

TRABAJO FINAL DE GRADO

Dispositivos de proyección volumétrica aplicados al juego multijugador local

David Capel Bonilla

Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

CURSO 2020-21



Centre adscrit a la



Agradecimientos

A mi pececito, a mi familia y a mis amigos.

Resumen

Este trabajo de investigación hace un acercamiento al diseño y desarrollo de aplicaciones enfocadas al entretenimiento interactivo bajo el soporte de los dispositivos de proyección volumétrica. El objetivo del proyecto es investigar cómo la inclusión de este tipo de tecnología en el diseño de juegos multijugador local puede afectar a la experiencia social de los jugadores. Para ello se diseñará y prototipará un videojuego para un dispositivo de proyección que genere la ilusión de un escenario tridimensional visible por múltiples usuarios desde distintas perspectivas y se analizarán sus experiencias de juego en múltiples sesiones de playtesting.

Abstract

This research aims to make an approach to the design and development of applications focused on interactive entertainment under the support of volumetric displays. The objective of the project is to investigate how the inclusion of this technologies in the design of a local multiplayer game can affect on the player's game experience. To do this, a video game will be designed and prototyped to run in a projection device which creates the illusion of a tridimensional scene visible by multiple users from different perspectives and their gaming experiences will be analysed in multiple playtesting sessions.

Resum

Aquest treball d'investigació fa un apropament al disseny i desenvolupament d'aplicacions enfocades a l'entreteniment interactiu sota el suport dels dispositius de projecció volumètrica. L'objectiu del projecte es investigar com la inclusió d'aquest tipus de tecnologies en el disseny de jocs multijugador local pot afectar a l'experiència social dels jugadors. Per fer-ho, es dissenyarà i prototiparà un videojoc per un dispositiu de projecció que generi la il·lusió d'un escenari tridimensional visible per múltiples usuaris des de distintes perspectives i s'analitzaran les seves experiències de joc en múltiples sessions de playtesting.

Índice

1. Introducción	1
2. Marco teórico	3
2.1. Realidad Extendida	3
2.1.1. Realidad Aumentada (AR)	3
2.1.2. Virtualidad Aumentada (AV)	4
2.1.3. Realidad Virtual (VR)	5
2.2. Dispositivos de proyección volumétrica.....	5
2.2.1. Sistemas de proyección volumétrica de barrido.....	6
2.2.2. Sistemas de proyección volumétrica estáticos.....	6
2.2.3. Pantallas de proyección pseudo-volumétrica	7
2.3. Encuentros sociales en el juego.....	10
2.3.1. Encuentros y reuniones	10
2.3.2. Dinámicas del encuentro	11
2.4. Los principios del diseño	13
3. Análisis de referentes	15
3.1. Pantallas pseudo-volumétricas en videojuegos	15
3.1.1. Holosseum	15
3.1.2. Crazy Tower	16
3.2. Referentes en conceptos clave del diseño	16
3.2.1. Lovers in a Dangerous Spacetime	17
3.2.2. Overcooked	18
3.2.3. DUAL!.....	19
4. Objetivos	21
4.1. Objetivos Principales.....	21
4.2. Objetivos Secundarios	21

5. Diseño metodológico y cronograma	23
5.1. Metodología	23
5.1.1. Producción del dispositivo de proyección	23
5.1.2. Producción del videojuego.....	24
5.1.3. Experimentación y playtesting	24
5.2. Cronograma	26
6. Desarrollo y resultados	27
6.1. Dispositivo de proyección pseudo-volumétrica	27
6.1.1. Diseño de la pirámide de proyección	27
6.1.2. Construcción de la pirámide de proyección.....	28
6.2. Estructura y desarrollo de sistemas en Unity	28
6.2.1. Volumen de juego y tangibilidad	29
6.2.2. Sistema de cámaras y render planes	29
6.2.3. Headtracking para cuatro jugadores	31
6.3. Conceptualización	32
6.3.1. Definición de conceptos clave.....	32
6.3.2. Dinámicas versus mecánicas.....	33
6.3.3. Tetris ⁴ , Twower y Parts!	34
6.4. Desarrollo del prototipo	34
6.4.4. Light Game Design Document (LGDD).....	35
6.4.5. Character Controller	35
6.4.6. Tower Controller	36
6.4.7. Modelo, rig y animaciones del personaje	37
6.4.8. Modelado de bloques	37
6.4.9. Interfaces para cuatro jugadores (UI)	38
6.4.10. Sonidos y música	39
6.5. Adaptación para pantallas convencionales	39
6.5.1. Pantalla dividida	39

6.5.2.	Inclinación automática de cámara en esquinas.....	40
6.6.	Desarrollo del sistema de repeticiones.....	41
6.6.1.	Grabación de inputs.....	41
6.6.2.	Reproducción de inputs.....	41
6.6.3.	Interfaz de visualización.....	41
6.7.	QA, ajustes y mejoras.....	42
6.7.1.	Ajustes de movimiento.....	43
6.7.2.	Ajustes en plataformas.....	43
6.7.3.	Mejora del bloque inicial (tutorial).....	43
6.7.4.	Mejoras de visibilidad.....	44
6.7.5.	Mejoras en el sistema de renderizado.....	45
6.8.	Playtesting.....	45
7.	Conclusiones.....	47
8.	Bibliografía.....	49
9.	Anexos.....	51
9.1.	Documento de diseño y producción del dispositivo de proyección pseudo-volumétrica.....	52
9.2.	Estructura, sistema de cámaras e implementación de headtracking en Unity	53
9.3.	Conceptos de juego.....	54
9.4.	Documento de diseño ligero para el prototipo de Twower.....	55
9.5.	Playtesting.....	56
9.6.	Proyecto y builds.....	57

Índice de figuras

Fig. 2.1. Esquema del continuo de la realidad mixta. Adaptado de Milgram, 1994.....	3
Fig. 2.2. Representación de un dispositivo de AR. Fuente: beamstacks.com, 2018.....	4
Fig. 2.3. Representación de un dispositivo de VA. Fuente: Renato Salas-Moren, 2014.....	4
Fig. 2.4. Representación de un dispositivo de VR. Fuente: thegrundyregister.com, 2019.....	5
Fig. 2.5. Fotografía de pantalla volumétrica de barrido. Fuente: ictvision, YouTube, 2011.	6
Fig. 2.6. Fotografía de pantalla volumétrica estática. Fuente: Voxon Photonics, 2020.....	7
Fig. 2.7. Fotografía de pantalla de proyección transparente. Fuente: BBC, 2016.....	8
Fig. 2.8. Fotografía de un cono de proyección transparente. L. Xuan, 2017.....	8
Fig. 2.9. Modelo 3D del esqueleto de una mano proyectado en FogScreen. FogScreen, 2004.	9
Fig. 2.10. Fotografía del sistema de proyección de la arcade Time Traveller. OldSchoolNYCGamer, 2017.....	9
Fig. 2.11. Personas jugando a un juego de mesa. Fuente: Sarah Conard, 2018.....	12
Fig. 2.12. Ejemplo de un elemento de visibilidad en videojuegos. Fuente: Resident Evil 2, Capcom, 2019.....	13
Fig. 3.1. Fotografía de un arcade Holosseum. Fuente: neoteo.com, 2018.	15
Fig. 3.2. Fotografía de un arcade Crazy Tower. Fuente: Toy Hunting Gamers, 2017.....	16
Fig. 3.3. Captura de Lovers in a Dangerous Spacetime. Fuente: Stumpt, YouTube, 2016.	18
Fig. 3.4. Captura de Overcooked. Fuente: PlayStation Access, YouTube, 2018.	18
Fig. 3.5. Fotografía de dos personas jugando a DUAL!. Fuente: Seabaa, 2015.....	19
Fig. 5.1. Esquema del flujo de trabajo para el desarrollo del hardware.....	23
Fig. 5.2. Esquema del flujo de trabajo para el desarrollo del software.	24
Fig. 5.3. Cronograma de desarrollo.....	26
Fig. 6.1. Renders 3D a escala del prototipo de la pirámide de proyección.	28
Fig. 6.2. Fotografía del producto final del dispositivo de proyección	28
Fig. 6.3. Vídeo demostrativo de la prueba de refuerzo de tangibilidad.	29
Fig. 6.4. Capturas de pantalla de las distintas cámaras que renderizan el escenario.....	30
Fig. 6.5. Captura de pantalla de los distintos planos que conforman la imagen de proyección final.	30
Fig. 6.6. Fotografías del sistema de headtracking implementado con <i>Wii Remotes</i>	31
Fig. 6.7. Ficha de concepto de <i>Ttower</i> . Enlace al concept video: bit.ly/3dqCqcX	34
Fig. 6.8. Render de los modelos creados para los personajes de <i>Ttower</i>	37
Fig. 6.9. Renders de algunos de los modelos creados para los bloques de la torre.	38
Fig. 6.10. Captura de pantalla de un elemento de interfaz en <i>Ttower</i>	38
Fig. 6.11. Captura de pantalla de <i>Ttower</i> adaptado para pantallas convencionales.	40
Fig. 6.12. Captura de pantalla del visor de repeticiones de <i>Ttower</i>	42
Fig. 6.13. Bloque tutorial de <i>Ttower</i>	44
Fig. 6.14. Fotografía de la proyección final de la torre en la versión para pirámide de <i>Ttower</i>	44
Fig. 6.15. Captura de pantalla del efecto de semi-transparencia en <i>Ttower</i>	45

Glosario de términos y definiciones

<i>Agile</i>	Método de gestión de proyectos, utilizado especialmente para el desarrollo de software, que se caracteriza por la división de las tareas en fases cortas de trabajo y la frecuente reevaluación y adaptación de los planes.
<i>Autoestereoscópico</i>	La autoestereoscopia es un método para reproducir imágenes tridimensionales que puedan ser visualizadas sin que el usuario tenga que utilizar ningún dispositivo especial (como gafas o cascos especiales) ni necesite condiciones especiales de luz.
<i>Build</i>	Compilación. En el desarrollo de software, una "build" es el proceso de convertir los archivos de código fuente en un ejecutable independiente que pueda ejecutarse en un ordenador.
<i>Csv</i>	"Comma-separated values". Un archivo de texto delimitado que utiliza una coma para separar los valores.
<i>Dinámicas</i>	Las dinámicas de juego definen las pautas de cómo evolucionarán el juego y los jugadores a lo largo del tiempo.
<i>Diseño de juegos</i>	El diseño de juegos es el arte de aplicar el diseño y la estética para crear un juego con fines de entretenimiento o bien educativos, de entrenamiento o experimentales.
<i>Headtracking</i>	El "headtracking" es un sistema que permite a una aplicación reconocer e identificar los movimientos de la cabeza de un usuario.
<i>LGDD</i>	"Light Game Design Document". Un documento de diseño ligero que describe todos los aspectos del prototipo de un juego.
<i>Mecánicas</i>	Las mecánicas del juego son las reglas que rigen y guían las acciones del jugador, así como la respuesta del juego a las mismas.
<i>Plane</i>	En el motor de juegos Unity, una superficie bidimensional plana con malla y textura.
<i>Playtest</i>	Un "playtest" es el proceso por el cual un diseñador de juegos prueba un nuevo juego en busca de comportamientos concretos, errores o fallos de diseño.

<i>QA</i>	La garantía de calidad.
<i>Render texture</i>	Una "Render Texture" es un tipo de textura que el motor de juegos Unity crea y actualiza en tiempo de ejecución.
<i>Rig</i>	El "rig" o "rigging" es el proceso de preparar una malla para su animación.
<i>Shader</i>	Un shader es un programa definido por el usuario y diseñado para ejecutarse en alguna etapa del procesador gráfico. Los shaders proporcionan el código para ciertas etapas programables del pipeline de renderizado.
<i>Tester</i>	Probador. Alguien que prueba algo.
<i>Tick</i>	Un "tick" es una unidad arbitraria para medir el tiempo del sistema interno de un proceso.
<i>UI</i>	Interfaz de usuario. El espacio en el que se producen las interacciones entre humanos y máquinas.
<i>Waterfall</i>	El modelo "waterfall" es un desglose de las actividades de un proyecto en fases secuenciales lineales, donde cada fase depende de los resultados de la anterior y corresponde a una especialización de tareas.

1. Introducción

Desde siempre, la especie humana ha trabajado por moldear la realidad que la rodea. Podría decirse incluso, que es precisamente este impulso el que en mayor medida nos hace propiamente humanos. La tecnología ha evolucionado muchas veces con este mismo propósito a lo largo de la historia y a día de hoy, sumergidos en un océano digital, comenzamos a explorar cómo trasladar toda esa marabunta de datos a un espacio más tangible, cercano y, en definitiva, más humano. A este último intento por adaptar la realidad a nuestro entorno digital lo hemos llamado realidad extendida o *XR*, un concepto que engloba varias tecnologías y filosofías que comparten el mismo objetivo por difuminar los límites que separan lo físico de lo virtual.

La ciencia ficción, profeta en muchas ocasiones de nuestros avances tecnológicos, nos ha mostrado incontables veces ordenadores que muestran sus datos flotando en el aire, creando un entorno en el que lo físico y lo digital comparten un mismo concepto y gracias al cual múltiples personas pueden visualizar una misma información desde perspectivas distintas. Quizá aún nos encontremos muy lejos de la realidad en la que todas estas fantasías forman parte de nuestro día a día, pero algunos prototipos de pantallas volumétricas nos acercan poco a poco a esta ficción.

El propósito de este trabajo es plantear un acercamiento a las posibles nuevas formas de entretenimiento derivadas de este futuro avance tecnológico. Una nueva forma de entender los entornos virtuales y de interactuar con el resto de usuarios en nuestro espacio físico; en definitiva, una experiencia distinta a la que podemos aspirar con los medios y periféricos convencionales.

Para lograr este objetivo, se diseñará y desarrollará el prototipo de un videojuego multijugador local para una pirámide de proyección pseudo-volumétrica, generando la ilusión de un escenario tridimensional visible desde distintas perspectivas donde hasta cuatro jugadores puedan tener una experiencia digital conjunta y menos aislada de la realidad.

La memoria de esta investigación se encuentra dividida en distintos capítulos que recogen la documentación y el proceso de diseño y producción trabajados durante el desarrollo. El capítulo que abre la investigación es el de *Marco Teórico*, donde se recoge la teoría que fundamenta esta investigación y que enmarca el ámbito de la misma. A continuación, se realiza un análisis de referentes en torno al uso de pantallas volumétricas en videojuegos y a algunos juegos que se han considerado relevantes para la investigación por su diseño o dinámicas; y seguidamente se presentan los objetivos y la metodología del trabajo definida. En el capítulo de *Desarrollo y resultados*, se recoge todo el desarrollo seguido durante el avance de la investigación así como los distintos resultados e iteraciones realizadas y, finalmente, se exponen las conclusiones de la investigación.

2. Marco teórico

En este capítulo se presenta el marco teórico que fundamenta la investigación y el diseño del videojuego a la vez que sienta las bases de la discusión acerca de la experiencia social de juego.

2.1. Realidad Extendida

En términos generales, la realidad extendida (también conocida como *XR*) es un concepto que engloba todos los entornos reales y virtuales en sus distintas combinaciones junto con las interacciones humano-máquina generadas a través de los dispositivos que sirven de enlace entre ambos. Aunque existen varias definiciones que concretan la distribución y la categorización de cada una de las posibilidades de la realidad extendida, todas ellas coinciden en la representación de un “eje X” que define una recta numérica entre realidad y virtualidad (Mann, S., 2018).



Fig. 2.1. Esquema del continuo de la realidad mixta. Adaptado de Milgram, 1994.

Es este eje horizontal (Fig. 2.1.), al que algunos autores se refieren bajo el término de realidad mixta (Paradiso, J. A., 2009), el que disecciona todo el conjunto de entornos y tecnologías de realidad extendida que conocemos hoy en día.

2.1.1. Realidad Aumentada (AR)

La realidad aumentada se define como una experiencia interactiva en un entorno real donde la estructura y objetos que forman el conjunto del espacio físico se ven mejorados por información visual, auditiva, háptica, somatosensorial u olfativa generada a través de un ordenador (Schueffel, P., 2017). Esta mejora de la realidad es generada en tiempo real y es percibida por el usuario a través de un dispositivo

intermedio que le permite experimentar el aumento, que puede ser aditivo o destructivo en cuanto a si añade información al entorno real o si bien la resta.



Fig. 2.2. Representación de un dispositivo de AR. Fuente: beamstacks.com, 2018.

2.1.2. Virtualidad Aumentada (AV)

La virtualidad aumentada, al contrario que la realidad aumentada, pone el foco en el aumento de la información virtual a partir de la información recolectada sobre el entorno real. Por ejemplo, la generación en tiempo real de un entorno 3D a partir del análisis de un entorno físico mediante sensores sería un caso de virtualidad aumentada, donde el usuario se encuentra inmerso en un mundo virtual aumentado por las cualidades físicas de la realidad. De la misma forma, la virtualidad aumentada puede ser también aditiva o destructiva según si añade información al entorno virtual o si bien la resta.

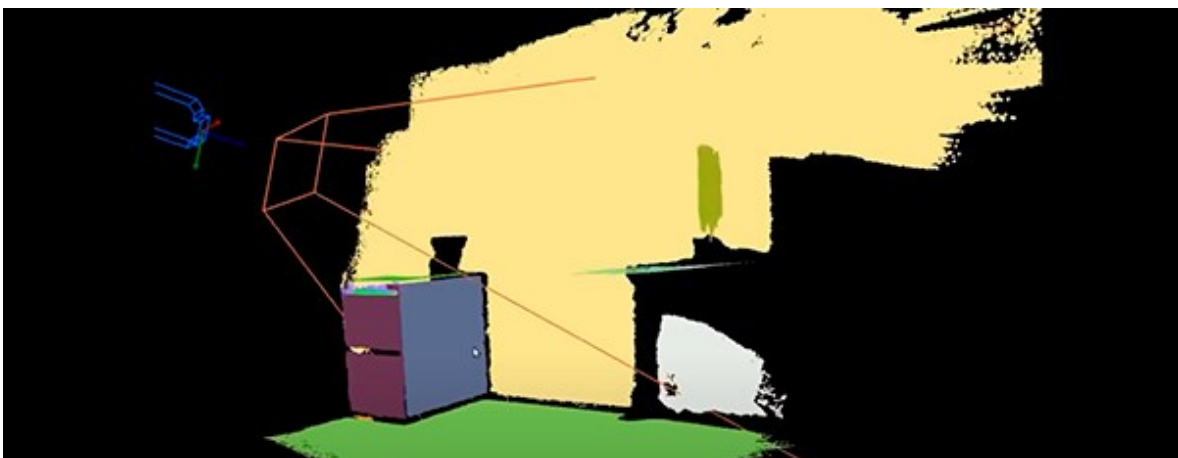


Fig. 2.3. Representación de un dispositivo de VA. Fuente: Renato Salas-Moren, 2014.

2.1.3. Realidad Virtual (VR)

La realidad virtual es una avanzada interfaz humano-máquina que simula un entorno real (Zheng, J., 1998) mediante la generación de ilusiones sensoriales que se pueden comprender desde visuales o auditivas hasta hápticas y somatosensoriales si el conjunto del dispositivo cuenta con los sensores y simuladores pertinentes. El entorno digital se encuentra al extremo derecho del eje horizontal de realidad mixta, lo que significa que la inmersión en el mundo virtual es completa, a la vez que lo es el aislamiento del mundo real.



Fig. 2.4. Representación de un dispositivo de VR. Fuente: thegrundyregister.com, 2019.

2.2. Dispositivos de proyección volumétrica

Los dispositivos o pantallas de proyección volumétrica tridimensionales permiten la generación, absorción o descomposición de radiación visible (luz) mediante un conjunto de regiones (*voxels*) distribuidas en un volumen transparente (Blundell, B., 2002). Para visualizarlo mejor, puede imaginarse ese volumen transparente como una matriz tridimensional en la que cada una de las celdas puede emitir luz de forma independiente, y ser visualizada desde cualquier perspectiva por uno o varios observadores externos.

A diferencia de los dispositivos de realidad aumentada, las pantallas de proyección volumétrica no requieren ningún mediador entre el usuario y el entorno virtual, sino que forman parte en sí mismas de la realidad al ser en cierta manera tangibles y, en definitiva, existir. Según Blundell, se pueden dividir los sistemas de proyección volumétrica en dos grandes bloques: los sistemas de proyección volumétrica de barrido y los sistemas de proyección volumétrica estáticos. Al margen de la

clasificación dada por Blundell, también se añadirá una tercera categoría que identifica las pantallas de proyección pseudo-volumétrica con el objetivo de profundizar en la generación de dispositivos que simulan la ilusión de una pantalla volumétrica real, lo cual es relevante dentro del marco teórico del proyecto dada la metodología que se ha diseñado.

2.2.1. Sistemas de proyección volumétrica de barrido

Los sistemas de proyección volumétrica de barrido basan su funcionamiento en el principio de persistencia de visión del ojo humano para fusionar una serie de secciones de un render 3D en una sola imagen mediante su proyección en una superficie vibrante (Gately, M., 2011). Es decir, el ordenador fragmenta el modelo tridimensional en múltiples fracciones que, al ser proyectadas a alta frecuencia sobre una superficie móvil o rotatoria sincronizada con dicha tasa de refresco, genera la ilusión al espectador de estar observando las distintas secciones del modelo al moverse en torno a él.



Fig. 2.5. Fotografía de pantalla volumétrica de barrido. Fuente: ictvision, YouTube, 2011.

2.2.2. Sistemas de proyección volumétrica estáticos

Los sistemas de proyección volumétrica estáticos son capaces de generar imágenes tridimensionales sin requerir de partes móviles en el volumen de renderizado (Blundell, B., 2002). Estos dispositivos, al igual que los de barrido, también basan su funcionamiento en el principio de persistencia del ojo humano, pero no fundamentan el efecto mediante el uso de vibraciones físicas en una pieza móvil, sino que o bien proyectan esas imágenes en un volumen sólido provisto de

una estructura escamada (por capas) o bien basan su funcionamiento en la estimulación de partículas en el aire permitiendo generar imágenes en cualquier espacio (Humbling, D., 2006).

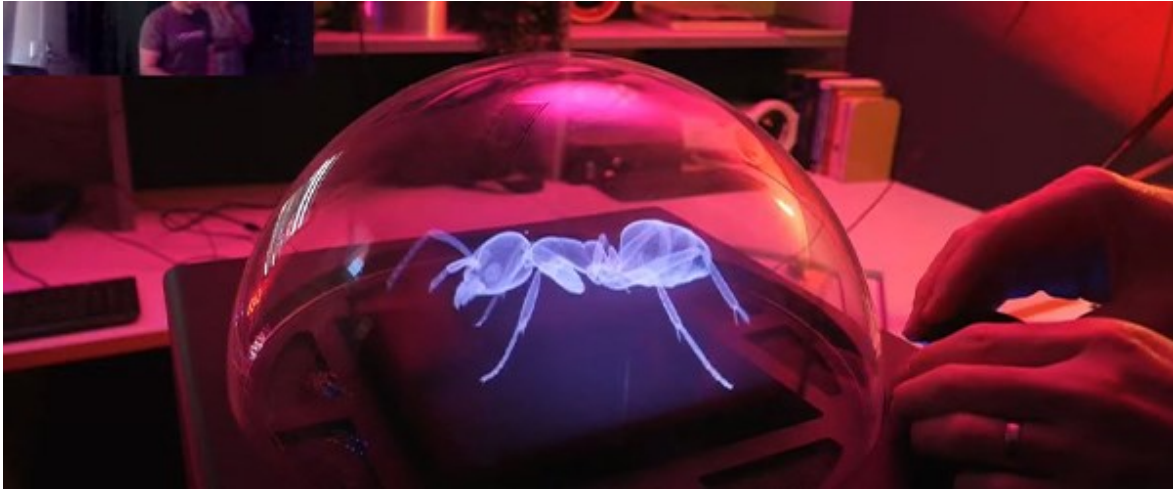


Fig. 2.6. Fotografía de pantalla volumétrica estática. Fuente: Voxon Photonics, 2020.

2.2.3. Pantallas de proyección pseudo-volumétrica

Los sistemas de proyección pseudo-volumétrica son sistemas que tratan de generar el efecto de una proyección volumétrica real mediante una ilusión óptica a los ojos del espectador. Ismo Rakkolainen (2012), en un apartado dedicado a las pantallas de proyección pseudo-volumétrica en el libro “Handbook of Visual Display Technology” (Chen, J., 2012) hace un inciso en este tipo de pantallas y describe una lista donde enumera distintos sistemas pseudo-volumétricos destacables.

- **Pantallas de proyección transparente**

Las pantallas de proyección transparentes se basan en la famosa ilusión del fantasma de Pepper (Pepper, J., 1890) y consisten en una superficie acrílica o cristalina dispuesta en un ángulo de 45° respecto a una fuente de luz o proyección. El espectador, colocado en frente de la pantalla transparente, es capaz de ver la imagen proyectada como si estuviera siendo dibujada en el aire tras el cristal.

Existen varias formas de recrear este efecto según el tipo de superficie donde se proyecta la imagen o la forma de esta, aunque las más destacables son la pirámide y el cono de proyección transparente.

La pirámide de proyección consiste en una estructura piramidal de cuatro lados transparentes sobre la que se proyecta una imagen fragmentada en cuatro partes, una por cada superficie de la estructura.

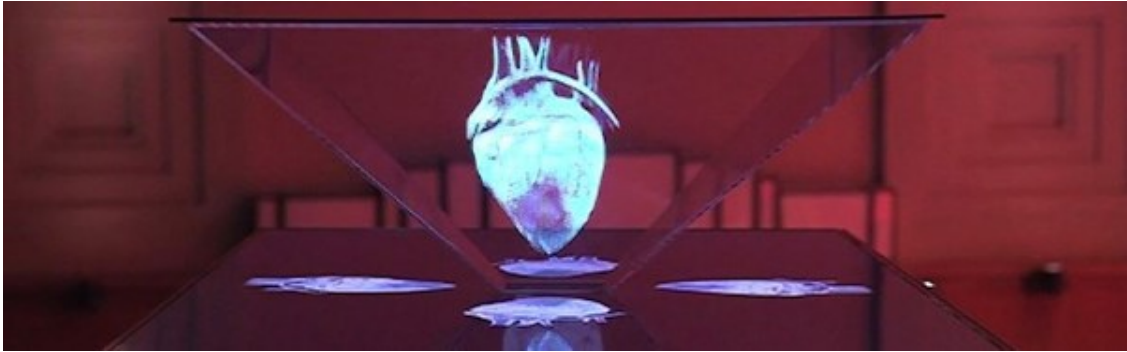


Fig. 2.7. Fotografía de pantalla de proyección transparente. Fuente: BBC, 2016.

El efecto que recrea es idéntico a la ilusión del fantasma de Pepper, sólo que este se produce de forma independiente y simultánea en cada lateral de la pirámide.

El cono de proyección basa también su efecto en la ilusión del fantasma de Pepper, pero su particularidad es que la imagen se proyecta sobre una superficie cónica (y por ende curva) en vez de una plana.



Fig. 2.8. Fotografía de un cono de proyección transparente. L. Xuan, 2017.

La experiencia lograda con esta pantalla pseudo-volumétrica varía en cuanto a la que ofrece la pirámide de proyección en que el usuario no es capaz de percibir los límites de la proyección en los laterales de la estructura permitiéndole moverse libremente a su alrededor.

- **FogScreen**

La pantalla *FogScreen* (FogScreen, 2002) permite la proyección de imágenes sobre una fina capa de humo y, pese a ser en esencia una pantalla bidimensional, puede extenderse para funcionar como una pantalla pseudo-volumétrica mediante el uso de efectos estereoscópicos (Chen, J., 2012).



Fig. 2.9. Modelo 3D del esqueleto de una mano proyectado en FogScreen. FogScreen, 2004.

- **Espejo semiesférico cóncavo**

Este sistema fue el utilizado por SEGA en algunas de sus máquinas arcade para lograr un efecto tridimensional como es el caso de *Time Traveller* (SEGA, 1991) o *Holosseum* (SEGA, 1992), y su funcionamiento radica en el uso de un espejo cóncavo para recrear un efecto similar al de un microscopio.

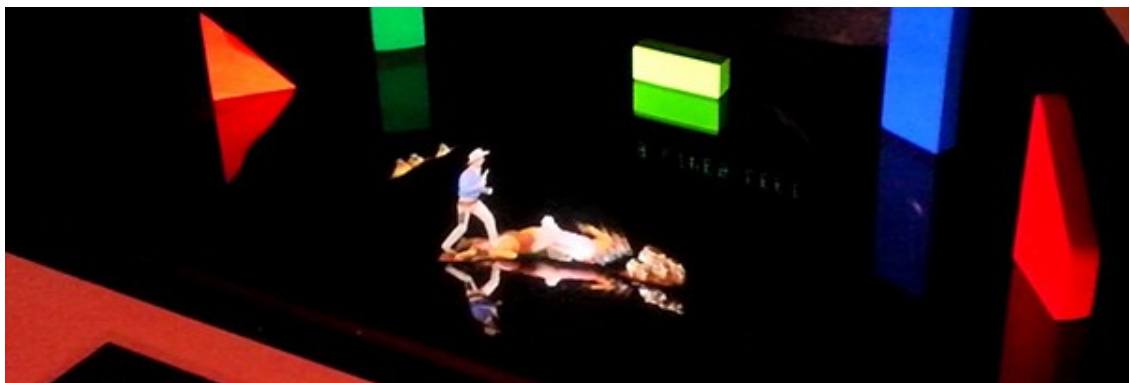


Fig. 2.10. Fotografía del sistema de proyección de la arcade Time Traveller. OldSchoolNYCGamer, 2017.

El espejo se encuentra orientado hacia arriba y a su vez contrapuesto a la pantalla reflejando en él su contenido y generando la ilusión de que las imágenes se muestran al usuario proyectadas en el aire.

2.3. Encuentros sociales en el juego

Erving Goffman, en su libro *Encounters: Two Studies in Sociology of Interaction* (1961) presenta un capítulo completo llamado “Fun in Games” dedicado a la relación entre jugadores al interactuar mediante el juego.

Este estudio es de suma relevancia dentro de este trabajo de investigación puesto que fundamenta en gran medida las relaciones entre jugadores y predice interacciones distintas en un mismo juego dependiendo de la ubicación, extensión y forma del foco de atención.

Pese a que la extensión y profundidad de este son considerables, en este apartado se realizará una selección de los aspectos más destacables que se consideran de vital relevancia para el objetivo y foco del proyecto.

2.3.1. Encuentros y reuniones

Goffman (1961) describe un encuentro como “una situación en la que dos o más personas comparten un único foco de atención visual y cognitivo a la vez que tienen una apertura mutua y preferencial a la comunicación verbal”. A su vez, añade también que los participantes podrían también ser capaces de ver al resto de jugadores observándoles.

Estos encuentros a los que se refiere suceden en reuniones, es decir, situaciones en las que dos o más personas se juntan de forma presencial en torno a un foco de atención, y según el tipo, estas pueden dividirse en tres categorías distintas: reuniones focales, donde todos los participantes prestan su atención al encuentro en un único foco común como podría ser un juego de mesa; reuniones no focales, donde los participantes no desarrollan ningún encuentro; y las reuniones multifocales, donde múltiples participantes prestan su atención a múltiples encuentros de forma simultánea.

2.3.2. Dinámicas del encuentro

En la segunda mitad de “Fun in Games”, Goffman (1961) explica los conceptos que constituyen las dinámicas sociales que pueden ocurrir en torno a un encuentro y los cataloga en las siguientes categorías: involucración espontánea, tranquilidad y tensión, byplay y membrana de interacción.

- **Involucración Espontánea**

Goffman (1961) se refiere con la involucración espontánea al estado mental en el que un participante “se ve involucrado en una actividad en la que compartida o no, es posible para él quedarse atrapado en ella, llevado por ella, absorto en ella, como decimos, espontáneamente involucrado en ella”. Son aquellas situaciones en las que el participante se encuentra, sin haber sido siquiera consciente, completamente aislado de cualquier estímulo externo más allá de la propia actividad.

Goffman da además una importancia añadida a los encuentros de juego en los que los participantes se encuentran sentados juntos en torno al foco, ya que considera que estos encuentros son mucho más intensos que los que puedan darse en juegos a distancia. Como dice Goffman (1961): “No parece haber agente más efectivo que otra persona para dar vida a un mundo”.

- **Tranquilidad y tensión**

Goffman (1961) define la tranquilidad como el estado en el que un participante es capaz de mantenerse involucrado en el mundo creado por la ficción del encuentro. La tensión, al contrario, se presenta como una sensación de discrepancia directa entre el mundo ficticio y el participante, la cual se puede producir y agravar o bien por la propia percepción del jugador o bien en consecuencia del rechazo de este por parte el foco del encuentro. Añade además que ambos factores, tranquilidad y tensión, son en cierta forma compartidos por todos los participantes del encuentro, pues cuando un jugador se aburre y deja de centrar su atención en el foco, el resto de participantes lo notan y se ven a su vez arrastrados por ello.

- **Derivación o “Byplay”**

La derivación o “byplay” que describe Goffman (1961) hace referencia al fenómeno en el cual varios o todos los participantes del encuentro desvían su involucración del foco principal a uno secundario. Cuando esto sucede, los jugadores mueven su foco de atención hacia un encuentro subordinado de una forma en la que no se arruina el encuentro principal. Según Goffman, “los gestos que los participantes muestren se verán modulados de forma que muestren un respeto continuado por el encuentro oficial o dominante”. Por ejemplo, si un participante sufre mucha tensión puede desviar el foco del encuentro de forma momentánea, permitiendo liberar esa tensión de una forma que le sería imposible estando completamente involucrado en el encuentro sin cortar completamente con la atención al foco principal.

- **Membrana de interacción**

Para Goffman (1961) los jugadores de un juego de mesa se sientan dentro de una membrana que les libera de todas las propiedades que son irrelevantes, incluidas las características que les hacen diferentes unos de otros. De la misma manera, cuando un elemento del exterior de dicha membrana la perturba, pone a prueba la solidez de todo el encuentro y cada participante corre el riesgo de ver afectado su nivel de involucración, resultando en el peor de los casos en una transformación completa de las normas del encuentro.



Fig. 2.11. Personas jugando a un juego de mesa. Fuente: Sarah Conard, 2018.

2.4. Los principios del diseño

Para realizar el diseño final del prototipo a desarrollar es importante tener en consideración los que para Norman (2013) son los dos aspectos más importantes del buen diseño: El *descubrimiento* y el *entendimiento*. Estas dos cualidades hacen referencia a lo que él considera la base del diseño de interacción, que parte en primer lugar de la capacidad del propio usuario de intuir qué acciones son posibles dado un diseño y seguidamente el cómo realizarlas.

Para definir los motivos fundamentales que logran satisfacer el concepto de descubrimiento Norman presenta seis conceptos fundamentales:

- **Visibilidad**

Cualquier marca o sonido, cualquier indicador visible que comunica el comportamiento adecuado de una interacción al usuario (Norman, 2013). En definitiva, una forma de dar pistas en cuanto a cómo interactuar con el diseño. Por ejemplo, un pequeño icono indicando con qué botón abrir un cajón en *Resident Evil 2* (Capcom, 2019).



Fig. 2.12. Ejemplo de un elemento de visibilidad en videojuegos. Fuente: Resident Evil 2, Capcom, 2019.

- **Retroalimentación**

Norman describe la retroalimentación (*feedback*) como cualquier forma de respuesta por parte del diseño a las acciones del usuario. Por ejemplo, la vibración del mando al salirse del circuito en *Gran Turismo* (Polyphony Digital, 2017).

- **Mapeo**

El mapeo es un término usado para describir la relación entre los elementos de dos entornos distintos (Norman, 2013). Esto se refiere a la relación directa entre los controles y sus efectos en el mundo. Por ejemplo, presionar la cruceta hacia el lado derecho en *Super Mario Bros* (Nintendo, 1985) provoca que Mario corra hacia el lado derecho de la pantalla.

- **Restricciones**

Norman define las restricciones como la limitación de la interacción del usuario en un momento determinado y las divide en cuatro categorías: Físicas, culturales, semánticas y lógicas. Las restricciones físicas aluden directamente a la manifestación física del objeto y como está diseñado (tamaño, forma, etc.). Las restricciones culturales y semánticas hacen referencia a aquellas restricciones que encajan al usuario en lo que él de forma subjetiva considera que tiene sentido en ese entorno. Por último, las restricciones lógicas son aquellas impuestas por la lógica inherente del objeto de interacción (Norman, 2013), como la última pieza del puzle que solo tiene una única forma de encajar.

- **Consistencia**

La consistencia se refiere al diseño de una interfaz que hace uso de elementos similares para lograr tareas similares. El hecho de que seleccionar objetos 3D en un programa de modelado y seleccionar carpetas en el escritorio del ordenador requieran de la misma acción por parte del usuario es un claro ejemplo de diseño consistente.

- **Asequibilidad**

Por último, la asequibilidad describe qué es lo que el usuario percibe sobre el uso de un objeto. Como la asequibilidad es una relación - y no una propiedad - la asequibilidad de un objeto variará dependiendo del usuario (Norman, 2013). Por ejemplo, para un anciano el icono de una señal wifi puede significar algo completamente diferente a lo que puede significar el mismo icono para un adolescente.

3. Análisis de referentes

Se han dividido los referentes en dos apartados distintos: referentes antecedentes en el uso de pantallas pseudo-volumétricas en videojuegos y referentes destacables en los conceptos fundamentales que se han considerado claves a explorar en el diseño con el soporte de las pantallas de proyección volumétrica en base al marco teórico presentado.

3.1. Pantallas pseudo-volumétricas en videojuegos

3.1.1. Holosseum

Holosseum es un juego de lucha arcade desarrollado y publicado por Sega en 1992. Su jugabilidad es idéntica a la del resto de juegos de lucha 2D de la época, pero destaca por ser una de las primeras (y pocas) máquinas recreativas que hacían uso de una pantalla pseudo-volumétrica. El funcionamiento de esta es similar al de una pantalla de proyección transparente (Chen, J., 2012), pero en este caso el efecto se lograba al mostrar la imagen de un televisor CRT a través de su reflejo en una superficie cóncava reflectiva colocada estratégicamente en una posición oscura para evitar que ninguna fuente de luz externa estropeará la ilusión.



Fig. 3.1. Fotografía de un arcade Holosseum. Fuente: neoteo.com, 2018.

Pese a su innovación tecnológica, el juego no logró atraer demasiadas miradas, y es que aparte de tener una jugabilidad algo tosca comparada con los referentes en juegos de lucha 2D del momento, ningún elemento en su diseño era capaz de sacar partido al efecto. Aun así, representa un primer intento por romper con las pantallas bidimensionales y explorar nuevas formas de experimentar los juegos digitales.

3.1.2. Crazy Tower

Crazy Tower es un juego de recreativas moderno desarrollado y lanzado al mercado por Adrenaline Amusement en 2016 que destaca por implementar una pirámide de proyección pseudo-volumétrica y múltiples mandos de control donde hasta cuatro jugadores pueden jugar de forma simultánea pero independiente (cada jugador juega su partida). Los jugadores deben construir una torre isométrica lo más alta posible mediante la clásica mecánica de pulsar un botón en el momento adecuado y tratar de lograr en su intento el mayor número de puntos posibles.

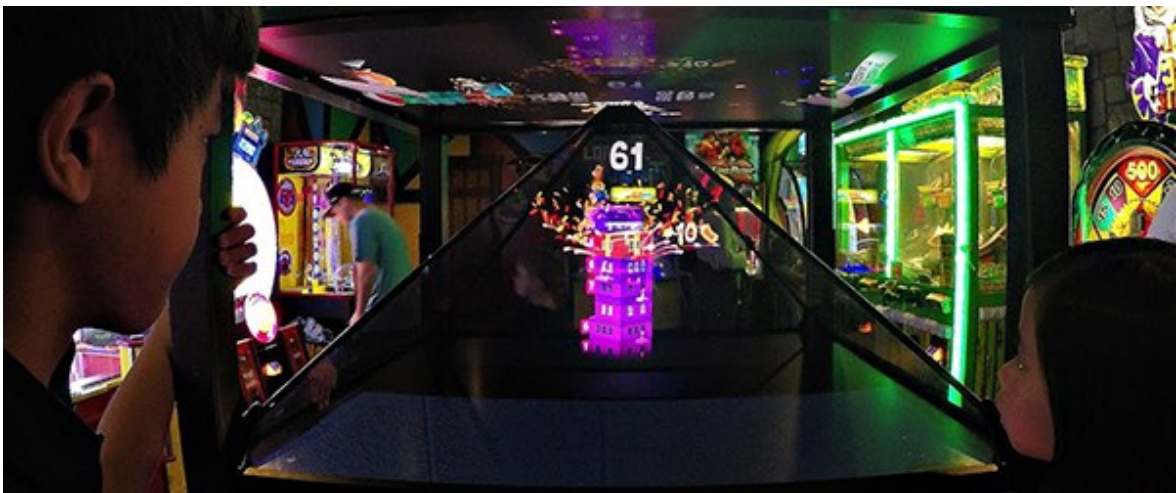


Fig. 3.2. Fotografía de un arcade Crazy Tower. Fuente: Toy Hunting Gamers, 2017.

Pese a implementar un sistema de visualización tan inusual y llamativo entre el resto de máquinas recreativas actuales, el diseño del juego no saca ningún partido a las posibilidades que ofrece; aunque establece un referente de éxito en el uso de este tipo de sistemas en videojuegos.

3.2. Referentes en conceptos clave del diseño

En base al marco teórico desarrollado sobre la relación entre los jugadores y el entorno al interactuar mediante el juego (Goffman, 1961) y los principios fundamentales del diseño de interacción (Norman, 2013), se ha establecido una lista en forma de manifiesto con los conceptos centrales entorno a los que se ha considerado que debe diseñarse el prototipo para la investigación.

- **Entorno compartido**

El videojuego debe presentar a todos los jugadores en un mismo escenario, del cual cada uno resulte partícipe a través de su propia interacción y perspectiva visual del mismo y a su vez no genere ninguna sensación de aislamiento.

- **Familiaridad**

Las mecánicas fundamentales del videojuego deben ser lo suficientemente familiares a todos los jugadores teniendo en cuenta los principios del diseño interactivo definidos por Norman (2013).

- **Falsa tangibilidad**

La percepción del escenario de juego debe ser capaz de generar la ilusión al jugador de que el entorno que ve dentro del cristal de la pirámide de proyección se encuentra efectivamente dentro de ella.

- **Derivación del foco al entorno real**

El diseño del juego debe dar pie a situaciones de derivación o “byplay” (Goffman, 1960) en las que los usuarios puedan ser capaces de romper con el foco del encuentro y generar dinámicas derivadas en torno a su propia presencia física y la del resto de jugadores.

En base a estas premisas, se han considerado los siguientes referentes a analizar: *Lovers in a Dangerous Spacetime* (Asteroid Base, 2015), *Overcooked* (Ghost Town Games, 2016) y *DUAL!* (Seabaa, 2015).

3.2.1. Lovers in a Dangerous Spacetime

Lovers in a Dangerous Spacetime (Asteroid Base, 2015) es un videojuego enfocado a la experiencia multijugador local donde hasta cuatro jugadores se encuentran situados en un mismo escenario común y cooperan con el objetivo de pilotar una nave espacial.



Fig. 3.3. Captura de Lovers in a Dangerous Spacetime. Fuente: Stumpt, YouTube, 2016.

En el caso de este título, la referencia de diseño más relevante es el hecho de que toda la acción sucede en un mismo escenario común a todos los jugadores, y aunque cada uno deba situar su foco de atención en un lugar u otro dependiendo la acción que deban realizar, todos mantienen un interés y foco común por la totalidad del nivel.

3.2.2. Overcooked

Overcooked (Ghost Town Games, 2016) es un juego multijugador local cooperativo en que los jugadores se encuentran tras los fogones de la cocina de un restaurante y deben coordinarse y realizar acciones de forma coordinada para superar las diferentes oleadas de comensales que acuden a pedir comida.



Fig. 3.4. Captura de Overcooked. Fuente: PlayStation Access, YouTube, 2018.

El título es un buen ejemplo tanto en el aspecto del entorno compartido en el que todos los jugadores se encuentran como de la familiaridad de sus mecánicas que resultan extremadamente sencillas y asequibles a cualquier tipo de jugador.

3.2.3. DUAL!

DUAL! (Seabaa, 2015) es un videojuego multijugador local en el que dos jugadores se enfrentan uno contra uno en un combate al estilo “Shoot'em Up” con la particularidad de que cada jugador juega desde su propio dispositivo móvil en un escenario que se divide entre ambos, por lo que para jugar debidamente deben colocarse uno enfrente del otro tratando de acertar al rival mientras a su vez esquivan según lo que les transmita el movimiento de sus manos.



Fig. 3.5. Fotografía de dos personas jugando a DUAL!. Fuente: Seabaa, 2015.

El título es un ejemplo ideal de falsa tangibilidad y de derivación del foco, puesto que ambos jugadores están convencidos de que sus disparos viajan de un dispositivo al otro a través del aire, y a su vez, el hecho de mantener las manos en el foco de la acción permite que de una forma subyacente ambos sean capaces de mantener una segunda línea de atención sin romper con el encuentro principal.

4. Objetivos

El objetivo de este trabajo es investigar cómo la llegada de los dispositivos de proyección volumétrica puede afectar a la experiencia social de los jugadores en el diseño de juegos multijugador local a la vez que plantear una nueva forma de entender los entornos virtuales y de interactuar con el resto de usuarios en nuestro entorno físico; en definitiva, desarrollar una experiencia distinta a la que podemos aspirar con los medios y periféricos convencionales y analizar la percepción de los jugadores sobre el encuentro.

4.1. Objetivos Principales

- Diseñar y prototipar un videojuego multijugador local enfocado a los dispositivos de proyección volumétrica.
- Construir un dispositivo capaz de simular el efecto de una pantalla volumétrica autoestereoscópica para cuatro jugadores simultáneos.
- Analizar las experiencias de los jugadores al probar tanto la versión experimental del prototipo como una adaptada a los periféricos convencionales a través de la pantalla dividida.

4.2. Objetivos Secundarios

- Crear una experiencia de juego distinta a la que pueden ofrecer los periféricos convencionales.
- Investigar cómo la realidad aumentada es capaz de favorecer las interacciones sociales dentro del entorno de juego.
- Innovar en el uso de la tecnología de proyección volumétrica autoestereoscópica.

5. Diseño metodológico y cronograma

A continuación se presenta la metodología diseñada para las distintas fases de producción del proyecto así como un cronograma que recoge los objetivos principales del mismo.

5.1. Metodología

La realización del proyecto se dividirá en tres grandes bloques: uno enfocado al diseño y ensamblaje del dispositivo de proyección junto con el desarrollo del software necesario para generar la ilusión (matriz de proyección off-axis, sistema de seguimiento facial, etc.); otro enfocado al diseño y prototipado del videojuego que explore el potencial del dispositivo; y finalmente uno enfocado a la experimentación y playtesting del prototipo.

5.1.1. Producción del dispositivo de proyección

La metodología de desarrollo para la producción del dispositivo de proyección está basada en la metodología *Waterfall*. Previo al diseño y la producción del dispositivo se analizarán los distintos sistemas de pantallas pseudo-volumétricas conocidos en la actualidad con el objetivo de asegurar que el modelo escogido permite, dentro de sus posibilidades, realizar el efecto deseado.

Una vez decidido, se procederá a conceptualizar y diseñar a escala mediante un programa de diseño 3D (*3DSMax*) la estructura del dispositivo, teniendo en cuenta previamente las especificaciones y dimensiones de la pantalla a montar.

Tras preparar los materiales necesarios, se procederá al ensamblaje y testeo del dispositivo. De ser favorable la funcionalidad de este, se procederá a generar el software necesario para su uso mediante el motor de juegos *Unity* (sistema de cámaras, renderizado múltiple, etc.).

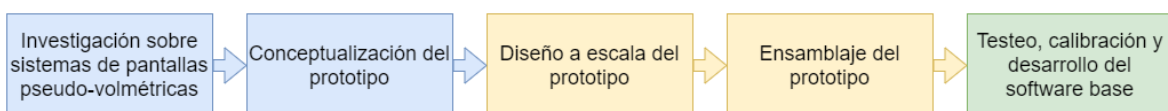


Fig. 5.1. Esquema del flujo de trabajo para el desarrollo del hardware.

5.1.2. Producción del videojuego

Una vez prototipada y validada una primera versión del hardware se procederá a analizar y explorar las posibilidades y los límites de diseño que este ofrece.

Tras generar una lista de conceptos clave a explorar en el nuevo entorno mediante el diseño del juego, se realizará un análisis de referentes en videojuegos que cumplan con al menos uno de los criterios definidos.

Seguidamente, durante un período de tiempo, se realizarán múltiples conceptos de juegos candidatos a desarrollo y de todos ellos se escogerá uno, el cual será desarrollado en el motor de juegos *Unity* bajo metodología *Agile* con una distribución bimensual de los sprints.



Fig. 5.2. Esquema del flujo de trabajo para el desarrollo del software.

5.1.3. Experimentación y playtesting

Finalmente, se realizarán sesiones de playtesting por grupos analizando y recogiendo datos acerca de las experiencias de los jugadores. Para ello, se producirán dos versiones del juego, una que utilizará de forma nativa el sistema de proyección sobre la pirámide y otra que lo adaptará para ser jugado en una pantalla convencional mediante pantalla dividida.

El proceso durante las sesiones de playtesting será el siguiente:

1. Encuesta inicial para definir el perfil del jugador.
2. Sesión de juego en el dispositivo de proyección.
3. Recolección de datos en tiempo de juego.
4. Sesión de juego en pantalla convencional.
5. Recolección de datos en tiempo de juego.
6. Entrevista grupal al finalizar preguntando a los usuarios sus experiencias y comparaciones entre ambas sesiones de juego.

El orden de las sesiones de juego (puntos 2 y 4) alternará entre grupos para enriquecer la variedad de los datos y minimizar posibles desviaciones producto de las impresiones ajenas a la experiencia de juego en sí misma.

5.2. Cronograma

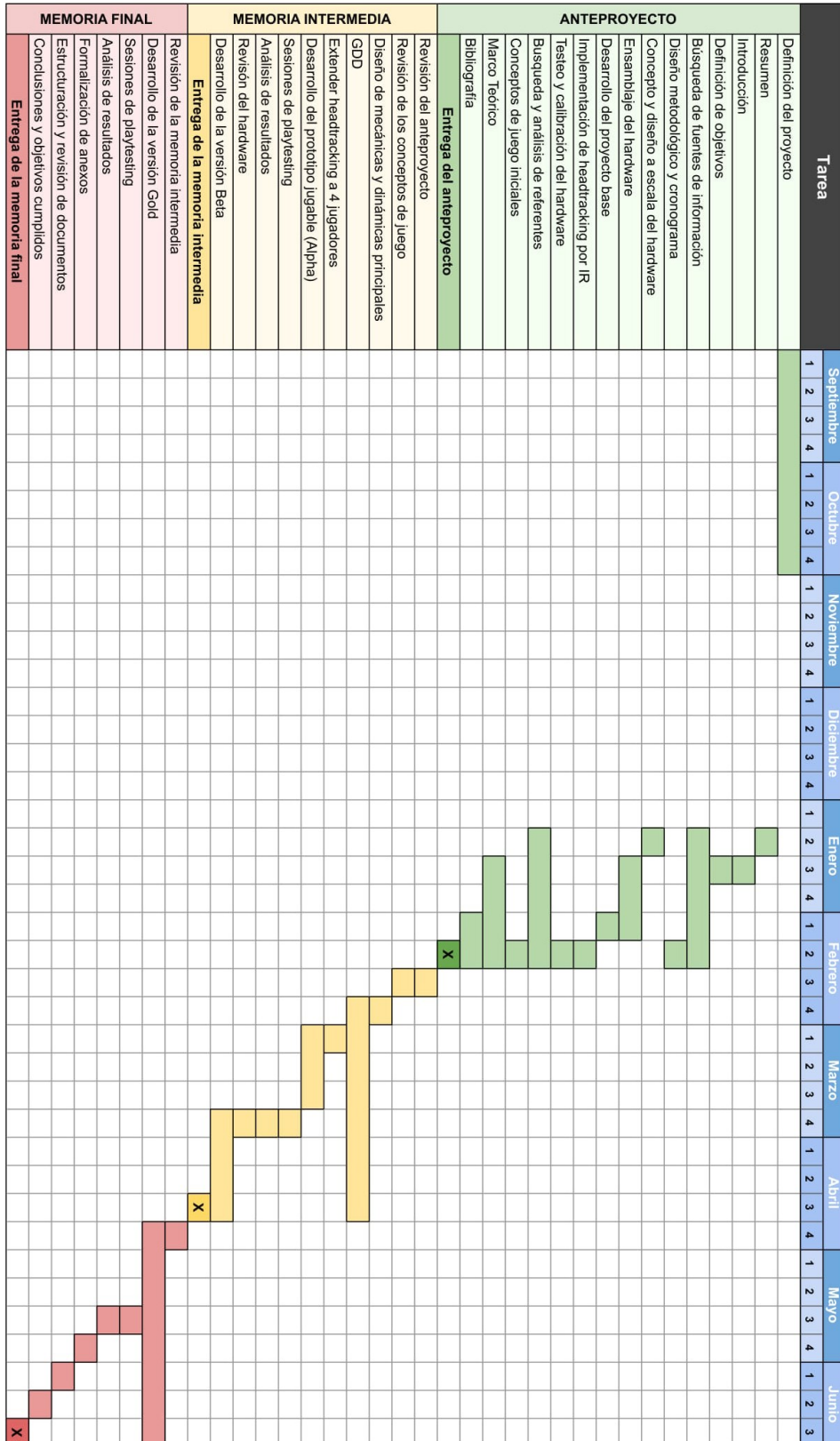


Fig. 5.3. Cronograma de desarrollo.

6. Desarrollo y resultados

A continuación se presenta el desarrollo y los resultados del proceso de diseño y construcción del dispositivo de proyección pseudo-volumétrica; la conceptualización, el diseño y prototipo del juego realizado junto con los distintos sistemas que éste utiliza; y por último los datos extraídos de las distintas sesiones de playtesting.

6.1. Dispositivo de proyección pseudo-volumétrica

Tras realizar un análisis de los distintos dispositivos de proyección pseudo-volumétrica, el cual puede revisarse en el anexo *9.1. Documento de diseño y producción del dispositivo*, se decidió optar por la pirámide de proyección dadas las amplias posibilidades que ofrece en el diseño de un prototipo jugable enfocado a los objetivos de la investigación.

En los siguientes apartados se hace un acercamiento general al proceso de diseño y construcción del dispositivo. Para ver el desarrollo de forma más detallada, puede consultarse el anexo mencionado previamente (*9.1. Documento de diseño y producción del dispositivo*).

6.1.1. Diseño de la pirámide de proyección

Antes de comenzar con la construcción del dispositivo se realizó un diseño preliminar para conceptualizar la estructura del mismo y desglosar los distintos componentes necesarios. A partir de aquellos esbozos, se determinó que el diseño y las medidas del dispositivo eran completamente dependientes de las características de la pantalla que este montara.

Una vez se adquirió la pantalla adecuada, se tomaron todas sus medidas y se procedió a la maquetación del dispositivo a escala en el programa de modelaje 3D *3DS MAX*, lo que permitió no solo obtener una visión precisa del dispositivo a construir sino también generar los respectivos planos para preparar los materiales.

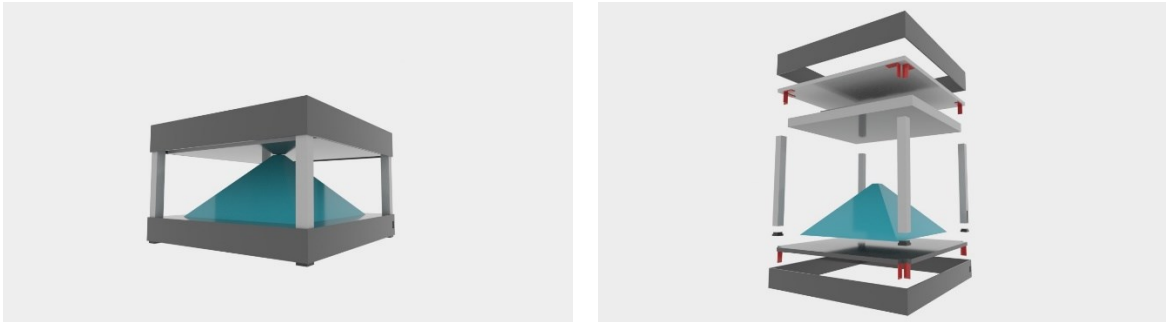


Fig. 6.1. Renders 3D a escala del prototipo de la pirámide de proyección.

6.1.2. Construcción de la pirámide de proyección

Una vez el diseño estuvo completamente listo y se exportaron los planos correspondientes, se prepararon los materiales y piezas necesarias para el ensamblaje de la pirámide de proyección. El proceso de montaje se encuentra descrito paso a paso en el último apartado del anexo 9.1. *Documento de diseño y producción del dispositivo.*

Finalmente, tras realizar los últimos ajustes a la estructura y añadir los elementos estéticos, la pirámide de proyección pseudo-volumétrica estuvo completada.

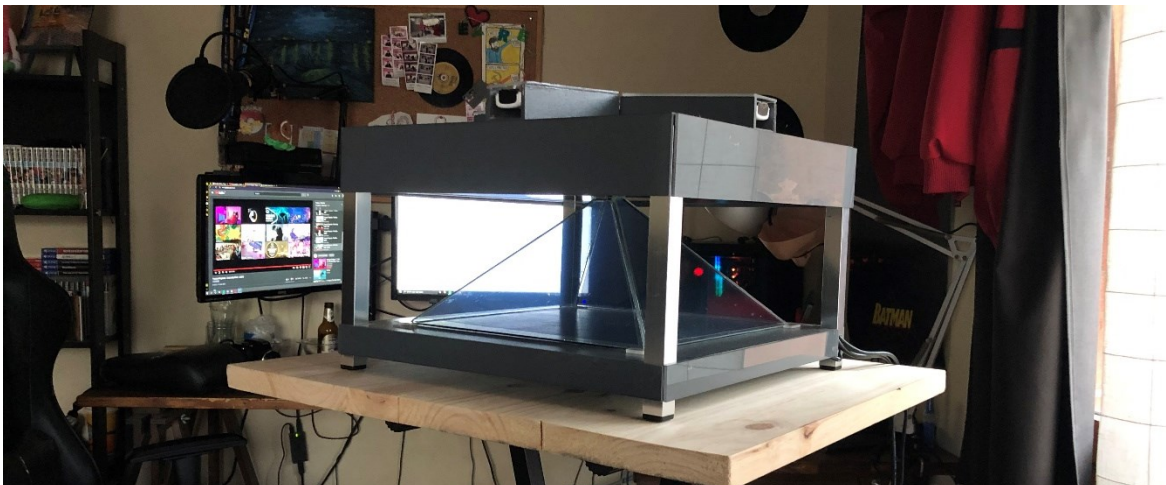


Fig. 6.2. Fotografía del producto final del dispositivo de proyección

6.2. Estructura y desarrollo de sistemas en Unity

Para poder proyectar sobre la pirámide el prototipo a desarrollar en Unity fue necesario crear un conjunto de sistemas dentro del motor que permitiesen visualizar el espacio dentro de la escena de juego en el dispositivo.

En el anexo 9.2. *Estructura, sistema de cámaras e implementación de headtracking en Unity* puede encontrarse una descripción más detallada del funcionamiento de estos sistemas, aunque en los siguientes apartados se realizará un acercamiento general a los tres grandes bloques que sustentan la escena: volumen de juego, sistema de cámaras y headtracking.

6.2.1. Volumen de juego y tangibilidad

La escena reproduce de forma exacta el volumen físico de la pirámide en el dispositivo, fijando los límites de la proyección y convirtiéndola en el espacio propio de juego, representando de forma fidedigna el entorno. Tras algunas pruebas, se consideró la posibilidad de reforzar al sensación de tangibilidad de la proyección delimitando con colisiones el volumen de la pirámide virtual en la escena.

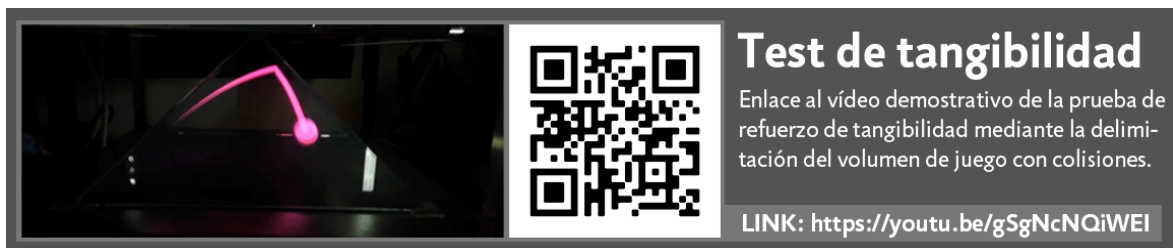


Fig. 6.3. Vídeo demostrativo de la prueba de refuerzo de tangibilidad.

El efecto resultaba realmente convincente y era capaz de generar la ilusión de que el objeto se encontraba de alguna manera “dentro” del cristal, por lo que se añadió como una característica secundaria en caso de terminar siendo útil durante el desarrollo del prototipo.

6.2.2. Sistema de cámaras y render planes

Puesto que la pirámide cuenta con cuatro laterales en los que poder proyectar los distintos ángulos del escenario, fue necesario desarrollar un sistema de cámaras que permitiese renderizar en la pantalla del dispositivo las 4 proyecciones de forma simultánea.

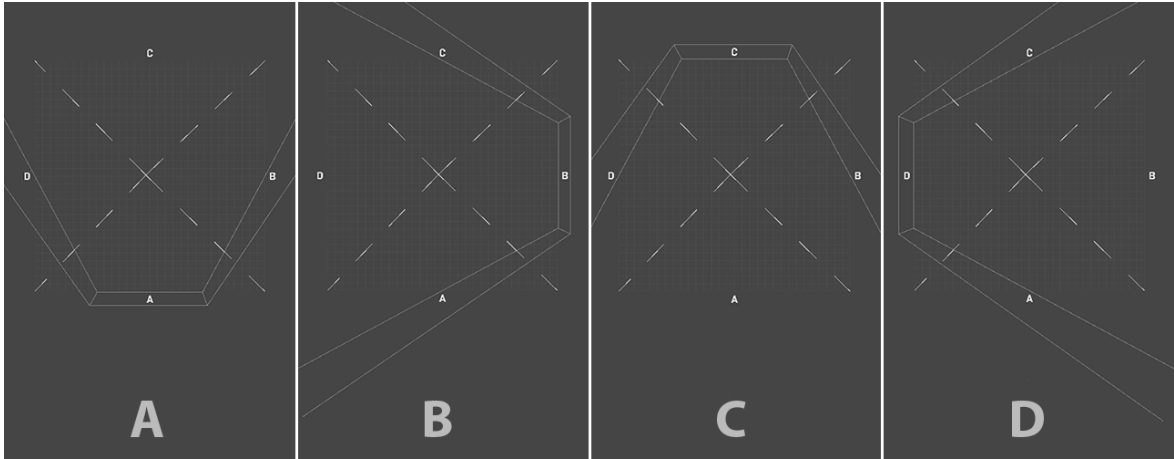


Fig. 6.4. Capturas de pantalla de las distintas cámaras que renderizan el escenario.

Cuatro cámaras (A, B, C y D) rodean el escenario desde sus puntos cardinales y proyectan sobre sus respectivas texturas de renderización la imagen que capturan. Estas texturas son a su vez aplicadas a unos planos que se encuentran colocados al margen de la escena principal y que son enmascarados mediante un *shader* acotándolos bajo la forma triangular que les corresponde.

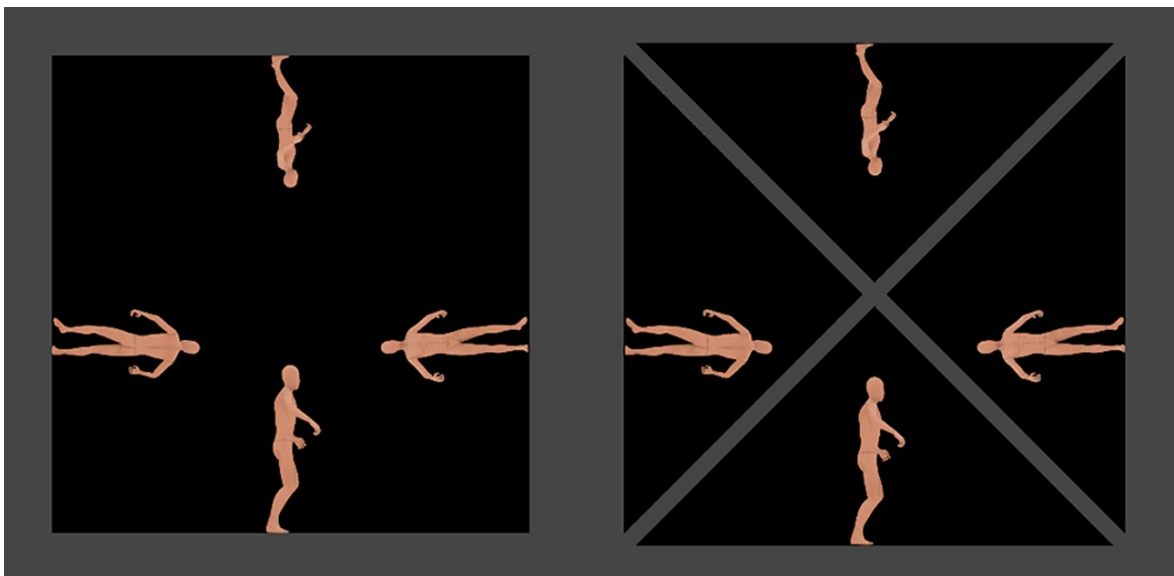


Fig. 6.5. Captura de pantalla de los distintos planos que conforman la imagen de proyección final.

De esta manera, gracias a una quinta cámara ortográfica que captura dichos planos, se consigue generar la partición de pantalla deseada y proyectar el escenario de juego sobre la pirámide de proyección.

6.2.3. Headtracking para cuatro jugadores

Tras implementar los sistemas descritos anteriormente, se investigaron posibles soluciones para realizar un seguimiento de cabeza o *headtracking* a los cuatro jugadores de forma simultánea; siendo el objetivo desarrollar un controlador de cámara que reprodujera los movimientos del jugador dentro de la escena de juego. De esta forma, podría mejorar drásticamente la ilusión de la proyección, permitiendo que cada jugador pudiera moverse libremente alrededor del dispositivo tratando de observar las distintas perspectivas del objeto dentro de la pirámide, como si de un objeto real se tratara.

Finalmente, bajo la inspiración del trabajo de Johnny C. Lee (Chung, n.d.), se decidió implementar dicho sistema mediante el uso del *Wii Remote*, el controlador de la videoconsola *Wii* de Nintendo.

Para consultar de forma más detallada el funcionamiento de este sistema, en el anexo 9.2. *Estructura, sistema de cámaras e implementación de headtracking en Unity* hay una explicación más extensa al respecto.



Fig. 6.6. Fotografías del sistema de headtracking implementado con *Wii Remotes*.

6.3. Conceptualización

Con el objetivo de diseñar un videojuego multijugador local para pantallas de proyección volumétrica y crear una experiencia distinta a la que puede lograrse con las pantallas convencionales se propusieron distintos conceptos de juego entorno a los conceptos estudiados en el trabajo de Erving Goffman (2.3. *Encuentros sociales en el juego, Marco teórico*).

En los siguientes apartados se resumen los puntos esenciales dentro del proceso de conceptualización, el cual puede encontrarse de forma detallada y extendida en el anexo 9.3. *Conceptos de juego*.

6.3.1. Definición de conceptos clave

Antes de comenzar a idear conceptos realizables y viables dentro del entorno de la pirámide de proyección, se listó una lista de conceptos clave a cumplir. Estos conceptos, derivados tanto del estudio de la teoría de encuentros sociales en el juego de Erving Goffman (Goffman, 1961) como de los principios del diseño de Donald Norman (Norman, 2013), reivindican los aspectos fundamentales que debería seguir cualquier diseño orientado exclusivamente a las pantallas de proyección volumétrica.

- **Entorno compartido**

El videojuego debe presentar a todos los jugadores en un mismo escenario, del cual cada uno resulte partícipe a través de su propia interacción y perspectiva visual del mismo y a su vez no genere ninguna sensación de aislamiento.

- **Familiaridad**

Las mecánicas fundamentales del videojuego deben ser lo suficientemente familiares a todos los jugadores teniendo en cuenta los principios del diseño interactivo de Norman (Norman, 2013).

- **Falsa tangibilidad**

La percepción del escenario de juego debe ser capaz de generar la ilusión al jugador de que el foco del encuentro (Goffman, 1961) se encuentra inmerso en su realidad.

- **Derivación del foco al entorno real**

El diseño del juego debe dar pie a situaciones de derivación o “byplay” (2.4.2. *Dinámicas del encuentro*, Marco teórico) en las que los usuarios puedan ser capaces de romper con el foco del encuentro y generar dinámicas derivadas entorno a su propia presencia física y la del resto de jugadores.

6.3.2. Dinámicas versus mecánicas

Tras mucho tiempo bocetando diseños y tratando de dar con mecánicas de juego únicas y singulares que sólo pudieran cobrar sentido al jugar en una pantalla de proyección volumétrica (y teniendo en cuenta además las limitaciones del dispositivo de proyección pseudo-volumétrica construido), se llegó a la conclusión de que en realidad el verdadero potencial de este tipo de tecnologías no recaía en las mecánicas sino en las dinámicas.

La posibilidad de mostrar un escenario inmerso en un espacio físico real y observable de forma autoestereoscópica por múltiples jugadores desde distintos ángulos de visión ofrece un amplio abanico de dinámicas de juego que con pantallas convencionales resultarían imposibles.

Por ejemplo, ocultar información a un único jugador en una partida multijugador local en pantallas convencionales resultaría inviable a no ser que cada uno de los jugadores contara con su propia pantalla, rompiendo completamente con el foco del encuentro y aislándolos del mismo. En cambio, en una pantalla volumétrica real o incluso en una pseudo-volumétrica como es el caso de la pirámide de proyección, es completamente posible mostrar y ocultar información del escenario de juego a cada uno de los jugadores sin romper en ningún momento con su encuentro.

Este tipo de artefactos entorno al foco del encuentro y las dinámicas que de ellos surgen son en realidad lo que puede marcar una verdadera diferencia en las experiencias de juego entre pantallas volumétricas y pantallas convencionales.

6.3.3. Tetris⁴, Twower y Parts!

Finalmente se conceptualizaron tres prototipos distintos siguiendo con las líneas de la investigación: *Tetris⁴*, *Twower* y *Parts!*; los cuales pueden encontrarse en el apartado 3. *Conceptos de juego* del anexo 9.3. junto con sus respectivos vídeos de concepto que ilustran las mecánicas y dinámicas principales del prototipo.

De los tres conceptos, debido a la sencillez de sus mecánicas y las posibilidades que explotaba entorno a la teoría de encuentros de Erving Goffman (Goffman, 1961), *Twower* fue el prototipo elegido a desarrollar.

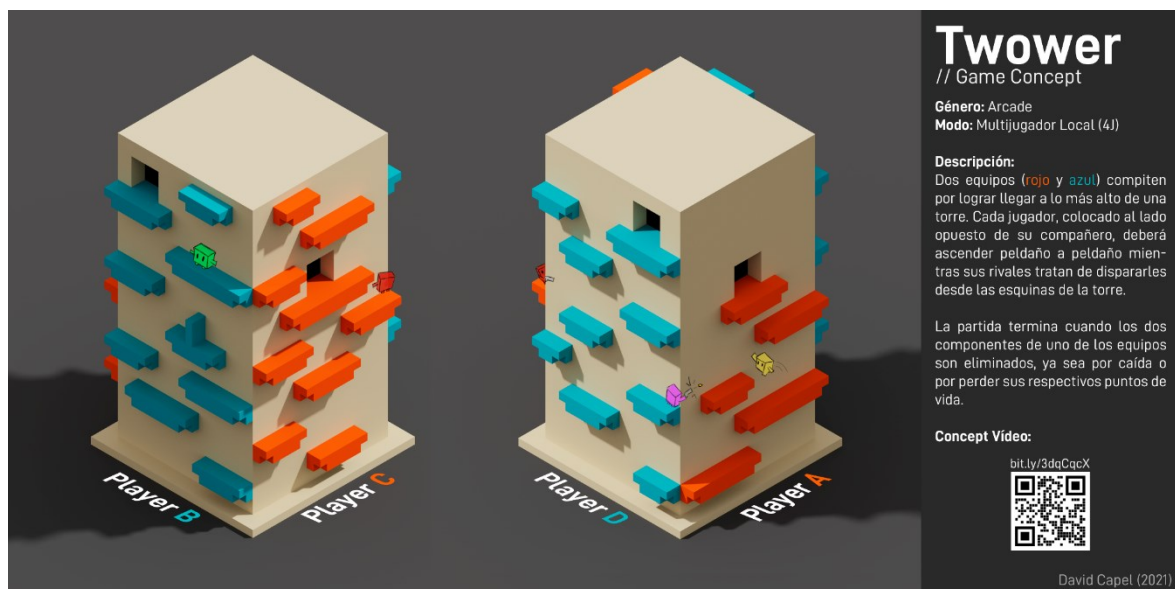


Fig. 6.7. Ficha de concepto de *Twower*. Enlace al concept video: bit.ly/3dqCqCX

6.4. Desarrollo del prototipo

Con el concepto definido y los distintos sistemas ya desarrollados dentro de Unity, comenzó la producción de *Twower*. En los siguientes apartados se explica punto por punto todo el proceso de desarrollo del prototipo, desde la generación del documento de diseño ligero (LGDD) hasta la adición de sonidos al juego.

En el anexo 9.6. *Proyecto y builds* puede encontrarse un enlace tanto al repositorio del proyecto como a las distintas builds generadas del mismo (build para pirámides de proyección, build para pantallas convencionales y build del visor de partidas).

6.4.4. Light Game Design Document (LGDD)

Para contextualizar y definir la propuesta de desarrollo del prototipo de Twower se elaboró un documento de diseño ligero que puede encontrarse en el anexo 9.4. *Documento de diseño ligero para el prototipo de Twower*. Dicho documento describe todo los elementos que conforman el juego así como un breve análisis referente a los distintos momentos clave durante el transcurso de la partida que producen o cumplen con los conceptos definidos a partir del estudio del marco teórico de esta investigación (6.3.1. *Definición de conceptos clave*, Resultados).

6.4.5. Character Controller

La producción del prototipo comenzó con el desarrollo del controlador de personaje básico; incluyendo su movimiento, la acción de ataque, la interacción con los túneles y el sistema de vidas.

- **Movimiento**

Se decidió implementar el controlador de personaje basado en físicas dada la sencillez de sus movimientos y las facilidades que el motor de físicas de Unity ofrece en desarrollos como éste.

El personaje puede moverse de forma horizontal sobre la fachada en la que se encuentra situado mediante la interacción con el joystick izquierdo del mando además de saltar de una plataforma a otra pulsando el botón designado.

- **Inclinación y disparo**

Los extremos laterales de cada una de las fachadas de la torre se encuentran delimitados por colisiones que impiden que los jugadores puedan caer desde un costado. En su lugar, cuando un jugador se encuentra sobre una plataforma que alcanza un borde de la torre y mantiene su input de movimiento en esa dirección, puede asomarse sobre la fachada del jugador rival y disparar pulsando el botón designado.

- **Túneles**

Los túneles son elementos del juego que permiten cruzar de una fachada a otra. Se implementó un script mediante el cual el jugador, al situarse sobre un trigger de túnel, recibe la notificación de pulsar el botón designado para interactuar con él y, al pulsarlo, este es enviado a la posición del trigger de túnel vinculado al mismo.

- **Vidas**

Por último, se implementó un sencillo sistema de vidas encargado de gestionar el estado del personaje (recibir daño, restaurar vida, quedar eliminado...).

Finalmente, una vez toda la lógica del controlador estuvo lista, se implementó el sistema multijugador mediante un script encargado de detectar los mandos conectados al ordenador e instanciar un personaje para cada uno de ellos.

6.4.6. Tower Controller

Tras dar por completado el desarrollo del controlador de personaje se procedió a implementar el controlador encargado de gestionar el comportamiento de la torre. Este controlador, de forma generalizada, hace descender los distintos bloques que conforman la torre en la escena de juego obligando a los jugadores a moverse y saltar entre las plataformas con el objetivo de permanecer en la partida.

- **Adhesión procedural de bloques**

Conforme la torre desciende, los bloques que la conforman se adhieren y destruyen de forma dinámica según estos van desapareciendo de la escena. Este sistema instancia bloques pares e impares de forma alterna, con lo que, debido a que el diseño de los bloques se realizó deliberadamente para que todos los bloques pares pudieran conectar con los impares y viceversa, la estructura general de la torre es siempre coherente y “ascendible” por parte de los jugadores.

- **Incremento de velocidad**

Por último, se añadió al controlador un gestor de velocidad encargado de acelerar el ritmo y la intensidad de la partida dado un intervalo de tiempo definido desde el gestor principal del juego (Game Manager).

6.4.7. Modelo, rig y animaciones del personaje

Tras tener implementado un primer prototipo funcional del juego, se comenzó a desarrollar el apartado estético del mismo, comenzando por la creación de los modelos de los personajes.

Después de realizar algunos bocetos conceptuales en línea con la sencillez que se pretendía buscar, finalmente se modeló el personaje definitivo en *3DS MAX* (Autodesk) y se creó un rig sencillo para posteriormente crear las distintas animaciones correspondientes a su set de acciones: correr, saltar / caer e inclinarse sobre los laterales de la torre.

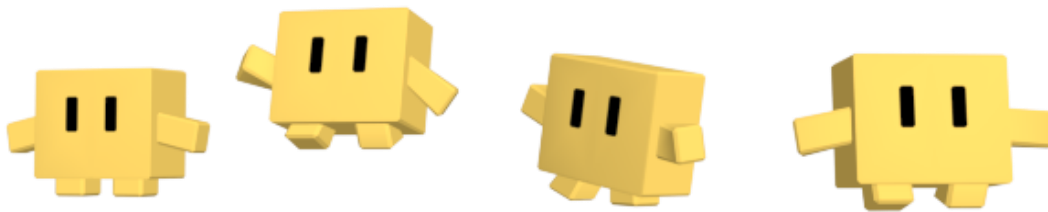


Fig. 6.8. Render de los modelos creados para los personajes de *Twower*.

Estas animaciones se realizaron únicamente en una dirección, ya que más adelante, dentro del entorno de Unity, se voltearía el modelo al moverse hacia un lado u otro reduciendo considerablemente el trabajo a realizar y simplificando el árbol de animaciones del personaje.

Por último, para contextualizar la mecánica de disparo, se utilizó un modelo *lowpoly* de terceros de un arma y se definió su cañón como posición de origen de los proyectiles.

6.4.8. Modelado de bloques

Por último, en lo que a arte 3D respecta, se generaron los 48 bloques diseñados en el documento de diseño ligero del prototipo (9.4. *Documento de diseño ligero para el prototipo de Twower*).

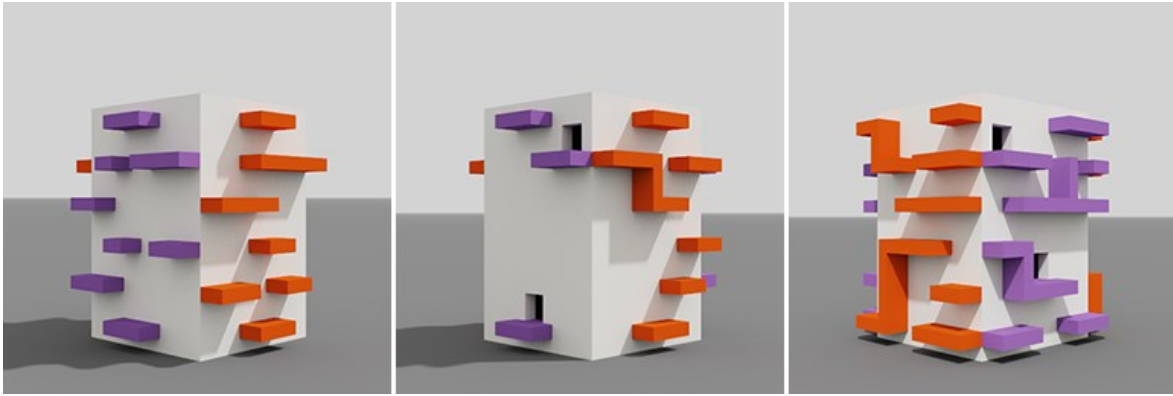


Fig. 6.9. Renders de algunos de los modelos creados para los bloques de la torre.

Estos bloques fueron modelados y texturizados dentro del entorno del programa de modelado por voxels *MagicaVoxel* (Ephtracy) y posteriormente importados directamente al proyecto de Unity, donde se les añadió una malla de colisión y se implementaron los distintos túneles en aquellos bloques que lo requerían.

6.4.9. Interfaces para cuatro jugadores (UI)

Uno de los aspectos delicados de implementar fue una interfaz capaz de mostrar la información al jugador (como su número de vidas, los incrementos de velocidad de la torre o el propio indicador de fin de partida). Esta complejidad surgió derivada de la naturaleza propia de las pantallas volumétricas, y es que en cierto modo, la interfaz en un juego proyectado en el espacio de esta forma debería de ser no sólo diegética sino además lo suficientemente clara y distinguible para cada jugador.

Para solucionar esto se optó por implementar una interfaz para cada uno de los jugadores lo suficientemente inadvertida para no desviar el foco del encuentro en ningún momento.



Fig. 6.10. Captura de pantalla de un elemento de interfaz en *Twower*.

6.4.10. Sonidos y música

Por último, con el fin de reforzar la percepción de interacción a los jugadores y dotar al prototipo de un acabado más completo, se añadieron sonidos a cada una de las acciones de los personajes (correr, saltar, disparar, recibir daño y quedar eliminados). Estos sonidos fueron grabados y posteriormente editados en el programa de edición de audio *Audacity* (The Audacity Team) para darles un tono acorde a la representación visual de los personajes y el conjunto del ambiente del juego.

Así mismo, también se optó por añadir un tema musical de terceros (*Glitching Through the Sky*, William Benckert) en segundo plano para dinamizar la experiencia de juego.

6.5. Adaptación para pantallas convencionales

Dados los objetivos del proyecto y la metodología diseñada, se desarrolló una versión paralela del prototipo destinada a ser jugada en una pantalla convencional mediante el uso de un sistema de pantalla dividida.

Esta versión de *Ttower* debía mantener las mecánicas de la versión original y a su vez tratar de recrear con la mayor fidelidad posible las dinámicas que emergen de la misma, o al menos, todas aquellas que pudieran recrearse de alguna forma.

6.5.1. Pantalla dividida

Para dividir la pantalla en cuatro secciones rectangulares simplemente se desactivaron los *shaders* que daban a los planos de renderizado la forma triangular (tal y como se describe en el apartado 6.2.2. *Sistema de cámaras y render planes*) y se reorganizaron para lograr una distribución 2-2 en la pantalla de juego.

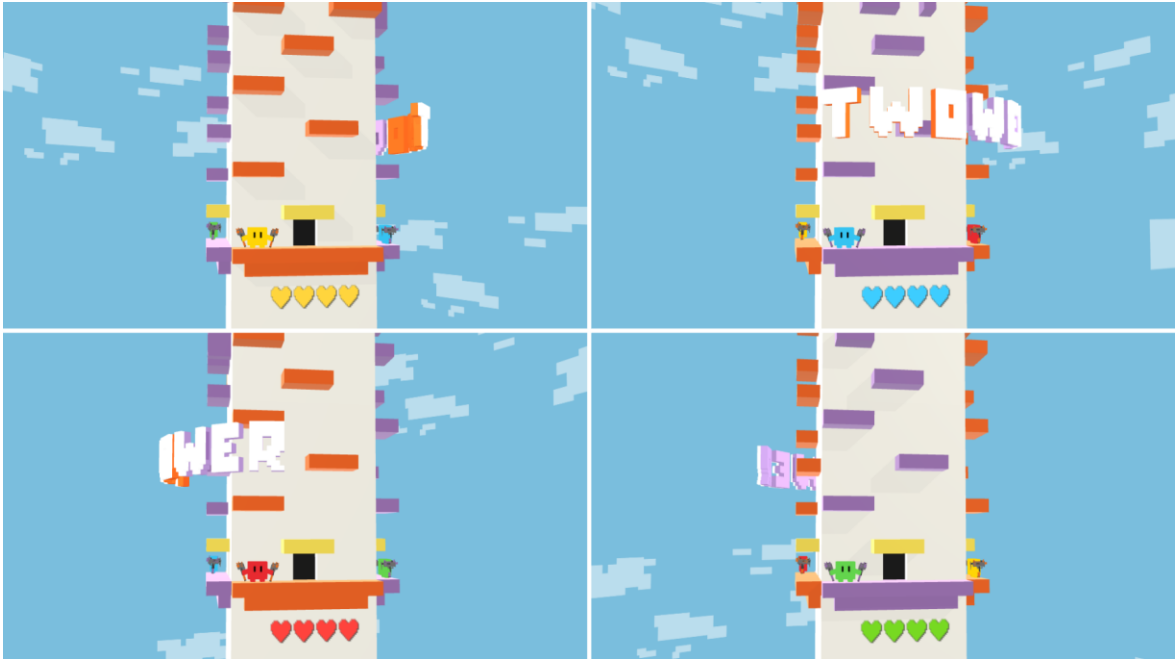


Fig. 6.11. Captura de pantalla de *Twower* adaptado para pantallas convencionales.

La decisión de distribuir de esta manera los planos y no de forma lineal a través de la pantalla (es decir, colocados de forma consecutiva uno tras otro) se debe a la necesidad de mantener la experiencia lo más cercana posible a la de la pirámide de proyección, incluyendo con ello el área de visión sobre la pirámide.

6.5.2. Inclinación automática de cámara en esquinas

Otro de los aspectos básicos del prototipo original para pantallas de proyección volumétrica es la posibilidad por parte de los jugadores de moverse libremente por el espacio físico para observar distintos ángulos del escenario de juego.

Para recrear el efecto en la versión del juego para pantallas convencionales se decidió desarrollar un script encargado de rotar automáticamente la cámara según la proximidad del personaje a los laterales de la torre, permitiéndole con ellos observar mejor la fachada de sus rivales al situarse cerca de estas.

6.6. Desarrollo del sistema de repeticiones

Como implementación final y con el objetivo de ofrecer una herramienta útil para mostrar las partidas jugadas en las distintas sesiones de playtesting planteadas para la pirámide de proyección; se ha desarrollado un sistema de repeticiones que permite visualizar dichas partidas en una simulación a tiempo real de las mismas.

6.6.1. Grabación de inputs

El funcionamiento de este sistema, de forma generalizada, consiste en la grabación de los distintos inputs realizados por cada uno de los usuarios durante la partida. Estos inputs se almacenan en un archivo `.csv` a cada *tick* del motor de físicas de Unity, e incluyen además información exacta de la posición de los personajes cada sesenta *ticks*. Este último dato referente a la posición del personaje sirve como un elemento de control extra que garantiza la precisión de su posición en caso de sufrir una desincronía puntual.

Además, el mismo gestor de grabación de partida se encarga de registrar los distintos bloques generados de forma aleatoria por el controlador de la torre, permitiendo más adelante reproducir la partida con los bloques adecuados.

6.6.2. Reproducción de inputs

Implementado en una escena adicional, un script se encarga de leer y reproducir las distintas partidas almacenadas en los archivos `.csv` de las grabaciones, permitiendo además la pausa de la partida en cualquier momento por parte del usuario.

6.6.3. Interfaz de visualización

Con el fin de presentar una herramienta cómoda y fácil de manejar a la hora de reproducir las distintas partidas guardadas en los archivos del proyecto, se diseñó y desarrolló una interfaz simple que permitiese al usuario seleccionar las distintas repeticiones, observarlas desde cualquier ángulo, pausarlas a voluntad e incluso reproducir de forma simultánea el vídeo de los jugadores en tiempo real.



Fig. 6.12. Captura de pantalla del visor de repeticiones de *Twower*.

- **Selector de repeticiones**

El gestor de reproducciones (situado en el lateral izquierdo de la interfaz) genera una lista de grabaciones disponibles según los archivos que encuentra en los ficheros del proyecto y ofrece al usuario seleccionar con un sencillo clic la repetición que quiere visualizar.

- **Vídeo síncrono**

Como añadido, el sistema de repeticiones es capaz de mostrar de forma sincronizada el vídeo de los jugadores capturado durante la sesión de juego en una pequeña pantalla situada en la esquina inferior derecha de la interfaz.

6.7. QA, ajustes y mejoras

Tras las primeras sesiones preliminares de testeo, se obtuvieron y analizaron distintos datos referentes tanto a los hábitos y facilidades de los jugadores como de sus opiniones respecto a la experiencia de juego. Este apartado recoge los distintos ajustes y mejoras que se han realizado sobre el prototipo original en base a dichas observaciones con el fin de dinamizar al máximo la experiencia de juego.

6.7.1. Ajustes de movimiento

Ciertos jugadores, en su mayoría los menos experimentados jugando a videojuegos, expresaron que les resultaba muy difícil controlar con precisión el movimiento de los personajes y terminaban cayendo de las plataformas al tratar de corregir ligeramente sus posiciones antes de dar un salto.

Para minimizar esta sensación de cara a las sesiones de playtesting finales, se ajustaron los parámetros de velocidad e impulso de salto reduciendo de esta manera el nivel de habilidad requerido para sortear algunas de las plataformas.

6.7.2. Ajustes en plataformas

Otro de los comentarios habituales durante las sesiones preliminares era que ciertas secciones de la torre eran muy difíciles de superar debido a la distribución de ciertas plataformas.

Tras revisar los distintos bloques de nuevo en el programa de modelado *MagicaVoxel*, se determinaron aquellas plataformas que más frustración causaron a los jugadores y se rediseñaron para reducir su dificultad.

6.7.3. Mejora del bloque inicial (tutorial)

Una de las observaciones que se hicieron durante las primeras partidas es que algunos jugadores no terminaban de comprender como funcionaban los túneles y se sentían desorientados al llegar a una de estas secciones.

Antes de comenzar la partida, los jugadores se sitúan sobre la base de la torre y pueden moverse y probar todas las mecánicas del juego a modo de tutorial; pero este bloque inicial no contaba con un túnel para familiarizarlos con estos elementos, por lo que se implementó uno para cada uno de los equipos y de esta manera asegurar que todos ellos entendían la situación de juego al encontrarse con uno.



Fig. 6.13. Bloque tutorial de *Ttower*.

6.7.4. Mejoras de visibilidad

Al jugar en la pirámide de proyección pseudo-volumétrica, algunos jugadores tuvieron problemas para visualizar correctamente los cambios de perspectiva sobre la torre al mover sus cabezas en torno a ella. Concretamente, uno de los jugadores comentó que a veces le parecía que la torre se ensanchaba al mirarla en diagonal en vez de percibir correctamente que lo que estaba viendo era un ángulo distinto de la misma.

El problema se identificó como una falta de referencias visuales que reforzaran constantemente la orientación de la torre, por lo que se añadieron unos pequeños marcos oscuros a cada uno de los bordes de la misma enfatizando con ello donde terminaba un lateral y comenzaba el siguiente.

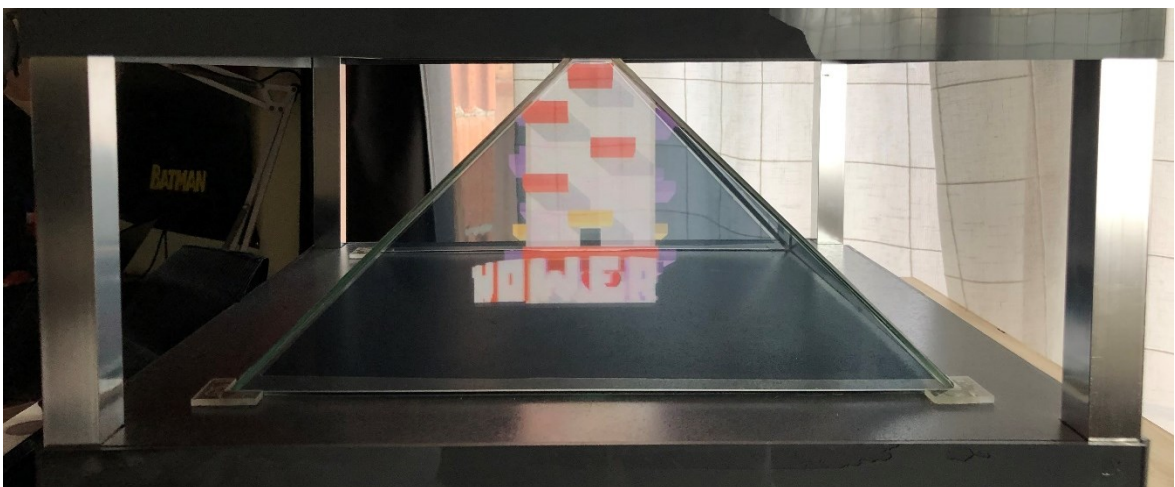


Fig. 6.14. Fotografía de la proyección final de la torre en la versión para pirámide de *Ttower*.

6.7.5. Mejoras en el sistema de renderizado

Por último, se decidió reorganizar el sistema de renderizado de las distintas cámaras del juego para permitir generar ciertos efectos que hasta el momento no eran implementables. Concretamente, esta mejora en el prototipo se desarrolló con la finalidad aplicar un efecto de “semi-transparencia” a la torre cuando el jugador se encontrará en la fachada de su compañero (la opuesta).

Tras poner a prueba esta característica con algunos jugadores, se determinó que realmente hacía más amigables e interesantes aquellos momentos en los que el juego les forzaba a cruzar a la fachada de su compañeros, por lo que se decidió conservarla.

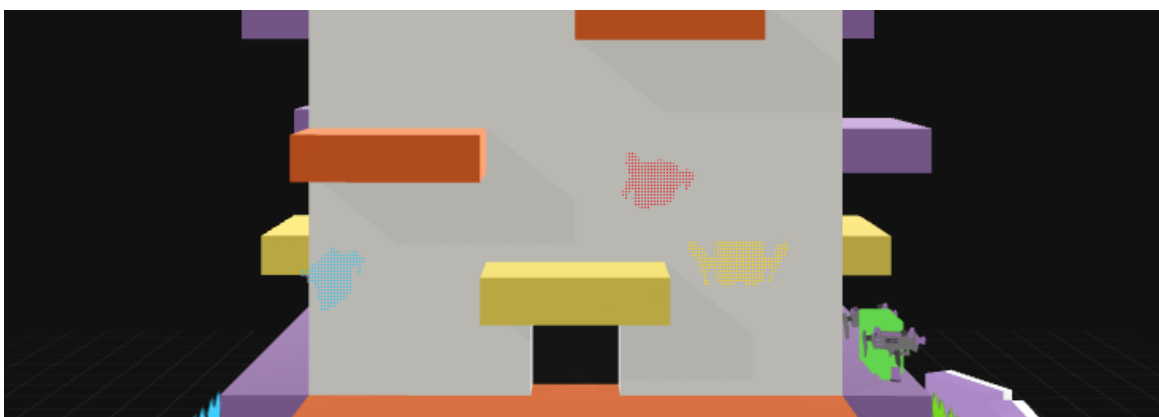


Fig. 6.15. Captura de pantalla del efecto de semi-transparencia en *Twower*.

6.8. Playtesting

Finalmente, las últimas semanas de la investigación se dedicaron al testeo del prototipo con distintos grupos de personas. El anexo 9.5. *Playtesting* recoge el proceso, análisis y conclusiones de estas sesiones de juego.

7. Conclusiones

Esta investigación, junto con el proyecto desarrollado a partir de la misma, ha buscado explorar las nuevas formas de entretenimiento derivadas de las futuras tecnologías de proyección volumétrica así como su impacto en el diseño de juegos y la experiencia de los jugadores.

Tras realizar numerosas sesiones de juego con diversos grupos de personas, puede concluirse que los objetivos del proyecto, tanto los principales como los secundarios, se han cumplido con éxito.

En lo que respecta al diseño y la producción de un dispositivo capaz de simular el efecto de una pantalla volumétrica autoestereoscópica para cuatro jugadores, la pirámide de proyección pseudo-volumétrica, reforzada con el sistema de headtracking implementado, ha cumplido exitosamente para el propósito de la investigación. Pese a presentar ciertas trabas que desfavorecían la inmersión del jugador como el rango de visión limitado del *Wii Remote* o las incomodidades generadas por los sensores situados en la frente de cada uno de los jugadores, todos los participantes han expresado que el sistema cumple favorablemente con la ilusión de tangibilidad y presencia física buscada.

En cuanto a la valoración del desarrollo y las complicaciones presentadas durante el mismo, cabe destacar la complejidad al conceptualizar propuestas de juego estrictamente orientadas al uso de pantallas volumétricas. El hecho de plantear un diseño bajo unas nuevas normas y enmarcado en un concepto completamente distinto al habitual presenta un nuevo paradigma que resulta extrañamente complejo; y que se acentúa, además, al tratar de simplificar este mismo concepto en pro de cumplir con los principios básicos del diseño interactivo. Durante este proceso, se identificó que aquello en lo que las pantallas de proyección volumétrica pueden innovar frente a las convencionales son las dinámicas generadas dentro del entorno de juego y del encuentro, más que en las propias mecánicas del mismo.

Volviendo a los objetivos principales, en cuanto a las experiencias vividas por los distintos jugadores que pudieron probar el prototipo y su adaptación a las pantallas convencionales, la percepción de haber experimentado sensaciones distintas pese

a haber jugado dos versiones mecánicamente idénticas del mismo juego ha sido unánime. Todos los participantes manifestaron claras diferencias en sus sensaciones de juego entre ambas plataformas, y tras observar sus interacciones, puede concluirse que la experiencia social derivada del encuentro de juego es completamente distinta.

En cuanto a la organización y planificación del desarrollo, la producción del proyecto se ha mantenido estable y en línea con los objetivos y fechas definidas en la metodología del trabajo.

En conclusión, se considera que se ha cumplido con los objetivos y motivaciones de la investigación. Pese a la aparente sencillez del prototipo, el trabajo realizado y el diseño de *Twower* han supuesto un reto y un éxito en todos los aspectos.

Desde la reflexión personal, este proyecto ha sido capaz de innovar y de plantear un nuevo enfoque en cuanto a la interactividad y las dinámicas sociales derivadas del entretenimiento digital, dejando entrever con ello un nuevo paradigma en el diseño y desarrollo de videojuegos cuando los dispositivos de proyección volumétrica comiencen a formar parte de nuestra realidad.

8. Bibliografía

Blundell, B. y Schwarz, A. (2002). *The classification of volumetric display systems: Characteristics and predictability of the image space*. IEEE Transactions on visualization and computer graphics, Vol. 8, NO. 1.

Chen, J., Cranton, W. y Fihn, M. (2012). Handbook of visual display technology (pp. 1934-1940). Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg

Chung, J. (n.d.). Wii Remote Projects. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <http://johnnylee.net/projects/wii>

Gately, M. (2011). *A three-dimensional swept volume display based on led arrays*. Journal of Display Technology 7.9 (2011): 503-514.

Goffman, E. (1961). *Encounters: two studies in the sociology of interaction – Fun in games*. Indianapolis. Bobbs-Merrill.

Hambling, D. (2006). *3D plasma shapes created in thin air*. New Scientist.

Kooima, R. (2009). *Generalized perspective projection*.

Mann, S., Furness T., Yuan, Y., Iorio, J. y Wang, Z. (2018). *All reality: virtual, augmented, mixed (x), mediated (x,y), and multimediated reality*. ArXiv

Milgram, P. (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality -virtuality continuum*.

Norman, D. (2013). *The design of everyday things. Revised and expanded edition*. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press.

Pepper, J. (1890). *The true history of the ghost*. London. Casell & Co.

Schueffel, P. (2017). *The concise fintech compendium*. Fribourg. School of Management Fribourg/Switzerland.

Wiedemann, Daniel P. O., Passmore, Peter J. y Moar, Magnus. (2017). *Local multiplayer immersion affected by 3D stereoscopy*. CHI PLAY 2017, 15-18 Oct 2017, Amsterdam.

Luo, X., Lawrance, J., M. Seitz, S. (2017). *Pepper's Cone: An Inexpensive Do-It-Yourself 3D Display*. UIST 2017, October 22-25, 2017, Quebec City, Canada.

Zheng, J., Chan, K. y Gibson, I. (1998). *Virtual reality*. Department of Mechanical Engineering of the University of Hong Kong. Hong Kong.

9. Anexos

En las siguientes páginas se encuentran recogidos los diferentes documentos generados durante el desarrollo del proyecto.

9.1. Documento de diseño y producción del dispositivo de proyección pseudo-volumétrica



Centres universitaris adscrits a la



Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

**Dispositivos de proyección volumétrica
aplicados al juego multijugador local**

*Documento de diseño y producción del dispositivo
de proyección pseudo-volumétrica*

David Capel Bonilla
TUTOR: Alfredo González-Barros

Curso: 2020 - 2021

Índice

1. Introducción	1
2. Comparación de sistemas	2
2.1. Sistemas seleccionados	2
2.2. Características valoradas	4
2.3. Tabla comparativa	6
2.4. Sistema elegido	6
3. Diseño de la pirámide de proyección	7
3.1. Componentes	7
3.1.1. Pantalla	7
3.1.2. Pirámide	7
3.1.3. Estructura	7
3.2. Modelo 3D del prototipo	9
3.3. Plano del dispositivo	10
4. Construcción de la pirámide de proyección	11

Índice de figuras

Fig. 2.1. Fotografía de una pirámide de proyección transparente	2
Fig. 2.2. Fotografía de un cono de proyección transparente.	3
Fig. 2.3. Modelo 3D del esqueleto de una mano proyectado en FogScreen.....	3
Fig. 2.4. Fotografía del sistema de proyección de la arcade Time Traveller.	4
Fig. 3.1. Planos generados para los laterales de una pirámide de base 30 x 30.	8
Fig. 3.2. Render 3D a escala del prototipo de la pirámide de proyección.	9
Fig. 3.3. Render 3D a escala diseccionado del prototipo de la pirámide.....	9
Fig. 3.4. Plano de la pirámide de proyección pseudo-volumétrica.	10
Fig. 4.1. Fotografía de los componentes antes de ensamblar el dispositivo.	11
Fig. 4.2. Anclaje de la pantalla a la base superior del dispositivo.....	11
Fig. 4.3. Anclaje de las columnas que sustentan la pantalla.	12
Fig. 4.4. Anclaje de la base inferior del dispositivo.	12
Fig. 4.5. Fotografía final del ensamblaje con la pirámide ajustada en la base.	12

1. Introducción

Con el objetivo de alcanzar una experiencia lo más cercana posible a la que podría obtenerse en un futuro con las pantallas de proyección volumétricas, esta investigación comprenderá el desarrollo de un prototipo funcional que, mediante el uso de técnicas de proyección pseudo-volumétricas, logre simular los aspectos más fundamentales de la visualización de objetos en tres dimensiones en un entorno real.

Este documento recoge una breve comparación de los sistemas de proyección pseudo-volumétrica actuales según su viabilidad dentro del proyecto y las características que permiten explorar junto con la justificación del sistema elegido y su posterior diseño y proceso de producción.

2. Comparación de sistemas

Como se describe en el marco teórico de este trabajo de investigación (2.2.3. *Pantallas de proyección pseudo-volumétrica*, Marco Teórico), en la actualidad existen varios sistemas que permiten la recreación del efecto de una proyección volumétrica mediante el uso de distintas ilusiones de la percepción, aunque las diferencias entre cada sistema, ya sea en base al número de observadores simultáneos o la complejidad del mismo, extienden un abanico de posibilidades y características que deben ser valoradas. En este apartado se recoge una comparación de los sistemas más destacables en base a una serie de características de relevancia para el desarrollo del prototipo.

2.1. Sistemas seleccionados

Se han seleccionado un total de cuatro sistemas de proyección pseudo-volumétrica candidatos a entrar en producción por la asequibilidad de su desarrollo.

- **Pirámide de proyección transparente**

La pirámide de proyección consiste en una estructura piramidal de cuatro lados transparentes sobre la que se proyecta una imagen fragmentada en cuatro partes, una por cada superficie de la estructura.

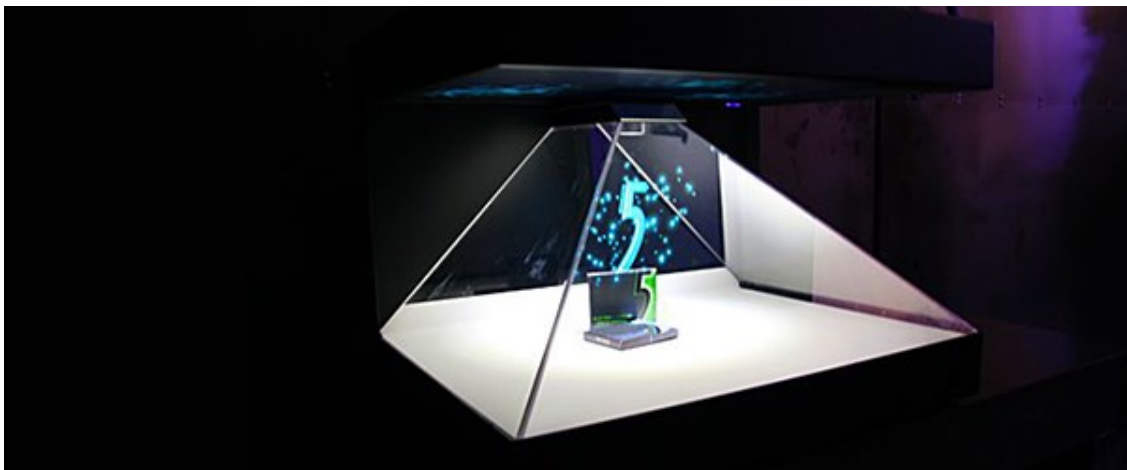


Fig. 2.1. Fotografía de una pirámide de proyección transparente. SMX, 2016.

El efecto que recrea es idéntico a la ilusión del fantasma de Pepper que se describe en el marco teórico de la memoria de este trabajo, sólo que este se produce de forma independiente y simultánea en cada lateral de la pirámide.

- **Cono de proyección transparente**

El cono de proyección basa también su efecto en la ilusión del fantasma de Pepper, pero su particularidad es que la imagen se proyecta sobre una superficie cónica (y por ende curva) en vez de una plana. La experiencia lograda con esta pantalla pseudo-volumétrica varía en cuanto a la que ofrece la pirámide de proyección en que el usuario no es capaz de percibir los límites de la proyección en los laterales de la estructura permitiéndole moverse libremente a su alrededor.



Fig. 2.2. Fotografía de un cono de proyección transparente. L. Xuan, 2017.

- **FogScreen**

El sistema de proyección FogScreen consiste en la proyección de imágenes sobre una fina cortina de humo que desciende verticalmente desde un dispositivo que lo disipa de forma controlada.



Fig. 2.3. Modelo 3D del esqueleto de una mano proyectado en FogScreen. FogScreen, 2004.

Este sistema permite la proyección de imágenes sin necesidad de una superficie física a la vez que estas pueden ser observadas desde ambos lados, siempre que el contenido mostrado no requiera de una orientación definida.

- **Espejo semiesférico cóncavo**

Este sistema fue el utilizado por SEGA en algunas de sus máquinas arcade para lograr un efecto tridimensional como es el caso de *Time Traveller* o *Holosseum*, el cual se presenta en el capítulo de referentes en la memoria de este trabajo (3.1.1. *Holosseum*, Análisis de referentes).



Fig. 2.4. Fotografía del sistema de proyección de la arcade Time Traveller. OldSchoolNYCGamer, 2017.

El espejo cóncavo se encuentra orientado hacia arriba y a su vez contrapuesto a la pantalla reflejando en él su contenido y generando la ilusión de que las imágenes se muestran al usuario proyectadas en el aire.

2.2. Características valoradas

Para determinar los requisitos y limitaciones del proyecto y elegir entre los distintos sistemas de proyección pseudo-volumétrica se han definido una serie de parámetros que son de relevancia antes de realizar una comparación.

- **Numero de perspectivas simultáneas**

El número de usuarios que pueden observar el efecto de forma simultánea es un factor determinante para el desarrollo del proyecto puesto que el diseño del juego y la experiencia del mismo variará completamente dependiendo del número de jugadores que puedan participar del encuentro.

Además, como se describe en el marco teórico de este trabajo (2.4. *Encuentros sociales en el juego*, Marco Teórico), cualquier sistema que desvíe el foco del encuentro y no logre que los jugadores se encuentren reunidos entorno a él deberá ser descartado.

- **Calidad de imagen**

La calidad de la proyección, dado el amplio abanico de resoluciones y definición que ofrecen los distintos sistemas de proyección pseudo-volumétrica, es también una característica a tener en consideración dada la naturaleza interactiva del prototipo que se pretende diseñar.

- **Coste de renderizado**

Dadas las limitaciones del hardware que se encargará de ejecutar el prototipo es necesario tener en consideración el coste de renderizado que supondrá generar las distintas proyecciones del escenario para cada uno de los jugadores, si es que el sistema elegido permite mostrar una perspectiva para cada uno de los jugadores.

- **Complejidad de construcción**

La complejidad de ensamblaje del dispositivo es también un factor a tener en cuenta según los recursos y medios disponibles y el conocimiento técnico requerido.

- **Coste económico**

El coste económico para la producción del dispositivo es determinante dependiendo de las limitaciones económicas del proyecto.

- **Mantenimiento**

Por último, cabe valorar el coste del mantenimiento del dispositivo si es que este lo requiere junto con el coste que conlleve prepararlo para su funcionamiento.

2.3. Tabla comparativa

En la siguiente tabla comparativa se enumeran distintos sistemas que se han considerado como candidatos para el desarrollo del proyecto junto con sus respectivas calificaciones en las características descritas en el apartado anterior: Número de perspectivas simultáneas [N], Calidad de imagen [Q], Coste de renderizado [R], Complejidad de construcción [C], Coste económico [€] y Mantenimiento [M]. Las características no cuantitativas como la calidad de imagen o la complejidad de construcción se representan en una escala del 0 al 10 siendo 0 la menor calificación posible y 10 la mayor, y en el caso del valor del coste económico, se ha calculado una aproximación en base al coste de los materiales necesarios para su ensamblaje.

Sistema	N	Q	R	C	€	M
Pirámide de proyección transparente	4	8	8	7	~80	0
Cono de proyección	1	7	2	5	~30	2
FogScreen	1	3	0	10	~600	8
Espejo semiesférico cóncavo	1	6	0	8	~120	0

2.4. Sistema elegido

Finalmente, por las amplias posibilidades que ofrece en el diseño del prototipo jugable, se ha elegido el sistema de la pirámide de proyección para desarrollar el proyecto. La posibilidad de reunir a cuatro jugadores en torno a un mismo escenario que cada uno es capaz de observar desde su propia perspectiva cumple a la perfección con el propósito de simular un encuentro interactivo entorno a una proyección volumétrica real. La complejidad del sistema junto con su construcción y mantenimiento son viables además de económicos, y permite mostrar una imagen de calidad para todos los jugadores.

3. Diseño de la pirámide de proyección

En este apartado del documento se detallan las especificaciones del diseño del dispositivo prototipo para el proyecto así como las características de sus componentes y los planos y modelos 3D realizados para su producción.

3.1. Componentes

El diseño de la pirámide de proyección se divide en tres componentes principales: la pantalla, la pirámide transparente y la estructura que la cohesiona.

3.1.1. Pantalla

La pantalla es el elemento principal del dispositivo y del que el diseño y tamaño del resto de componentes dependen. Como su función consiste en reproducir las imágenes que se verán directamente reflejadas sobre los costados de la pirámide, lo ideal es que su proporción sea lo más cercana posible a 1:1. En el caso de la pantalla que se ha montado para este proyecto, su proporción es de 4:5 y cuenta con una resolución de 1280 x 1024 píxeles, por lo que el excedente de pantalla será desechado mediante software dejando una resolución total de 1024 x 1024 sobre la superficie total de proyección.

Por otra parte, las dimensiones de esta determinarán tanto el tamaño de la pirámide transparente como las de la propia estructura que sustentará el conjunto, por lo que antes de realizar un diseño preciso y a escala es importante conocer bien todas las medidas de la pantalla.

3.1.2. Estructura

La estructura es el esqueleto que sustenta la pantalla y de nuevo sus dimensiones, características y diseño dependen del modelo de esta, pero de forma general, la estructura siempre deberá contar con una base donde posar la pirámide a una distancia respecto a la superficie de la pantalla de entre 3 y 5 milímetros más que la altura de la pirámide. Es recomendable que los pilares que mantienen la pantalla alzada sean tubulares de manera que, una vez se proceda a pasar los cables que alimentan y dan señal al monitor, éstos puedan esconderse dentro de la propia estructura mejorando su estética y evitando posibles molestias a los usuarios.

3.1.3. Pirámide

La pirámide transparente está compuesta por cuatro planos de un material transparente que funcionan como un espejo, mostrando al observador el reflejo de las imágenes de la pantalla que se encuentra justo encima de la pirámide. Para ello, el ángulo de cada uno de sus costados debe ser de 45° respecto a su base y esta estar perfectamente alineada con el área de proyección de la pantalla.

El material puede ser cualquier tipo de plástico acrílico transparente o, como es el caso del prototipo construido para este proyecto, vidrio. Es interesante añadir que cuanto menor sea el grosor del material utilizado, menor distorsión sufrirá la imagen, puesto que un grosor considerable puede provocar una doble reflexión muy pronunciada de la imagen. En un caso ideal, el material a utilizar para disipar por completo esta doble reflexión debería ser un vidrio “beamsplitter” el cual es transparente y a la vez funciona como un espejo, pero dado su alto coste, si el efecto de distorsión es muy pronunciado pueden utilizarse varias capas de vinilo reflectante para ventanas, aumentando así el índice de reflexión del vidrio a expensas de un pequeño porcentaje de transparencia.

Por último, para facilitar el cálculo de las medidas de los laterales de la pirámide y lograr los 45° respecto a la superficie de proyección el siguiente sitio web es de gran utilidad: www.blocklayer.com/pyramid-calculator.aspx; donde “Sides” deberá ser 4, “Base Side Length” será la base de la pantalla de proyección que monte el dispositivo y por último el valor de “Face Angle” deberá ser de 45. Tras introducir los datos y generar el cálculo, automáticamente obtendremos las medidas exactas de las piezas laterales de la pirámide.

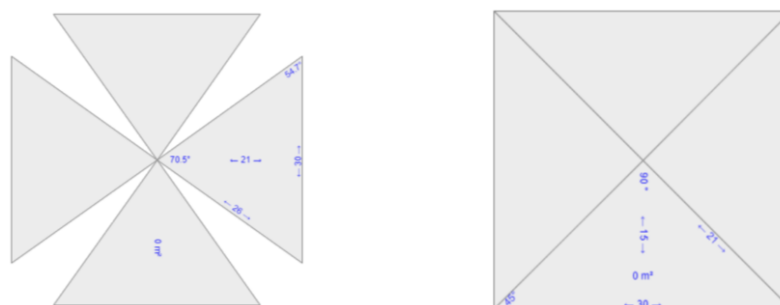


Fig. 3.1. Planos generados para los laterales de una pirámide de base 30 x 30. blocklayer.com, 2021.

3.2. Modelo 3D del prototipo

Una vez el diseño conceptual del dispositivo está listo, se procede a realizar los modelos 3D a escala para validar definitivamente el prototipo y preparar su posterior exportación a planos para comenzar con la construcción.

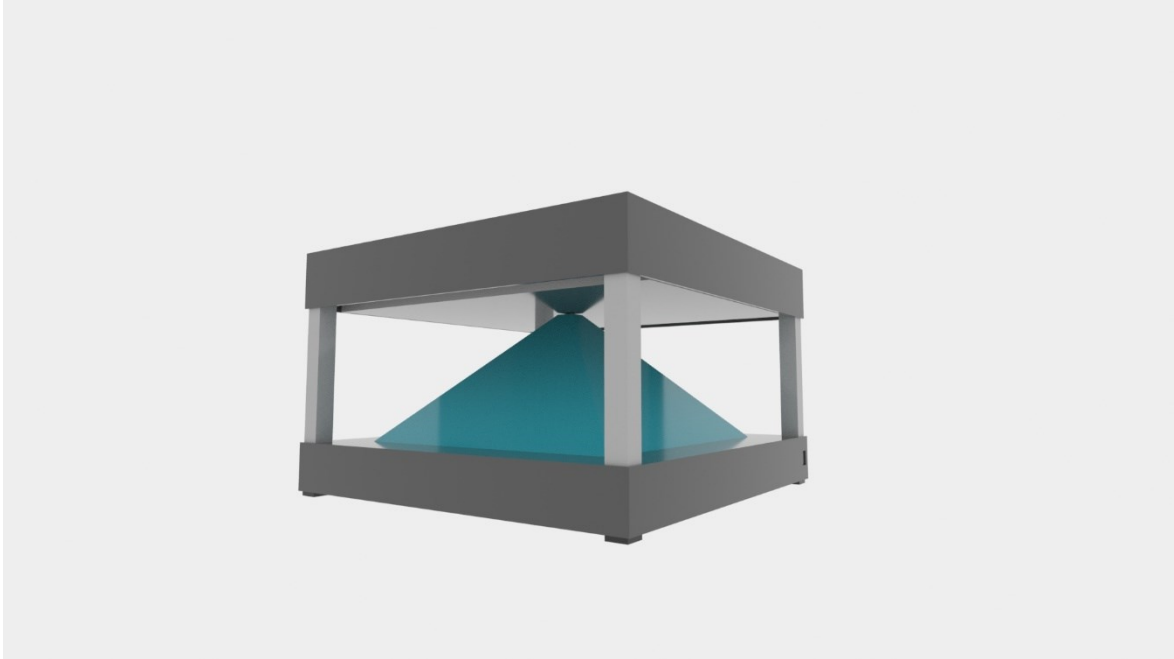


Fig. 3.2. Render 3D a escala del prototipo de la pirámide de proyección

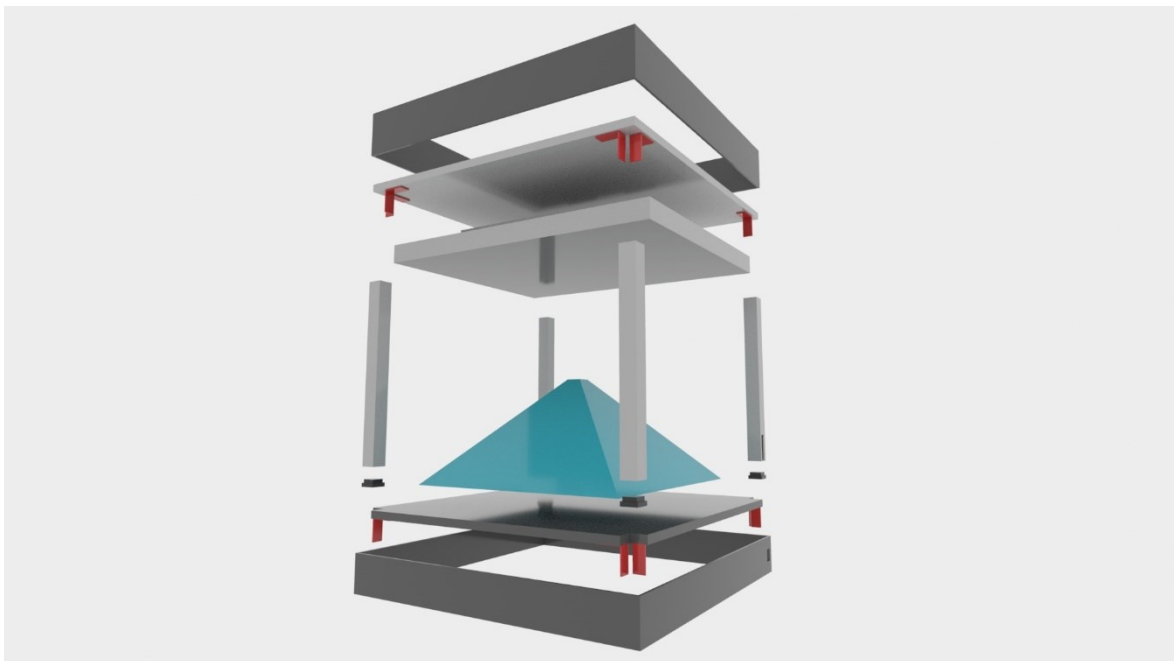
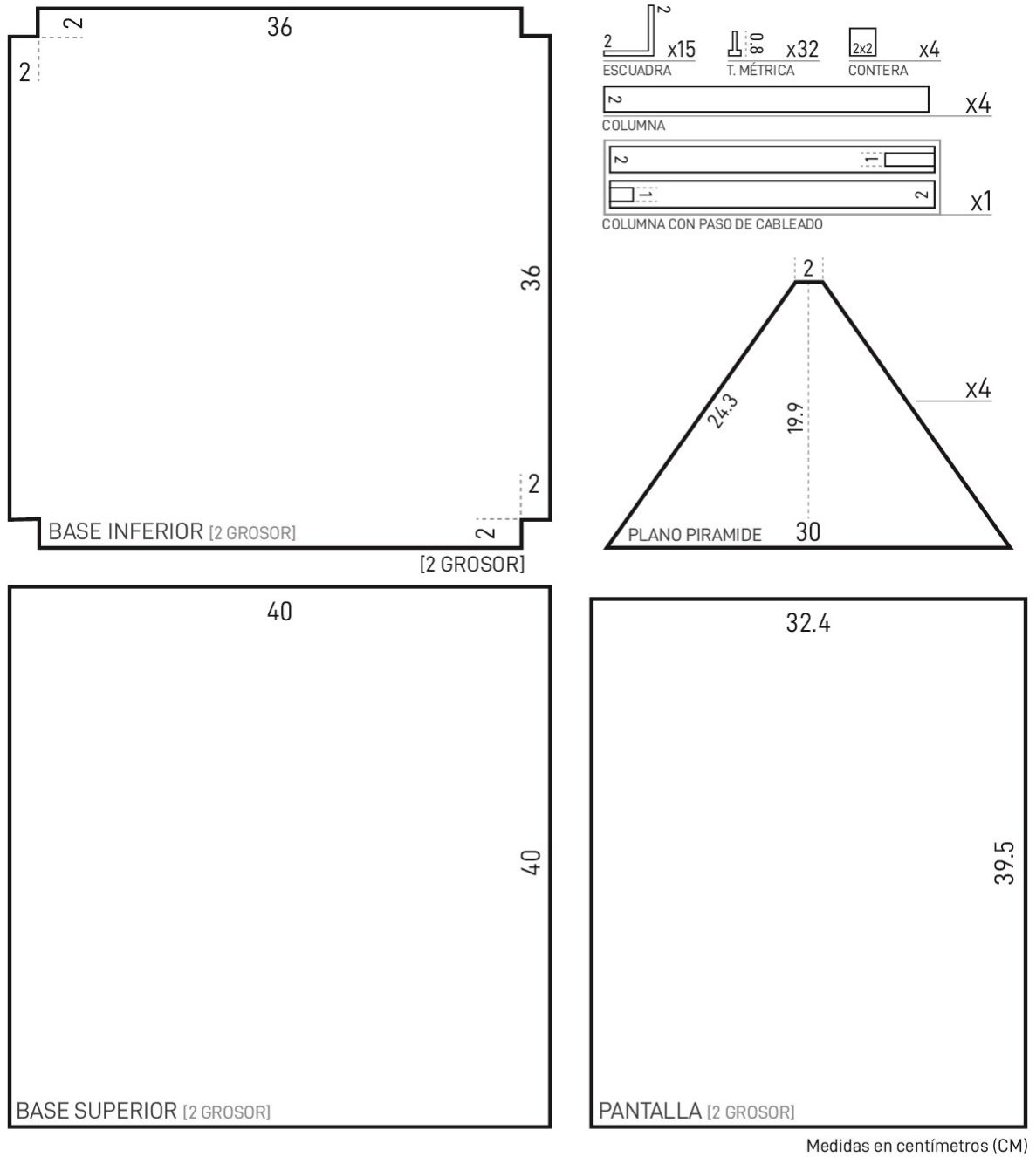


Fig. 3.3. Render 3D a escala diseccionado del prototipo de la pirámide de proyección.

3.3. Plano del dispositivo



Pirámide de proyección pseudo-volumétrica
David Capel, 2021

Fig. 3.4. Plano de la pirámide de proyección pseudo-volumétrica.

4. Construcción de la pirámide de proyección

En este apartado puede observarse el proceso de ensamblaje de la pirámide de proyección desarrollada para este proyecto.

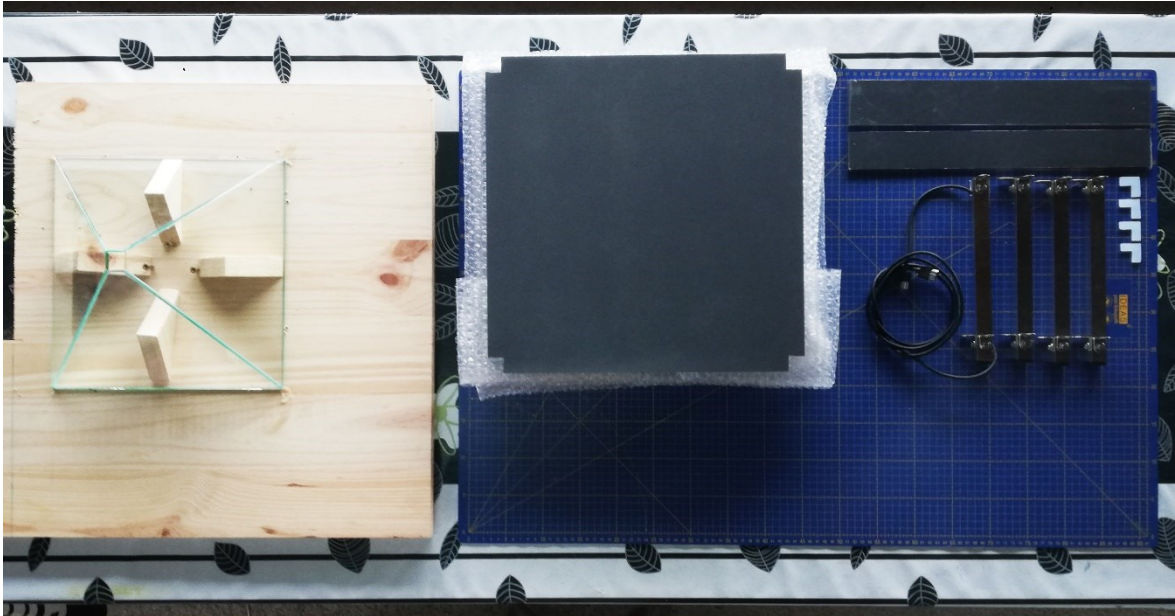


Fig. 4.1. Fotografía de los componentes antes de ensamblar el dispositivo.



Fig. 4.2. Anclaje de la pantalla a la base superior del dispositivo.

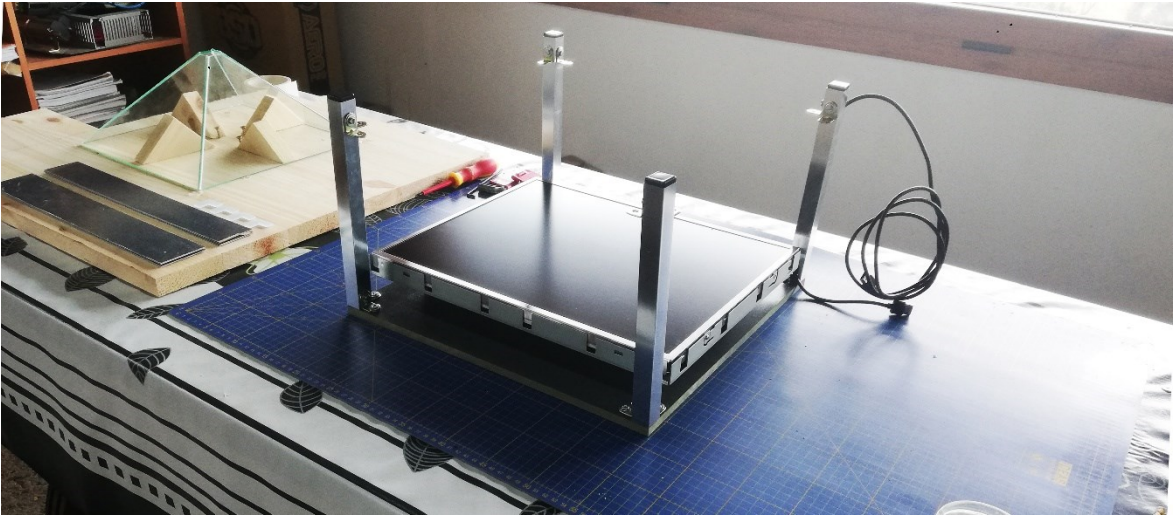


Fig. 4.3. Anclaje de las columnas que sustentan la pantalla.

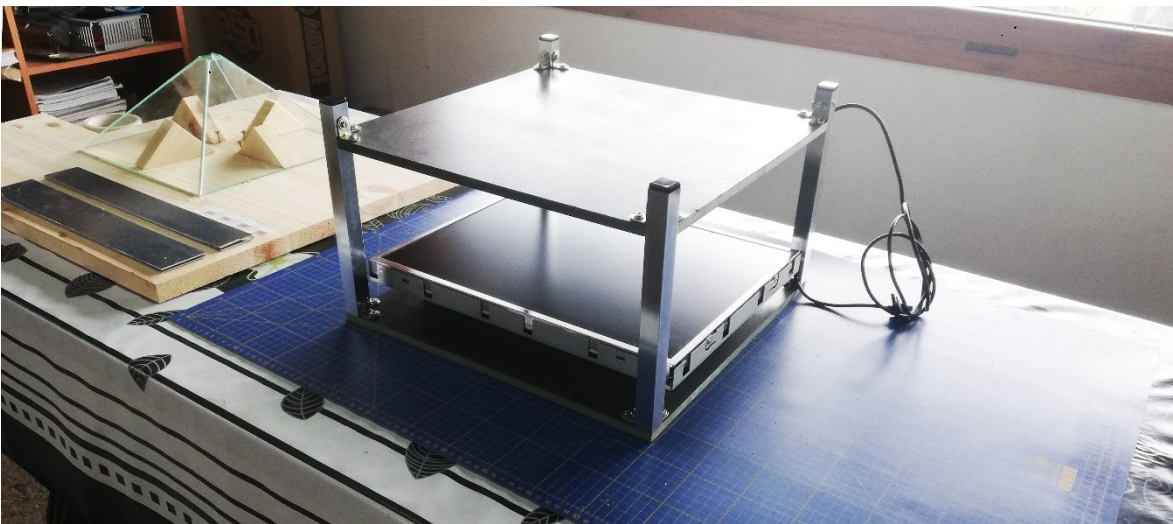


Fig. 4.4. Anclaje de la base inferior del dispositivo.

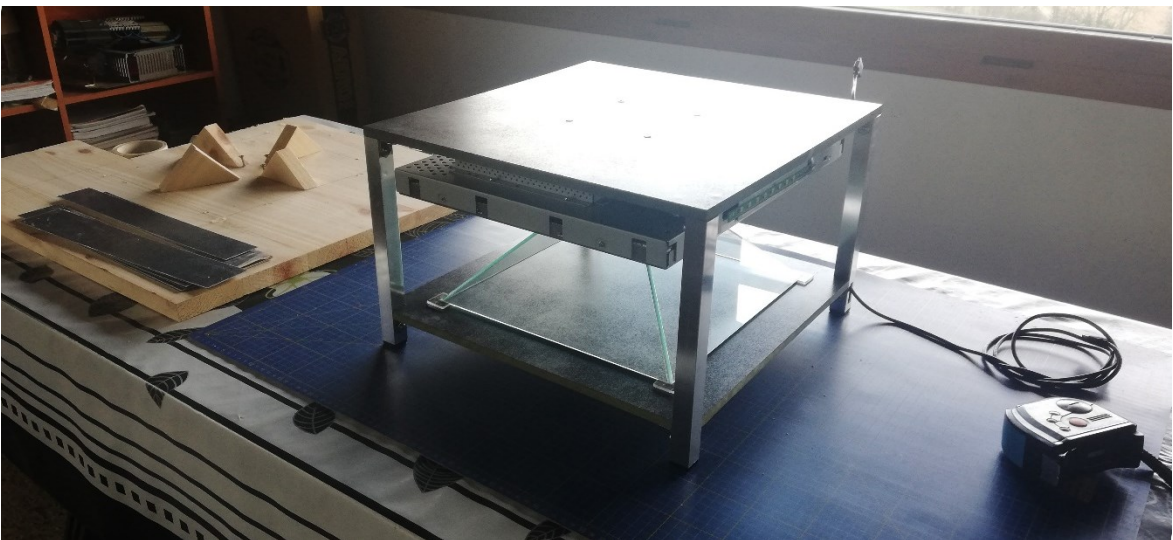


Fig. 4.5. Fotografía final del ensamblaje con la pirámide ajustada en la base.

9.2. Estructura, sistema de cámaras e implementación de headtracking en Unity



Centres universitaris adscrits a la



Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

Dispositivos de proyección volumétrica aplicados al juego multijugador local

*Estructura, sistema de cámaras
e implementación de headtracking en Unity*

David Capel Bonilla
TUTOR: Alfredo González-Barros

Curso: 2020 - 2021

Índice

1. Introducción	1
2. Estructura y sistema de cámaras	2
2.1. Escenario	2
2.2. Cámaras de juego	2
2.3. Render textures y cámara principal.....	3
3. Headtracking	5
3.1. Wii Remote.....	5
3.2. Implementación en Unity.....	6
3.3. Matriz de proyección off-axis.....	6
4. Referencias y APIs de terceros	8

Índice de figuras

Fig. 2.1. Captura de pantalla del escenario dentro de la escena.....	2
Fig. 2.2. Capturas de pantalla de las distintas cámaras que renderizan el escenario.....	3
Fig. 2.3. Captura de pantalla del escenario junto con los render planes.	3
Fig. 2.4. Captura de pantalla de los distintos <i>render planes</i> que conforman la imagen de proyección final.....	4
Fig. 3.1. Fotografía de un Wii Remote. Fuente: NY Daily News, 2008.....	5
Fig. 3.2. Capturas de pantalla mostrando el funcionamiento de la proyección off-axis.....	7

1. Introducción

En este documento se describen los distintos sistemas y herramientas que se han desarrollado para lograr simular una pantalla de proyección volumétrica en una pirámide de proyección dentro del entorno del motor gráfico Unity.

Para acceder al proyecto y con ello profundizar en el código fuente de todos los sistemas implementados en el desarrollo de esta investigación, el anexo 9.6. *Proyecto y builds* contiene un enlace al repositorio principal.

2. Estructura y sistema de cámaras

Los elementos que permiten simular un entorno tridimensional con múltiples perspectivas dentro de la pirámide de proyección en el motor de juegos *Unity* pueden clasificarse entre escenario, cámaras de juego, texturas de renderizado y cámara principal.

2.1. Escenario

El escenario define el área de juego y es una representación directa del espacio de proyección físico dentro de la pirámide.

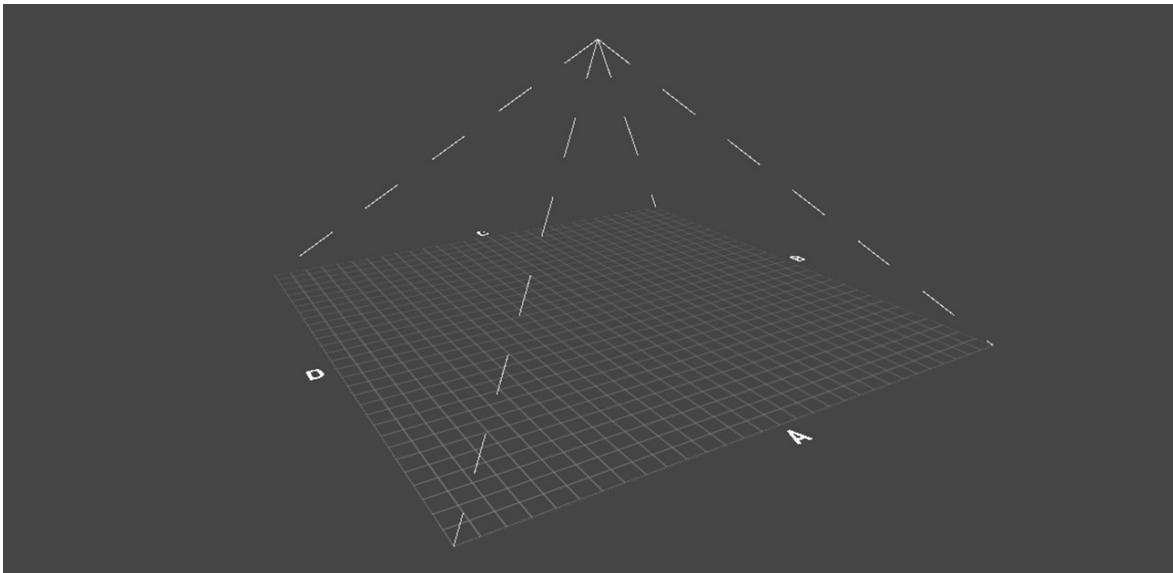


Fig. 2.1. Captura de pantalla del escenario dentro de la escena.

Cuatro aristas definen los límites de la proyección y fijan el espacio interior visible por el usuario a través del dispositivo.

2.2. Cámaras de juego

Con el objetivo de generar cuatro proyecciones distintas del entorno de juego (una para cada jugador), un sistema de cámaras rodea el escenario y renderiza cada una de las perspectivas (A, B, C y D).

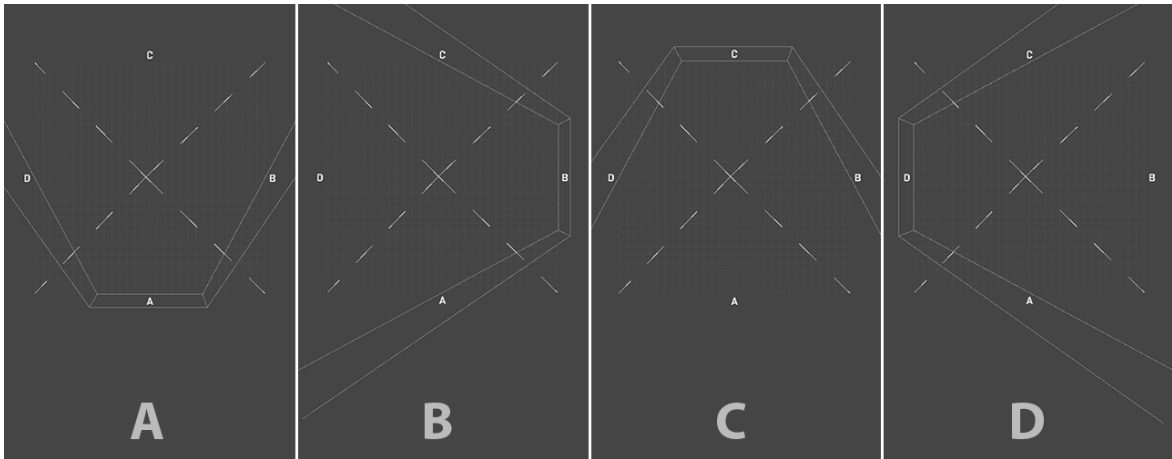


Fig. 2.2. Capturas de pantalla de las distintas cámaras que renderizan el escenario.

Cada una de las cámaras funciona de forma independiente al resto y cuentan con distintas *culling masks* que permiten mostrar a cada jugador elementos de forma individual en caso de ser necesario (por ejemplo, al mostrar una interfaz informativa a los jugadores, esta se encontraría dentro de sus respectivas *layer mask* evitando que ningún jugador pueda ver dentro de la pirámide las interfaces del resto).

2.3. Render textures y cámara principal

Para dividir la pantalla de la pirámide en cuatro secciones triangulares con las que proyectar sobre cada uno de los laterales, cuatro planos con *render textures* funcionan como una pantalla para una quinta cámara principal ortográfica que se encarga de renderizar la imagen final.

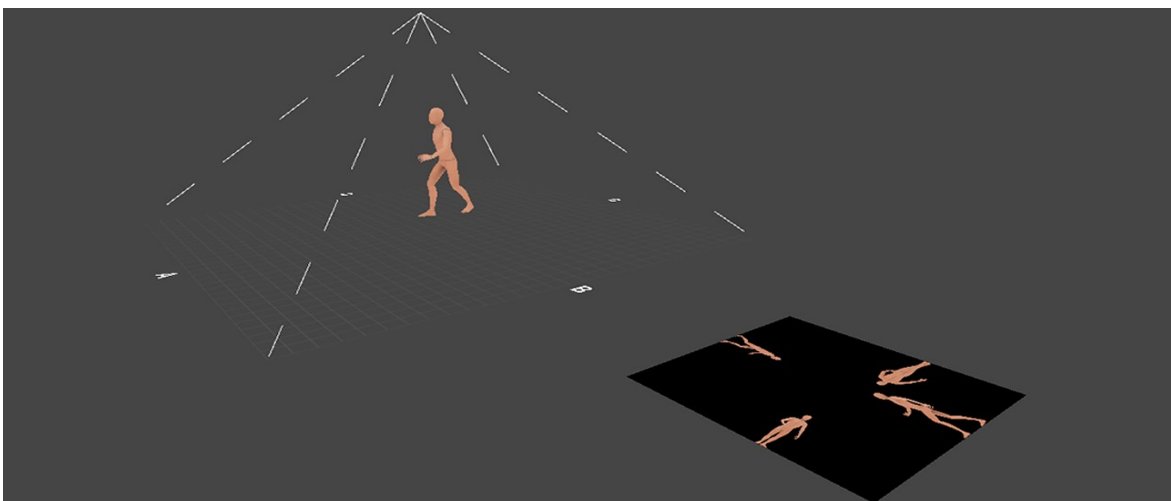


Fig. 2.3. Captura de pantalla del escenario junto con los render planes.

Estos planos se enmascaran mediante un shader para lograr la forma triangular adecuada, y tras ajustar correctamente el área de proyección de la cámara principal la escena está lista para mostrar sobre la pirámide el escenario de juego.

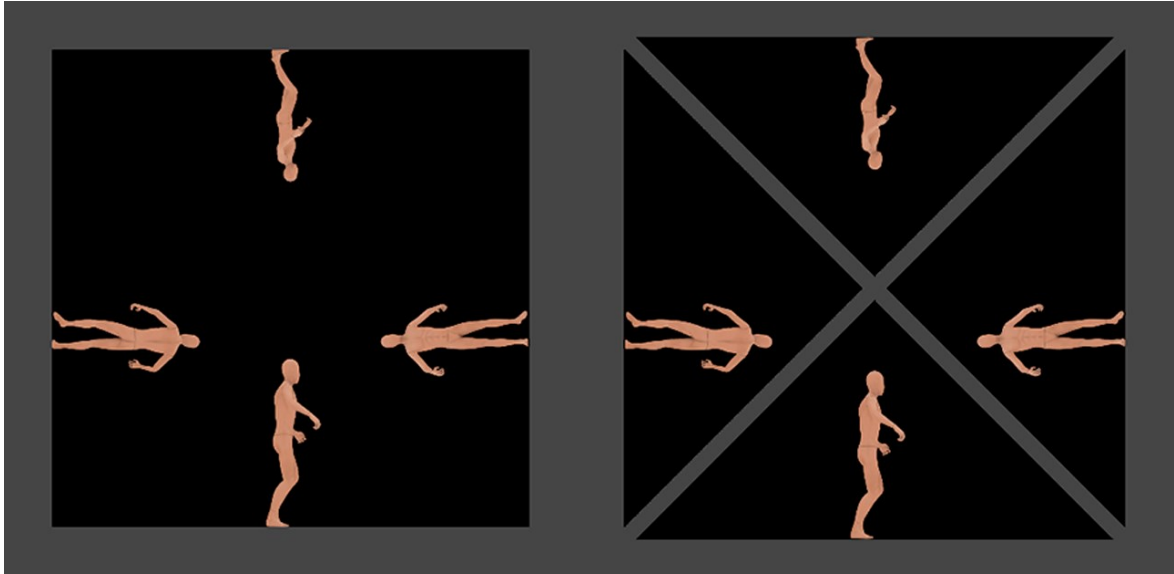


Fig. 2.4. Captura de pantalla de los distintos planos que conforman la imagen de proyección final.

3. Headtracking

En este apartado se explica el sistema optado para la realización del headtracking para cuatro jugadores y su implementación dentro del proyecto.

3.1. Wii Remote

Para la inclusión de un sistema de headtracking extensible a cuatro jugadores y asequible dentro de las limitaciones del proyecto, se ha optado por utilizar el *Wii Remote* (mando de la consola *Wii*) junto con la barra de sensores de la misma consola.



Fig. 3.1. Fotografía de un Wii Remote. Fuente: NY Daily News, 2008.

El funcionamiento consiste en dejar el *Wii Remote* sobre una superficie estable y enfocarlo hacia la zona de juego. De esta manera, con el jugador equipado con un par de leds infrarrojos sobre su cabeza, podremos transformar la información recibida por la cámara infrarroja del mando (posición horizontal, vertical y profundidad según la distancia entre ambos leds) en parámetros útiles dentro del entorno de juego para determinar la posición relativa entre el observador y su foco.

El uso de este dispositivo como herramienta de headtracking ha sido inspirado por Johnny Chung Lee (Chung, n.d.) a través de sus numerosos proyectos enfocados al uso del *Wii Remote* y su cámara de infrarrojos de forma innovadora.

3.2. Implementación en Unity

La integración de los mandos de *Wii* y la implementación del headtracking se ha realizado mediante el uso de una API de terceros (Biagioli, 2015) modificada para soportar múltiples mandos de forma simultánea y mover cada una de las cámaras de manera independiente. De forma general, el funcionamiento es el siguiente:

1. El controlador general de los mandos *Wii* contabiliza todos los dispositivos disponibles y asigna a cada uno de ellos un identificador (0, 1, 2, 3).
2. Cada cámara de juego cuenta con un script encargado de leer la información proveniente del *Wii Remote* asociado a su identificador único.
3. Dicho script obtiene las coordenadas de posición relativas entre la cámara infrarroja y los leds que el jugador lleva equipados sobre su cabeza.
4. Finalmente estos parámetros son leídos por un último script que se encarga de mimetizar los movimientos de la cabeza del jugador en su cámara de juego haciendo uso de una matriz de proyección off-axis (3.3. *Matriz de proyección off-axis*), generando la ilusión al observador de que efectivamente es capaz de visualizar un escenario “real” dentro del espacio de juego.

3.3. Matriz de proyección off-axis

Por último, se ha desarrollado un script de proyección off-axis para las cámaras de juego basado en la publicación de Robert Kooima “*Proyección en perspectiva generalizada*” (Kooima, 2009). Cogiendo como referencia un plano situado en el centro del escenario y de forma perpendicular al observador, este script transforma en tiempo de ejecución el campo de visión y los ángulos de rotación de la cámara para mantener su proyección ajustada en todo momento a los límites del plano, como si de una ventana se tratara.

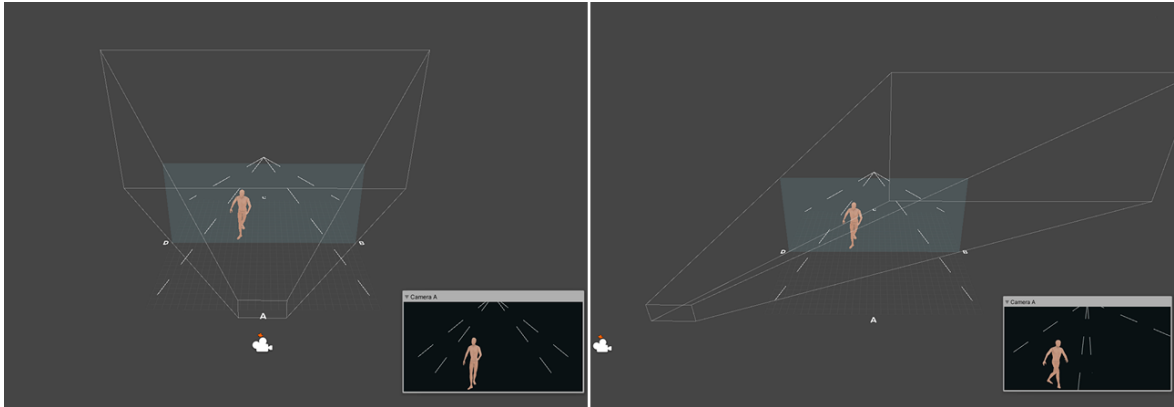


Fig. 3.2. Capturas de pantalla mostrando el funcionamiento de la proyección off-axis.

De esta forma, se logra generar en el jugador la ilusión de poder observar el escenario desde cualquier perspectiva simplemente con el propio movimiento de su cabeza, reforzando con ello la sensación de tangibilidad que transmite la pirámide de proyección.

4. Referencias y APIs de terceros

Biagioli, A. (2015). *C# / Unity Wii Remote API*. MIT. <https://github.com/FlafLa2/Unity-Wiimote>

Chung, J. (n.d.). *Wii Remote Projects*. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <http://johnnylee.net/projects/wii>

Kooima, R. (2009). *Generalized Perspective Projection*.

9.3. Conceptos de juego



Centres universitaris adscrits a la



Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

Dispositivos de proyección volumétrica aplicados al juego multijugador local

Conceptos de juego

David Capel Bonilla
TUTOR: Alfredo González-Barros

Curso: 2020 - 2021

Índice

1. Introducción	1
2. Principios clave del diseño.....	2
2.1. Entorno compartido.....	2
2.2. Familiaridad.....	2
2.3. Falsa tangibilidad	2
2.4. Derivación del foco al entorno real	2
3. Conceptos de juego.....	3
3.1. Tetris ⁴	4
3.2. Twower.....	5
3.3. Packs!	6
4. Conclusiones	7

1. Introducción

En este documento se recogen los diversos conceptos de juego que se han ideado con la intención de alcanzar el potencial de la tecnología de proyección volumétrica 3D en el ámbito del entretenimiento interactivo.

El objetivo con el diseño de estos conceptos ha sido en todo momento el de idear un juego orientado exclusivamente a las pantallas de proyección volumétrica en pro de crear una experiencia social distinta a la que podemos lograr con las pantallas convencionales.

2. Principios clave del diseño

Antes de continuar con la lista de conceptos desarrollados para el prototipo del proyecto, en este apartado se presentan los principios que se han considerado obligatorios para conceptualizar un juego capaz de explotar las posibilidades de las pantallas de proyección volumétrica 3D.

2.1. Entorno compartido

El videojuego debe presentar a todos los jugadores en un mismo escenario, del cual cada uno resulte partícipe a través de su propia interacción y perspectiva visual del mismo y a su vez no genere ninguna sensación de aislamiento.

2.2. Familiaridad

Las mecánicas fundamentales del videojuego deben ser lo suficientemente familiares a todos los jugadores teniendo en cuenta los principios del diseño interactivo definidos en el capítulo del marco teórico de este trabajo de investigación (2.3. *Los principios del diseño*, Análisis de referentes).

2.3. Falsa tangibilidad

La percepción del escenario de juego debe ser capaz de generar la ilusión al jugador de que el entorno que ve dentro de la pirámide de proyección se encuentra efectivamente dentro de ella.

Con el fin de facilitar este efecto de falsa tangibilidad, se ha decidido implementar un sistema de seguimiento de cabeza para cada uno de los jugadores, permitiendo además mayor flexibilidad en el diseño de los conceptos.

2.4. Derivación del foco al entorno real

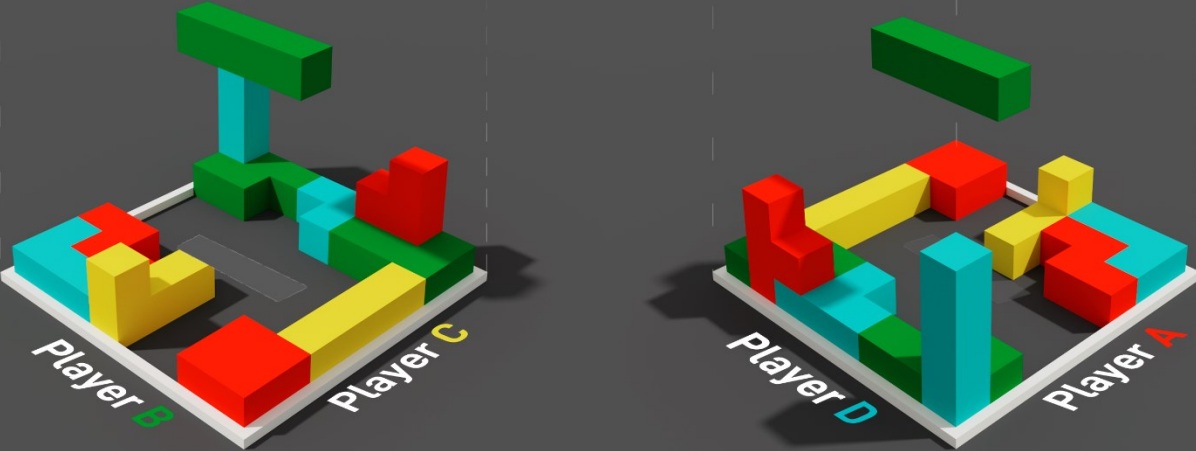
El diseño del juego debe dar pie a situaciones de derivación o “byplay” (2.4.2. *Dinámicas del encuentro*, Marco teórico) en las que los usuarios puedan ser capaces de romper con el foco del encuentro y generar dinámicas derivadas entorno a su propia presencia física y la del resto de jugadores.



3. Conceptos de juego

En las siguientes páginas se presentan los tres prototipos conceptualizados para este trabajo de investigación. Cada una de las fichas contiene incrustado un enlace a un pequeño video donde puede verse una animación que escenifica brevemente el concepto del juego en sí.

3.1. Tetris⁴




Tetris⁴
// Game Concept

Género: Arcade
Modo: Multijugador Local (4J)

Descripción:
Cuatro jugadores (rojo, verde, azul y amarillo) cooperan jugando al clásico tetris en tres dimensiones. Cuando aparezca un tetrómino, el jugador del color correspondiente deberá colocarlo mientras discute con el resto del equipo dónde, cooperando entre todos eliminando secciones y ganando puntos.

El juego termina para todos los jugadores cuando el espacio de juego queda desbordado.

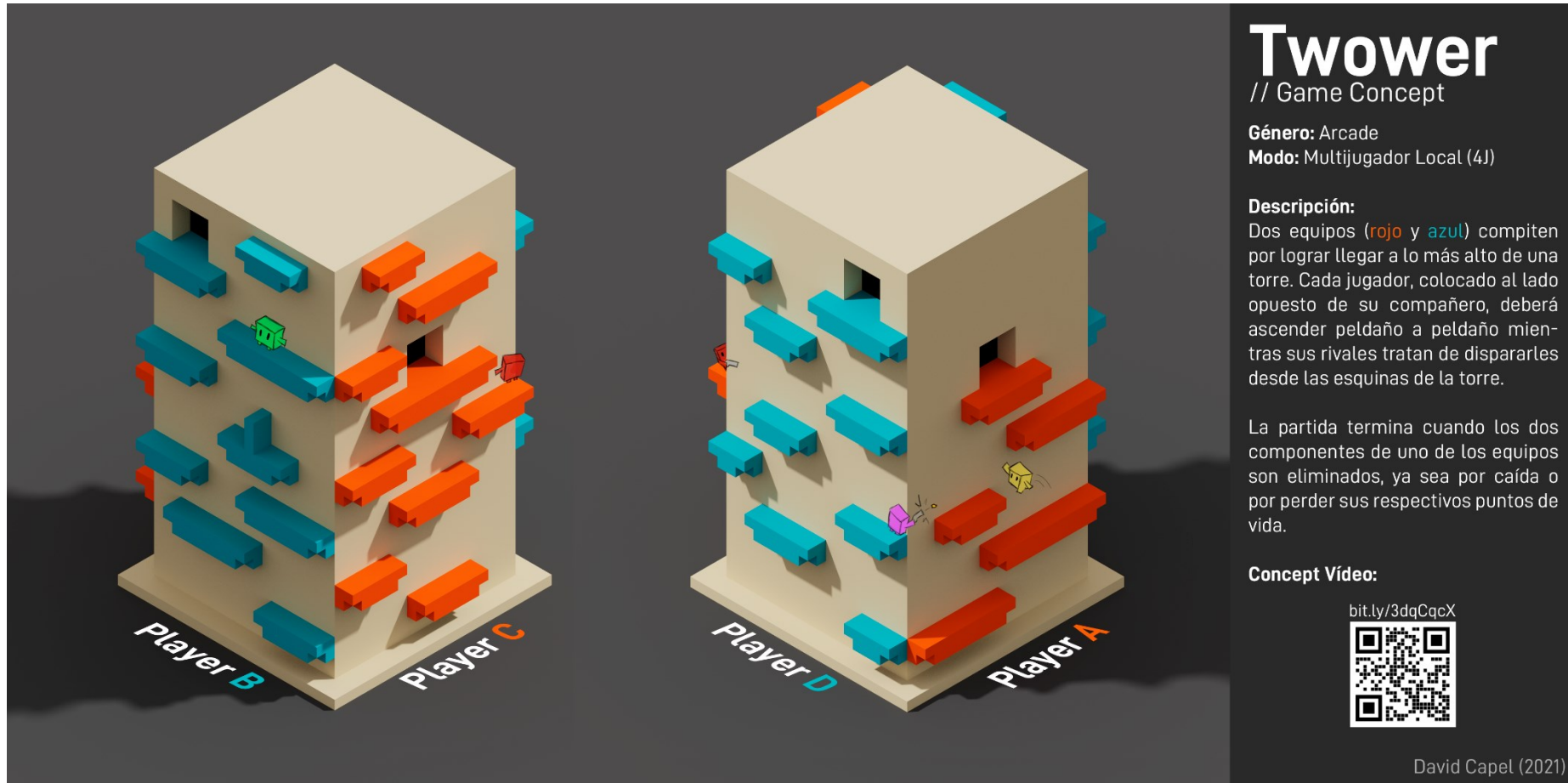
Concept Video:
bit.ly/3bL0kxy



David Capel (2021)

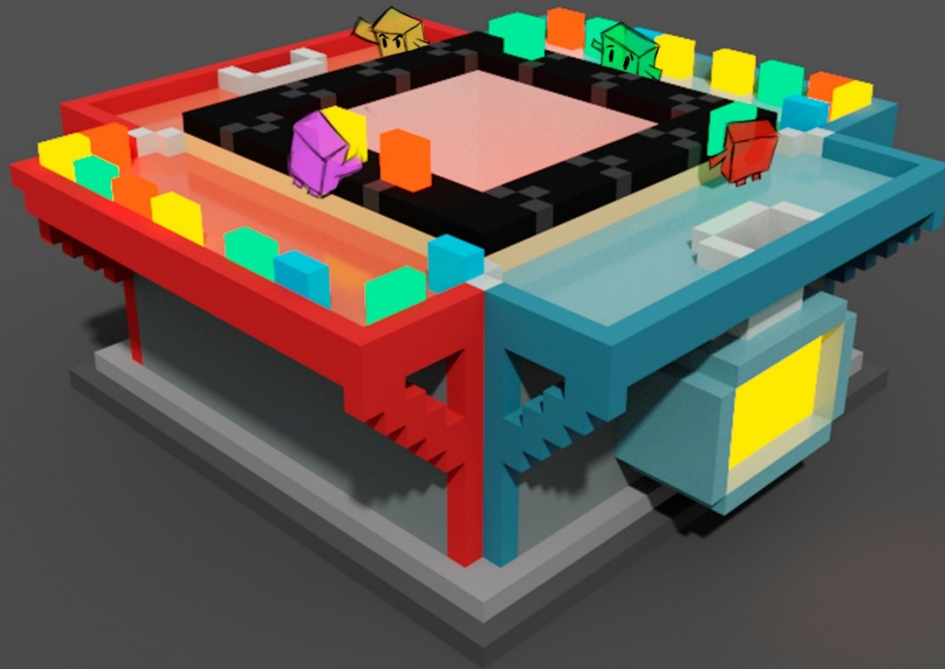
Concept Video: bit.ly/3bL0kxy

3.2. Twower



Concept Video: bit.ly/3dqCqcX

3.3. Packs!



Packs!

// Game Concept

Género: Arcade

Modo: Multijugador Local (4J)

Descripción:

Dos equipos (**rojo** y **azul**) compiten por completar los pedidos que llegan a sus terminales. Los jugadores, dentro de sus respectivos equipos, tendrán un rol asignado: uno de ellos será capaz de ver el color que el pedido requiere mientras que el otro tendrá acceso a los paquetes para mandárselos a su compañero y sumar un punto si alguno de ellos resulta del color solicitado.

Para pasarse los paquetes entre ellos deberán comunicarse sin alertar a sus rivales de cual es realmente el color que tratan de conseguir a la vez que prestar atención a sus rivales ya que, una vez los pedidos estén listos, estos darán una vuelta al escenario pasando por las zonas de juego del equipo rival que podrá sabotear el pedido y extraviar el paquete que querían hacerse llegar.

Concept Video:

[No disponible]

David Capel (2021)

4. Conclusiones

Si bien los principios clave fueron definidos previamente en la memoria del proyecto (3.2. *Referentes en conceptos clave del diseño*, Análisis de referentes) y el objetivo del diseño era claro desde un principio, el proceso de conceptualización ha resultado bastante complicado.

Las limitaciones derivadas del dispositivo construido (la pirámide de proyección) y el hecho de diseñar un videojuego saliendo de la bidimensionalidad de las pantallas convencionales y forzando cualquier idea a cumplir con los principios definidos tanto en el marco teórico como en el análisis de referentes han sido un obstáculo a la hora de plantear prototipos válidos y realizables.

Finalmente, el concepto escogido para el desarrollo del prototipo ha sido *Ttower* debido a la sencillez de sus mecánicas y a las posibilidades que explota entorno a la teoría de encuentros de Erving Goffman.

9.4. Documento de diseño ligero para el prototipo de Twower

Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

Dispositivos de proyección volumétrica aplicados al juego multijugador local

*Documento de diseño ligero
para el prototipo de Twower*

David Capel Bonilla
TUTOR: Alfredo González-Barros

Curso: 2020 - 2021

Género: Plataformas 3D

Target: Público general

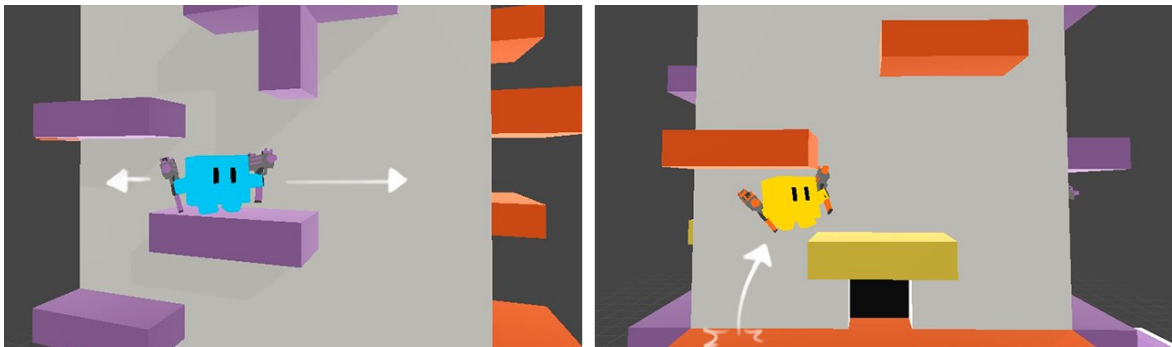
Resumen: *Twower* es un juego multijugador local para 4 jugadores diseñado específicamente para ser jugado en una pantalla de proyección volumétrica en el que dos equipos compiten por lograr llegar a lo más alto de una torre.

Gameplay

Twower es un videojuego de plataformas 3D para 4 jugadores en el que dos equipos (naranja y morado) compiten por ser el último en pie sobre una torre que desciende bajo sus pies. Cada jugador, colocado al lado opuesto de su compañero, deberá ascender peldaño a peldaño mientras sus rivales tratan de dispararle desde las esquinas de la torre.

Movimiento

Los jugadores pueden mover su personaje sobre las plataformas en su eje horizontal y saltar para alcanzar las que se encuentran por encima o tratar de esquivar los disparos de sus rivales.



Cámara

En el hipotético caso de contar con una pantalla volumétrica real, *Twower* no tendría concepto de cámara ninguno (pues el propio escenario estaría inmerso en el espacio físico de los jugadores), pero dadas las limitaciones y requisitos del proyecto existen dos sistemas de cámaras, uno con el objetivo de simular en la pirámide de proyección el efecto de una pantalla volumétrica y otro derivado de la adaptación del juego a las pantallas convencionales por requerimiento de la investigación.

Sistema de cámaras para la pirámide de proyección pseudo-volumétrica

Con el objetivo de simular con la mayor precisión las propiedades de las pantallas de proyección volumétrica, un sistema de headtracking para cada uno de los jugadores combinado con el uso de una matriz de proyección off-axis sobre el espacio de juego genera la ilusión al jugador de que efectivamente lo que ve dentro de la pirámide se encuentra ahí y que puede observar sus distintos ángulos desde su perspectiva. Esto permite a los jugadores moverse dentro de su lateral de juego para tratar de ver lo que sus rivales están haciendo de una forma natural y espontánea.

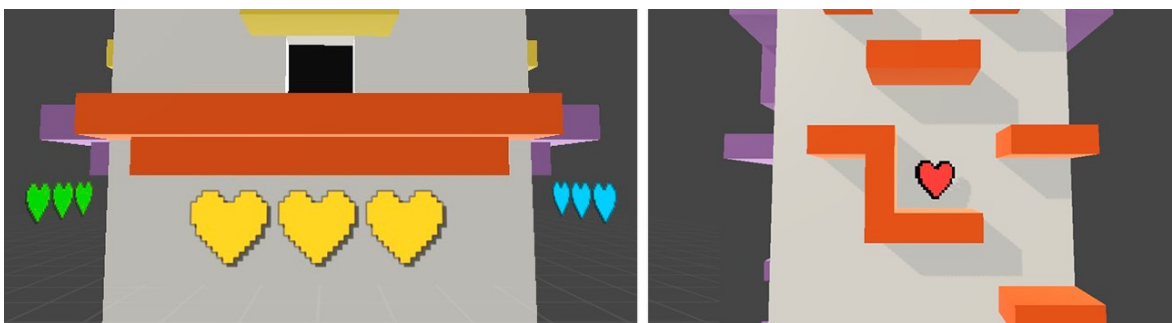
Sistema de cámaras adaptado a las pantallas convencionales

Puesto que es necesaria una versión del juego adaptada a las pantallas tradicionales para la investigación de este proyecto, también se desarrollará una versión de *Twower* para ser jugada en un monitor convencional.

Esta versión plantea un sistema de pantalla dividida en el que la cámara de cada jugador añade un pequeño offset a su posición en el eje horizontal cuando este se encuentra a un lado u otro de la torre (es decir, al situarse próximos al lateral izquierdo la cámara se desplaza consecuentemente hacia la izquierda mostrando al jugador lo que ocurre en la fachada contigua).

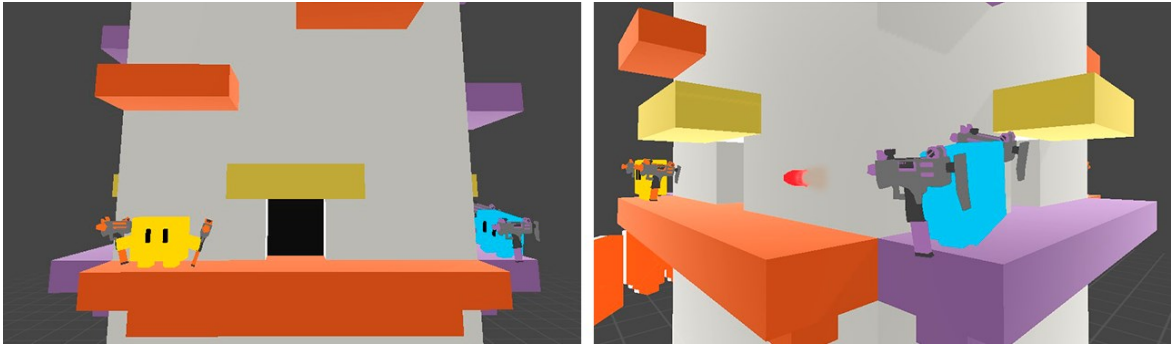
Vidas

Cada jugador comienza la partida con un total de 4 vidas y esta terminará para él cuando las pierda todas o cuando caiga de la torre quedando eliminado de forma instantánea. Existen corazones distribuidos de forma aleatoria durante el transcurso de la partida que añaden un punto de salud al personaje.



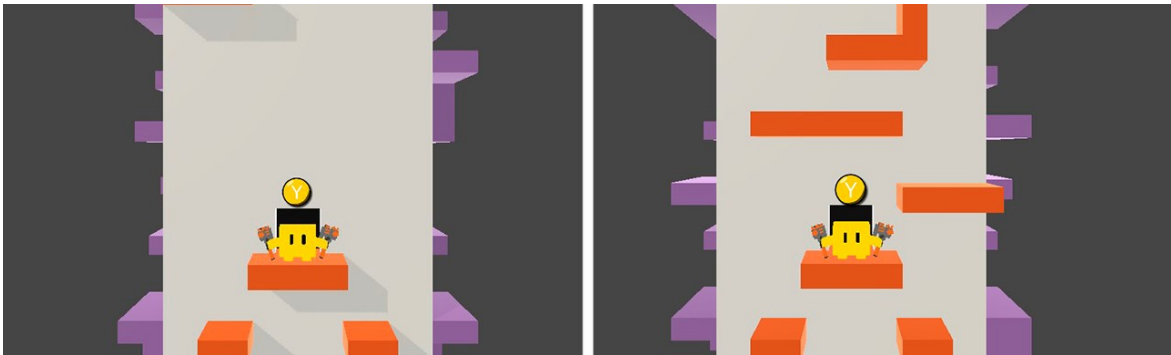
Ataque

Cuando el jugador se encuentra sobre una plataforma que alcanza el borde lateral de la torre y mantiene su movimiento en esa dirección, puede asomarse sobre la fachada del jugador rival y disparar tratando de alcanzarlo para hacerle perder un punto de salud.



Túneles

Los jugadores se encuentran eventualmente con secciones de la torre en las que las plataformas de su lateral terminan, forzándolos a cruzar un túnel que los lleva a la fachada de su compañero.



En estas secciones, los jugadores deben cooperar dando indicaciones a sus compañeros sobre en qué dirección moverse o saltar, puesto que uno de ellos no puede ver dónde se encuentra su personaje.

Momentos clave

En base a la teoría de entornos sociales en el juego descrita en la memoria del proyecto (2.4. *Encuentros sociales en el juego*, Marco Teórico) se explican aquí los momentos clave que producen las situaciones descritas por Erving Goffman y que resultan vitales en el diseño y dinámicas de *Twower*.

Membrana

El concepto de membrana describe un envoltorio contextual que reúne a los jugadores entorno a un mismo foco y los iguala en el sentido en que las características que les hacen distintos son irrelevantes dentro del encuentro.

Esta dinámica es parcialmente común en la mayoría de videojuegos puesto que los jugadores suelen controlar un avatar dentro de un entorno virtual que les desata de sus personalidades y atributos físicos haciéndolos iguales unos de otros; pero *Twower* no solo logra esta desconexión virtual sino que, al igual que los juegos de mesa tradicionales, consigue reunir a los jugadores en un mismo espacio y les hace focalizar su atención entorno a un mismo punto en común.

Byplay

El “byplay” o derivación describe el fenómeno en el cual varios o todos los participantes del encuentro desvían su involucración del foco principal a uno secundario sin arruinar el encuentro principal.

Twower trata de recrear este fenómeno con los túneles. Los túneles fuerzan situaciones en las que uno de los jugadores se ve alejado ligeramente del foco principal (dado que es incapaz de ver a su personaje en pantalla) a la vez que deriva esta misma en un foco secundario personificado en su compañero de equipo que le indica en todo momento que hacer.





Tensión

La tensión se describe como una amenaza constante y directa entre el mundo ficticio (o mundo de juego) y el jugador, la cual puede producirse y agravarse o bien por la propia percepción del jugador o bien en consecuencia del rechazo de este por parte del foco del encuentro.

Este fenómeno se produce de manera constante y repetida en muchos videojuegos por el hecho de que habitualmente el número de vidas o salud de los jugadores es limitado y la interactividad tras perder este recurso es nula. Por ejemplo, cuando una persona juega con sus amigos a *Fall Guys* y queda eliminada, sus opciones de juego en la partida son completamente neutralizadas y limitadas a observar y esperar a que sus compañeros terminen de jugar, dejándola completamente fuera del encuentro.

En *Twower* esta amenaza logra suavizarse tanto con el juego por equipos como con las dinámicas de cooperación que inducen los túneles, y es que aunque uno de los jugadores del equipo quede eliminado las probabilidades de que aparezca una sección de la torre con túnel son las mismas, por lo que llegado el momento los jugadores eliminados pueden ser determinantes en la victoria del equipo mediante sus indicaciones.

Controles

Botón	Acción
	Movimiento lateral
	Saltar
	Disparar (únicamente al estar inclinado sobre la fachada continua)
	Cruzar túnel

Vídeo de concepto

En el siguiente enlace puede verse un vídeo del concepto del juego de *Twower*.

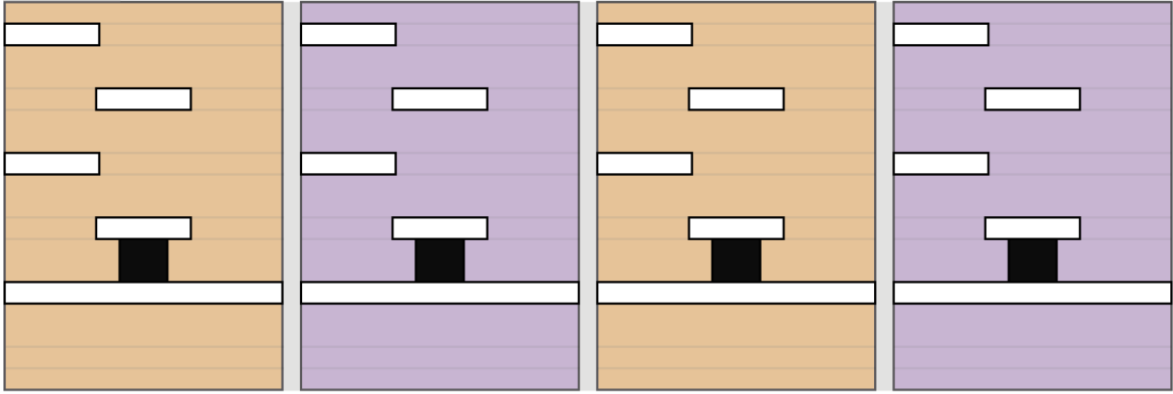


| bit.ly/3dqCqcX

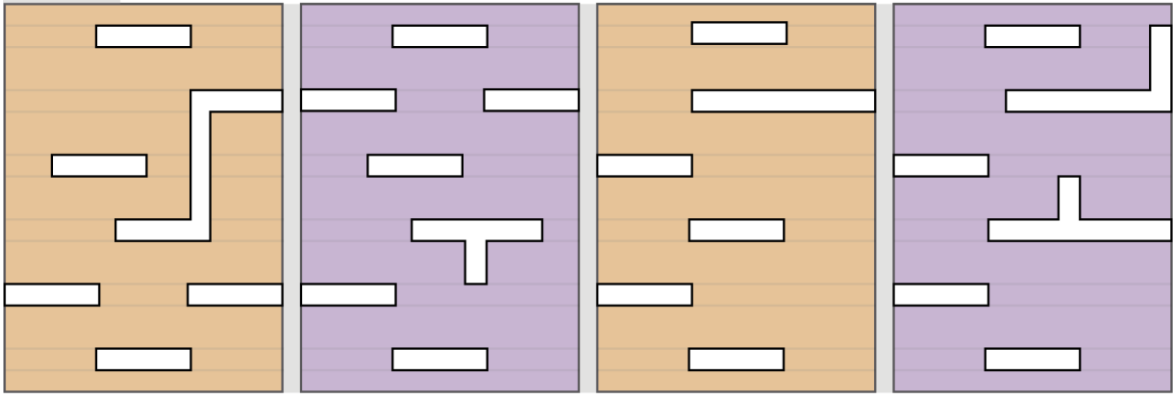
Diseño de niveles

En las siguientes páginas se recogen los distintos diseños de los bloques que forman la torre conforme los jugadores ascienden por ella. Estos se añaden de forma aleatoria siguiendo algunas restricciones elementales (los jugadores siempre pueden saltar de una sección a otra, etc...) y se repiten uno tras otro hasta que uno de los dos equipos queda eliminado y termina la partida. Además, el diseño de cada una de las fachadas es único (a excepción del bloque inicial), por lo que por cada bloque existen otros tres idénticos con rotaciones distintas, dejando el número total de bloques en 48.

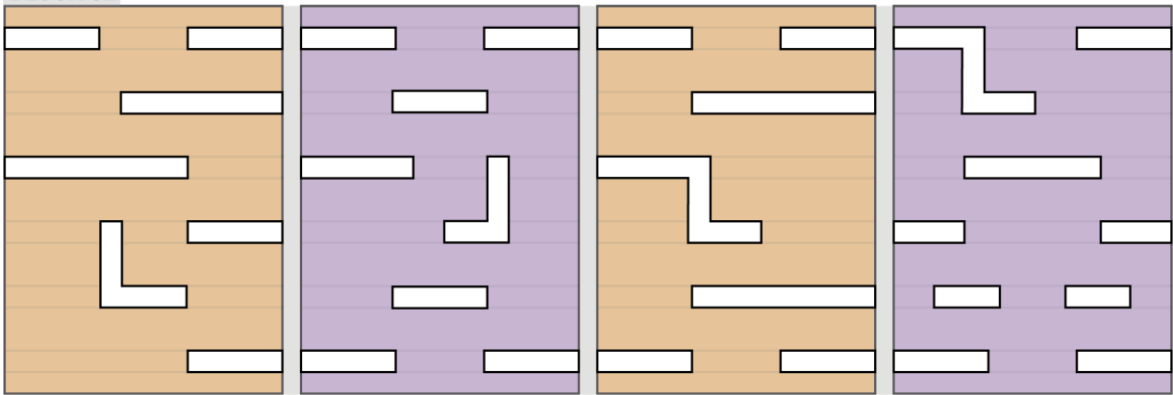
BLOCK 00



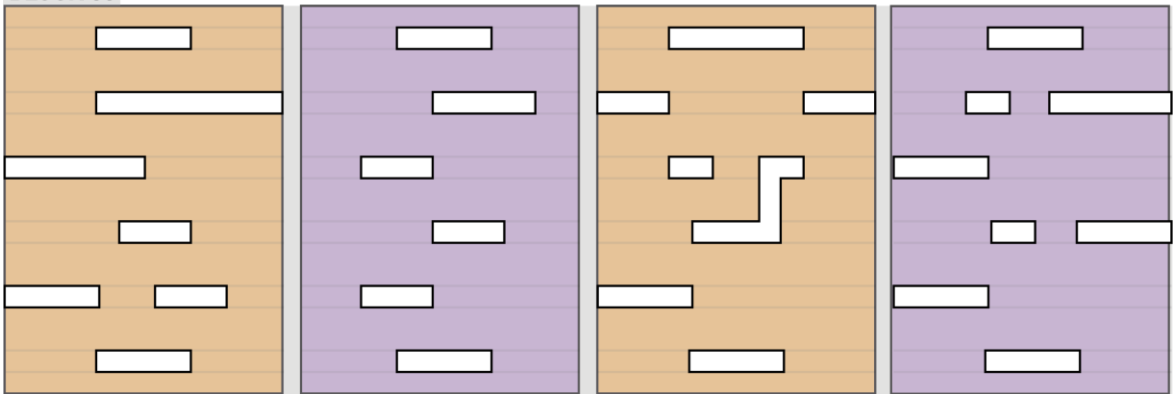
BLOCK 01



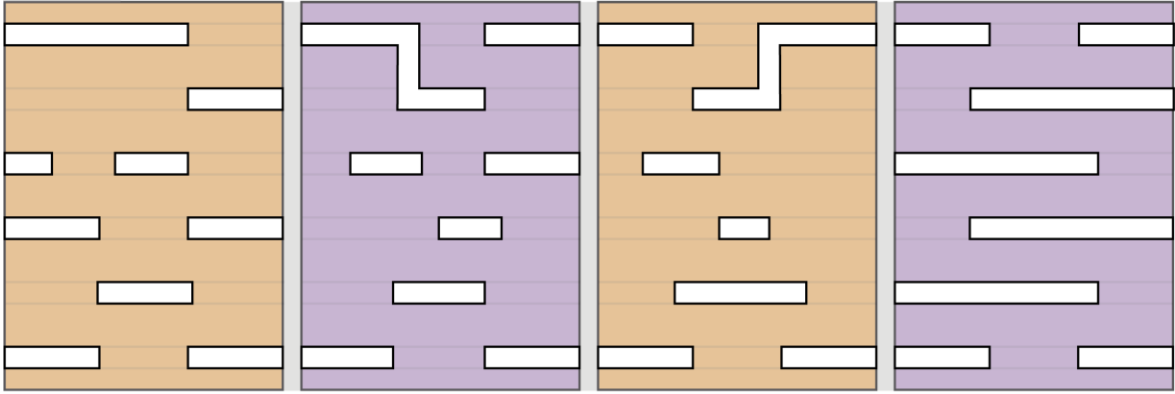
BLOCK 02



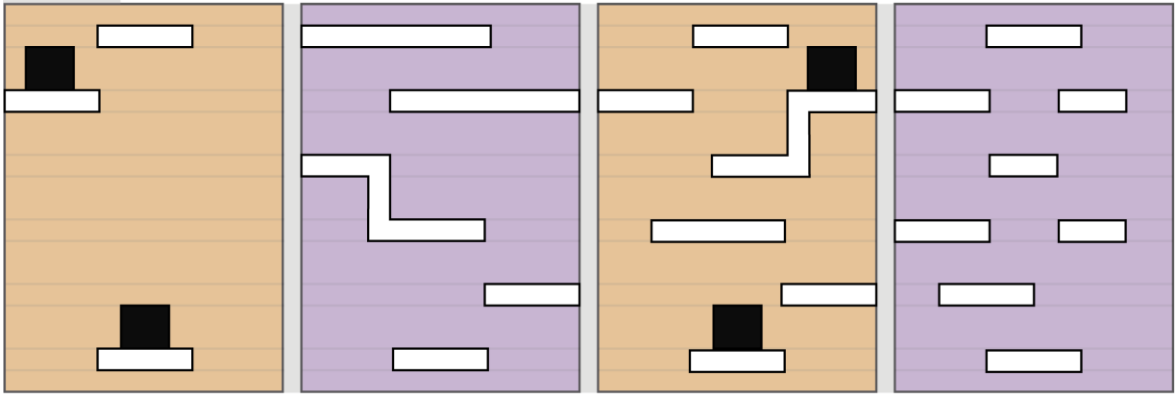
BLOCK 03



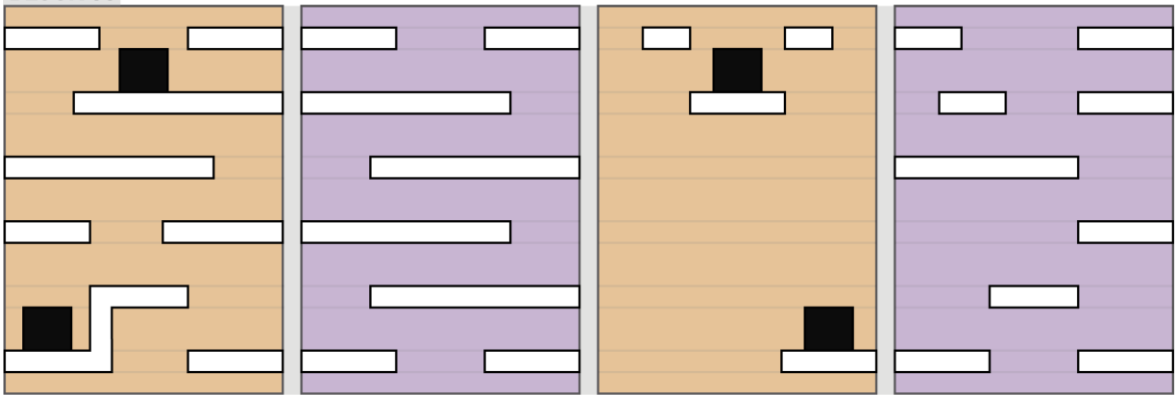
BLOCK 04



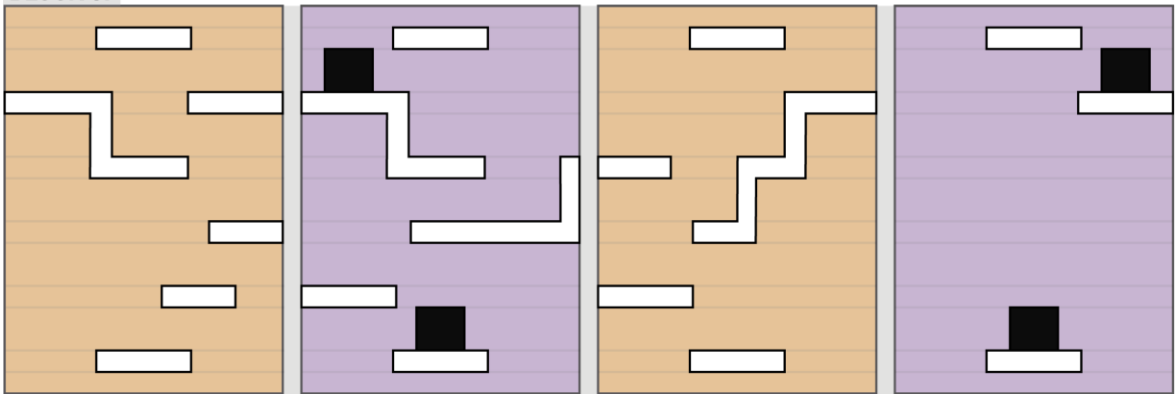
BLOCK 05



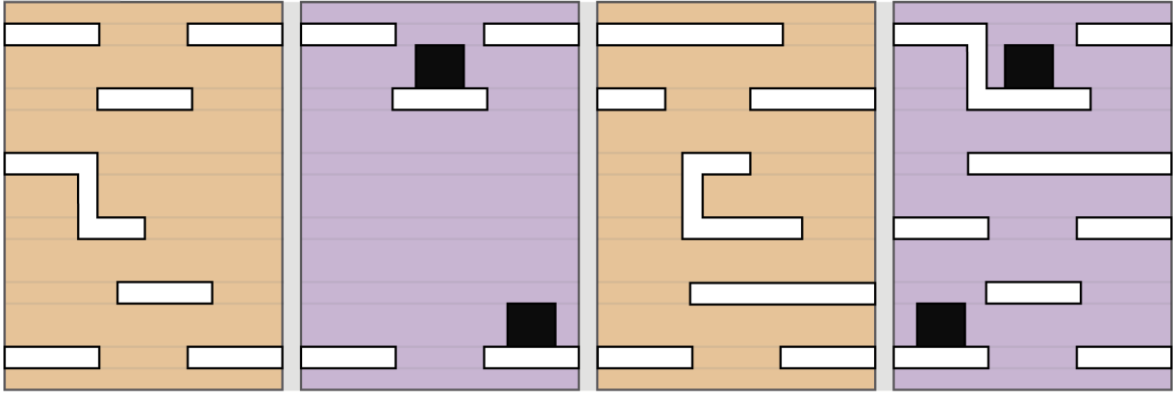
BLOCK 06



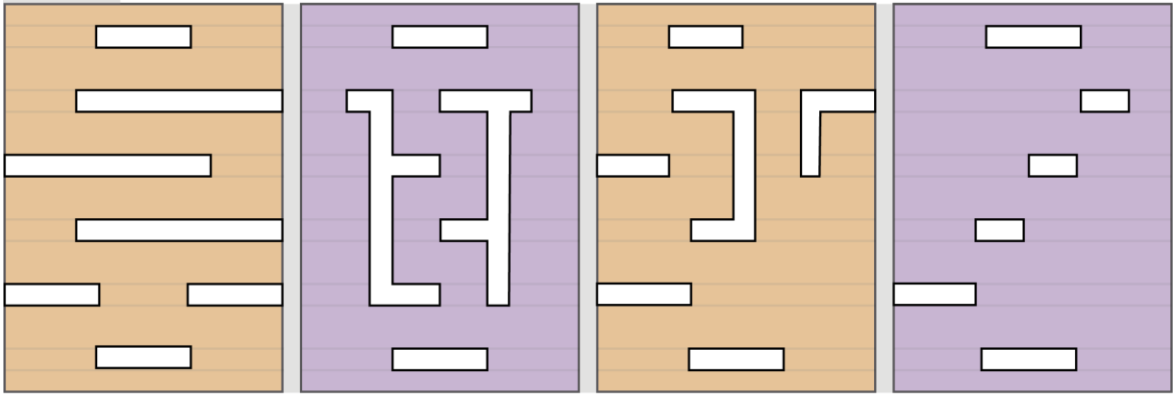
BLOCK 07



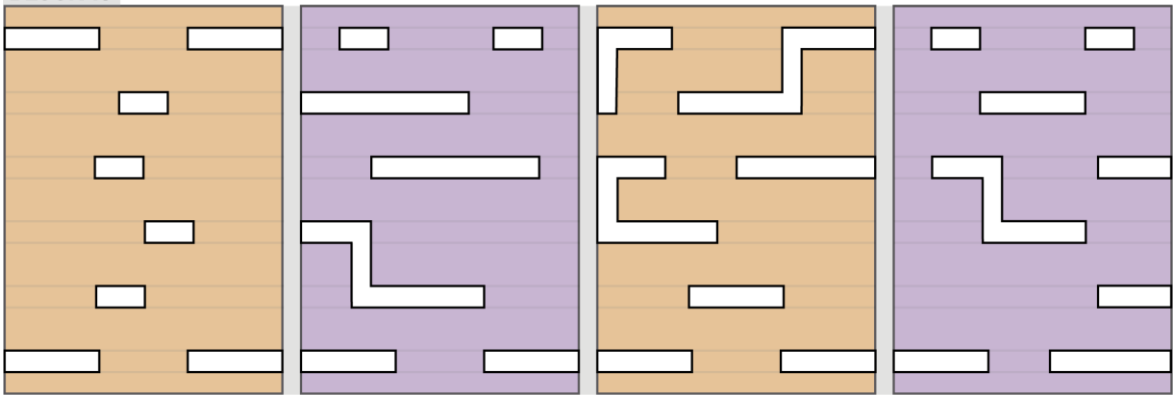
BLOCK 08



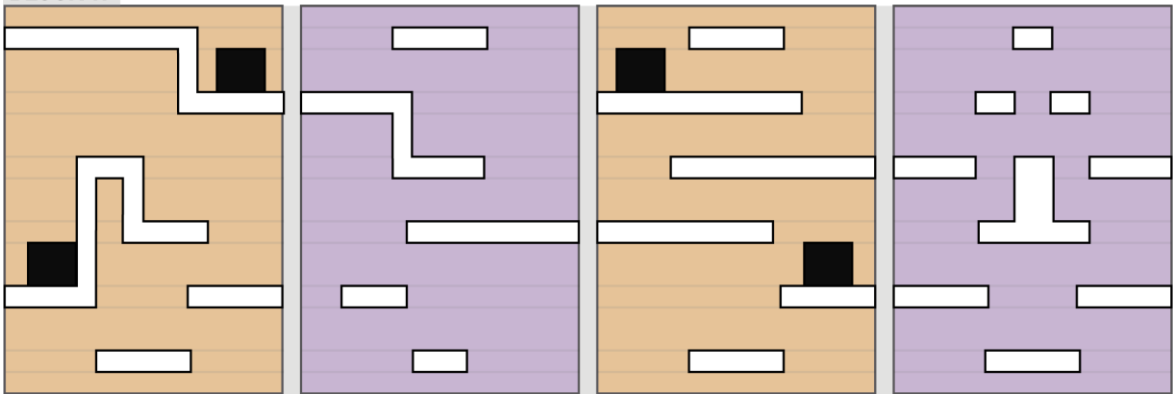
BLOCK 09



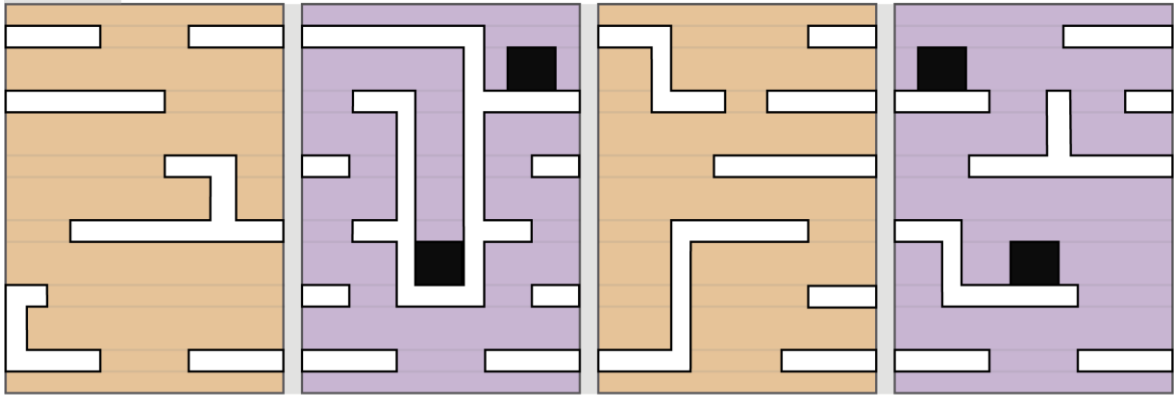
BLOCK 10



BLOCK 11



BLOCK 12



9.5. Playtesting



Centres universitaris adscrits a la



Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

**Dispositivos de proyección volumétrica
aplicados al juego multijugador local**

Playtesting

David Capel Bonilla
TUTOR: Alfredo González-Barros

Curso: 2020 - 2021

Índice

1. Introducción	1
2. Metodología	2
3. Sesiones de playtesting	3
3.1. Sesión 1	3
3.2. Sesión 2	6
3.3. Sesión 3	9
3.4. Sesión 4	11
4. Conclusiones	15

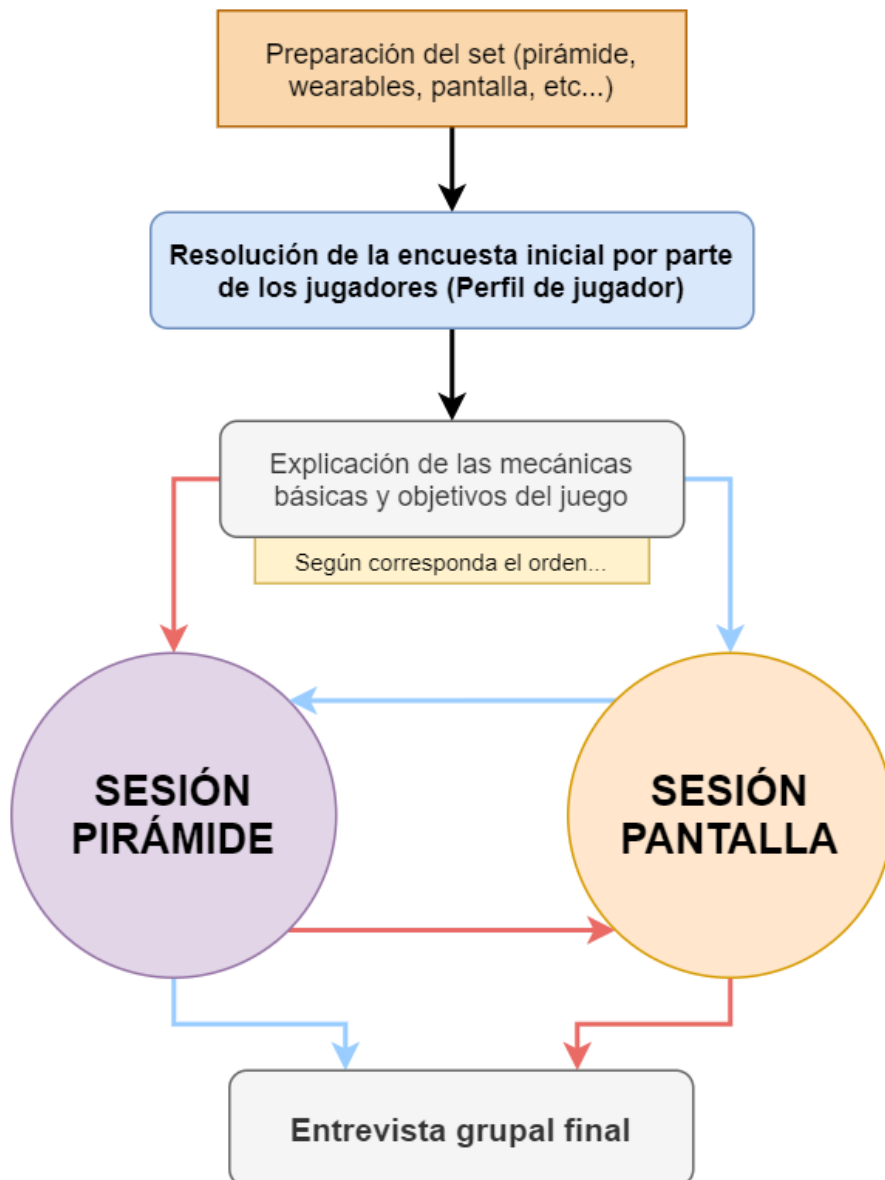
1. Introducción

En este documento se recoge la metodología y el formato del *playtesting* de *Twower* tanto para la pirámide de proyección pseudo-volumétrica como para pantallas convencionales, así como las distintas sesiones de juego y los datos recopilados de cada uno de los participantes.

Como añadido, en el anexo 9.6. *Proyecto y builds* puede encontrarse un enlace para descargar el visualizador de repeticiones de *Twower* donde se encuentran almacenadas las distintas partidas jugadas en la pirámide de proyección y pueden reproducirse de forma interactiva.

2. Metodología

Para recoger datos en torno a la investigación y el desarrollo realizado, se han organizado un total de cuatro sesiones de *playtesting* las cuales han seguido la siguiente metodología:



Tras analizar y recopilar las distintas opiniones de los jugadores, al final de este mismo documento se desarrollan las conclusiones del *playtesting* de *Twower*.

3. Sesiones de playtesting

A continuación se presentan las distintas sesiones de juego organizadas para el *playtesting* del prototipo.


3.1. Sesión 1


Sesión realizada el 12 de junio de 2021.

- Perfil de jugadores

 <p>NÉSTOR (N) EDAD: 24</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>HELENA (H) EDAD: 21</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>ARRATE (A) EDAD: 23</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 3</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>+DEV</p>
---	---	--	--


- Sesiones de juego

	<p>Twower - Playtest en pantalla</p> <p>Grupo NHA</p> <p>URL: https://bit.ly/3iNjk3A</p>
---	--

	<p>Twower - Playtest en pirámide</p> <p>Grupo NHA</p> <p>URL: https://bit.ly/3wC7M7y</p>
---	--

Las repeticiones correspondientes a las partidas jugadas en la pirámide en el visualizador de reproducciones son las grabadas el día 12-06-2021 adjunto en el anexo 9.6. *Proyecto y Builds*.

- Entrevista grupal final

	<p>Twower - Entrevista final</p> <p>Grupo NHA</p> <p>URL: https://bit.ly/3gB9MWB</p>
---	--

(Transcripción disponible en la siguiente página)

Transcripción:**▪ ¿Qué os ha parecido el juego?**

N - Está bien, entiendo que es para un trabajo, que quiere demostrar algo y entonces no tiene por qué tener tanto detalle sino que con un mínimo se entiende a lo que quiere llegar, entonces me ha parecido correcto, está bien.

+ ¿Para vosotras también está bien?

H - A ver, me ha gustado, yo lo veo super divertido en plan para jugar con amigos o con familia lo típico de “acabas de comer y os vais a jugar a esto”, me parece super entretenido y super bien y que consigue el propósito que quiere.

N - El core consigue su propósito yo creo.

▪ En general, ¿la experiencia os ha parecido distinta al jugar una versión u otra del juego?

N, H, A - Sí.

A - Sobre todo el momento de cruzar y tener que gritar al de enfrente hacia donde tienes que ir, derecha o izquierda, y que esté invertido; eso en la pantalla te soluciona bastante la vida, pero en la pirámide si que le da ese extra de dificultad y de dinamismo de equipo, notas más que es un juego de equipo.

N - Sí, porque en la pantalla partida pues juegan los dos y si muere uno solo juega uno y el otro pues mira y como mucho se ríe del otro y ya está.

H - Sí porque el hecho de que tengas que estar jugando todo el rato aunque ya hayas perdido tú como tal está bien.

▪ ¿En cuál de las dos versiones del juego sentís que habéis interactuado más entre vosotros?

A - En el de la pirámide.

H, N - Sí, claramente.

+ ¿Por qué?

N - A ver pues porque por cómo está hecho pues te fuerza a interactuar porque sino vas perdidísimo para ganar.

A, H - Sí.

▪ **Cuando cruzabais un túnel y teníais que jugar en la pantalla de vuestro/a compañero/a, ¿habéis notado alguna diferencia entre jugar en la pirámide o jugar en la pantalla?**

A - Absolutamente todas, en la pantalla veías donde estaban las plataformas y podías hacerlo tú solo y en la pirámide era una especie de laberinto y no veías nada, entonces estabas perdido.

N - Es ir a ciegas.

H - Y el hecho de que también vas al revés que te tienes que aclarar con el que tienes delante... caos, caos...

N - El que se inviertan los controles, sobre todo que te digan derecha y tu “qué derecha”, o quedas previamente con el otro o has jugado alguna vez y ya sabes como va el tema o pillas.

A - O si ya has muerto y tiene la posibilidad de decir izquierda (gesticulando al dirección) para que el de enfrente te vea.


3.2. Sesión 2

Sesión realizada el 13 de junio de 20

- **Perfil de jugadores**

 <p>LUNA (L) EDAD: 12</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>CLAUDIA (C) EDAD: 12</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>PAULA (P) EDAD: 13</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>MARIA (M) EDAD: 13</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 2</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>
---	--	---	--

- **Sesiones de juego**



Twower - Playtest en pantalla

Grupo LCPM

URL: <https://bit.ly/3cMHY02>




Twower - Playtest en pirámide

Grupo LCPM

URL: <https://bit.ly/2TGyOvW>

Las repeticiones correspondientes a las partidas jugadas en la pirámide en el visualizador de reproducciones son las grabadas el día 13-06-2021 adjunto en el anexo 9.6. *Proyecto y Builds*.

- **Entrevista grupal final**



Twower - Entrevista final

Grupo LCPM

URL: <https://bit.ly/3iMrppo>

(Transcripción disponible en la siguiente página)

Transcripción:**▪ ¿Qué os ha parecido el juego?**

C - Entretenido, divertido de jugar.

L - Y competitivo.

P - Competitivo.

C - A mí me ha parecido entretenido y muy guay, y te vicia.

▪ En general, ¿la experiencia os ha parecido distinta al jugar una versión u otra del juego?

L, C, P, M - Sí, mucho.

▪ ¿En cuál de las dos versiones del juego sentís que habéis interactuado más entre vosotros?

L, P, M - Pantalla.

C - Yo la otra, en la pirámide, porque en la pantalla tú puedes jugar y ya mirar directamente al otro lado en cambio en la pirámide tenías que guiarte a partir de tu compañero.

+ Y las que pensáis que en la pantalla... Definimos primero interactuar por si acaso; interactuar significa hablar con la otra persona y comunicarte con ella para que sepáis lo que estáis haciendo.

L, P, M - Sí, sí.

C - Es que la pirámide, porque en la pantalla tu cogías y mirabas y ya está, ósea tu ya te puedes ver.

L - Pero a veces no pasabas por el túnel.

C - Ya pero en la pirámide una vez pasas al otro lado te tiene que guiar tu compañera quieras o no, sino te pierdes; en cambio en la pantalla tu miras al otro lado y ya te puedes ver igualmente.

- **Cuando cruzabais un túnel y teníais que jugar en la pantalla de vuestro/a compañero/a, ¿habéis notado alguna diferencia entre jugar en la pirámide o jugar en la pantalla?**

L, C, P, M - Sí.

+ Desarrolladlo un poco.

C - Pues que en la pantalla ya te puedes ver a ti y seguir como si nada hasta pasar otra vez a tu lado en cambio en la pirámide te tienes que guiar por tu compañero.





P - Y a veces ni podías pasar porque había un momento en el que te caías porque tu compañero te decía “derecha” y luego era o su derecha o tu derecha...

C - Al no ver nada como no te decían “a la derecha” si mucho o poco pues entonces te caías.


3.3. Sesión 3


Sesión realizada el 14 de junio de 2021.

- **Perfil de jugadores**

 ORIOLO (O) EDAD: 23	 ROGER (R) EDAD: 23	 FERRAN (F) EDAD: 23	
EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 4	EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 2	EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 4	
HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ	HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ	HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ	


- **Sesiones de juego**

	Twower - Playtest en pantalla
	Grupo ORF
	URL: https://bit.ly/3wx7P4o

	Twower - Playtest en pirámide
	Grupo ORF
	URL: https://bit.ly/35rgWYr

Las repeticiones correspondientes a las partidas jugadas en la pirámide en el visualizador de reproducciones son las grabadas el día 14-06-2021 adjunto en el anexo 9.6. *Proyecto y Builds*.

- **Entrevista grupal final**

	Twower - Entrevista final
	Grupo ORF
	URL: https://bit.ly/3iInaLm

(Transcripción disponible en la siguiente página)

Transcripción:**▪ ¿Qué os ha parecido el juego?**

O - Interesante, muy chulo.

F - Arcade.

▪ En general, ¿la experiencia os ha parecido distinta al jugar una versión u otra del juego?

O, R, F - Sí.

F - La pirámide es bastante fresca, lo otro es pantalla dividida de toda la vida y esto es muy guay.

R - Sí.

▪ ¿En cuál de las dos versiones del juego sentís que habéis interactuado más entre vosotros?

R - En la pirámide.

O - Sí.

F - Sí, porque te obliga a decir para donde saltar y demás.

▪ Cuando cruzabais un túnel y teníais que jugar en la pantalla de vuestro/a compañero/a, ¿habéis notado alguna diferencia entre jugar en la pirámide o jugar en la pantalla?





R, O - Sí, claro.

F - En la de la pantalla simplemente tenías que mirar y podías jugar como si nada.

3.4. Sesión 4

Sesión realizada el 15 de junio de 2021.

- Perfil de jugadores

 <p>ADSO (A) EDAD: 33</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 3</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>MARTÍ (M) EDAD: 22</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 4</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>DANI (D) EDAD: 22</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>	 <p>OSCAR (O) EDAD: 41</p> <p>EXPERIENCIA EN VIDEOJUEGOS (0-5) 5</p> <p>HA JUGADO MULTI-JUGADOR LOCAL SÍ</p>
---	--	---	--

- Sesiones de juego



Twower - Playtest en pantalla

Grupo AMDO

URL: <https://bit.ly/3xIK0fG>




Twower - Playtest en pirámide

Grupo AMDO

URL: <https://bit.ly/3zvZSOL>

Las repeticiones correspondientes a las partidas jugadas en la pirámide en el visualizador de reproducciones son las grabadas el día 15-06-2021 adjunto en el anexo 9.6. *Proyecto y Builds*.

- Entrevista grupal final



Twower - Entrevista final

Grupo AMDO

URL: <https://bit.ly/3xqf10P>

(Transcripción disponible en la siguiente página)

Transcripción:**▪ ¿Qué os ha parecido el juego?**

A - Bueno, un juego que engancha. Yo creo que el hecho de que sea multijugador y el cómo está pensado pues, hemos estado jugando un rato y tenemos ganas de jugar más.

+ Si queréis añadir algún comentario más...

M - Está muy guay, cada vez que terminaba la partida y perdías decías “[palabras malsonantes] quiero ganar la siguiente” y al final sigues y sigues. Mola mucho porque está también el tema de que estás compitiendo contra gente además de cooperar, puedes hacerte tus estrategias como ponerte en un punto y comenzar a disparar y el otro se va a comer una o dos... Esta muy guay.

▪ En general, ¿la experiencia os ha parecido distinta al jugar una versión u otra del juego?

A, M, D, O - Sí.

+ ¿Podéis elaborarlo?

D - A ver, primero de todo el cambio de que en la pirámide tú no puedes ver la parte de tu compañero por lo que cuando pasas por el túnel y vas hacia el otro lado es la cosa más diferente de todas. A parte de eso, en cuanto al juego en mi opinión no hay tanta diferencia.

O - Yo diría que por comodidad, porque estamos acostumbrados a jugar delante de un monitor y no hacerlo usando una pirámide. Y luego eso, el hecho de tener algo más que sabes que tienes, el sensor ese que nos has puesto en la cabeza, al final no llega a molestar del todo pero sabes que lo tienes y te sientes un poco incómodo, en la pantalla te sientes como más libre.

A - Yo creo que hay un aspecto a destacar que es la localización espacial de las cosas; en la pirámide nuestros enemigos y nuestros contrincantes estaban situados en el mismo sitio y entonces la inmersión era mayor. Si es cierto que el aparato de la cabeza pues es más intrusivo y la nitidez es peor pero si que

gana en el hecho de la disposición de los jugadores y el hecho de que es más real el mirar hacia los lados, en la pantalla no usas esa mecánica.

D - Claro.

▪ **¿En cuál de las dos versiones del juego sentís que habéis interactuado más entre vosotros?**

O - Yo diría que en la pirámide, por el hecho de que cuando vas al otro lado el compañero te tiene que guiar y en cambio en la pantalla lo estás viendo y no necesitabas que el compañero te guiase a donde tienes que ir. Es la única diferencia que he visto en ese sentido.

M - Yo lo de guiar, cuando me he metido en un túnel en la pirámide no he acertado ni una, y Dani creo que tampoco.

D - No, no, yo he tirado por corazón, yo saltaba ahí...

A - Si que es cierto que cuando pasabas al otro lado el reto era muy difícil, esta guay pero a lo mejor con dos saltos bien dados ya tendría que poder salir; algunas veces era como "he dado dos saltos bien y aún no estoy", entonces ahí sí que...

▪ **Cuando cruzabais un túnel y teníais que jugar en la pantalla de vuestro/a compañero/a, ¿habéis notado alguna diferencia entre jugar en la pirámide o jugar en la pantalla?**

D - Es eso, cuando juegas en la pantalla lo puedes ver tú, no necesitas hablar con tu compañero ni nada, simplemente lo puedes ver tu. No dependes del otro compañero en ningún momento.

A - La mecánica se convierte en otra cosa, entonces yo creo que es guay pasar a mirar otra pantalla pero no es comparable lo que tu haces en la pirámide.

M - Y también está el tema de que puedes ver al resto mucho más fácilmente, en el otro si que tienes que moverte y ver exactamente como está y tal en cambio en la pantalla si quieres ver donde están tus rivales y tu compañero

simplemente te giras y ves y dices vale esta por debajo de la ráfaga que le estoy metiendo...

O - ¿Los controles van al revés no?

+ No, pero en la pirámide tu lo ves al revés, entonces cuando tu compañero te dice que vayas a la izquierda tienes que mover tu joystick a la izquierda.

A - ¿Vosotros cuando jugábamos en la pantalla mirabais en las otras pantallas para saber donde estaban los rivales? Porque yo no.

D - De vez en cuando.

M - Sí, a veces.

A - Vale, yo no sacaba provecho de que teníamos varias pantallas sino que seguía mirando por el filo muchas veces.

D - Sí, pero muy puntualmente.

O - Yo también.

4. Conclusiones

Las sesiones de playtesting indican buenos resultados en cuanto a las experiencias de los jugadores al probar una versión u otra de Twower. Tanto sus interacciones y dinámicas como sus comentarios tras las partidas demuestran que el juego resulta en una experiencia distinta al jugar en la pirámide de proyección frente a las pantallas convencionales. Pese a tratarse de un prototipo experimental y dadas sus limitaciones, el feedback recibido resulta positivo también en cuanto al diseño y la funcionalidad del dispositivo.

Por otro lado, gracias a las observaciones realizadas durante el desarrollo de las distintas sesiones, se han detectado posibles mejoras en el juego así como pequeños errores que no pudieron ser detectados durante el desarrollo.

9.6. Proyecto y builds



Centres universitaris adscrits a la



Grado en Diseño y Producción de Videojuegos

**Dispositivos de proyección volumétrica
aplicados al juego multijugador local**

Proyecto y builds

David Capel Bonilla
TUTOR: Alfredo González-Barros

Curso: 2020 - 2021

Proyecto



Repositorio

Versión: 2020.1.0f1 - Tamaño: 0,8 GB

Este enlace da acceso a la descarga del proyecto de Unity que contiene las distintas escenas desarrolladas para la investigación, además de una escena base con la estructura que sirve de plantilla para desarrollar nuevas aplicaciones para la pirámide de proyección.

URL: <https://github.com/2das/TFG.git>

Builds



TWOWER - P

Tamaño: 98 MB

Este enlace da acceso a la descarga de Twower para pirámides de proyección volumétrica.

URL: <https://bit.ly/3vvNWcF>



TWOWER - S

Tamaño: 98 MB

Este enlace da acceso a la descarga de Twower para pantallas convencionales.

URL: <https://bit.ly/3xsQ3zq>



REPLAYS - P

Tamaño: 0,8 GB

Este enlace da acceso a la descarga del visor de partidas de Twower.

URL: <https://bit.ly/3cMN8tv>

Fundació TecnoCampus
Mataró-Maresme
Avinguda d'Ernest Lluch, 32
08302 Mataró (Barcelona)
Tel. 93 169 65 01
www.tecnocampus.cat



Centres universitaris adscrits a la

