviendo lo que hay en su interior, si está abierto el cajón se cierra, de nuevo, moviendo todo lo que hay en su interior. En la figura 32 tenemos dos ejemplos de cómo quedaría dentro del juego la mesilla, tanto abierta (32a), como cerrada (32b).



(a) Barril dentro del juego, abierto.



(b) Barril dentro del juego, cerrado.

Figura 31: Barril dentro del juego.



(a) Mesilla dentro del juego, abierta.



(b) Mesilla dentro del juego, cerrada.

Figura 32: Mesilla dentro del juego.

4.4. Diagramas de flujo

A continuación, se van a mostrar los diagramas de flujo de la aplicación, tanto de la parte del terapeuta como del jugador. La intención de estos diagramas es mostrar los diferentes caminos que se pueden tomar para usar la aplicación. En ellos, los rombos representan tomas de decisiones, los cuadrados representan estados y las hojas representan una serie de acciones predefinidas.

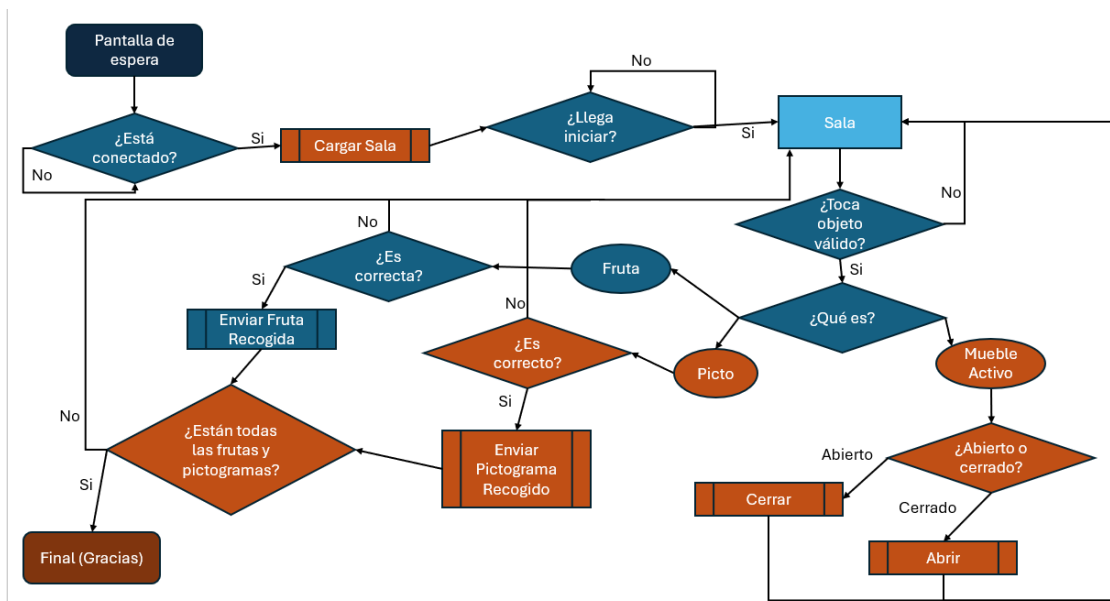


Figura 34: Diagrama de flujo de la parte de la aplicación del cliente.

4.5. Diagramas UML

Este proyecto está diseñado para Unity y, por tanto, programado en C#. Vamos a presentar la estructura del código. Como hemos visto tenemos una aplicación del terapeuta y una del cliente. En el trabajo de [13] podemos ver un diagrama completo de estas aplicaciones. Nosotros vamos a agrupar los *scripts* por su funcionalidad, haciendo hincapié en aquellos que han sido modificados.

4.5.1. Aplicación del terapeuta

En esta aplicación podemos agrupar los *scripts* de la siguiente forma:

- **Comunicación:** Por un lado, la parte del servidor TCP y por otro la comunicación con la BD mediante MySQL. Ambos dos *scripts* tuvieron que ser modificados para añadir soporte a los pictogramas.
 - *Server:* En el servidor se tuvieron que añadir casos que respondieran a las comunicaciones relativas a los pictogramas, como pedir los pictogramas de la sala, enviarlos como un mapa de bits y recoger los pictogramas que se van pulsando.
 - *DBConnect:* En la BD se tuvieron que modificar las peticiones MySQL para guardar los pictogramas como otro objeto más con sus atributos, y, además, se detectaron fallos en otras peticiones, como por ejemplo no guardar el tamaño de los

muebles y objetos, por lo que estos aparecían luego con el tamaño por defecto en la aplicación del cliente.

- Gestión de menús: Estos *scripts* gestionan los menús que le aparecen al terapeuta, como son el menú principal, el de iniciar sesión o el de *ranking*. Los menús de creación y edición van aparte por su especial complejidad.
 - *MenuManager*: Gestiona la pantalla principal
 - *RankingManager*: Gestiona la pantalla donde se observan los rankings.
 - *SessionManager*: Gestiona la pantalla que ve el terapeuta cuando se inicia el juego, aquí hubo que añadir soporte para que se pudieran ver tanto las frutas como los pictogramas en la tabla del terapeuta.
- Creación y edición de salas: Este apartado engloba todo lo relacionado con la creación y edición de salas:
 - *RoomController*: Este es el *script* principal que gestiona las diferentes fases de la creación. Hubo que hacer varios cambios: como se verá más adelante se cambió el algoritmo de selección del tamaño, se adaptaron las fases para añadir la fase de los pictogramas, se cambiaron las funcionalidades en el aspecto de crear una sala a partir de otra y editar una sala, para que comenzaran en otra fase, estos entre los más importantes.
 - *InstantiatedObject*: Es el *script* asociado a todos los objetos que se van creando en la sala, determina como se mueven, dónde se pueden colocar y qué tipo de objeto son. También hubo que adaptarlo para incluir el manejo de los pictogramas.
 - *Repository*: Gestiona los modelos de las diferentes texturas, muebles, objetos, frutas y pictogramas, de forma que cuando, por ejemplo, se crea un mueble, se crea una copia del modelo. Hubo que añadir el modelo del marco de los pictogramas y una nueva parte para que guardara los modelos de las imágenes de los pictogramas.
 - *CameraController*: Se encarga de mover el ángulo de visión del terapeuta usando el ratón. En la figura 35 podemos ver un ejemplo de la ventana de ayuda en la que se muestran dichos controles.
 - Otros: hay otros *scripts* cuya labor es gestionar toda la parte de la interfaz de usuario. En estos hubo que modificar el *UIElementsController* encargado de gestionar las ventanas donde se modifica el orden de las frutas y pictogramas (en la figura 26 hay un ejemplo de dicha ventana).

En la figura 36 se aprecia el diagrama con todos los *scripts* de la aplicación ordenados por funcionalidad.



Figura 35: Ayuda gráfica de los controles de la cámara en la fase de creación y edición de salas.

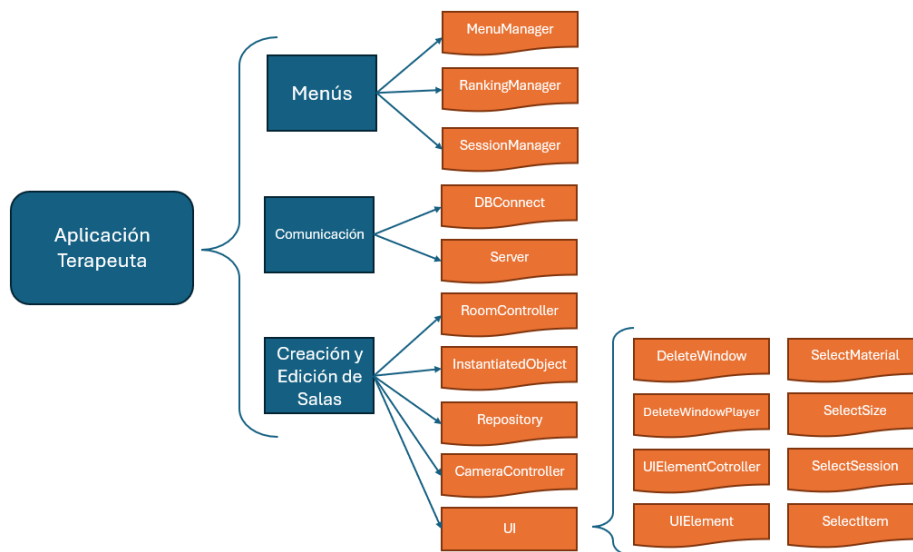


Figura 36: Estructura de los *scripts* de la aplicación del terapeuta según funcionalidades.

4.5.2. Aplicación del cliente

En esta aplicación se pueden dividir los *scripts* según las siguientes funcionalidades:

- *HandsController*: Gestiona el movimiento de las espadas, las colisiones con los objetos, las partículas y el *feedback* de las frutas y los pictogramas.

- *Client*: Es el encargado de gestionar la comunicación con el servidor TCP, para recibir los datos de configuración de la sala y enviar las frutas y pictogramas que se van recogiendo.
- Gestión de la sala: Este grupo de *scripts* se encarga de gestionar toda la parte del juego.
 - *GameManager*: Es el controlador principal del juego y que cohesiona el resto de *scripts* del programa. Recibe del servidor los datos de la sala, la crea, recibe los datos de frutas y pictogramas capturados del script que controla las manos y los envía a través del cliente TCP, comprueba si se han recogido todos los objetos que se tenían que recoger y muestra la pantalla final de gracias.
 - *Fruits* y *Pictos*: Sirven para saber el orden y si hay que recoger o no los objetos. El *script* de *Pictos* es totalmente nuevo.
 - *Repository*: Igual que en la aplicación del terapeuta, recoge todos los modelos de las texturas, muebles, objetos y demás para generar copias al ir creando la sala.
- Muebles activos: Los muebles activos son una nueva adición, ya que, aunque se mantuvo la máquina de estados de las animaciones, sí que hubo que rehacer los *scripts* para conseguir solucionar errores y cumplir con las especificaciones. Los *scripts* son:
 - *AnimateBarrel*: Este es el más sencillo dentro de las animaciones, simplemente detecta la colisión y empieza la animación, evitando que durante la misma se pueda colisionar otra vez.
 - *AnimateDrawer* y *DrawerCollider*: Con este hay que añadir que ahora el objeto que se mueve puede tener otros objetos dentro y, por tanto, hay que moverlos con él.
 - *AnimateLeftDoor* y *AnimateRightDoor*: En estos *scripts* se quería aportar realismo. En muchos armarios correderos, cuando está abierta una puerta, normalmente hace tope con la otra, de forma que esta no puede abrirse totalmente, quedando detrás de la otra puerta. Replicando esto solo podrá haber una de las dos puertas abiertas, por tanto, cuando una puerta esté abierta, la contraria estará desactivada.

En la figura 37 se aprecia el diagrama con todos los *scripts* de la aplicación del cliente ordenados por funcionalidad.

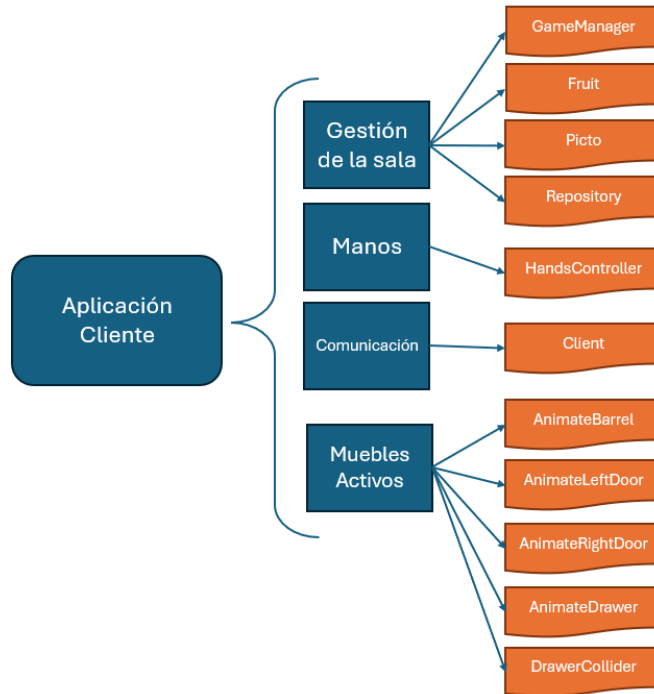


Figura 37: Estructura de los *scripts* de la aplicación del cliente según funcionalidades.

4.6. Problemas y soluciones

Aunque durante el desarrollo del proyecto se han encontrado muchos pequeños fallos o bugs, en esta sección vamos a hablar de los problemas más relevantes y el proceso que llevo a solucionar de cada uno de ellos.

4.6.1. Colocación de objetos dentro de la sala

Este problema fue uno de los que primeramente se detectó y que más tiempo llevó solucionar, consistía en que, al intentar colocar un objeto en la sala, si lo rotábamos, su colisionador no rotara con él. Por tanto, gráficamente el objeto estaba orientado de una forma, pero para la detección de colisiones estaba de otra manera, haciendo que se pudieran poner objetos a través de las paredes. Este problema tenía varias causas: al hacer un objeto más grande no se actualizaba el valor del colisionador, al rotar el objeto no se recalculaban sus esquinas, algunos muebles tenían su centro en un punto que no era el centro. Se solucionaron todos estos problemas y ahora funcionan correctamente los muebles. En la figura 38 se puede apreciar un ejemplo del funcionamiento correcto de la aplicación con los pictogramas. En ella vemos como a la izquierda el objeto está dentro de la sala y sin colisionar con ningún otro, por lo tanto, hay sombreado de verde sobre él, indicando que se puede colocar. En la derecha vemos

como el objeto está atravesando la pared, por lo que se sombrea de rojo, indicando que no se puede colocar ahí.

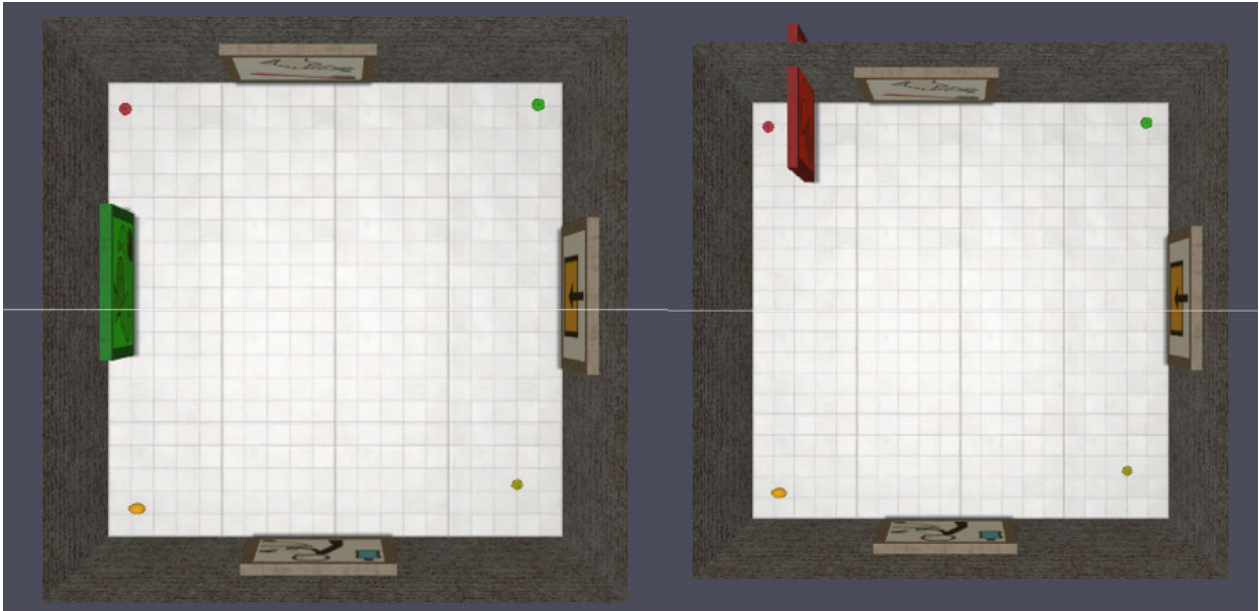


Figura 38: Ejemplo del funcionamiento correcto de la aplicación en cuanto a la colocación de objetos.

4.6.2. Elección del tamaño de la sala

La elección del tamaño de la sala consistía en una plantilla de 10x10 baldosas de 1 metro en la que haciendo *click* en el hueco vacío añadías esa baldosa a tu sala. Este problema consistía en la unión de varios problemas que provenían del algoritmo de comprobación de baldosas válidas para añadir. Las especificaciones que tenía que cumplir este algoritmo eran las siguientes:

- El tamaño máximo de la sala es de 10x10m.
- El tamaño mínimo de una sala es de 2x2m.
- Para añadir una baldosa esta tenía que compartir al menos un lado con alguna ya añadida.
- No se pueden crear salas inconexas.

Se encontraron los siguientes fallos:

- La primera vez que dabas en una baldosa la podías dar en cualquier sitio, haciendo salas inconexas.
- Podías crear salas inconexas si tras haber creado una sala grande quitabas las baldosas del medio.
- Podías crear una sala de 0x0m.

Y las soluciones que se tomaron fueron las siguientes:

- Las 4 baldosas centrales que aparecían marcadas al inicio no se podían quitar.
- Al quitar una baldosa se comprobaba que no dejaba alguna otra sin conexión con las 4 centrales.

4.6.3. Funcionamiento erróneo de la aplicación del terapeuta cuando están las gafas RV conectadas al ordenador

Este problema consistía en que si se intentaba usar la aplicación del terapeuta mientras estaban conectadas las gafas, esta funcionaba erróneamente y la interfaz dejaba de responder. En una primera instancia se creía que se debía a la carga computacional del ordenador, ya que el programa era muy grande: para comprobarlo se creó una copia del proyecto en la que se fueron eliminando funcionalidades.

Esto no resolvió el problema, y tras investigar un poco más se llegó a la conclusión de que el problema residía en la plantilla del programa, ya que se creó como un programa de RV. Esto hacía que, por defecto, al lanzar el programa, se conectara a las gafas disponibles, impidiendo, por tanto, manejar la interfaz desde el ordenador. Al rehacer el programa partiendo de una base de plantilla de un proyecto 3D estándar, ya que el programa del terapeuta no necesita conectarse a las gafas, el proyecto funcionaba con normalidad, independientemente de si las gafas estaban o no conectadas al ordenador.

4.6.4. Animación del armario

Los muebles que se iban a usar estaban previamente diseñados por [14], sin embargo, debido a la diferencia de versiones, tuvieron que rehacerse. En un principio el armario iba a tener dos puertas que se abrieran y cerraran rotacionalmente, no obstante, este tipo de animaciones no funcionaba por el propio diseño en 3D del armario, se intentó hacer de forma manual la animación, pero era muy complicado hacer que no pareciera antinatural. Finalmente, se decidió cambiar el diseño del armario para hacerlo de formato corredero. Se ha mostrado este diseño anteriormente, ahora en la figura 39 se muestra cuál era el diseño original del armario con las puertas abiertas.

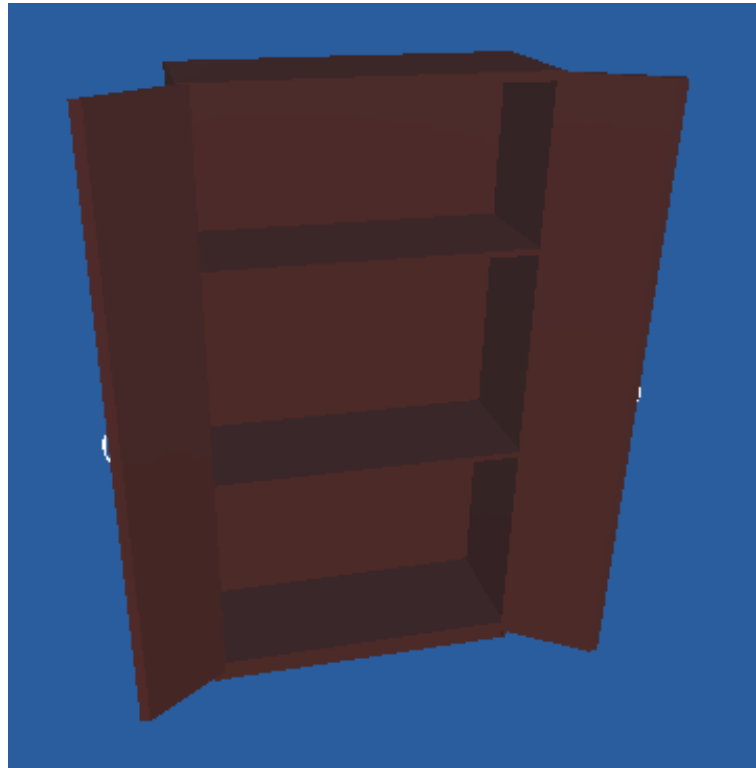


Figura 39: Armario original con las puertas abiertas.

4.6.5. Permanencia de frutas y pictogramas al Editar Sala

El principal problema que se encontró aquí era como hacer que en las ventanas de la derecha de la pantalla, en las fases de frutas y pictogramas, que sirven para elegir el orden, aparecieran las que ya estaban creadas anteriormente en la sala recuperada de la BD, ya que, por la forma en la que estaban diseñados, estos objetos de la interfaz gráfica (UI) se creaban a la vez que las frutas y pictogramas en su respectiva fase, es decir, estaban condicionados al hecho de crear la fruta o pictograma desde cero.

La solución final que se adoptó para acabar con dicho problema fue que al llegar a dichas fases se comprobaba si estábamos editando una sala, en caso afirmativo, se creaban las UIs de cada fruta o pictograma que ya estaba previamente en la sala, asignándolo a su respectiva fruta o pictograma. Con esto surgió el problema: estas UIs se duplicaban si pasabas a la siguiente fase y volvías atrás, aprovechando que estas UIs eran hijas de las frutas y pictogramas correspondientes, se añadió la comprobación de si estaban ya creados, evitando duplicarlos.

Estos son solo algunos de los errores y problemas encontrados durante el desarrollo de este proyecto y aunque en esta memoria no se recojan todos por su poca importancia o por su rápida solución, sí que cabe destacar que este ha sido uno de los principales trabajos de este

proyecto, ya que a la migración entre las dos gafas de RV se suma un cambio de la versión de Unity con una diferencia de 3 años respecto a la versión anterior.

5. Impacto del proyecto

Este proyecto tiene muchas implicaciones sociales, de salud y tecnología. Primero, el uso de la gamificación hace que la terapia tenga un ambiente distendido y fomenta la motivación, esto hace que se quiera ir más a terapia, y en última instancia que se mejore más la calidad de vida de las personas.

Socialmente, tiene impacto sobre los puestos de trabajo, ya que el uso de estas tecnologías, el auge de la gamificación y del juego serio desembocan en la creación de puestos de trabajo, que, además, están más adecuados a los jóvenes que han convivido con la tecnología desde casi su nacimiento. Por otro lado, tenemos que las terapias de TEA aumentan la independencia de las personas, tanto de las personas que lo padecen, como de las personas de su familia de las que dependen. Con esta mejora en las terapias se consigue que las personas con TEA sean más capaces de aportar a la sociedad y tener un desarrollo íntegro.

Tecnológicamente, tiene gran impacto, pues se demuestra que los avances de la tecnología, usados bien, pueden llevar a la creación de más puestos de trabajo y al beneficio en la salud y el bienestar de las personas. Además, dan un nuevo sentido o enfoque a los videojuegos, como herramienta para conseguir un fin más que como algo puramente lúdico.

Trasladando este impacto al marco de la Agenda 2030 y de los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) [39] se considera que este trabajo aporta a estas metas, específicamente en el desafío 3, salud y bienestar, ya que uno de los fines del trabajo es mejorar la calidad de vida de las personas que padecen este trastorno y de sus familiares a través de la mejora en las terapias; y en el objetivo 10, reducción de las desigualdades, ya que mediante estas terapias se consigue una mayor independencia de las personas con TEA, y se da pie a que tengan las mismas oportunidades que el resto de las personas en todos los ámbitos de la vida.

6. Presupuesto

6.1. Presupuestos parciales

El presupuesto se dividirá en, por una parte, el coste humano y, por otra, el coste de los recursos tecnológicos. Para el coste humano se incluirá el tiempo necesario de formación respecto al trabajo y se usará como base el convenio colectivo [40] publicado en el BOE (Boletín Oficial del Estado). Dentro de este convenio se especifica que los programadores y desarrolladores de software se encuentran en el Área 3, además, en esa área existen diferentes grupos: el C en nuestro caso es el que realiza trabajos de tipo técnico. Dentro de cada grupo hay 3 niveles, siendo 3 el nivel más bajo, con relación a la experiencia y autonomía de cada trabajador. El que se va a usar es el nivel 3, ya que el trabajo ha sido desarrollado por un estudiante, siendo ese sueldo el que se le asignaría al empezar un trabajo con poca o ninguna experiencia. En la figura 40, extraída de un anexo [41] al mencionado BOE, debido a los cambios en el SMI (Sueldo Mínimo Interprofesional), podemos ver el sueldo por convenio del que estaríamos hablando, que asciende a 22,503.15 € anuales netos para 1800 horas de trabajo.

			Salario Base	Plus convenio	Total				Salario Base	Plus convenio	Total
Área 1.	A	1	18.668,16	2.389,78	21.057,94	Área 2.	A	1	18.834,46	2.556,08	21.390,54
	B	1	17.322,49	1.941,26	19.263,75		B	1	17.487,60	2.106,37	19.593,97
	B	2	15.543,55	1.875,16	17.418,71		B	2	15.721,65	2.053,26	17.774,91
	C	1	14.279,60	2.156,40	16.436,00		C	1	14.318,22	2.361,46	16.679,68
	C	2	13.984,38	2.371,62	16.356,00		C	2	13.858,45	2.522,86	16.381,31
	C	3	13.784,14	2.491,86	16.276,00		C	3	13.655,56	2.620,44	16.276,00
	D	1	13.811,95	2.384,05	16.196,00		D	1	13.698,58	2.497,42	16.196,00
	D	2	13.742,11	2.373,89	16.116,00		D	2	13.645,42	2.470,58	16.116,00
	D	3	13.568,06	2.467,94	16.036,00		D	3	13.491,09	2.544,91	16.036,00
	E	1	13.075,94	2.880,06	15.956,00		E	1	13.032,86	2.923,14	15.956,00
E	2	12.984,98	2.891,02	15.876,00	E	2	12.973,87	2.902,13	15.876,00		
Área 3.	A	1	26.540,58	2.309,65	28.850,23	Área 4.	A	1	26.592,86	2.366,48	28.959,34
	B	1	25.746,78	2.238,86	27.985,64		B	1	25.922,07	2.880,23	28.802,30
	B	2	24.975,35	2.171,77	27.147,12		B	2	25.163,22	2.795,92	27.959,14
	C	1	24.421,84	2.112,28	26.534,12		C	1	24.340,82	2.704,53	27.045,35
	C	2	22.835,53	1.974,61	24.810,14		C	2	22.749,49	2.527,71	25.277,20
	C	3	20.665,51	1.837,64	22.503,15		C	3	20.508,20	2.278,69	22.786,89
	D	1	17.512,07	1.565,61	19.077,68		D	1	17.380,46	1.931,17	19.311,63
	D	2	16.247,05	1.412,78	17.659,83		D	2	16.366,22	1.818,47	18.184,69
	D	3	15.930,78	1.379,10	17.309,88		D	3	15.904,81	1.767,20	17.672,01
	E	1	15.688,66	1.390,95	17.079,61		E	1	15.492,11	1.691,79	17.183,90
E	2	14.623,38	1.252,62	15.876,00	E	2	15.300,00	1.700,00	17.000,00		

Figura 40: Tabla de sueldos por convenio en el ámbito de las tecnologías de la información, consultoría y estudios de mercado [41].

6.1 Presupuestos parciales

Este sueldo se traduce en 12.50 €/h. Ahora vamos a hacer un desglose general de las tareas a llevar a cabo en la aplicación, de forma que podamos obtener un presupuesto aproximado del coste humano. Las tareas son:

1. Estudio del motor de programación Unity, su aplicación para RV y su lenguaje de programación C#. Estimación: 74 horas.
2. Estudio del código dado para continuar con el desarrollo. Estimación 17 horas.
3. Resolución de errores existentes en el código. Estimación: 47 horas.
4. Inclusión de las funcionalidades de los pictogramas. Estimación: 42 horas.
5. Depuración y pruebas de los pictogramas. Estimación: 16 horas.
6. Inclusión de las funcionalidades de los muebles activos. Estimación 34 horas.
7. Depuración y pruebas de los muebles activos. Estimación: 12 horas.
8. Cambios en la estética del programa en general. Estimación: 24 horas.

Haciendo un cómputo global de las horas nos queda, según la tabla 1, un presupuesto de 3.325€:

ACTIVIDAD	HORAS	PRECIO POR HORA	PRECIO TOTAL
Tarea 1	74	12.50€/h	925€
Tarea 2	17	12.50€/h	212.5€
Tarea 3	47	12.50€/h	587.5€
Tarea 4	42	12.50€/h	525€
Tarea 5	16	12.50€/h	200€
Tarea 6	34	12.50€/h	425€
Tarea 7	12	12.50€/h	150€
Tarea 8	24	12.50€/h	300€
TOTAL	266	12.50€/h	3,325€

Tabla 1: Tabla de coste humano desglosado en tareas.

Por otro lado, hemos de calcular el presupuesto de los recursos tecnológicos que hemos utilizado, que consisten en las gafas Meta Oculus Quest, (2 unidades) y un ordenador, en este caso un MSI Infinite X 8RC 055EU. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que este hardware tiene un valor residual, por lo tanto, no se incluye todo el precio en el presupuesto sino la cantidad monetaria que se ha devaluado del uso del elemento. Se puede ver un resumen de este presupuesto en la tabla 2

ELEMENTO	PRECIO	VIDA ÚTIL	VALOR RESIDUAL	DEVALUACIÓN	MESES	TOTAL
Ordenador MSI	1,600€	5	300€	22€/mes	6	132€
Gafas Quest 1	200€	3	50€	4.20€/mes	6	25.80€
Gafas Quest 2	350€	3	150€	5.60€/mes	6	33.60€
TOTAL	-	-	-	-	-	191,40€

Tabla 2: Tabla de presupuesto parcial de los elementos hardware.

6.2. Presupuesto Total

Para el presupuesto total del proyecto hay que sumar los presupuestos parciales añadiendo los impuestos aplicables, en nuestro caso añadimos la cotización a la seguridad social y el IVA (Impuesto de Valor Añadido). Finalmente, el presupuesto total del proyecto sería:

PRESUPUESTO TOTAL: 4,616.93€.

7. Conclusiones y líneas futuras

7.1. Conclusiones

El TEA es un trastorno que afecta a muchas personas y por diversas razones el número de casos ha ido en aumento con el paso de los años. A pesar de que este trastorno no dispone de cura o fármacos para aliviar los síntomas, un tratamiento temprano ayuda a mejorar significativamente la calidad de vida de las personas que lo padecen. Por ello es necesaria una modernización en los elementos y técnicas que se usan para implementar dichas terapias.

El uso de la gamificación para el TEA, aunque necesita más estudios, ha demostrado ser una alternativa real que, incluso obteniendo los mismos resultados que las terapias convencionales, tiene más aceptación que estas por parte de los pacientes, ya que aporta un extra de motivación a la hora de realizar las tareas. Por otro lado, la realidad virtual ha demostrado tener un gran potencial en muchos ámbitos de la salud, concretamente en el ámbito de las terapias aporta un entorno controlado y personalizable. Aunque actualmente presenta algunos retos, con el paso del tiempo está destinada a convertirse en una pieza fundamental.

Juntando la gamificación y la realidad virtual en el diseño de las terapias tenemos los juegos serios de realidad virtual para el TEA, cuyo principal beneficio es crear entornos seguros y controlados, con la posibilidad de personalización, que aumentan la motivación de los participantes usando las mecánicas de los juegos y convirtiendo los tratamientos en momentos de disfrute, evitando la monotonía y el aburrimiento de las terapias clásicas, especialmente entre niños.

Se han cumplido los objetivos planteados; se ha conseguido una versión estable del videojuego inicial corrigiendo los fallos; además, se han hecho cambios en la interfaz, corregida para conseguir un aspecto visualmente más agradable e intuitivo; y se han añadido nuevas funcionalidades como los muebles activos y los pictogramas.

Los muebles activos añaden un nivel de dificultad al juego y aportan realismo a las simulaciones, además de dar más variedad a la hora de diseñar salas por parte del terapeuta.

El uso de pictogramas aporta versatilidad al juego, ya que se pueden usar para tratar distintas afecciones como la no verbalidad, el pensamiento en imágenes, los déficits en la ToM, el establecimiento de rutinas, entre otros. Además, dan una gran variedad en el sentido de que es el propio terapeuta el que puede diseñar las imágenes, de forma que se puedan personalizar al paciente y a la terapia que se está haciendo. En general, los pictogramas son un elemento ampliamente extendido en las terapias de TEA y su implementación en el juego aporta múltiples beneficios.

7.2. Líneas futuras

Las líneas futuras que se proponen como continuación de este trabajo siguen una línea lógica del desarrollo del videojuego:

- Inclusión de los modos colaborativo y competitivo: Estos modos de juego estaban ya implementados para las anteriores gafas, el principal problema que presenta es la necesidad de otro ordenador, aumentando, por tanto, el presupuesto. Hay una implementación teórica en código, pero que no se ha probado.
- Migración de la BD a la nube: actualmente la BD es local y está en el mismo ordenador que la aplicación del terapeuta, con la migración se podría hacer que cualquier terapeuta con la aplicación y acceso a internet pudiera acceder a las distintas salas, incluso creando un repositorio de salas predeterminadas o compartiendo salas entre terapeutas. Además, se reduce el almacenamiento necesario en el ordenador del terapeuta.
- Testeo en profundidad de la aplicación y mejora visual: Se debe hacer un batería de pruebas para asegurar que la aplicación funciona bien, además de empezar a hacer pruebas con terapeutas que, aunque no la usen exclusivamente en sus terapias, empiecen a familiarizarse con la aplicación y se obtenga *feedback*, de los usuarios reales, de los cambios o mejoras a implementar.

8. Bibliografía

Referencias

- [1] World Health Organization. *Autism Spectrum Disorders*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>. Accessed: 2024-06-12. 2024.
- [2] B. Zablotzky et al. “Prevalence and Trends of Developmental Disabilities among Children in the United States: 2009-2017”. En: *Pediatrics* 144.4 (2019). URL: <https://doi.org/10.1542/peds.2019-0811>.
- [3] M. J. Maenner, Z. Warren, A. R. Williams et al. “Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2020”. En: *MMWR Surveill Summ* 72.SS-2 (2023), págs. 1-14. URL: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss7202a1>.
- [4] F. Villegas-Lirola. “Prevalence of Autism Spectrum Disorder in Children in Andalusia (Spain)”. En: *Journal of Autism and Developmental Disorders* 53 (2023), págs. 4438-4456. URL: <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05728-3>.
- [5] H. Hodges, C. Fealko y N. Soares. “Autism spectrum disorder: definition, epidemiology, causes, and clinical evaluation”. En: *Translational Pediatrics* 9.Suppl 1 (2020), S55-S65.
- [6] Grigore C Burdea y Philippe Coiffet. *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons, 2003.
- [7] Mohammed AM AlGerafi et al. “Unlocking the potential: A comprehensive evaluation of augmented reality and virtual reality in education”. En: *Electronics* 12.18 (2023), pág. 3953.
- [8] Babajide Tolulope Familoni y Nneamaka Chisom Onyebuchi. “Augmented and virtual reality in us education: a review: analyzing the impact, effectiveness, and future prospects of ar/vr tools in enhancing learning experiences”. En: *International Journal of Applied Research in Social Sciences* 6.4 (2024), págs. 642-663.
- [9] Nuria Mateos-García et al. “Driver Stress Detection from Physiological Signals by Virtual Reality Simulator”. En: *Electronics* 12.10 (2023), pág. 2179.
- [10] Ehizogie Paul Adeghe, Chioma Anthonia Okolo y Olumuyiwa Tolulope Ojeyinka. “A review of the integration of virtual reality in healthcare: implications for patient education and treatment outcomes”. En: *International Journal of Science and Technology Research Archive* 6.01 (2024), págs. 079-088.
- [11] Rosaria De Luca et al. “Innovative use of virtual reality in autism spectrum disorder: A case-study”. En: *Applied Neuropsychology: Child* 10.1 (2021), págs. 90-100.

- [12] Víctor Osma-Ruiz et al. “Learning english is fun! Increasing motivation through video games”. En: nov. de 2015.
- [13] Alberto Sánchez Rupérez. “Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad virtual como terapia para personas afectadas por autismo”. Trabajo de Fin de Máster. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2019.
- [14] Vanesa Marcano Aguiar. “Modelado 3D como contribución a una aplicación de realidad virtual para personas afectadas por TEA”. Trabajo de Fin de Grado. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2021.
- [15] Eugen Bleuler. *Dementia Praecox or the Group of Schizophrenias*. Original work published 1911. International Universities Press, 1950.
- [16] Leo Kanner. “Autistic Disturbances of Affective Contact”. En: *Nervous Child* 2 (1943), págs. 217-250.
- [17] American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Third Edition (DSM-III)*. APA, 1980.
- [18] Lorna Wing y Judith Gould. “Severe impairments of social interaction and associated abnormalities in children: Epidemiology and classification”. En: *Journal of Autism and Developmental Disorders* 9.1 (1994), págs. 11-29.
- [19] American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5)*. APA, 2013.
- [20] Simon Baron-Cohen, Alan M Leslie y Uta Frith. “Does the autistic child have a “theory of mind”?” En: *Cognition* 21.1 (1985), págs. 37-46.
- [21] Helen Westwood et al. “Visual thinking in autism spectrum disorder: A systematic review”. En: *Journal of Autism and Developmental Disorders* 49.5 (2019), págs. 1894-1908.
- [22] Nitzan Gabbay-Dizdar et al. “Early diagnosis of autism in the community is associated with marked improvement in social symptoms within 1–2 years”. En: *Autism* 26.6 (2022), págs. 1353-1363.
- [23] Susan L Hyman et al. “Identification, evaluation, and management of children with autism spectrum disorder”. En: *Pediatrics* 145.1 (2020).
- [24] Tomasz Mazuryk y Michael Gervautz. “Virtual Reality: History, Applications, Technology and Future”. En: *Institute of Computer Graphics, Vienna University of Technology* (1996).
- [25] Jaron Lanier. *Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual Reality*. Henry Holt y Company, 2017.
- [26] Joseph J LaViola Jr. “A discussion of cybersickness in virtual environments”. En: *ACM SIGCHI Bulletin* 32.1 (2000), págs. 47-56.
- [27] Sebastian Deterding et al. “From game design elements to gamefulness: defining “gamification””. En: *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*. ACM. 2011, págs. 9-15.

- [28] Michael Sailer et al. “Psychological perspectives on motivation through gamification”. En: (2013).
- [29] Karl M. Kapp. *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice*. John Wiley & Sons, 2013.
- [30] Cristina Botella et al. “Recent advances in virtual reality exposure therapy for phobias: A systematic review”. En: *Current Psychiatry Reports* 19.7 (2017), pág. 42.
- [31] Virtualware. *Virtualware: Virtual Reality Solutions*. Accessed: 2024-06-28. 2024. URL: <https://www.virtualwareco.com/es/>.
- [32] Roberto Lloréns et al. “Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: A randomized controlled trial”. En: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 96.3 (2015), págs. 418-425.
- [33] Rui Gonçalves et al. “Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: A systematic review”. En: *PloS One* 7.12 (2012), e48469.
- [34] Meia Chita-Tegmark y Hsin-Yuan Huang. “Floreo: A Virtual Reality Program to Promote Social Skills Development in Children with Autism Spectrum Disorder”. En: *Frontiers in Robotics and AI* 8 (2021), pág. 633725.
- [35] Arshya Vahabzadeh et al. “Improvement of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Symptoms in School-Aged Children, Adolescents, and Young Adults With Autism via a Digital Smartglasses-Based Socioemotional Coaching Aid: Short-Term, Uncontrolled Pilot Study”. En: *JMIR Mental Health* 5 (abr. de 2018), e25.
- [36] Manuel S. Cameirão et al. “The Combined Impact of Virtual Reality Neurorehabilitation and Its Interfaces on Upper Extremity Functional Recovery in Patients with Chronic Stroke”. En: *Stroke Research and Treatment* 2016 (2016), pág. 1393615.
- [37] Horace H. S. Ip et al. “Virtual Reality Enabled Training for Social Adaptation in Inclusive Education Settings for School-Aged Children with Autism Spectrum Disorder (ASD)”. En: *Interactive Learning Environments* 26.6 (2018), págs. 830-842.
- [38] Gonzalo Lorenzo et al. “Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders”. En: *Computers & Education* 98 (2016), págs. 192-205. ISSN: 0360-1315. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131516300811>.
- [39] Pacto Mundial. *¿Qué puedes hacer tú?* https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw-O6zBhASEiwAOHeGxUq0QJj6UkMNT-fnPdxm7C1eBq04Hck3NThgzS18Aa8IeQLFgyWiWRoCatsQAvD_BwE. Accedido: 26 de junio de 2024. 2024.
- [40] *Resolución de 13 de julio de 2023, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XVIII Convenio colectivo estatal de empresas de consultoría, tecnologías de la información y estudios de mercado y de la opinión pública*. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-17238. Accedido: 2024-06-26. 2023.

REFERENCIAS

- [41] *Resolución de 27 de marzo de 2024, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XVIII Convenio colectivo estatal de empresas de consultoría, tecnologías de la información y estudios de mercado y de la opinión pública.* [https://www.boe.es/eli/es/res/2024/03/27/\(3\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2024/03/27/(3)). Publicado en: «BOE» núm. 87, de 9 de abril de 2024, páginas 39828 a 39831 (4 págs.) 2024.

9. Anexos

9.1. Manual de Usuario

Para poder ejecutar la aplicación correctamente se necesitan las siguientes aplicaciones:

- XAMPP: Es un servidor de código libre, donde se instalará Apache para la comunicación TCP/IP y MySQL para la gestión de la comunicación de la base de datos.
- HeidiSQL: Este software sirve para la gestión de bases de datos.

Tenemos dos aplicaciones: la del terapeuta y la del jugador. En la aplicación del terapeuta al ejecutar nos encontraremos con un menú principal con cuatro opciones, figura 41.

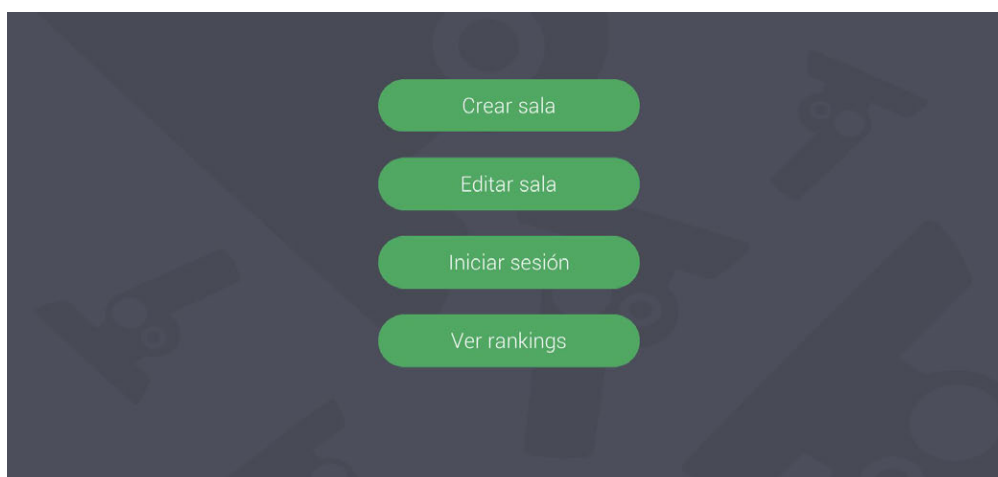


Figura 41: Menú Principal de la aplicación del terapeuta.

1. **Crear Sala:** Al pulsar sobre este botón nos saldrá una ventana emergente para introducir el nombre de la sala que queremos crear, está representado en la figura 42. Una vez confirmado el nombre, empezaremos a crear siguiendo las distintas fases.
 - Fase 1. Elegir tamaño (Figura 43): En esta fase haciendo *click* sobre los recuadros podemos ir añadiéndolos a la base de la habitación. No se podrán crear salas inconexas. Cuando hayamos decidido el tamaño y forma de la habitación, le damos al botón verde de continuar abajo a la izquierda. Podremos volver a esta fase o cualquier otra en cualquier momento de la creación de la sala.
 - Fase 2. Añadir Materiales (Figura 44): En esta fase podremos elegir los materiales para la pared y el suelo de la habitación, aparecerán rodeados por un recuadro verde los seleccionados.

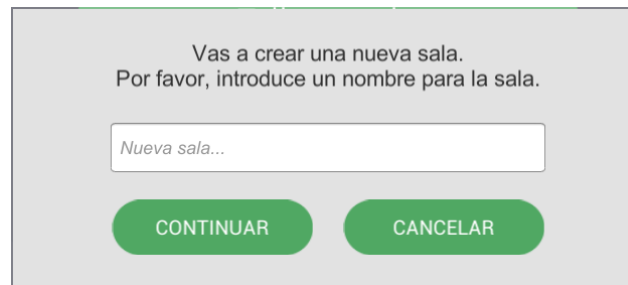


Figura 42: Ventana para crear una sala desde cero.

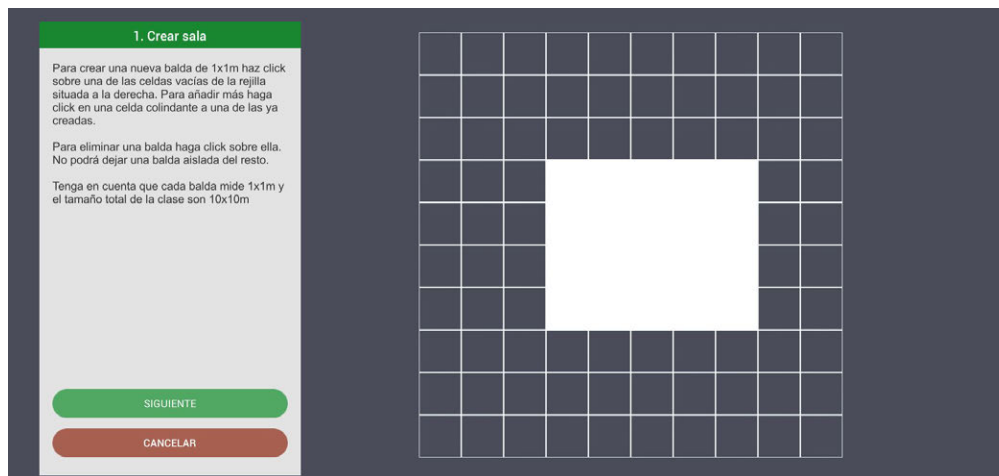


Figura 43: Fase 1. Elección del tamaño y forma de la sala.

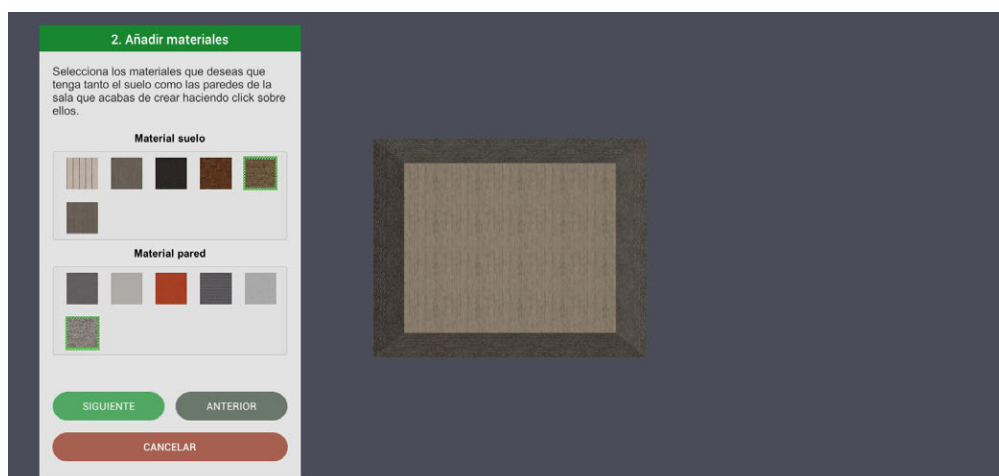


Figura 44: Fase 2. Elección de las texturas de la sala.

- Fase 3. Añadir Muebles (Figura 45): En esta fase podremos añadir muebles a la habitación. Para colocarlos haremos *click* sobre las imágenes de los muebles que

se encuentran a la izquierda y automáticamente aparecerá en el cursor una versión minimalista de ese mueble. Para saber dónde podemos colocarlo nos mostrará un sombreado rojo en el caso de que no se pueda colocar y un sombreado verde en el caso de que sí que podamos colocarlo. Antes de colocarlo podremos cambiar el tamaño con las flechas del teclado (hacia arriba para hacerlo más grande y hacia abajo para hacerlo más pequeño) y rotarlo con la tecla R, en pasos de 90°. En el caso de que nos equivoquemos o queramos eliminar un mueble, habrá que hacer *click* en él, en caso de que no lo tengamos ya sobre el ratón, y pulsar la tecla escape, "Esc", del teclado. Haciendo *click* en el icono del cubo blanco al lado de la pestaña donde se encuentran los muebles, en esta y en cualquier fase a partir de esta podremos desplegar una ventana de ayuda que recuerda como mover estos muebles (Figura 46). Por último, los 3 últimos muebles son activos, esto quiere decir que no aparecerán en la aplicación del jugador igual que en esta aplicación: el barril aparecerá cerrado, el armario con puertas correderas cerradas y la mesilla con la parte superior de la misma colocada y el cajón cerrado.

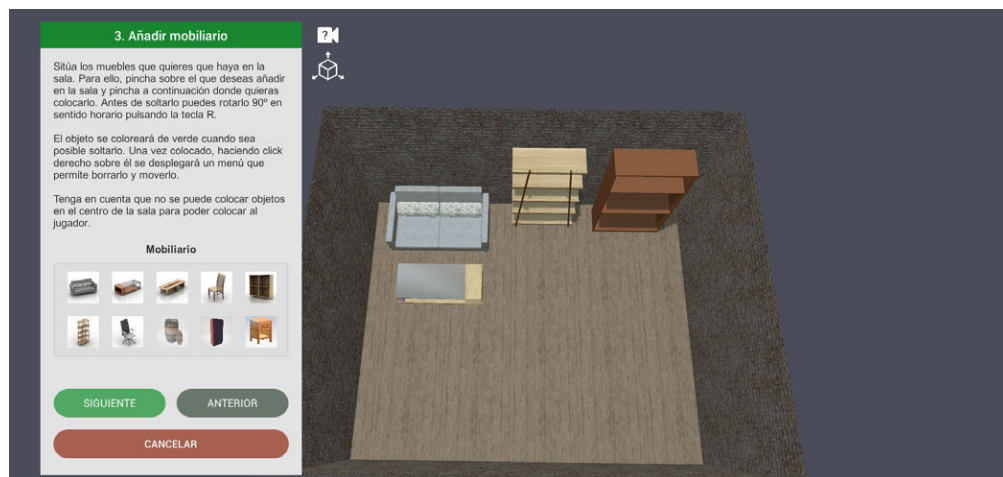


Figura 45: Fase 3. Añadir muebles a la sala.

- Fase 4. Añadir Objetos (Figura 47): En esta fase podremos poner objetos decorativos o que sirvan para distraer al jugador. Siguen la misma dinámica de movimiento y colocación que en la fase anterior.
- Fase 5. Añadir Frutas (Figura 48): En esta fase se podrán colocar las frutas que se quiere que el usuario busque, la forma de colocarlas y cambiar su tamaño es igual que en las dos fases anteriores, aunque aquí encontramos dos novedades. Primero aparece un deslizable debajo de los iconos de las frutas en el que se puede elegir si el usuario las tendrá que recoger en orden o no. Segundo, en la parte superior derecha aparece una ventana en la que se puede cambiar el orden en el que hay que coger las frutas (flechas verdes) e incluso se pueden poner frutas que no haya que recoger (*Checkbox*). Para identificar más fácilmente de que fruta se trata el



Figura 46: Ventana contextual de ayuda para mover los objetos.

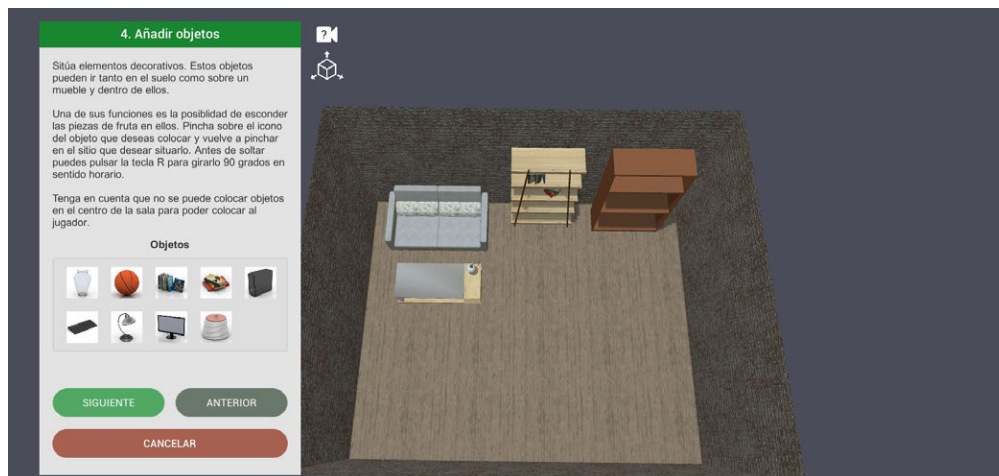


Figura 47: Fase 4. Añadir objetos decorativos a la sala.

nombre vendrá seguido del tamaño en esta ventana. Además, cuando pasemos el ratón por encima del nombre, la fruta tomará un color verde brillante. En esta fase aparece la opción de crear la sala en modo individual, colaborativo o competitivo: de momento solo está disponible el modo individual.

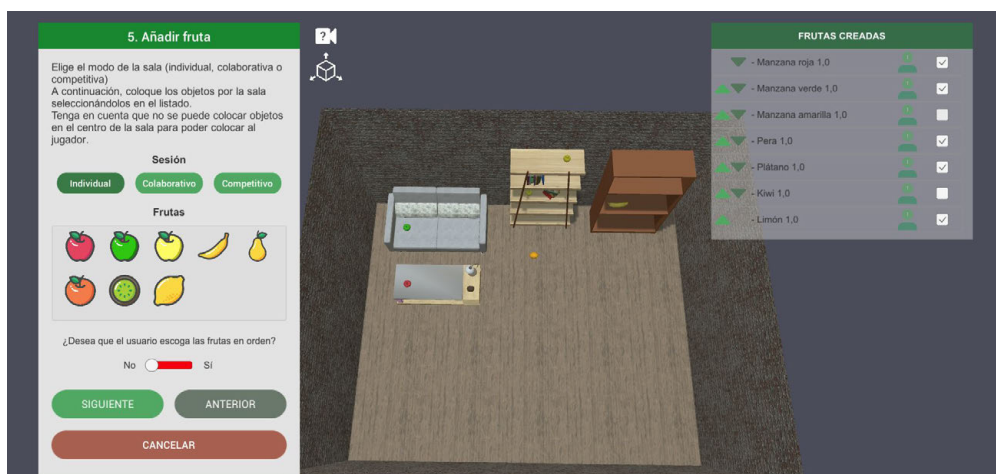


Figura 48: Fase 5. Añadir frutas a la sala.

- Fase 6. Añadir Pictogramas (Figura 49): En esta fase podremos añadir pictogramas que haya que buscar a la sala. El funcionamiento es igual al de las frutas con dos matices. Primero aparece un desplegable en el que podemos elegir la carpeta de la que cargar los pictogramas. Para ello tienen que haberse copiado dichas carpetas dentro de la carpeta "Assets/Pictos" del programa. En la propia carpeta "Assets/Pictos" también puede haber pictogramas, estos se cargarán seleccionando la opción "root" en el deslizable. En la figura 50 hay un ejemplo con 3 carpetas. El segundo matiz es que en los pictogramas se podrá modificar la altura usando los botones "q" y "a" del teclado, "q" para subirlo y "a" para bajarlo.

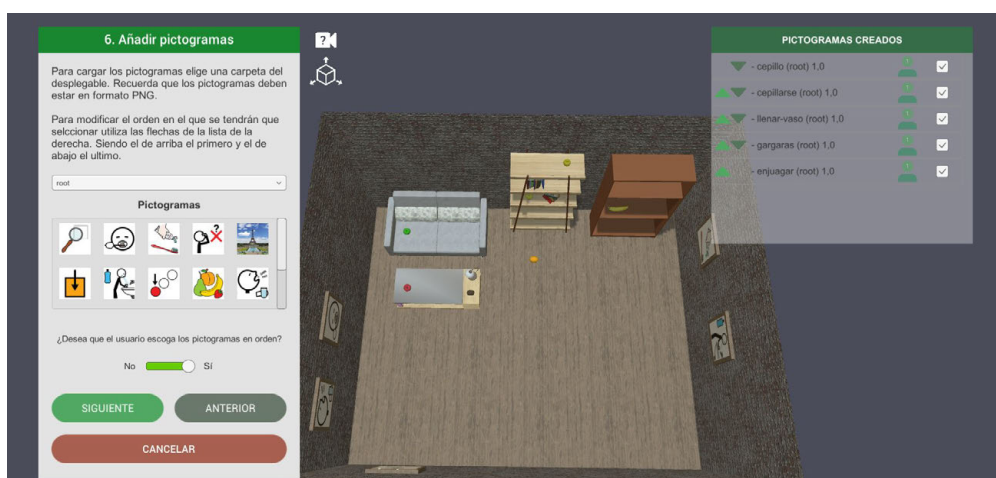


Figura 49: Fase 6. Añadir pictogramas a la sala.

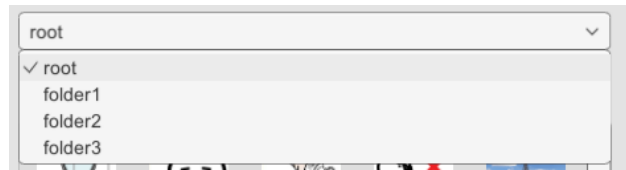


Figura 50: Ejemplo del desplegable con distintas carpetas.

- Fase 7. Colocar Jugador y Pizarra (Figura 51): En esta fase se podrá colocar al jugador y opcionalmente una pizarra. El jugador se colocará automáticamente en el medio, la posición del jugador será modificable en futuras versiones. Es necesario colocar al jugador para poder continuar con la creación de la sala. Adicionalmente, tenemos la opción de colocar una pizarra en la que se mostrarán las frutas y pictogramas que tiene que recoger el usuario. Las frutas aparecerán a escala, es decir, una manzana de tamaño 2.0 aparecerá más grande que una de tamaño 1.0 en la pizarra. En la pizarra se tendrá la opción con un deslizable de que aparezca un pictograma genérico, como el de la figura 52.

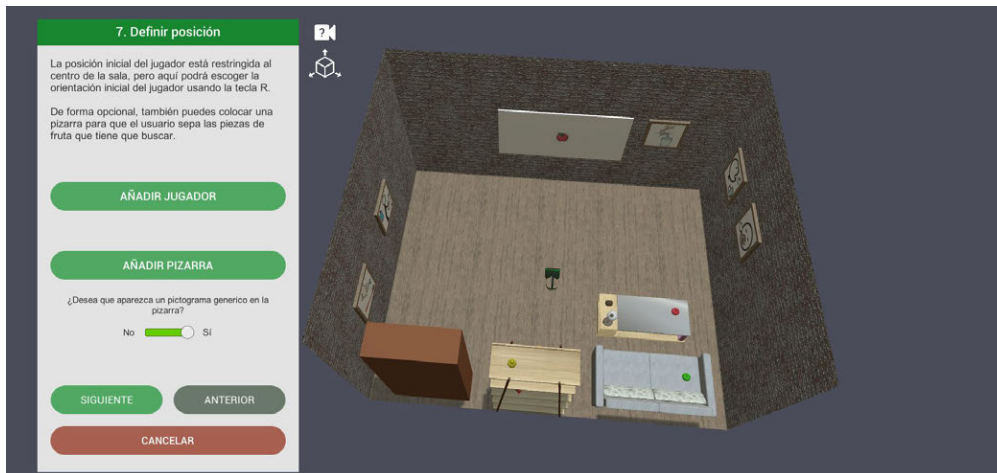


Figura 51: Fase 7. Añadir jugador y pizarra a la sala.

- Fase 8. Añadir comentario (Figura 53): En esta ventana podremos añadir un pequeño comentario de hasta 150 caracteres que nos ayudará a distinguir la sala. Este comentario aparecerá luego a la hora de iniciar la sala para ayudarnos a distinguir unas de otras. Una vez terminada la sala le damos al botón siguiente y, si todo ha salido bien, nos aparecerá un mensaje informativo con un botón para volver al menú principal.



Figura 52: Ejemplo de pictograma genérico.

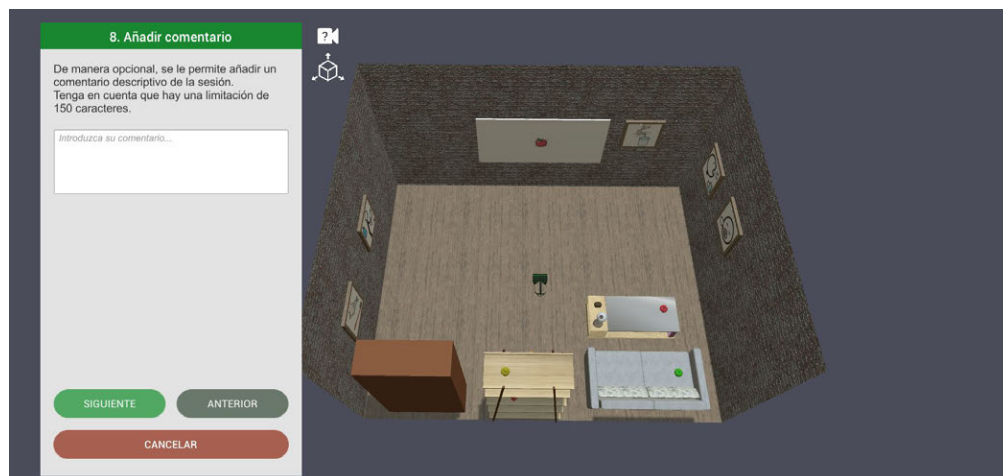


Figura 53: Fase 8. Añadir comentario a la sala.

2. **Editar Sala:** En esta opción podremos editar una sala existente o crear una nueva a partir de una ya creada: la diferencia es que con la primera opción recuperaremos la sala con todos sus elementos y al guardarla se sobrescribirá la entrada en la BD, perdiendo la anterior; con la segunda opción no se recuperarán ni frutas ni pictogramas y la sala se guardará como otra entrada de la BD, manteniendo la original. Al pulsar sobre el botón nos aparecerá una ventana como en la figura 54 en la que podremos elegir la sala que queremos editar en el desplegable, darle un nuevo nombre y elegir entre editarla con el botón editar o crear una nueva a partir de esta con el botón crear nueva. Una vez que confirmamos, apareceremos en la fase 2 de la creación de sala: el funcionamiento es el mismo que como si estuviéramos creando la sala desde 0.

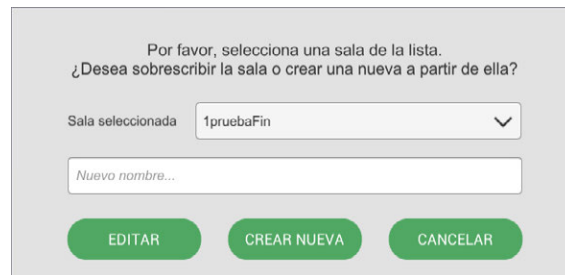
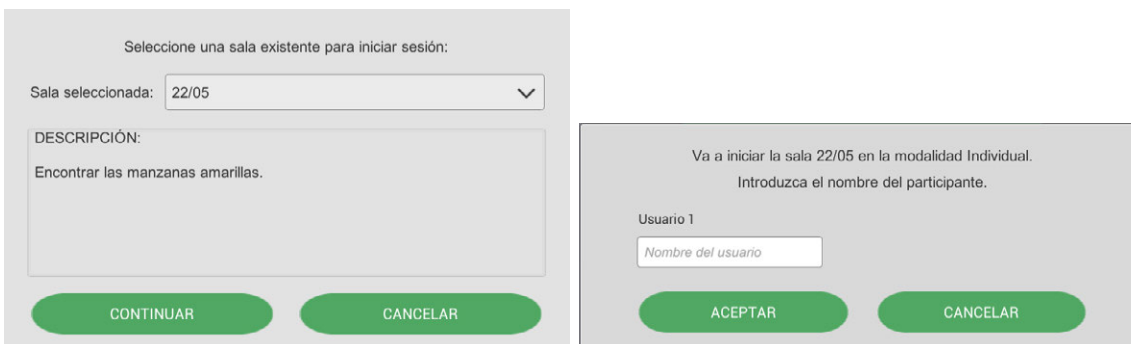


Figura 54: Ventana de elección de nombre y tipo de edición para la sala.

3. **Iniciar Sesión:** En esta opción nos aparecerá una ventana para elegir la sala a la que queremos jugar, con un desplegable. Al ir cambiando entre diferentes salas nos aparecerá la descripción de las mismas (hay un ejemplo en la figura 55a), una vez que confirmemos que queremos iniciar la sala nos pedirá el nombre del jugador, como en la figura 55b.



(a) Selección de sala para iniciar sesión. (b) Selección del nombre del jugador al iniciar sesión.

Figura 55: Ventanas de inicio de una sala.

Ahora tendremos que esperar a que se conecte el cliente, mientras tanto nos aparecerá una ventana (Figura 56) con unas opciones abajo para volver al menú o comenzar la sala (que no estará disponible hasta que no esté conectado el jugador). Para saber cuándo está conectado el cliente, el icono del mismo cambiará a verde y el texto de abajo cambiará de "No conectado" a "Listo" (lo vemos en la figura 57).



Figura 56: Pantalla de iniciar sesión con cliente desconectado.



Figura 57: Pantalla de iniciar sesión con cliente conectado.

Entonces podremos darle a comenzar, veremos una pantalla con las frutas y pictogramas a recoger por el jugador, un contador y un botón para volver al menú principal (Figura 58). Debajo de las frutas y pictogramas tendremos unos recuadros que se irán rellenando con *ticks* verdes a medida que el jugador vaya recogiendo los objetos.

4. **Ver *Rankings***: Haciendo *click* en este botón nos aparecerá la pantalla de la figura 59, en esta pantalla tendremos un desplegable para elegir la sala de la BD y un cuadro con los nombres de los usuarios que han jugado en dicha sala, seguidos por su tiempo, ordenados de menor a mayor. En la parte inferior de la pantalla disponemos de un botón para volver al menú principal.

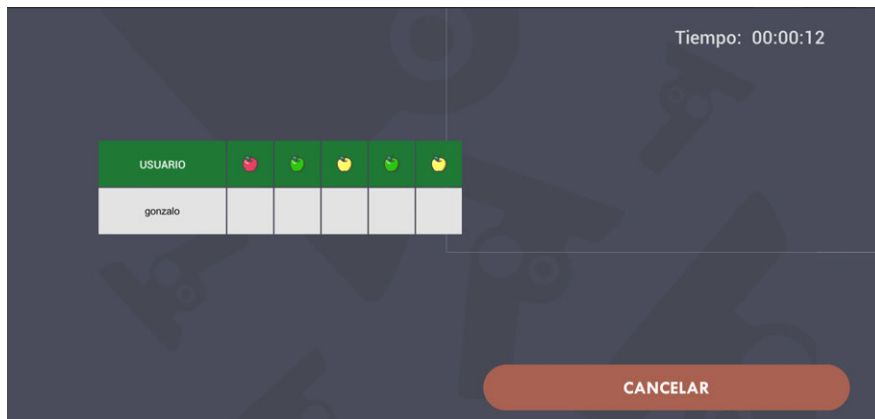


Figura 58: Pantalla que ve el terapeuta durante el juego.



Figura 59: Pantalla de visualización de *Rankings*.

Por otro lado, tendremos la aplicación del jugador, para ella necesitaremos la aplicación MetaQuest Link para ordenador.

Una vez que tenemos las gafas encendidas deberemos conectarlas a la misma red Wifi a la que esté conectado el ordenador. Nos saldrá automáticamente la opción de abrir el Quest Link en las gafas, esto es el protocolo de comunicación entre las gafas y el ordenador vía Wifi, deberemos darle a iniciar. Si es la primera vez que las usamos deberemos definir una zona de juego usando los mandos y siguiendo las instrucciones.

Definida la zona de juego podemos lanzar la aplicación, en las gafas aparecerá la sala con las espadas, como las de la figura 60, automáticamente en las manos, pero sin los objetos a buscar, estos aparecerán cuando el terapeuta le de a iniciar.

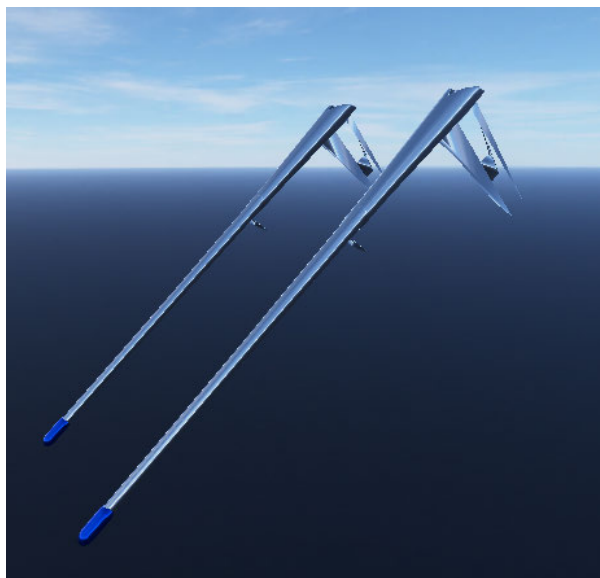


Figura 60: Espadas del jugador para pinchar los objetos.

Cuando el terapeuta le de al botón de iniciar, comenzará el juego y el jugador deberá empezar a buscar las frutas y pictogramas que le indique el terapeuta o aparezcan en la pizarra, en la figura 61 tenemos un ejemplo de cómo se vería la pizarra durante el juego. Al recoger todas las frutas aparecerá un pictograma de gracias (Figura 62) enfrente nuestra, que irá difuminándose con el tiempo, permitiendo al usuario seguir explorando la sala si así lo desea.



Figura 61: Ejemplo de pizarra durante el juego.



Figura 62: Pictograma final de gracias.

9.2. Lista de funcionalidades añadidas o cambiadas

A continuación, se presenta una lista de los cambios hechos en la aplicación en cuanto a funcionalidades: se han omitido los relativos a la inclusión de pictogramas y muebles activos, ya que esos están en el desarrollo de la memoria del proyecto.

- Los desplegados que contienen los nombres de las salas ahora aparecen en orden alfabético.
- Se han incluido las imágenes que representan las texturas, los muebles, los objetos, las frutas y los pictogramas en un recuadro, de forma que si en un futuro se añaden más y no caben en la pantalla aparezca un *scroller* para tener acceso a todos.
- Se ha añadido un cuadro que indique que textura está elegida en la fase de texturas, tanto para el suelo como la pared.
- Se puede modificar la altura de la pizarra con "q" y "a".
- Creando una nueva sala a partir de otra se parte de la fase de elección de tamaño y no se guardan frutas ni pictogramas.
- Editando una sala se empieza en la fase de elección de texturas, pero se puede cambiar el tamaño y se cargan tanto los muebles y objetos como las frutas y pictogramas.
- La pantalla final aparece más lejos, de forma un poco transparente y tras 5 segundos empezará a difuminarse.
- Las frutas se modificarán de tamaño en 15 pasos, desde un 50 % del tamaño original hasta un 200 %.
- El tamaño de cada fruta se representa con un multiplicador al lado. Por ejemplo, "Manzana Roja x1.4".
- No se puede poner ningún objeto en un radio de 30 cm del centro de la sala, ya que ahí irá colocado el jugador.
- El tamaño máximo de la pizarra está reducido.
- En la fase de colocar la pizarra se ha añadido una nueva opción para que el terapeuta elija si quiere que en la pizarra del jugador aparezca un pictograma genérico o no.
- Cuando se elige el tamaño de la sala, al pasar a la siguiente fase, esta se centra con respecto a la pantalla.
- En cualquier momento de edición o creación de sala se puede volver a cambiar el tamaño de la sala.

9.2 Lista de funcionalidades añadidas o cambiadas

- Las espadas del jugador son más pequeñas y tienen una punta de colisión más grande.

En cuanto a estética, se han ido cambiando cosas según se iban detectando: en general ha consistido en alinear componentes, agruparlos según su utilidad y no dejar o minimizar el espacio muerto en las interfaces gráficas.