



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL PARA
ENTRENAMIENTO COGNITIVO DE PACIENTES CON
ALZHEIMER**



Memoria

Autor: Sergio Sanjorge Area
Óscar Ribas Riera

Director: Jordi Torner Ribe

Co-Director: Francisco Alpiste Penalba

Convocatoria: Septiembre 2017

RESUMEN

Hoy en día es cada vez más común ver animaciones en 3D, tanto para fines lúdicos como para fines educativos o profesionales. En este proyecto se ha desarrollado una aplicación en la que se ha integrado la animación 3D con la realidad virtual (RV), que consiste en una serie de entornos o escenarios creados de forma informática que hacen que el usuario tenga la sensación de estar inmerso en ellos.

Esta aplicación de realidad virtual para HTC Vive está dirigida al entrenamiento de pacientes de Alzheimer del Hospital Clínic de Barcelona, en ella los pacientes se sumergen en un entorno de realidad virtual en el que se ha reproducido un supermercado, en él tendrán que hacer varios juegos con los cuales además de practicar su vida cotidiana con dicha enfermedad, los médicos obtendrán datos que podrán utilizar para saber a qué ritmo avanza la enfermedad.

Para la realización de este proyecto se ha requerido el uso de programas de modelado en 3D y el motor de videojuegos Unity 3D, así como la creación de una base de datos MySQL gestionada con Apache para la recogida de datos. En la primera parte de este proyecto se justifica la elección de los distintos software utilizados y una descripción de sus interfaces, características e integración con Unity 3D.

La segunda parte se centra en la descripción de nuestra aplicación realizada a partir de los software antes mencionados, se hace una demostración del potencial de la misma y de la forma en la que se usa. Se describen los elementos involucrados en la realización de este proyecto. Por último el proyecto consta de una valoración final y un pequeño apartado de líneas futuras en la que se enumeran las posibles ampliaciones o mejoras de esta aplicación.

RESUM

Avui en dia es cada vegada més comú veure animacions en 3D, ja pot ser per finalitats lúdiques o per finalitats educatives o professionals. En aquest projecte s'ha desenvolupat una aplicació en la que s'ha integrat l'animació 3D amb la realitat virtual (RV), que consisteix en una sèrie d'entorns o escenaris creats de forma informàtica que fan que l'usuari tingui la sensació d'estar immers en ells.

Aquesta aplicació de realitat virtual per HTC Vive està dirigida a l'entrenament de pacients d'Alzheimer de l'Hospital Clínic de Barcelona, en ella els pacients s'introdueixen en un entorn de realitat virtual en el que es reproduïx un supermercat, dins d'aquest tindran diversos jocs amb els que podran practicar la seva vida quotidiana amb aquesta malaltia, els metges podran obtenir dades que podran utilitzar per saber a quin ritme avança la malaltia.

Per la realització d'aquest projecte s'ha necessitat l'ús de programes de modelat 3D, així com el motor de videojocs Unity 3D. A més, la creació d'una base de dades MySQL gestionada amb Apache per la recollida de dades. A la primera part del projecte es justifica la tria dels diferents software utilitzats així com una descripció de la seva interfície, característiques e integració amb Unity 3D.

La segona part es centra en la descripció de la nostra aplicació realitzada a partir dels software abans esmentats, es fa una demostració del potencial d'aquesta i de la forma en la que s'ha d'utilitzar. Es descriuen els elements involucrats en la realització del projecte. Per últim el projecte acaba amb una valoració final i un petit apartat de línies futures en la que s'enumeren les possibles ampliacions o millores d'aquesta aplicació.

ABSTRACT

Nowadays 3D animation is becoming more common, as much for professional uses as for recreational uses. In this project a virtual reality (VR) application is developed integrating 3d animation technology, in VR technology the user have the sensation that is physically in the VR environment.

In this report we detail the work done with VR technology in the developing of a HTC vive application for the training of Hospital Clinic's patients of Alzheimer in order to give useful information to the doctors. In this app the patients have to do some games in VR supermarket training for the real life and giving the information to the doctors.

For the implementation of this application we had to use 3D modelling programs and the videogames engine Unity 3D, as well as the creation of a MySQL database managed with Apache for save information. In the first part of this project we justify the election of the different programs chosen for develop this project.

In the second one we describe the different parts of our app and we describe his possibilities and explain how use it. For ending there is a little part of future lines of this app where we describe the next steps in the development of this app.



AGRADECIMIENTOS

Después de la realización de este proyecto queremos agradecer a todas las personas que nos han ayudado a lo largo de él y gracias a las cuales todo esto ha sido más fácil.

En primer lugar queremos agradecer a la empresa Visyon360, especialmente Josep Lorente e Iñigo Gainza, por dejarnos el hardware necesario para la realización del proyecto y todo el apoyo y consejos que nos han dado a lo largo del mismo de una forma desinteresada.

En segundo lugar dar las gracias a Magdalena Castellví terapeuta del centro de día del Hospital Clínic de Barcelona, por la ayuda a la hora de concretar los objetivos del proyecto y los consejos a lo largo del mismo.

También queremos agradecer a Jordi Torner y Francisco Alpiste como directores de nuestro proyecto su gran ayuda y guía para poder completarlo.

En último lugar agradecer a nuestras familias todo el apoyo a lo largo de estos últimos años, sin ellos esto no habría sido posible.



ÍNDICE

RESUMEN	I
RESUM	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Contexto	3
1.2. Motivación	3
1.2.1. Contexto educativo	3
1.2.2. Contexto médico	3
1.2.3. Contexto personal	4
1.3. Objetivos	4
1.4. Estructura	5
2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1. Realidad Virtual	7
2.1.1. Definición	7
2.1.2. Características	7
2.1.3. Historia	8
2.1.4. Elementos	11
2.1.5. Tipos de tecnologías RV	12
2.1.6. Áreas de aplicación	13
2.2. Aplicaciones en los distintos ámbitos	13
2.2.1. Aplicaciones en el ámbito educativo	13
2.2.2. Aplicaciones en el ámbito de investigación	14
2.2.3. Aplicaciones en el ámbito de la medicina	16
2.3. Alzheimer	16
2.3.1. Qué es el Alzheimer	16
2.3.2. Causas del Alzheimer	17

2.3.3.	Síntomas del Alzheimer.....	18
2.3.4.	Etapas del Alzheimer.....	19
2.3.5.	Nuestra aplicación en contexto.....	20
3.	DEFINICIÓN DEL PROYECTO	22
3.1.	Descripción del proyecto	22
3.2.	Metodología.....	23
3.3.	Planificación	24
3.4.	Requisitos.....	27
4.	TECNOLOGÍAS EMPLEADAS	28
4.1.	Elección del hardware.....	28
4.2.	Elección del software de desarrollo	31
4.2.1.	Zona de trabajo Unity.....	32
4.3.	Software de programación	34
4.4.	Herramienta modelado 3D.....	35
4.5.	Base de datos	36
5.	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	37
6.	IMPLEMENTACIÓN	38
6.1.	Modelado 3D.....	38
6.1.1.	Supermercado	38
6.1.2.	Productos.....	40
6.2.	Modelado 2D.....	43
6.3.	Programación	45
6.3.1.	Añadir cualidades físicas.....	45
6.3.2.	Programación del personaje	46
6.3.3.	Hacer objetos interactivables	48
6.3.4.	Programación de las canvas	48
6.3.5.	Obtención de datos	54
6.4.	Base de datos	56
6.5.	Instrucciones de uso	58
6.5.1.	Inicio base de datos	58
6.5.2.	Instrucciones del mando	60
6.5.3.	Introducción datos del paciente	61
6.5.4.	Selección del juego y nivel de dificultad	61
6.5.5.	Instrucciones reponedor	63

6.5.6. Instrucciones comunidades.....	65
7. RESULTADO _____	67
8. CONCLUSIONES _____	69
9. LÍNEAS FUTURAS _____	71
10. PRESUPUESTO _____	73
10.1. COSTES DIRECTOS.....	73
10.1.1. Personal.....	73
10.1.2. Seguridad social.....	73
10.1.3. Equipamiento.....	74
10.2. Costes indirectos.....	74
10.3. COSTE TOTAL.....	74
BIBLIOGRAFÍA _____	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Estereoscopio 1844 (“Realidad Virtual En La Psicología - Phrònesis” n.d.)	8
Figura 2.2. Publicidad Sensorama 1962 (“Sensorama IDIS” n.d.)	9
Figura 2.3 SEGA VR y Virtual Boy Nintendo. (“Qué Es La VR: Historia - MediaTrends” n.d.)	10
Figura 2.4 Prácticas de medicina con realidad virtual (“Realidad Virtual Aplicada a La Salud” n.d.)	11
Figura 2.5 Simulador de conducción (“Grupo OTP Presentará En Laboralia Sus Simuladores de Conducción” n.d.)	12
Figura 2.6 Imagen Colloseum RV. (Unimersiv Virtual Reality)	13
Figura 2.7 Imagen aplicación Anatomy VR. (Unimersiv Virtual Reality)	14
Figura 2.8 Sesión piloto del proyecto de Robert Embodas en la escuela industrial. (Robert Embodas, 2015)	15
Figura 2.9 Alumno interactuando con el programa con gafas RV Oculus Rift (Robert Embodas, 2015)	15
Figura 2.10 Aplicación entrenamiento cirugía (Baboonlab)	16
Figura 3.1. Diagrama de Gant. (Informe Ganttproject)	25
Figura 3.2 Planificación de tareas (Informe Ganttproject)	26
Figura 4.1 HTC Vive (“Tipo de Gafas de Realidad Virtual” n.d.)	28
Figura 4.2 Oculus Rift (“Tipo de Gafas de Realidad Virtual” n.d.)	29
Figura 4.3 Razer OSVR (“Tipo de Gafas de Realidad Virtual” n.d.)	29
Figura 4.4 PlayStation VR (“Tipo de Gafas de Realidad Virtual” n.d.)	30
Figura 4.5 Samsung Gear VR (“Tipo de Gafas de Realidad Virtual” n.d.)	30
Figura 4.6 Interfaz de trabajo de Unity (Captura de pantalla Unity)	33
Figura 4.7 Script en el Visual Studio (Captura de pantalla de Microsoft Visual Studio)	34
Figura 4.8 Panel de control de XAMPP (Captura de XAMPP)	36

Figura 6.1 Distribución en planta nivel reponedor. Captura unity _____	38
Figura 6.2 distribución en planta nivel comunidades. Captura unity _____	39
Figura 6.3 Modelado objeto Sketchup. Captura Sketchup Pro. _____	39
Figura 6.4 Exportación modelo sketchup a modelo 3D. Captura Sketchup Pro _____	40
Figura 6.5 Modelado 3D desde Unity3D. Captura de pantalla Unity 3D. _____	41
Figura 6.6 Modelado de una pera en SketchUp(Captura de pantalla SketchUp) _____	41
Figura 6.7 Introducción de textura a un producto. Captura de pantalla Unity 3D. _____	42
Figura 6.8 Ejemplo creación de Canvas (Captura de pantalla de Unity) _____	43
Figura 6.9 Ejemplo creación de botón y adición de textura (Captura de pantalla Unity) _____	44
Figura 6.10 Canva finalizada de uno de los menús (Captura de pantalla del juego) _____	44
Figura 6.11 Canva que indica el tiempo restante para acabar el nivel (Captura de pantalla del juego) _____	45
Figura 6.12 Ejemplo de físicas en un producto. (Captura de pantalla Unity) _____	46
Figura 6.13 Controladores y Scripts necesarios para el uso de mandos (Captura de pantalla Unity) _____	47
Figura 6.14 Scripts para poder interactuar con los mandos. (Captura de pantalla Unity) _____	48
Figura 6.15 Botón conectar base de datos. (Captura de pantalla Unity) _____	49
Figura 6.16 Script para comunicar con la base de datos. (Captura de pantalla Visual Studio) _____	49
Figura 6.17 Lugar de asociación del script con el botón. (Captura de pantalla Unity) _____	50
Figura 6.18 Script cambio de escena. (Captura de pantalla Visual Studio) _____	51
Figura 6.19 Aspecto menú pause. (Captura de pantalla Unity) _____	51
Figura 6.20 Asociación script pausar con el botón 1 del mando. (Captura de pantalla Unity) _____	52
Figura 6.21 Script contador de tiempo. (captura de pantalla Visual Studio) _____	53

Figura 6.22 Mensaje de felicitación que aparece una vez finalizado el nivel. (Captura de pantalla Unity)	53
Figura 6.23 Zona de detección iluminada al acerca un objeto (Captura de pantalla Unity)	54
Figura 6.24 Parte del script que detecta si los objetos están bien colocados (Captura de pantalla Visual Studio)	55
Figura 6.25 Administrador de la base local (Captura de pantala Admin MySQL)	56
Figura 6.26 Tabla de datos de uno de los niveles (captura de pantalla admin de MySQL)	57
Figura 6.27 Script encargado de la comunicación con la base de datos(Captura de pantalla Visual Studio)	58
Figura 6.28 Cómo iniciar la base de datos (Captura de pantalla XAMPP)	59
Figura 6.29 Base de datos iniciada (Captura de pantalla XAMPP)	59
Figura 6.30 Esquema mandos HTC Vive. (Manual de usuario HTC)	60
Figura 6.31 Aspecto menú conectar(Captura de pantalla Unity)	61
Figura 6.32 Aspecto menú inicial (Captura de pantalla Unity)	62
Figura 6.33 Puntero de selección (Captura de pantalla Unity)	62
Figura 6.34 Menú del juego (Captura de de pantalla Unity)	63
Figura 6.35 Posición inicial + timer (Captura de pantalla Unity)	63
Figura 6.36 producto seleccionable (Captura de pantalla Unity)	64
Figura 6.37 Zona de colocación (Captura de pantalla Unity)	64
Figura 6.38 Mensaje finalización de nivel (Captura de pantalla Unity)	65
Figura 6.39 Mesa con productos a colocar (Captura de pantalla Unity)	65
Figura 6.40 Estanterías en las que se deben dejar laos productos (Captura de pantalla de Unity)	66
Figura 6.41 Zona de colocaciión de productos iluminada (Captura de pantalla de Unity)	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 ("World Alzheimer's Report" Martin Prince et al. 2014)	17
Tabla 4.1 Comparación entre Unity3D, Game Maker, Unreal Engine	32
Tabla 4.2 Comparativa entre Inventor, SketchUp y Catia	35
Tabla 10.1 Coste de personal	73
Tabla 10.2 Coste de equipamiento	74
Tabla 10.3 Coste instalaciones	74
Tabla 10.4 Coste total	74

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

En la tecnología se ven reflejadas las constantes inquietudes y capacidades de superación del ser humano y en la última década, éstas avanzan a pasos agigantados. Gracias a la implementación total del mundo digital. Algunos de los ejemplos más claros los podemos encontrar en los teléfonos móviles, que se han convertido en dispositivos capaces de hacer infinidad de funciones; la rápida conexión a internet, que agiliza el intercambio de información de manera que ésta es prácticamente instantánea; o los tejidos sintéticos en el campo de la medicina.

Gracias a este rápido crecimiento, actualmente se han realizado avances que hasta la fecha se consideraban imposibles, como es el caso de la realidad virtual. Ésta consiste en recrear un entorno virtual de escenas u objetos de apariencia real y poder interactuar con él.

Pese a ser una tecnología muy nueva, la realidad virtual está muy presente actualmente. El uso más extendido lo podemos encontrar en el sector de ocio y videojuegos, pero también se puede aplicar en campos como la medicina, diseño, arquitectura o la educación.

1.2. Motivación

1.2.1. Contexto educativo

La introducción de la realidad virtual en la educación supone una herramienta complementaria muy enriquecedora. Ya que permite la interacción entre profesor y alumnos de forma productiva y divertida. Muy útil para comprender conceptos ya que permite una inmersión en el entorno explicado por el profesor sin necesidad de moverse de clase.

El hecho de poder visualizar información y objetos en tres dimensiones así como poder interactuar con ellos aporta al alumno un enfoque mucho más dinámico que el que podría adquirir sólo con los libros de texto tradicionales.

1.2.2. Contexto médico

La medicina actual destaca por el trabajo en equipo multidisciplinario y la toma de decisiones complejas. Por lo tanto la integración de la realidad virtual ha integrado un escenario idílico dónde se consigue un escenario muy parecido al real dónde adquirir habilidades manuales, reconocer la

estructura de los órganos y también, aprender a utilizar diferentes equipos como podría ser un desfibrilador.

Además de poder recrear cualquier escenario dónde los médicos puedan practicar y formarse, existen múltiples aplicaciones prácticas que permiten trasladar cualquier sala de hospital al espacio deseado recreando cualquier tipo de escenario. . De esta manera permite un gran abanico de posibilidades que se puede aplicar a múltiples campos: rehabilitación, entrenamientos para pacientes con Alzheimer, reducción y lucha contra las fobias, ayuda a niños con autismo o combatir la obesidad.

1.2.3. Contexto personal

Para la realización del proyecto se llevó a cabo un estudio previo para asegurar la compatibilidad de la realidad virtual con pacientes con Alzheimer de primer estadio.

Se realizó una investigación sobre los beneficios que una aplicación de realidad virtual les podría aportar a dichos pacientes. Para ello se concretó una reunión con la responsable del centro de día del Hospital Clínic de Barcelona y se le preguntó cómo podría ayudar el uso de la realidad virtual en sus pacientes.

Por lo tanto, este proyecto se centra en un entrenamiento para pacientes con Alzheimer de primer estadio para que puedan aplicarlo a su rutina de ejercicios realizados en el centro de día del Hospital Clínic de Barcelona.

1.3. Objetivos

El objetivo principal del proyecto es la creación de una aplicación de realidad virtual para el entrenamiento de pacientes de Alzheimer en el centro de día del Hospital Clínic de Barcelona, en esta aplicación realizarán ejercicios que normalmente hacían de forma convencional por medio de juegos de cartas o interactuando de forma verbal con el terapeuta, con estos ejercicios se pretende que los paciente practiquen para su vida diaria con esta enfermedad y dar datos útiles a los médicos para saber cómo va variando la gravedad de la enfermedad.

Se intentará que el entorno de juego sea los más cómodo y fácil posible para los pacientes y la aplicación fácil e intuitiva para los médicos, con un fácil acceso a la base de datos para saber la evolución de los enfermos.

A nivel personal, los objetivos que se quieren conseguir son los siguientes:

- Profundizar en las diferentes tecnologías de realidad virtual.
- Adquirir los conocimientos necesarios en las diferentes aplicaciones para poder crear una aplicación de realidad virtual, en nuestro caso Unity3D y Sketch Up.
- Aprender a programar en el lenguaje C#.
- Trabajo en equipo y resolución de problemas que surjan a lo largo del proyecto.
- Realización de una valoración crítica de nuestro trabajo, así como posibles mejoras en el futuro.

1.4. Estructura

En este apartado se puede ver de forma estructurada el contenido de la memoria.

- **Capítulo 2. Estado del arte.**
En este apartado se expone todo lo relacionado con los aspectos del estado del arte relacionados con la temática de realidad virtual y sobre la enfermedad del Alzheimer. En primer lugar se exponen las características más relevantes de la realidad virtual, así como sus diferentes variantes y ámbitos de aplicación. Además se repasa la historia de esta para poder entender cómo ha llegado hasta el punto en el que se encuentra hoy en día. Por otra parte incluye otra sección relacionada al Alzheimer dónde se explica que tipo de enfermedad es, las causas, los síntomas y las etapas de ésta. Además se expone de qué manera puede ayudar a dichos pacientes la aplicación que se presenta en el siguiente trabajo.
- **Capítulo 3. Definición del proyecto.**
En este capítulo se define cómo se pretendió llevar a cabo el proyecto así como la metodología y planificación necesaria para poder cumplir los requisitos propuestos inicialmente. En él se puede ver una planificación cronológica mediante un diagrama de Gant.
- **Capítulo 4. Tecnologías empleadas.**
En este apartado se encuentran las tecnologías que se han utilizado a lo largo del proyecto, para el diseño y la programación de la aplicación. En este apartado se encuentra una comparación con los diferentes software y hardware de los principales fabricantes del sector así como una valoración y argumentación sobre el material utilizado finalmente.
- **Capítulo 5. Desarrollo de la aplicación.**

En este capítulo se exponen una serie de características que se han tenido en cuenta para el desarrollo de la aplicación previamente a la implementación de la misma.

- Capítulo 6. Implementación.

En este capítulo se explica cómo se ha implementado la aplicación. Empezando por el modelado de la misma tanto en 3D como en 2D. Por otra parte se explica todo lo relacionado con la programación de la aplicación y la implementación de la base de datos. Finalmente se encuentra un apartado de instrucciones de uso para la aplicación.

- Capítulo 7. Resultado.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos una vez se ha finalizado el desarrollo de la aplicación.

- Capítulo 8. Conclusiones.

En este apartado se exponen las conclusiones obtenidas una vez finalizado el proyecto totalmente argumentadas. Así como una comparación entre las expectativas al inicio del proyecto y el resultado final obtenido.

- Capítulo 9. Líneas futuras.

En este apartado se presentan las posibles implementaciones futuras para mejorar la aplicación y su funcionalidad.

- Capítulo 10. Presupuesto.

Finalmente, en este capítulo se hace un análisis económico de la aplicación con todos los costes asociados desglosados.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Realidad Virtual

2.1.1. Definición

La realidad virtual es una tecnología que está en pleno proceso de desarrollo e innovación, como está en continuo cambio no tenemos una definición clara de esta, pero todas apuntan a que se trata de una serie de entornos o realidades generadas informáticamente que hacen pensar al usuario que está viviendo esta falsa realidad, por ejemplo “La realidad virtual se podría definir como un sistema informático que genera en tiempo real representaciones de la realidad, que de hecho no son más que ilusiones ya que se trata de una realidad perceptiva sin ningún soporte físico y que únicamente se da en el interior de los ordenadores.” (FIB-UPC n.d.)

La acepción más aceptada de realidad virtual simplemente hace referencia a un entorno generado mediante tecnología que crea al usuario la sensación de estar inmerso en el.

El termino realidad virtual se utilizó por primera vez en la década de los 90 por un trabajador de Boeing llamado Tom Caude, aunque ya existía tecnología similar a la realidad virtual desde décadas antes.

2.1.2. Características

Todo sistema de realidad virtual para estar considerado como tal ha de cumplir las siguientes características:

- Presencia de objetos virtuales en nuevos ambientes integrados.
- La aplicación de realidad virtual debe ser interactiva.
- Las señales e interacciones entre usuario y aplicación deben ser en tiempo real.
- Los objetos virtuales deben estar colocados de forma que tengan coherencia espacial.

2.1.3. Historia

Antes de hablar de realidad virtual, como precursor de ésta nos tendríamos que remontar dos siglos atrás, más concretamente en el año 1844, cuando el científico británico Charles Wheatstone creó el estereoscopio. Este instrumento óptico presenta dos imágenes planas de un mismo objeto, tomadas desde perspectivas ligeramente diferentes. El diseño del estereoscopio sólo permite ver una imagen con el ojo derecho y la otra con el ojo izquierdo. De esta manera el cerebro las mezcla creando un objeto tridimensional. Con este mismo principio, se basa la tecnología de los principales soportes de realidad virtual que se usan a día de hoy.



Figura 2.1. Estereoscopio 1844 ("Realidad Virtual En La Psicología - Phrònesis" n.d.)

En 1962, el director de fotografía, Morton Heilig creó la primera máquina de inmersión sensorial o de realidad virtual como tal. Esta máquina fue nombrada como Sensorama, se trataba de realizar una experiencia de inmersión sensorial a través de imágenes tridimensionales, sonidos, olores, vibraciones y estímulos visuales. Llegó a existir en forma de prototipos, pero ésta no llegó muy lejos a causa del poco respaldo económico que recibió. Por lo tanto el proyecto se detuvo y hoy sigue siendo principalmente una curiosidad en la expansión de la realidad virtual.



Figura 2.2. Publicidad Sensorama 1962 ("Sensorama | IDIS" n.d.)

El concepto de Realidad Virtual se puede afirmar que nace en 1965 cuando el científico e informático Ivan Sutherland publicó un artículo llamado *The Ultimate Display* en el que explicaba el concepto de Realidad Virtual que varios científicos llevaban años tratando de asentar. El propio Ivan Sutherland desarrollaría dos años después el primer programa para crear escenarios virtuales con imágenes 3D.

En la década de los 70, uno de los nombres más destacados de la historia de la realidad virtual es Myron Krueger. Este científico informático procedente de Indiana, desarrolló una serie de obras de las que cabe destacar Videoplace, un sistema de "realidad artificial" con el que se dejaban de utilizar las gafas estereoscópicas usadas hasta la fecha. De esta manera se evitaba el aislamiento del usuario. A lo largo de una década fue desarrollando un sistema computerizado que incluía el reconocimiento y análisis de imágenes, así como la respuesta en tiempo real. Videoplace es el precedente de sistemas de realidad virtual actuales como Kinect, el cual no requiere uso de gafas para ser utilizado.

Durante los años 80, el término de Realidad Virtual fue cogiendo fuerza. Destacó, entre otros, el informático de Nueva York y fundador de "VPL Research" Earon Lanier como responsable de popularizar este nuevo término.

Fue en los años 90 cuando la industria de los videojuegos intentó dar un paso adelante introduciendo la realidad a sus consolas. SEGA, que intentaba luchar por el liderazgo en el mundo de los videojuegos intentó dar un paso adelante con SEGA VR, pero éste nunca llegó a salir al mercado debido a la poca aceptación en sus presentaciones como prototipo.

Paralelamente a SEGA VR, su competidor más directo, Nintendo lanzó en 1995 Virtual Boy. Se trataba de una consola de realidad virtual con imágenes estereoscópicas y controladas a través de un mando. Sólo estuvo a la venta durante un año, ya que su elevado coste, los pocos juegos que presentaba y lo incomoda que resultaba para los usuarios fueron las principales razones de su poco éxito.



Figura 2.3 SEGA VR y Virtual Boy Nintendo. ("Qué Es La VR: Historia - MediaTrends" n.d.)

A partir de ese momento y gracias a los avances en la informática, llega el boom de la realidad virtual, que es el que estamos viviendo hoy en día. A partir del año 2010 muchas de las principales marcas de tecnología se interesaron por los productos de realidad virtual, de los que cabe destacar Samsung con la ayuda de Oculus, HTC o Microsoft. Actualmente podemos encontrar tanto aplicaciones lúdicas como aplicadas a diversos campos como, medicina, arquitectura o diseño.



Figura 2.4 Prácticas de medicina con realidad virtual ("Realidad Virtual Aplicada a La Salud" n.d.)

2.1.4. Elementos

Como se ha dicho la realidad virtual hace sentir que el usuario está viviendo una realidad generada informáticamente que en realidad no está pasando.

Para conseguir esta sensación los dispositivos de realidad virtual deben contar con los siguientes elementos:

- **Hardware.** Es el elemento que ejecuta la información dada para crear el mundo de realidad virtual. Hoy en día la mayoría de estos hardware son ordenadores, videoconsolas o incluso teléfonos móviles.
- **Software.** Se trata del programa informático que contiene la información sobre el mundo de realidad virtual.
- **Pantalla.** En la mayoría de casos se trata de gafas de realidad virtual es el soporte físico donde el usuario ve el mundo de realidad virtual.
- **Mandos.** Soporte físico con el que interactuar con el entorno de la realidad virtual.
- **Sensores.** Permiten detectar los movimientos del usuario para reproducir los mismos en la realidad virtual dando así la sensación de que está en ese mundo, pueden ser sensores de movimiento, giroscopios etc.
- Como complemento además los dispositivos de realidad virtual pueden tener soportes físicos que simulen movimientos, o incluso, humedad o viento. Esta tecnología se denomina realidad virtual 4D.

2.1.5. Tipos de tecnologías RV

Todos los sistemas de realidad virtual podemos dividirlos dentro de tres grandes grupos según el nivel de inmersión que el usuario tenga en el nuevo mundo virtual mientras los utiliza:

- **Realidad inmersiva.** En este tipo de RV el usuario se mete de lleno en mundo creado informáticamente, ya sea mediante unas gafas o un casco de realidad virtual, es la más real de los tres tipos y permite una mayor interacción del usuario con el entorno.
- **Realidad semi-inmersiva o inmersiva de proyección.** El usuario se coloca dentro de un cubo del cual 3 de las paredes y el suelo son pantallas con las que se sumerge en el entorno de realidad virtual.
- **Realidad no inmersiva.** En esta realidad como bien indica su nombre el usuario no se mete dentro del entorno de realidad virtual si no, que es un avatar que representa al usuario el que está dentro del entorno de realidad, este entorno es controlado por el usuario median un ordenador o un mando.

Otro tipo de realidad virtual que se sale de estos tres tipos son los simuladores. En este tipo de realidad virtual se pueden usar gafas o pantallas para hacer creer al usuario que está en el entorno que quiere simular y mediante una serie de hardwares acaba de hacer la simulación real, por ejemplo una pantalla y un volante para la simulación de conducción.



Figura 2.5 Simulador de conducción (“Grupo OTP Presentará En Laboralia Sus Simuladores de Conducción” n.d.)

2.1.6. Áreas de aplicación

Hoy en día la RV tiene un uso muy extendido, es una tecnología que permite desglosar los campos visuales y otros sentidos otorgando al usuario los estímulos deseados en cada momento, pudiendo con esta tecnología simplificar el proceso de comprensión del mismo.

Es un sistema tan versátil que se puede usar en campos muy diferenciados como pueden ser la medicina, arte, divulgación científica o incluso industria armamentística.

2.2. Aplicaciones en los distintos ámbitos

2.2.1. Aplicaciones en el ámbito educativo

En este campo se han desarrollado aplicaciones que complementan de manera muy didáctica y experimental la educación convencional. Estas aplicaciones permiten a los alumnos interactuar directamente con el medio estudiado de forma visual y además poder interactuar con el medio.

En ningún caso la realidad virtual debe sustituir la enseñanza convencional con el medio real pero permite interiorizar conceptos complejos más fácilmente o dar una visión a escala real de elementos que ya no se encuentran hoy en día.

Un ejemplo claro es la aplicación “*Colloseum RV*” que permite explorar espacios históricos de la antigua Roma en un entorno a escala real.



Figura 2.6 Imagen Colloseum RV. (Unimersiv Virtual Reality)

Otro ejemplo de aplicación muy educativo es la aplicación “Anatomy VR” que permite explorar las diversas partes del cuerpo humano así como ver el funcionamiento de todos los órganos.

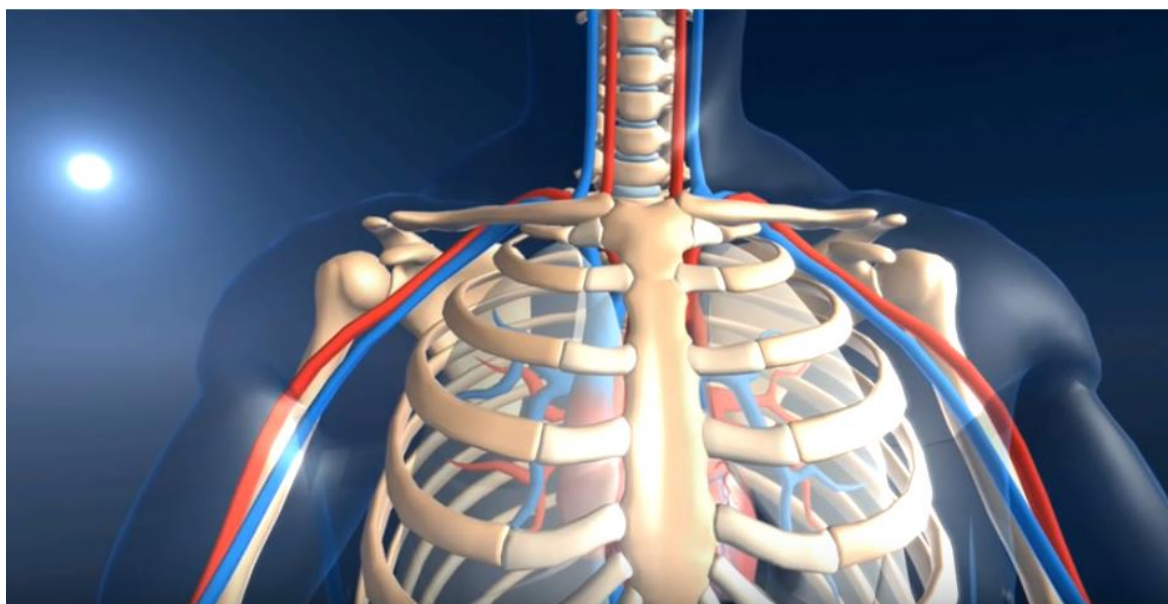


Figura 2.7 Imagen aplicación Anatomy VR. (Unimersiv Virtual Reality)

2.2.2. Aplicaciones en el ámbito de investigación

También existen una gran cantidad de proyectos de investigación relacionados con aplicaciones de realidad virtual.

Entre ellos se puede encontrar el proyecto de final de grado realizado por Roberto Embodas Noguera (UPC, 2015), que formó parte del proyecto de investigación “Exploración del uso de un entorno inmersivo virtual de aprendizaje para la mejora de la habilidad espacial y del conocimiento de la geometría del espacio (Alpiste, F. Torner, J. Brigos, M. Fernandez, J.Embodas, R.)”

Como afirma el autor Roberto Embodas, el objetivo de la investigación se basaba en “investigar las posibilidades de utilizar entornos virtuales inmersivos para mejorar la habilidad espacial de los estudiantes de ingeniería a partir del estudio de la geometría del espacio.” Para ello el autor presentó la hipótesis siguiente “los estudiantes utilizan el entorno IVLE (Inmersive Virtual Learning Environment) presentan una mejora significativa de las habilidades espaciales, así como los resultados académicos respecto de aquellos que no lo utilizan”

Las siguientes imágenes corresponden con una sesión piloto realizada en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona.



Figura 2.8 Sesión piloto del proyecto de Robert Embodas en la escuela industrial. (Robert Embodas, 2015)



Figura 2.9 Alumno interactuando con el programa con gafas RV Oculus Rift (Robert Embodas, 2015)

2.2.3. Aplicaciones en el ámbito de la medicina

La realidad virtual también se puede adaptar a la medicina. Uno de los campos principales en la que se pueden encontrar aplicaciones es la cirugía. Con ayuda de programadores y modeladores 3D se puede reproducir con exactitud la anatomía del paciente, una vez esta recreada el médico puede practicar la operación antes de realizarla.

Con el uso de esta tecnología se reducen los costes de utilización de cadáveres y animales aptos para la cirugía. Además permite practicar tantas veces como sean necesarias sin perjudicar al paciente para llegar totalmente preparado a la operación real.



Figura 2.10 Aplicación entrenamiento cirugía (Baboonlab)

2.3. Alzheimer

2.3.1. Qué es el Alzheimer

El Alzheimer se trata de una enfermedad que se puede definir de la siguiente manera: El Alzheimer es una enfermedad cerebral, no contagiosa, progresiva e irreversible, que altera la personalidad y destruye de forma gradual la memoria de una persona, así como las habilidades para aprender, razonar, hacer juicios, comunicarse y llevar a cabo actividades cotidianas. Estas habilidades se pierden como consecuencia de la muerte de un tipo de células del cerebro, concretamente las neuronas. (“Alzheimer | Fundación Pasqual Maragall” n.d.).

Hay que diferenciar los conceptos demencia y Alzheimer. Hablamos de demencia cuando una persona experimenta un conjunto de síntomas que implican la pérdida progresiva de la memoria, el pensamiento y las habilidades mentales en general. Por lo tanto, la demencia es un término que se utiliza para englobar diferentes enfermedades, entre ellas el Alzheimer, que es la más común de dichas enfermedades.

En el siguiente gráfico podemos ver los porcentajes de enfermedades en las que se presentan síntomas de demencia.

Subtipos de demencia	Porcentaje
Enfermedad de Alzheimer	50-75 %
Enfermedad vascular	20-30 %
Demencia con cuerpos de Lewy	<5 %
Demencia Frontotemporal	5-10%

Tabla 2.1 ("World Alzheimer's Report" Martin Prince et al. 2014)

2.3.2. Causas del Alzheimer

No se sabe a ciencia cierta por qué se produce la enfermedad de Alzheimer. Sólo se conoce que en los cerebros de personas afectadas por demencia producidas por Alzheimer se han identificado cantidades anormales de dos proteínas que forman agregados e inclusiones, desestructurando la arquitectura cerebral. Dichas proteínas son Beta-amiloide y proteína Tau.

Por una parte, la proteína Beta-Amiloide se desnaturaliza y se apelmaza, formando agregados insolubles entre las células cerebrales. Estos agregados, sólo son visibles en un microscopio y se denominan placas seniles. El proceso de desnaturalización es irreversible y no se conocen las causas por las que ésta se desnaturaliza. Sólo se conoce que es un proceso lento, ya que se necesitan más de 10 años en acumular una cantidad suficiente de proteína desnaturalizada para empezar a demenciar una persona.

Por otra parte, no hay una correlación entre la cantidad de proteínas desnaturalizadas y los síntomas que padece el paciente. En algunos casos los agregados de proteína Tau y Beta-amiloide son lo suficientemente elevados para causar demencia, pero pueden existir mecanismos de defensa cerebral que minimizan el impacto que estos depósitos tienen sobre el rendimiento en las actividades diarias de dichas personas.

2.3.3. Síntomas del Alzheimer

Los síntomas suponen la pérdida progresiva de las funciones propias del cerebro y la relación de éstas con el medio. Se denominan funciones cognitivas e incluyen entre otras memoria, lenguaje orientación visual y temporal, atención y planificación.

De la misma manera, también afecta a las capacidades emocionales y conductuales como la motivación, ánimo, percepción de la realidad o el sueño.

En la mayoría de casos de Alzheimer los primeros síntomas ocurren en relación con la capacidad para memorizar cosas nuevas. Esta función cognitiva se conoce como memoria episódica. La persona no es capaz de recordar hechos recientes. A medida que avanzan los síntomas, se asocia al paciente cierto cambio de carácter. Posteriormente a estos síntomas se van sumando progresivamente diferentes síntomas, que se pueden agrupar en diez bloques que son los siguientes:

- Cambios en la memoria.
- Dificultad para resolver problemas.
- Dificultad para realizar tareas habituales.
- Desorientación en tiempo y lugar.
- Dificultad para relacionar objetos.
- Problemas en el lenguaje oral y escrito.
- Colocar objetos fuera de su lugar habitual.
- Falta de juicio para tomar decisiones básicas.
- Pérdida de iniciativa.
- Cambios de humor o de personalidad.

2.3.4. Etapas del Alzheimer

Se puede hablar de tres fases o etapas de enfermedad: Leve, Moderada y Avanzada. No obstante, no hay un orden ni tiempo específico para cada una de estas etapas y se trata de una enfermedad en que los síntomas se viven de forma individualizada, por lo tanto cada paciente reacciona de diferente manera.

Etapas Leve

En esta etapa la persona experimenta lo que se denomina “deterioro cognitivo leve”. El afectado tiene olvidos cotidianos, algunas dificultades para encontrar las palabras adecuadas o recordar el nombre de personas que ha conocido recientemente.

También es común que las actividades complejas que hasta la fecha podía realizar sin dificultad, ahora le suponga mucho más esfuerzo y genere ansiedad. En esta primera etapa el paciente es consciente de que empieza a sufrir pérdidas de memoria. A pesar de estas pequeñas pérdidas de memoria la persona puede seguir siendo independiente para realizar las actividades diarias.

Etapas Moderada

Entre el final de la etapa Leve y el principio de la etapa Moderada es cuando en la mayoría de los casos se produce el diagnóstico.

En esta etapa dos déficits de la anterior etapa siguen avanzando. La memoria se ve muy dañada para recordar hechos recientes, aunque recuerda con frecuencia eventos del pasado con notable claridad. Ciertos hechos, como recordar direcciones, números de teléfono o reconocer el sitio en que se encuentra la persona son olvidados con mucha frecuencia.

El enfermo en esta etapa todavía es consciente de su situación, lo que genera ansiedad, depresión y eventuales cambios de personalidad.

A partir de este momento, comprender que quieren transmitir o entenderse con el paciente es cada vez más difícil. Por lo tanto es en esta etapa en la que el paciente empieza a necesitar ayuda para realizar actividades cotidianas como ducharse, cocinar o vestirse de forma adecuada.

Etapas Avanzada

A partir de esta fase el paciente ya necesita una dependencia total para sobrevivir. Al final de esta fase el paciente no es capaz de moverse por sí mismo, expresarse verbalmente ni responder a su entorno. El afectado desconoce por completo a las personas que le rodean y a el mismo.

Se pierde el control de esfínteres y se disminuye mucho de peso. El cuerpo humano aumenta la vulnerabilidad a las infecciones, siendo la neumonía por aspiración uno de los riesgos de muerte más comunes en esta etapa final.

2.3.5. Nuestra aplicación en contexto

A medida que la población ha ido envejeciendo ha aumentado consigo el número de personas que padecen la enfermedad de Alzheimer. Por lo tanto, en los últimos años, se ha convertido en un tema de gran importancia el temprano diagnóstico y posterior entrenamiento de esta enfermedad, es especialmente importante en los pacientes con deterioro cognitivo leve, cuyas funciones ejecutivas, como la inhibición de la respuesta, la atención y la planificación pueden demostrar deterioros evidentes (Yeh et al. 2012)

En lo que se refiere a nuestra aplicación los pacientes realizaran un entrenamiento cognitivo para frenar el avance en primeras fases del Alzheimer, practicar para su vida real con esta enfermedad y proporcionara datos a los terapeutas para conocer la evolución de la misma. Para ello los pacientes estarán inmersos en un supermercado de realidad virtual, el trabajar en un entorno de realidad virtual en lugar de hacer una terapia más convencional puede suponer un extra de motivación e interés para el paciente, por estar inmerso en un entorno simulado (Aguinas, Henle, and Beaty Jr. 2001).

En algunos estudios ya se ha utilizado la RV para tratar pacientes con enfermedades cognitivas leves, en 2010 Gabriele Optale publica un estudio en el que se ha tratado a 36 pacientes con demencia y una media de edad de 80 años, un tratamiento mediante RV con resultados satisfactorios en la memoria a largo plazo (G. Optale et al. 2010).

Otro estudio relacionado es el de D.W.K. Man , en el que se trataron a 24 pacientes con demencia. Estos fueron asignados aleatoriamente a grupos de trabajo con RV y grupos de trabajo convencionales con un terapeuta, en ambos casos se mostraron mejoras, con el grupo de RV en el campo de memoria objetiva y en el caso de no RV en el campo de memoria subjetiva (Man, D.W.K et al. 2012).

El primer juego realizado específicamente para la enfermedad de Alzheimer fue evaluado en una convención NIH, se formuló la hipótesis de que el juego ayudaría a los pacientes en su estado de ánimo y motivación. Este juego fue probado en las visitas de los terapeutas a las propias casas de los pacientes y fue evaluado por sus propias familias. La reducción de los signos de depresión / tristeza con el juego fue estadísticamente significativa. Un aumento en el placer del paciente fue altamente significativo ($p < 0,0001$). Los incrementos en el interés del paciente, la satisfacción del paciente y la satisfacción de los miembros de la familia fueron altamente significativos ($p < 0,0001$). El atractivo cualitativo del juego para los miembros de la familia era muy alto (Cohen, G.D. et al. 2009).

Ya hay estudios previos de supermercados virtuales para el tratamiento de enfermedades cognitivas, por ejemplo Gianluca Castelnuovo desarrolló una tienda virtual donde los usuarios tenían una lista de tareas ordenadas por dificultad, donde se entrenaba la memoria a corto plazo y la atención (G. Castelnuovo et al. 2003), aunque este estudio solo se realizó con sujetos sanos, obtuvo resultados satisfactorios.

Otra investigación relevante en este ámbito es la de Fernández y Calvo (Fernández-Calvo, B. et al., 2011), en la que usaron un videojuego centrado en la reactivación y estimulación de capacidades cognitivas y compararon este método con los métodos tradicionales de psicoestimulación convencionales, En este estudio se demostró que en comparación con los métodos tradicionales el videojuego tenía mejores resultados y una menor sintomatología depresiva.

3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

3.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en una aplicación de realidad virtual que permite realizar un entrenamiento cognitivo para pacientes con Alzheimer en etapa leve. La aplicación consiste en un supermercado virtual, dónde se podrán realizar diferentes tareas. La aplicación consta de dos tipos de ejercicios: compra, reponedor y comunidades.

·Reponedor: El paciente deberá realizar las tareas de reponedor de supermercado, colocando los productos que encontrará en el centro del supermercado dentro de un carrito de compra. Consta de tres niveles de dificultad.

·Nivel 1: El paciente debe colocar tres productos en un tiempo máximo de cuatro minutos.

·Nivel 2: El paciente debe colocar cinco productos en un tiempo máximo de cuatro minutos.

·Nivel 3: El paciente debe colocar siete productos en un tiempo máximo de cuatro minutos.

·Comunidades: En esta actividad, el paciente debe asociar diferentes productos con su comunidad autónoma de procedencia. En un lugar de la sala se encuentran los productos colocados en una mesa y en el lado opuesto diferentes stands con la bandera y nombre de la comunidad autónoma.

·Nivel 1: El paciente debe colocar tres productos en un tiempo máximo de cuatro minutos.

·Nivel 2: El paciente debe colocar cinco productos en un tiempo máximo de cuatro minutos.

·Nivel 3: El paciente debe colocar siete productos en un tiempo máximo de cuatro minutos.

Cabe destacar que esta aplicación constará de dos niveles más que realizan otros alumnos como su TFG estos niveles serán un tutorial para adaptarse al entorno de realidad virtual y uno de compra en el que el paciente tendrá que seguir una lista de la compra y coger los objetos requeridos.

Para realizar la aplicación se dividió el trabajo en tres bloques: modelado 3D del supermercado, programación de la aplicación y base de datos.

Para la parte de modelado en 3D del supermercado, se utilizaron diversos programas de modelado, especialmente Unity y Sketchup, dónde se creó la estructura del supermercado, el mobiliario y cada uno de los productos que se encuentran en su interior.

Por lo que hace a la programación de la aplicación consistía en crear un personaje en primera persona para poder moverse en el interior del supermercado así como poder interactuar y coger los objetos que se encuentran en el mismo. Además, se programó cada uno de los niveles y juegos independientemente para poder detectar si los productos escogidos eran correctos y contabilizar el tiempo de cada nivel. Para acabar los niveles se programó un cambio de escena que re direcciona al paciente a un menú principal dónde podrá elegir la actividad y el nivel que desee. Todas estas acciones se realizaron mediante Unity y Visual Studio mediante scripts utilizando el lenguaje de programación C#.

Finalmente, para poder disponer de una base de datos dónde se guarden los datos de todos los pacientes se creó una base de datos local (local host). Dicha base de datos es privada y sólo el doctor puede tener acceso a los datos de los pacientes. En ella se guardan el número de productos acertados, el número de errores y el tiempo que ha requerido el paciente para completar el nivel. Está recogida de datos se realiza mediante una base de datos MySQL gestionada con Apache.

Para poder realizar el desarrollo de la aplicación se requería el uso de un hardware específico para poder visualizar los elementos virtuales. Esto fue posible gracias a la empresa colaboradora *Visyon 360*, que proporcionó las gafas de realidad virtual *HTV Vive*, así como un ordenador con suficiente potencia gráfica para poder realizar la aplicación. Por otra parte, se contrastó la información con los médicos del centro de día del Hospital Clínic de Barcelona.

3.2. Metodología

La realización de este proyecto se puede dividir en tres fases distintas según el tipo de trabajo que se ha realizado, la primera fase fue la de decisión de los distintos juegos y niveles de los que iba a constar nuestra aplicación, así como la decisión de los productos que iban a aparecer en nuestro supermercado, todo esto ha sido hablado con médicos del Hospital Clínic para que se adecuase lo más posible a las terapias que ellos querían realizar con los pacientes.

La segunda fase consta del desarrollo del entorno de realidad virtual, es decir crear la arquitectura del supermercado y todos los productos que iban a aparecer en él, la forma y sobre todo el tamaño del supermercado también fue consensuada con los médicos del Hospital Clínic para el correcto uso de los pacientes. En cuanto al modelado de los productos, se hicieron los más sencillos directamente en la aplicación de desarrollo de videojuegos Unity, los de formas más complejas fueron desarrollados mediante el programa de modelado 3D sketchup.

Una vez el entorno virtual del juego, la tercera fase del proyecto es la de programar los objetos y el jugador para que cumplan las leyes físicas, hacer que los objetos sean interactuables, programar los mandos de nuestro hardware y demás programación para que nuestra aplicación funcione. En esta fase del proyecto también está el diseño de los distintos menús y la programación de sus botones, estos menús han sido diseñados con el motor 2D de unity y adaptados para poder ser utilizados con las gafas de realidad virtual. Por último se ha creado una base de datos para poder guardar los datos de cada paciente y que el medico pueda ver su evolución.

3.3. Planificación

La planificación de este proyecto fue distinta en cada una de las fases de nuestro proyecto, durante la primera fase del mismo los alumnos realizábamos investigación sobre este tipo de aplicaciones y tuvimos dos reuniones con el tutor y médicos del Hospital Clínic para decidir los tipos de juegos que los pacientes iban a realizar en sus terapias, los distintos niveles de dificultad y demás requisitos que los médicos nos exigían en la aplicación, como que no hubiese feedbacks negativos hacía el paciente.

En la segunda parte del proceso cuando ya estaba definido completamente en objetivo del proyecto los alumnos nos hemos dividido los objetos a modelar para realizar la tarea más rápido, además de esto se tenía una reunión semanal con el tutor para aclarar dudas y una reunión cada dos semanas con la empresa visyon que aportaba consejos sobre la implementación de aplicaciones para realidad virtual.

En la última fase entre los dos alumnos se programaron todas las físicas y demás programación del entorno, una vez acabada, uno de nosotros se dedicó a programar los menús y el otro la base de datos, siempre poniendo en común las dudas y problemas que iban surgiendo. Durante esta etapa seguíamos teniendo una reunión cada dos semanas con el equipo de visyon y consultábamos al tutor las distintas dudas que nos iban surgiendo.

Diagrama de Gantt

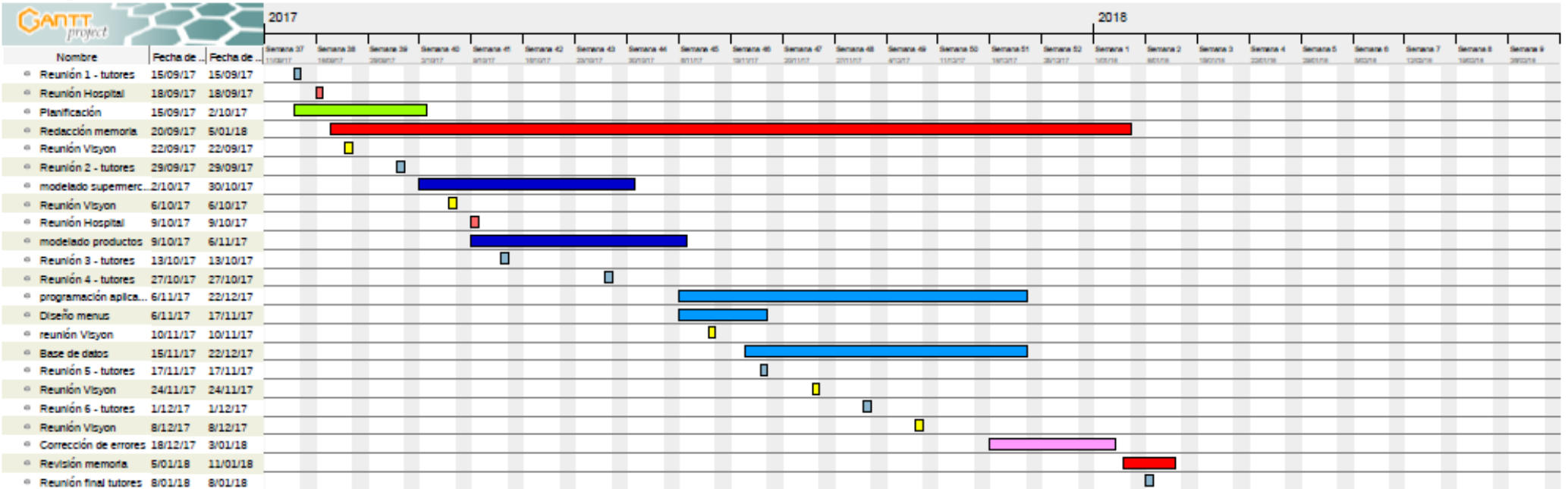


Figura 3.1. Diagrama de Gant. (Informe Ganttproject)

Tarea

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
Reunión 1 - tutores	15/09/17	15/09/17
Reunión Hospital	18/09/17	18/09/17
Planificació	15/09/17	2/10/17
Redacció memoria	20/09/17	5/01/18
Reunión Visyon	22/09/17	22/09/17
Reunión 2 - tutores	29/09/17	29/09/17
modelado supermercado	2/10/17	30/10/17
Reunión Visyon	6/10/17	6/10/17
Reunión Hospital	9/10/17	9/10/17
modelado productos	9/10/17	6/11/17
Reunión 3 - tutores	13/10/17	13/10/17
Reunión 4 - tutores	27/10/17	27/10/17
programació aplicació	6/11/17	22/12/17
Diseño menus	6/11/17	17/11/17
reunión Visyon	10/11/17	10/11/17
Base de datos	15/11/17	22/12/17
Reunión 5 - tutores	17/11/17	17/11/17
Reunión Visyon	24/11/17	24/11/17
Reunión 6 - tutores	1/12/17	1/12/17
Reunión Visyon	8/12/17	8/12/17
Corrección de errores	18/12/17	3/01/18
Revisión memoria	5/01/18	11/01/18
Reunión final tutores	8/01/18	8/01/18

Figura 3.2 Planificació de tareas (Informe Ganttproject)

3.4. Requisitos

Para poder realizar la aplicación se han tenido que definir una serie de requisitos para que la aplicación fuese funcional:

- Se debe poder interactuar en tiempo real.
- La aplicación debe ser fácil e intuitiva.
- Los menús deben aparecer siempre delante del usuario para un fácil uso de estos.
- El entorno y productos deben ser parecidos a un supermercado de la vida real.
- La aplicación ha de tener varios juegos y cada uno de estos varios niveles de dificultad.
- Los datos del juego deben ser recogidos para que el juego tenga información útil sobre el avance de los pacientes.
- La aplicación debe ser compatible con las gafas de RV *HTC Vive* ya que es el hardware del que disponemos

4. TECNOLOGÍAS EMPLEADAS

4.1. Elección del hardware

Como ya se ha mencionado la realidad virtual es un entorno generado mediante un ordenador que mediante un hardware crea al usuario la sensación de estar inmerso en él. Dicho hardware normalmente se trata de unas gafas de realidad virtual que pueden ir acompañadas de otro tipo de dispositivos para crear sensaciones todavía más inmersivas.

Hoy en día en el mercado podemos encontrar una gran variedad de gafas de realidad virtual, las más importantes son las siguientes:

- HTC Vive



Figura 4.1 HTC Vive("Tipo de Gafas de Realidad Virtual" n.d.)

- Oculus rift



Figura 4.2 Oculus Rift("Tipo de Gafas de Realidad Virtual" n.d.)

- Razer OSVR



Figura 4.3 Razer OSVR ("Tipo de Gafas de Realidad Virtual" n.d.)

- PlayStation VR



Figura 4.4 PlayStation VR ("Tipo de Gafas de Realidad Virtual" n.d.)

- Samsung Gear VR



Figura 4.5 Samsung Gear VR ("Tipo de Gafas de Realidad Virtual" n.d.)

En cuanto a la elección del dispositivo tanto las Samsung Gear como las PlayStation son rápidamente descartadas, ya que, a pesar de su gran calidad solo pueden ser utilizadas con teléfonos móviles y la plataforma PlayStation4 respectivamente.

Comparando los tres modelos que quedan (HTC Vive, Oculus Rift y Razer OSVR) las Razer OSVR han sido descartadas por no poseer más controladores que las propias gafas lo que dificulta la interacción con el entorno de realidad virtual. A la hora de decidir entre HTC Vive y oculus Rift se observa que ambas tienen una muy buena resolución, las dos están dotadas de dos pantallas OLED con resolución 2.160x1200 y ambas tienen un campo de visión de 110 grados o que facilita la inmersión del paciente.

Finalmente se ha decidido utilizar las HTC vive, a pesar de ser un dispositivo prácticamente igual que las Oculus Rift hay un factor clave que decanta la elección hacia las HTC, los sensores de esta captan más área que los de las Oculus por tanto los pacientes tendrán más libertad de movimiento y esto facilitará el uso de la aplicación

4.2. Elección del software de desarrollo

Para el desarrollo de nuestra aplicación se ha tenido que decidir entre tres aplicaciones de desarrollo de videojuegos como lo son Unity 3D, Game maker y Unreal Engine. Finalmente se ha optado por usar Unity 3D ya que sus características son las que mejor se adaptan al proyecto y es compatible con HTC Vive.

El funcionamiento de Unity 3D es relativamente sencillo, se basa en la creación de diferentes escenas las que podrás conectar entre ellas a lo largo del juego. Cada escena está compuesta por una serie de objetos (*GameObject*) en Unity 3D llamada *jerarquía*; estos *GameObject* están definidos por una serie de componentes: su posición en coordenadas 3 dimensiones, su escala y su rotación respecto a los 3 ejes de coordenadas. Mediante la programación de scripts en C#, Java o Boo se pueden añadir una serie de comportamientos a estos objetos.

A continuación se detallan las razones por las que se ha elegido el Unity 3D:

- Versión de Unity gratuita, no es la aplicación completa pero suficiente para el desarrollo de la aplicación.
- Posibilidad de trabajo compartido de forma remota.
- Compatibilidad con el modo de realidad virtual.
- Fácil integración con distintos software de modelado 3D, en este caso se ha utilizado SketchUp.
- Aplicación disponible para Windows.
- Existencia de paquetes de ayuda para la implementación de aplicaciones para realidad virtual.

En la siguiente tabla se muestra una comparación detallada de Unity con otros software de desarrollo de videojuegos:

Propiedades	Unity 3D	Game maker	Unreal Engine
Soporte 3D	Sí	No	Sí
Integración con programas de diseño 3D	Sí	No	Sí
Versión gratuita	Sí	Sí	No
Disponible en Windows	Sí	Sí	Sí
Exportar HTC Vive	Sí	No	Sí
Paquete de ayuda RV	Sí	No	No

Tabla 4.1 Comparación entre Unity3D, Game Maker, Unreal Engine

4.2.1. Zona de trabajo Unity

La interfaz de trabajo de Unity es sencilla pero no demasiado intuitiva, en un principio hubo una fase de adaptación en las que se siguieron varios tutoriales que la propia página web de Unity facilitaba para la acostumbrarse al modo de trabajo en esta. Dicha interfaz era dividida en 5 partes diferenciadas:

- **Explorador:** Es simplemente una lista de todos elementos que tenemos disponibles para incorporar a nuestro juego, tales como scripts, modelados 3D, imágenes, escenas y demás elementos. Todo esto se puede ordenar en carpetas haciendo que el proyecto pueda organizarse de una forma ordenada.
- **Scene view:** La *Scene view* permite una navegación visual y edición del nivel en el que se está trabajando, se pueden añadir nuevos elementos tales como objetos, cámaras o el propio jugador arrastrándolos directamente desde el explorador y es posible manipularlos posteriormente.

- Game view: La *Game view* es la representación del juego ya terminado, mediante la renderización de las cámaras añadidas en la *Scene View* se muestra el aspecto que tendría el juego en ese momento.
- Inspector: Muestra y permite la edición de todas las propiedades de los distintos elementos que hay en nuestro juego, cambia texturas, añade scripts de comportamiento etc.
- Jerarquía: La jerarquía no es más que una representación de texto que muestra de manera esquemática las relaciones que hay entre los diferentes objetos de la *Scene view*.

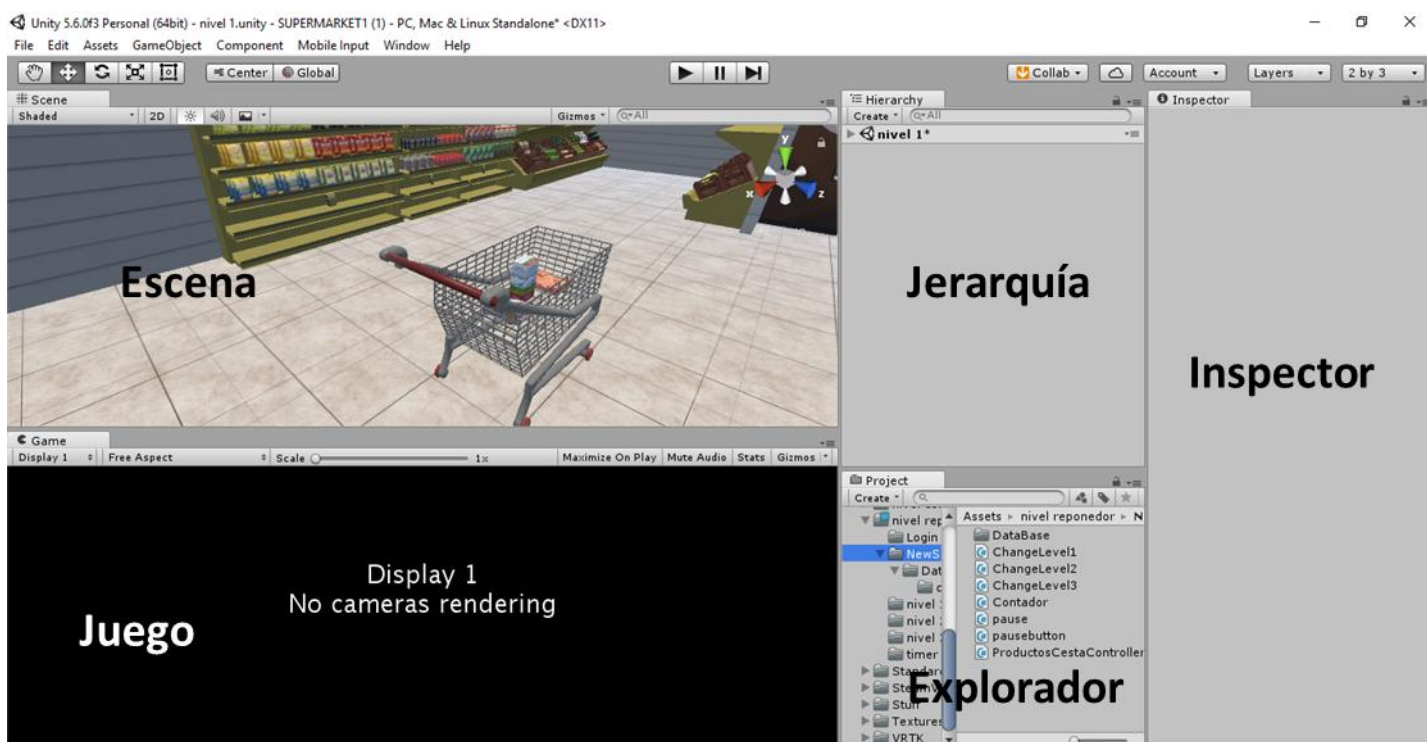
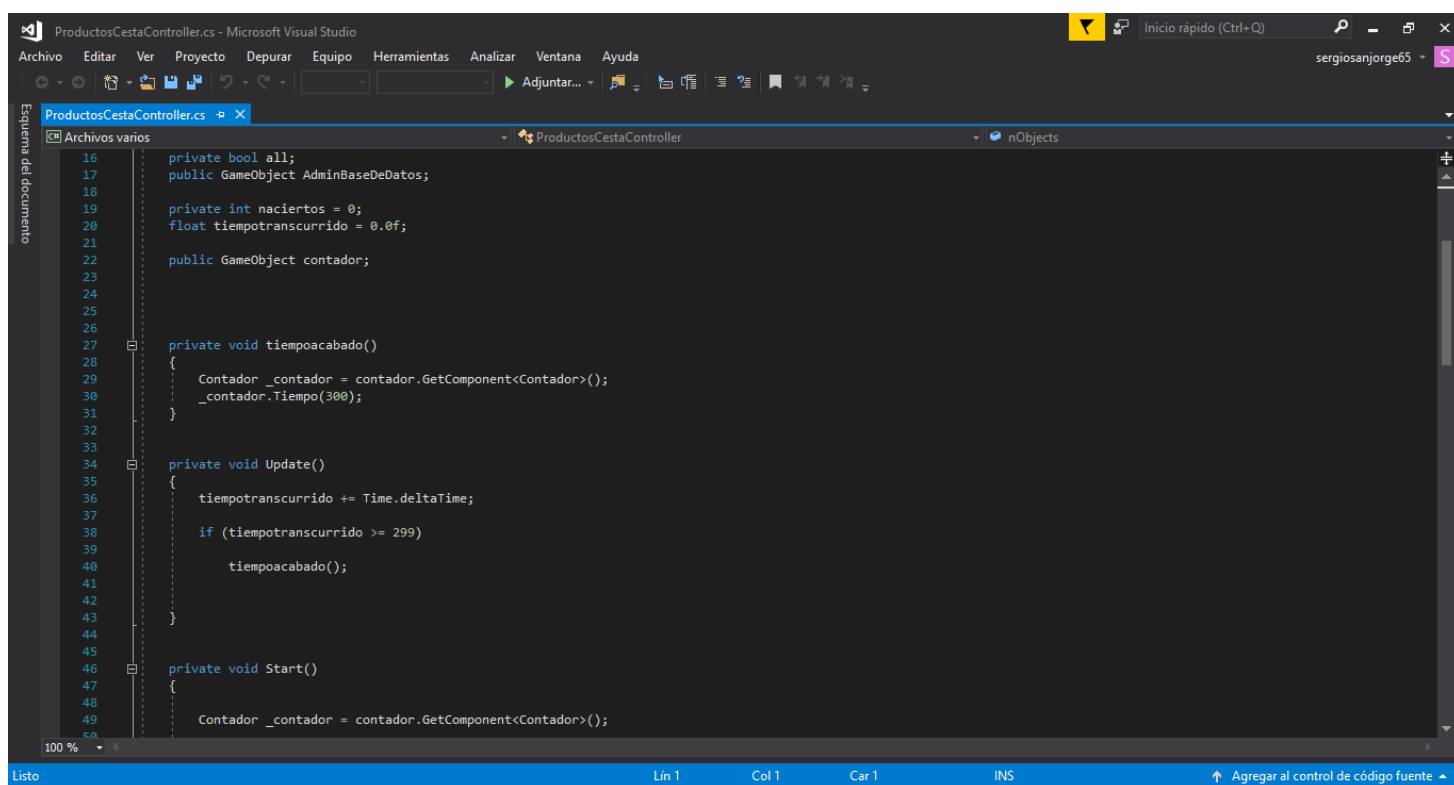


Figura 4.6 Interfaz de trabajo de Unity (Captura de pantalla Unity)

4.3. Software de programación

Para llevar a cabo la programación de los diversos scripts necesarios para el funcionamiento de la aplicación se ha decidido utilizar el software *Microsoft Visual Studio*, a pesar de que el Unity trae por defecto el *MonoDevelop* se ha decidido trabajar con *Visual Studio*

Visual estudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) desarrollado por Microsoft, se trata de una aplicación muy versátil con la que se puede editar casi cualquier tipo de código y para distintas plataformas como iOS, Windows, Android o web, se ha decidido utilizar este IDE, porque tiene un entorno de desarrollo más avanzado, ofreciendo ayudas que el *MonoDevelop* no ofrece como el autocompletado inteligente; también ofrece ayuda de coloración de sintaxis, esquematización de código o descripciones emergentes del elemento de código que selecciones, entre otras cosas.



```
16 private bool all;
17 public GameObject AdminBaseDeDatos;
18
19 private int nacimiento = 0;
20 float tiempotranscurrido = 0.0f;
21
22 public GameObject contador;
23
24
25
26
27 private void tiempocabado()
28 {
29     Contador _contador = contador.GetComponent<Contador>();
30     _contador.Tiempo(300);
31 }
32
33
34 private void Update()
35 {
36     tiempotranscurrido += Time.deltaTime;
37
38     if (tiempotranscurrido >= 299)
39
40         tiempocabado();
41
42 }
43
44
45
46 private void Start()
47 {
48
49     Contador _contador = contador.GetComponent<Contador>();
50 }
```

Figura 4.7 Script en el Visual Studio (Captura de pantalla de Microsoft Visual Studio)

4.4. Herramienta modelado 3D

Para poder hacer el modelado 3D de los objetos con formas complejas es necesario un software diseñado para ello, no es suficiente con el motor de Unity, por lo que para este proyecto se ha tenido que decidir entre distintos software de modelado 3D, las principales características que tiene que tener un software de modelado 3-d para realizar este proyecto son las siguientes:

- Formato compatible con Unity.
- Uso e interfaz sencillas, ya que, se dispone de poco tiempo para el aprendizaje.
- Los archivos realizados deben tener buena calidad y al mismo tiempo pesar poco, ya que nuestro proyecto en Unity no puede ser demasiado pesado.

Propiedades	SketchUp	Catia	Inventor
Formato compatible con Unity	Sí	No	Sí
Peso archivos	Bajo	Alto	Alto
Calidad archivos	Media	Buena	Buena
Disponible en Windows	Sí	Sí	Sí
Gratis	Sí	No	No
Dificultad de uso	Media	Alta	Alta

Tabla 4.2 Comparativa entre Inventor, SketchUp y Catia

A partir de la información de la *tabla 4.2*, se eligió SketchUp como herramienta de trabajo. A pesar de ser el software con peor, calidad sigue siendo una calidad aceptable y su fácil manejo y bajo peso de sus archivos son factores determinantes a la hora de elegir nuestro motor de modelado 3D. Además es un software gratuito mientras que la versión para estudiantes de Catia e Inventor tiene un precio superior a 700€ al año.

4.5. Base de datos

En este proyecto es imprescindible la creación de, una base de datos para el guardado de los datos de cada paciente, sin esto el proyecto no tendría sentido ya que el terapeuta no tendría acceso a los datos de cada uno de los pacientes.

Para la creación de esta base de datos se ha decidido utilizar el servidor XAMPP, que es principalmente un sistema de gestión de base de datos MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes de lenguajes PHP y Perl. Por lo tanto mediante XAMPP es posible crear una base de datos MySQL gestionándola con Apache con ayudas de lenguaje PHP utilizando tan solo una aplicación.

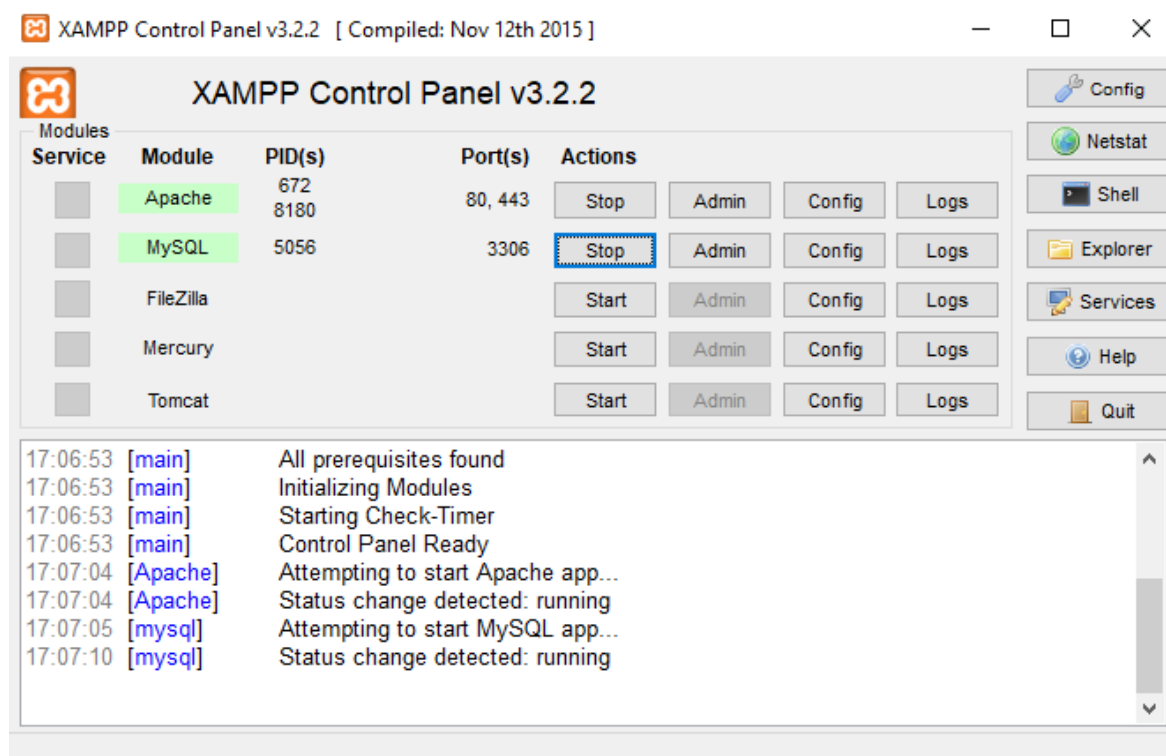


Figura 4.8 Panel de control de XAMPP (Captura de XAMPP)

5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Para el desarrollo de una aplicación funcional se han tenido en cuenta una serie de características que la aplicación debía cumplir para que esta fuese útil:

- Aplicación de uso fácil y sencillo que permita al usuario una rápida aclimatación a está y pueda tanto desplazarse por los menús cómo jugar a los juegos de una forma rápida e intuitiva.
- El entorno de juego debía ser de fácil reconocimiento y algo cotidiano para los pacientes, para que además de sentirse cómodos, les sirviese para su entrenamiento en su vida cotidiana.
- Por petición de los terapeutas la aplicación debía tener un aspecto de “juego” y no de terapia para que los pacientes se sintiesen cómodos con la situación y aceptasen participar de una manera alegre y motivada.
- Una vez se decidió que el entorno sería un supermercado, se concluyó que todos os objetos que apareciesen en él deberían ser lo más comunes posibles y muy fácilmente reconocibles, evitando que apareciesen objetos o productos menos convencionales.
- La primera escena de la aplicación debía ser un *Login*, para que así solo se pueda jugar con conocimiento del médico ya que se guardarán los datos de todas las partidas.
- La base de datos debe poder ser consultada en todo momento de una forma fácil y sencilla para el médico, dando un resumen de los datos más importantes de una forma clara.

6. IMPLEMENTACIÓN

6.1. Modelado 3D

La realización del modelado 3D de nuestro proyecto se divide en dos apartados, el supermercado y los productos que en el aparecen.

6.1.1. Supermercado

La arquitectura del supermercado ha sido modelada usando conjuntamente SketchUp y el propio motor de Unity. La distribución del supermercado ha sido consensuada con los médicos para ser lo más cómoda y simple para los pacientes. A continuación se muestran las distribuciones en planta del nivel reponedor y del juego de comunidades.

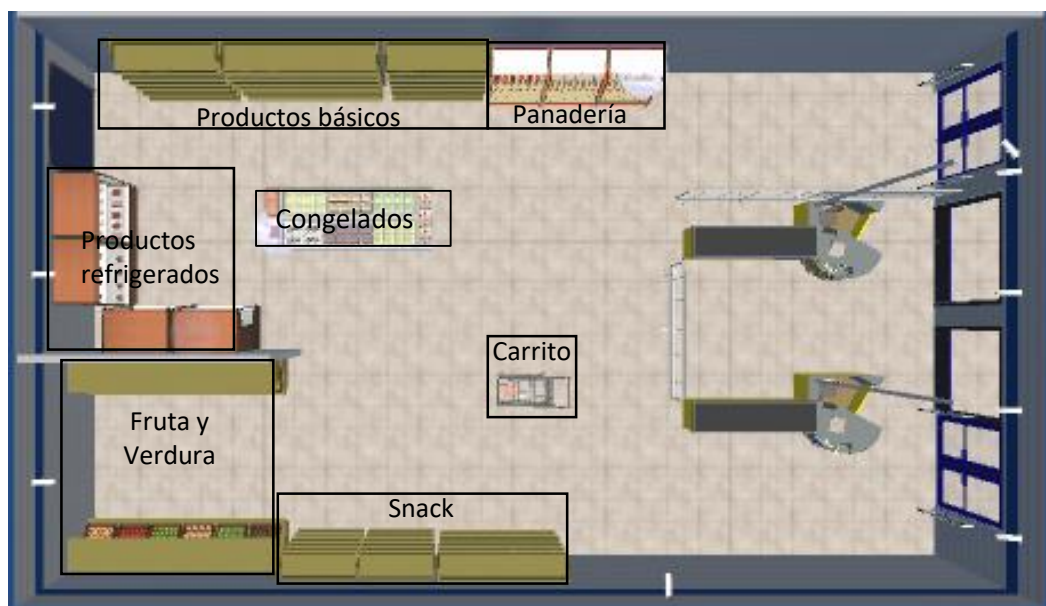


Figura 6.1 Distribución en planta nivel reponedor. Captura unity

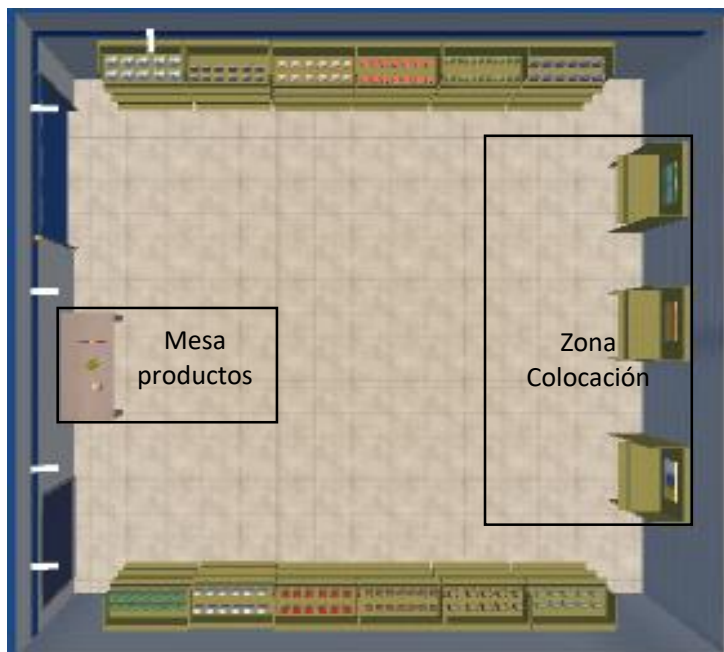


Figura 6.2 distribución en planta nivel comunidades. Captura unity

Por una parte, con SketchUp se ha realizado todo el modelaje del supermercado: paredes, techos, mobiliaria y puertas. Todos estos objetos se han exportado posteriormente a formato .obj para poderse utilizar en el entorno de Unity de la siguiente manera.

En primer lugar se modela el objeto que se necesita, como se puede ver en la siguiente imagen de un muro del supermercado.

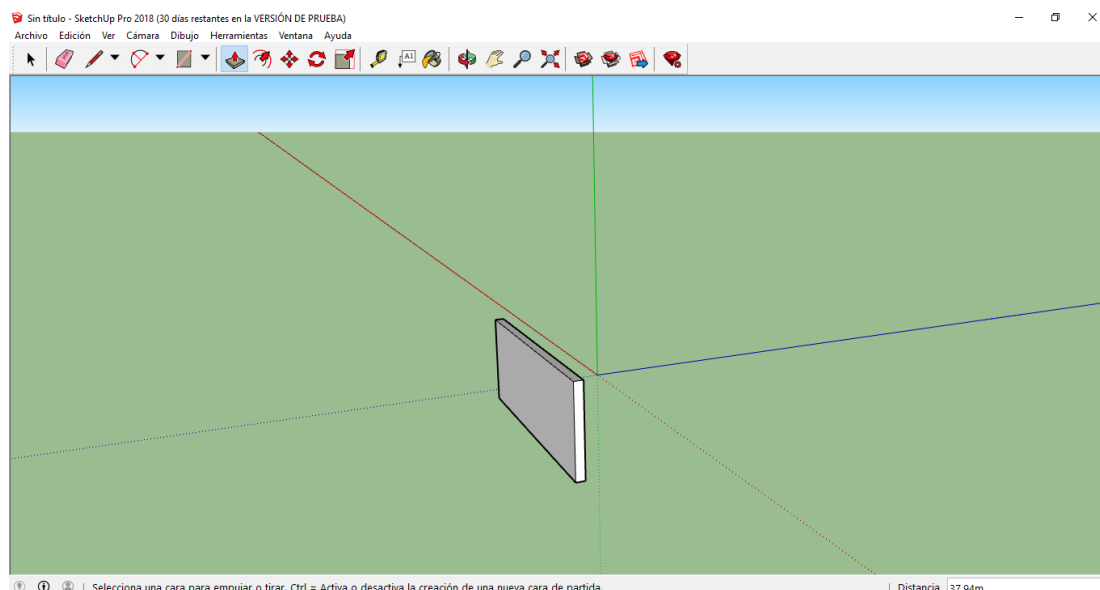


Figura 6.3 Modelado objeto Sketchup. Captura Sketchup Pro.

Una vez se tiene modelado todo el producto, se exporta como podemos ver en la *figura 6.4*.

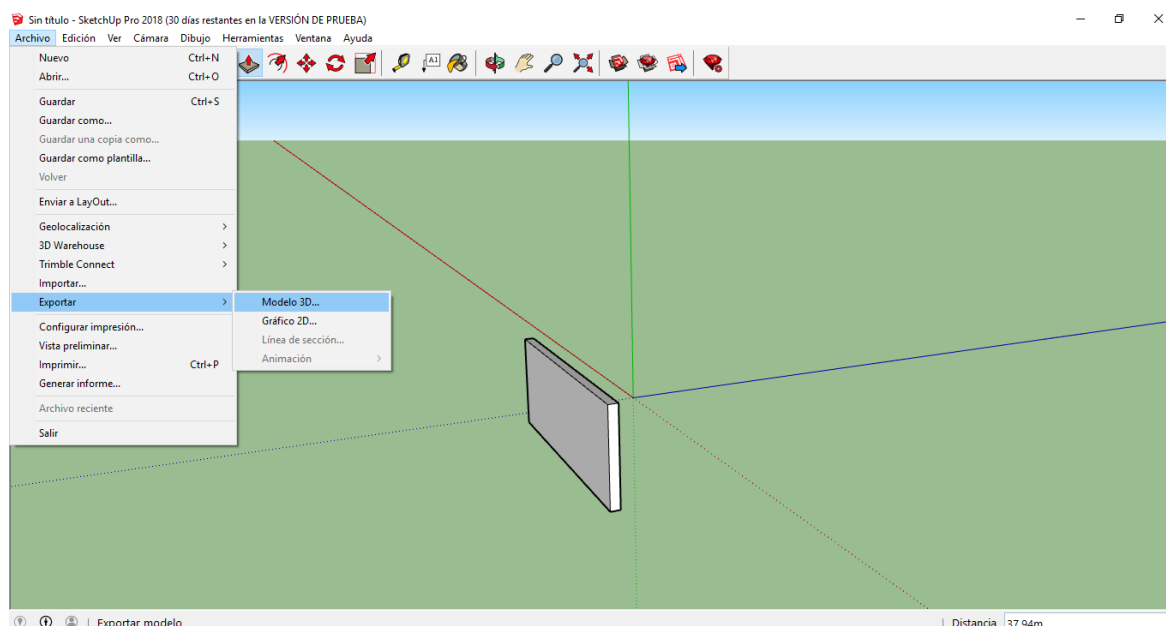


Figura 6.4 Exportación modelo sketchup a modelo 3D. Captura Sketchup Pro

Una vez el modelo es importado a Unity se le añaden todas la texturas de los mismos para dar un aspecto más realista. En cuanto a las cajas registradoras y luminaria fueron descargadas de paquetes de ayuda de libre uso que Unity facilita a sus usuarios.

6.1.2. Productos

En cuanto a los productos, después de debatir la lista definitiva con los médicos del centro de día del Hospital Clínic, se han buscado en bibliotecas de libre uso los objetos que podríamos utilizar, como no había ninguna biblioteca sobre supermercados se han tenido que modelar la mayoría de los productos.

Los productos más sencillos como pueden ser cajas de galletas, cereales o pizzas, es decir, los que tienes formas geométricas básicas se han modelado directamente en el motor de Unity como se ve gráficamente en la *figura 6.5*.

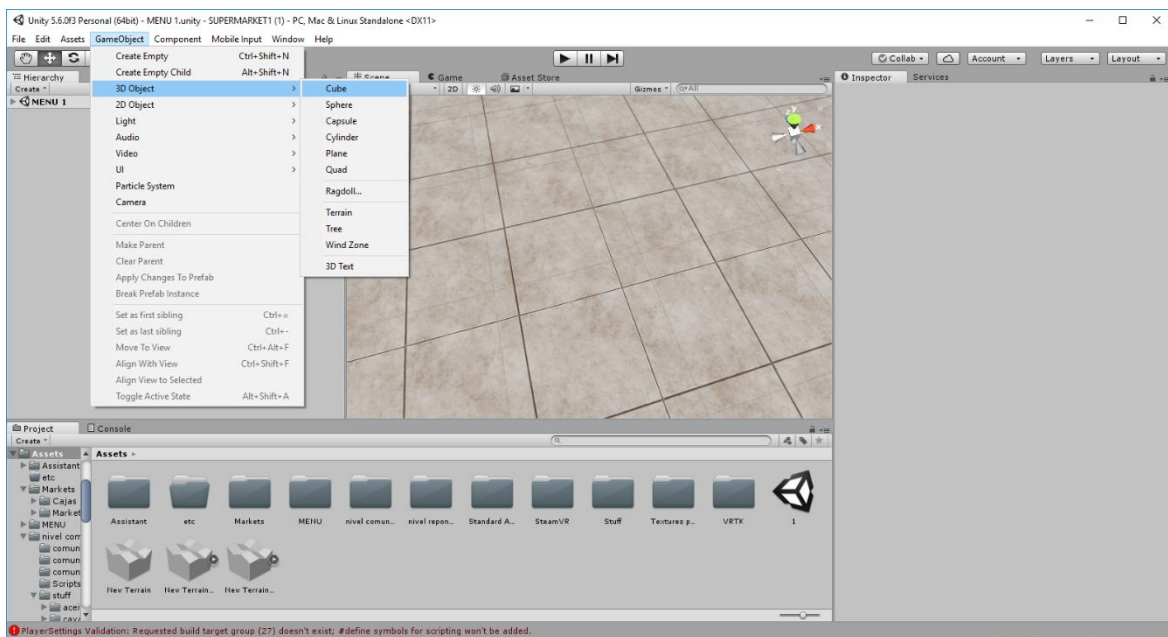


Figura 6.5 Modelado 3D desde Unity3D. Captura de pantalla Unity 3D.

De esta manera Unity 3D posee un motor muy intuitivo y fácil de utilizar para crear objetos con geometrías sencillas.

Mientras los productos de formas más complejas como tubos de dentífrico, pan o frutas y verduras se han tenido que modelar en SketchUp para posteriormente ser importadas a Unity.

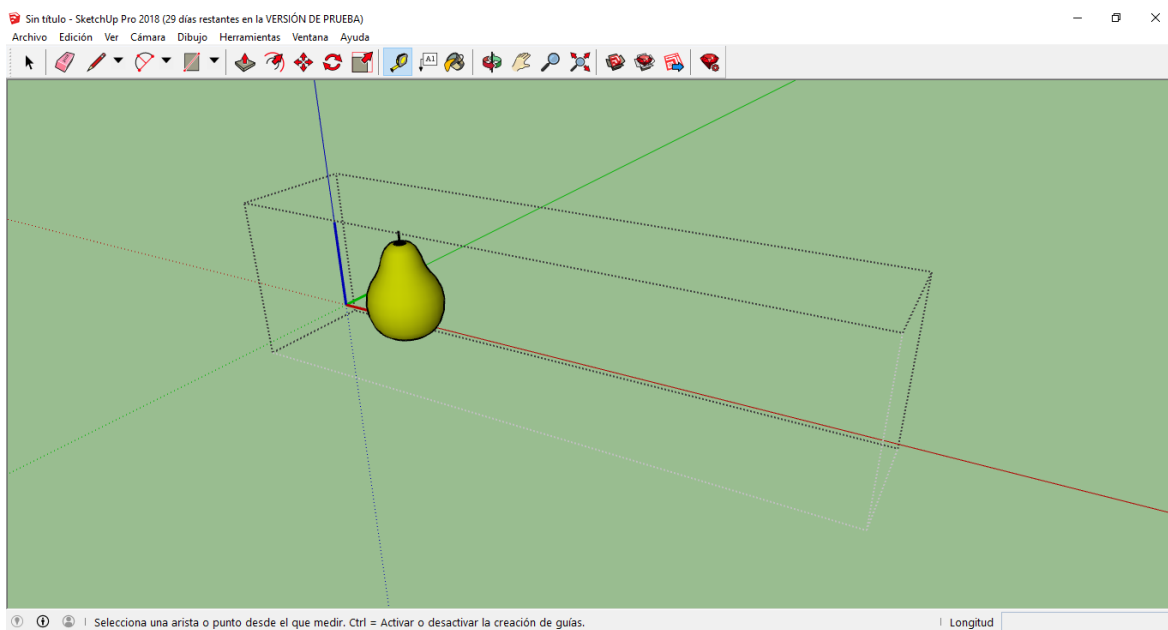


Figura 6.6 Modelado de una pera en SketchUp(Captura de pantalla SketchUp)

En ambos casos las texturas eran añadidas directamente en Unity, ya que al importar texturas de otros programas pierden calidad e incluso pueden cambiar sus colores.

Para añadir las texturas, se buscaban previamente y se editaban para hacerlas lo más reales posibles y se añadían al producto arrastrando la textura a la casilla del inspector que se denomina Albedo. Como se puede ver en la *figura 6.7*.

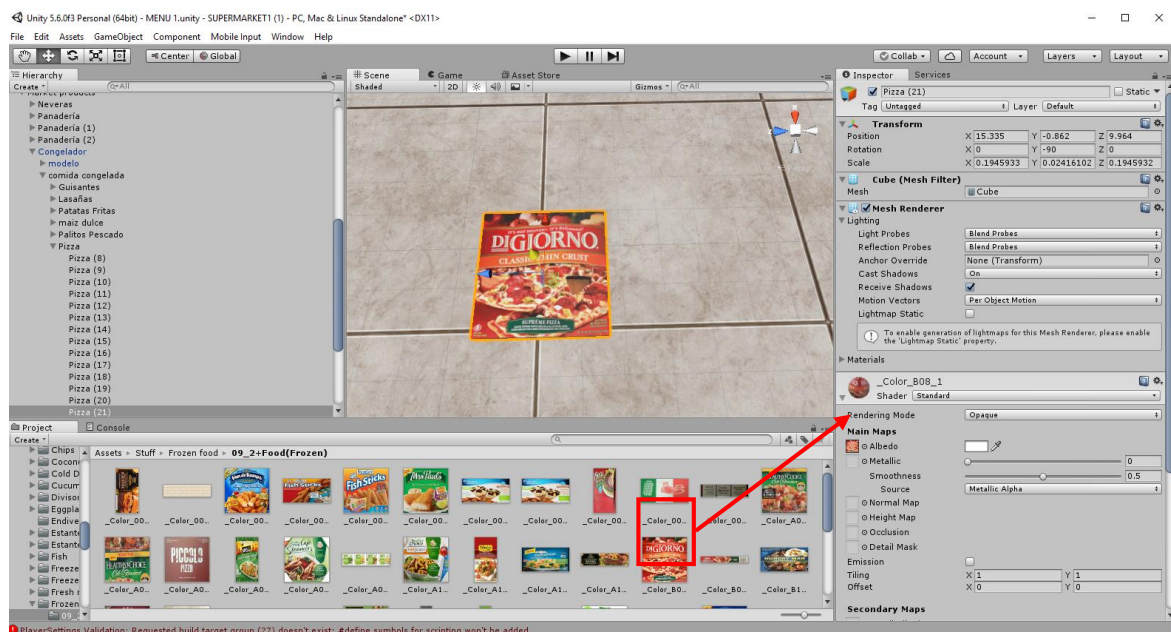


Figura 6.7 Introducción de textura a un producto. Captura de pantalla Unity 3D.

6.2. Modelado 2D

En este apartado se incluyen todos los menús y diferentes capas que el usuario está viendo mientras juega, como el tiempo restante para acabar el nivel o el mensaje que aparece cuando completa un nivel.

Unity tiene la posibilidad de crear capas, llamadas *canvas* en la aplicación, de una forma muy sencilla como se muestra en la *figura 6.8*

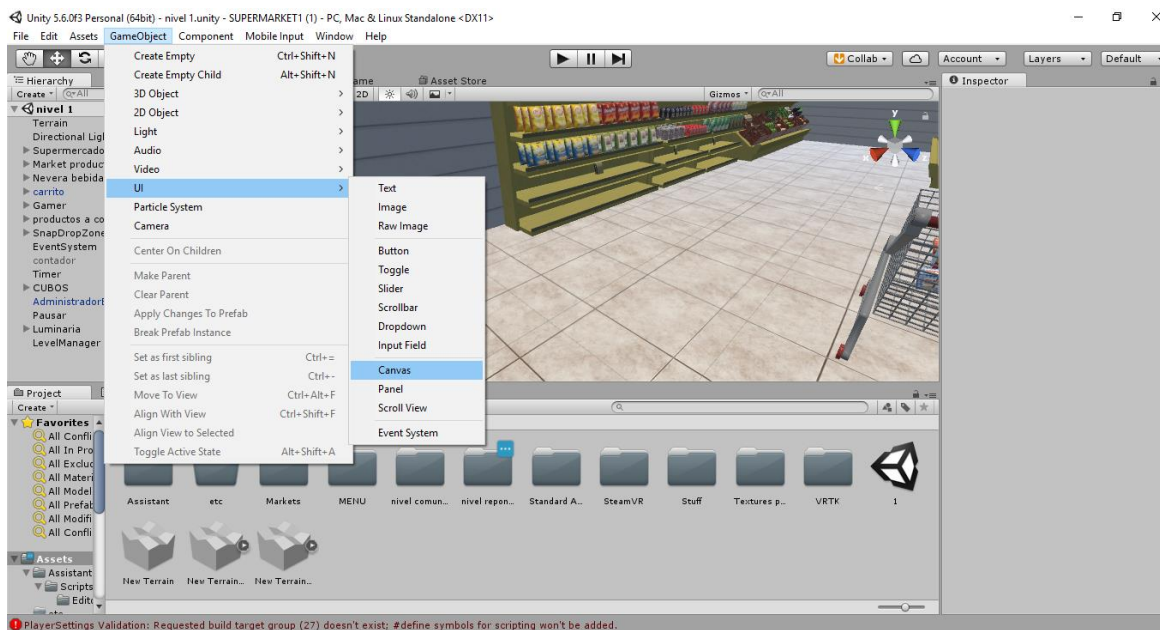


Figura 6.8 Ejemplo creación de Canvas (Captura de pantalla de Unity)

En estas *canvas* tiene la posibilidad de añadir las texturas, transparencia o incluso las imágenes que uno quiera, y puede añadir botones para interactuar con ellas.

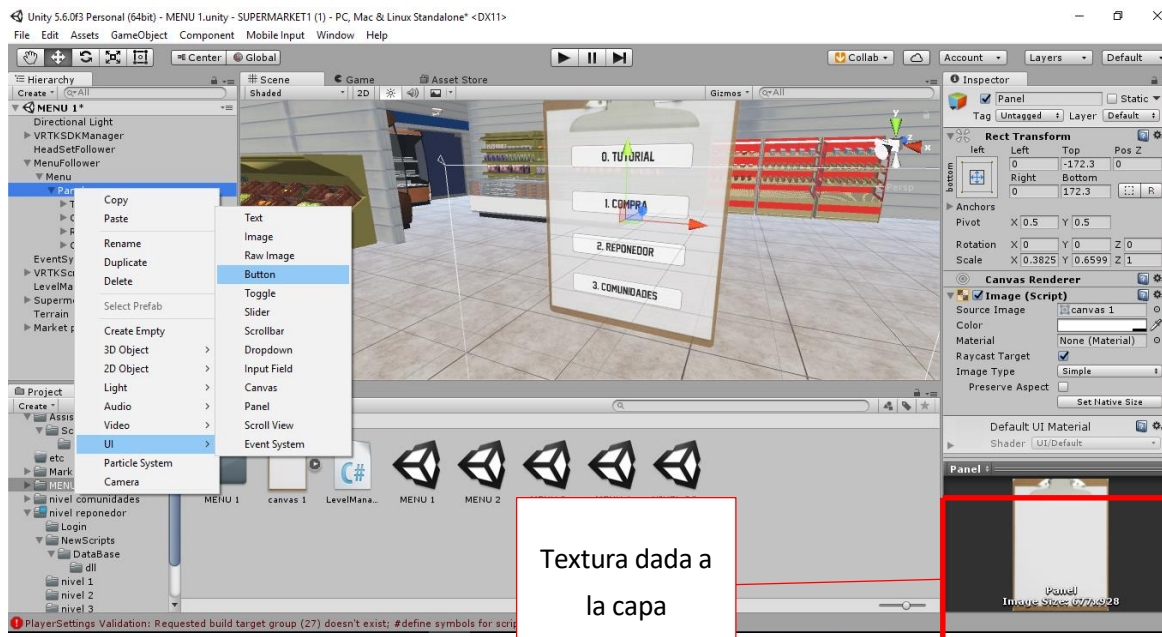


Figura 6.9 Ejemplo creación de botón y adición de textura (Captura de pantalla Unity)

Una vez has creado un botón o cualquier otro elemento de canva interactuable este no servirá de nada hasta que se le añadas un script con la programación necesaria.

Como este proyecto se trata de un juego ambientado en un supermercado las capas de los son listas de la compra con botones interactivables para pasar al siguiente menú, empezar el juego o volver atrás.



Figura 6.10 Canva finalizada de uno de los menús (Captura de pantalla del juego)

En cuanto a las capas para indicar cuanto tiempo queda de juego y la de finalización de nivel, las capas son transparentes y solo se verá el tiempo que queda o el mensaje de finalización del nivel dependiendo del caso. Resumiendo, el usuario verá el entorno de realidad virtual, el supermercado, y superpuesto a él el tiempo.



Figura 6.11 Canva que indica el tiempo restante para acabar el nivel (Captura de pantalla del juego)

En la realidad virtual el uso de estas *canvas* tiene una dificultad añadida, ya que, al trabajar con gafas (dos pantallas) y no sobre una pantalla convencional, no se puede poner la capa superpuesta a la imagen a modo de filtro, si no que la *canva* ocupa un lugar en el entorno de realidad virtual y hay que programar para que se mueva siempre a la misma distancia y al frente de nuestro personaje.

6.3. Programación

Una vez el entorno de la aplicación está realizado queda la parte de programación, esta es la parte más importante, ya que, sin ella sólo sería un modelo en 3D, sin ningún tipo de interacción con el usuario.

La programación que ha sido implementada conjuntamente con Visual Studio y el propio motor de Unity se puede dividir en 5 grandes bloques que se detallan a continuación.

6.3.1. Añadir cualidades físicas.

En este primer bloque se han atribuido a todos los objetos que aparecen en nuestro modelo unas cualidades físicas, para hacer todo lo más real posible se ha intentado conseguir que se comporten tal como lo harían en la vida real, las principales son las siguientes.

- Qué el objeto en cuestión se comporte como un sólido rígido, es decir tenga masa y cumpla las leyes de la gravedad, esto será importante a la hora de coger y dejar cosas, de que se caigan si las soltamos etc.
- Que el objeto pueda colisionar, es decir que puedan chocar entre ellos y no se atraviesen unos a otros al entrar en contacto, con ellos conseguimos apoyar cosas encima de otras, como las estanterías en el suelo, el propio personaje en el mismo o cada producto en su estantería.

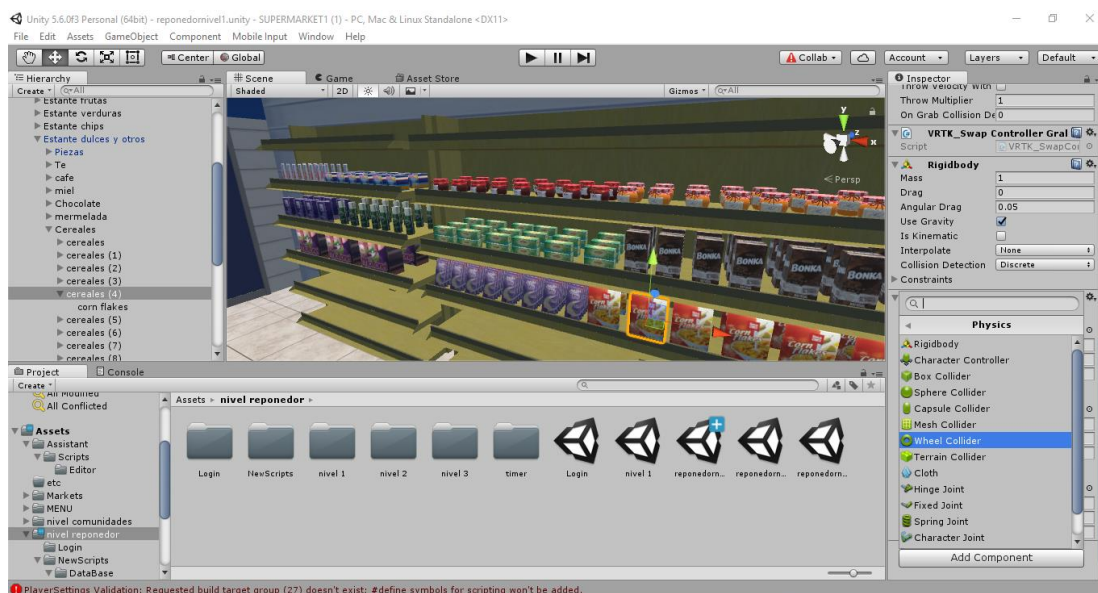


Figura 6.12 Ejemplo de físicas en un producto. (Captura de pantalla Unity)

6.3.2. Programación del personaje

La programación del personaje en el ámbito de la realidad virtual es un tema muy complicado, por suerte Unity pone a disposición del usuario paquetes de ayuda relacionados con este tema, lo que hace que este proceso se mucho más sencillo. Esta es una de las razones por las que se ha elegido Unity frente a otros motores de videojuegos.

Lo primero que hay que hacer para empezar a programar nuestro personaje es eliminar las cámaras que vienen por defecto en la jerarquía. Una vez hecho esto es necesario descargarse de la tienda de Unity el controlador de *SteamVR*, este controlador es necesario para poder utilizar las gafas de realidad virtual *HTC Vive* en un ordenador.

Cuando ya tenemos está plataforma descargada podemos empezar a añadir los script necesarios a el juego para poder ser controlado mediante el dispositivo de realidad virtual. El primer paso es añadir el prefab que Unity ofrece con las dos cámaras necesarias (una por cada ojo en RV).

El siguiente paso es añadir los controladores para poder mover nuestro personaje con los mandos, y utilizar los distintos botones para las acciones que queramos asociar en ellos. Para ellos se han de crear dos *GameObjects* vacíos, uno por cada mando, y asociar los scripts del paquete de ayuda que relacionan los mandos con el juego mediante la plataforma de *SteamVR*.

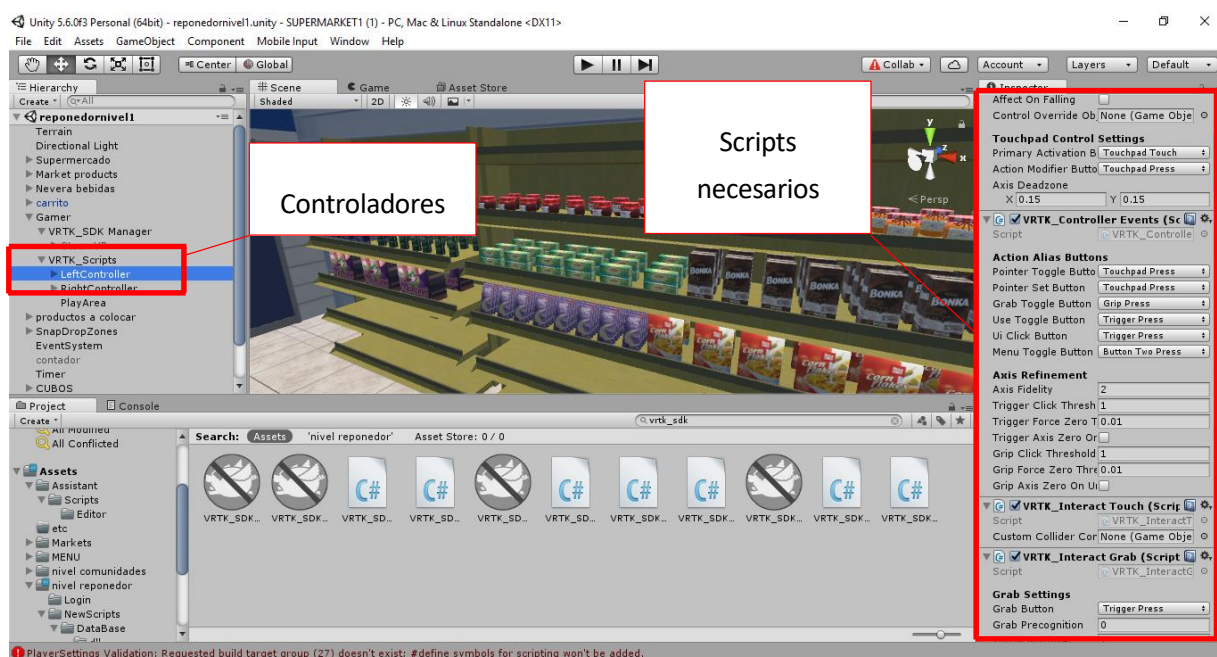


Figura 6.13 Controladores y Scripts necesarios para el uso de mandos (Captura de pantalla Unity)

Una vez hecho esto se podrán asociar a cada botón del mando scripts predeterminados del paquete de ayuda o nuestros propios scripts.

6.3.3. Hacer objetos interactivos

Una vez todos los objetos tienen asociadas unas cualidades físicas y los mandos tienen los scripts necesarios para asociar cada botón a una acción, es necesario dotar a los objetos de una serie de scripts que permitan la interacción con los mandos, para ello, hay una serie de scripts que vienen en el paquete de ayuda para RV de Unity. Por lo tanto habrá que añadir a cada objeto los scripts necesarios para que puedan interactuar con los mandos.

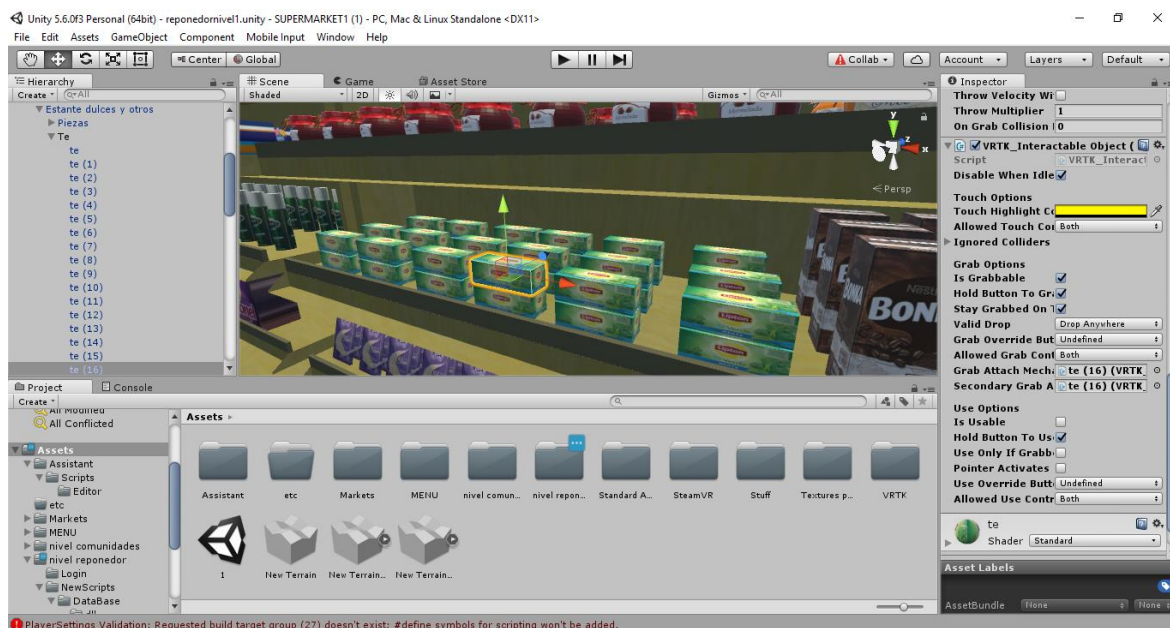


Figura 6.14 Scripts para poder interactuar con los mandos. (Captura de pantalla Unity)

6.3.4. Programación de las canvas

Como se ha explicado en el apartado anterior se han implementado diversos tipos de canvas, que se pueden dividir en dos bloques: menús e información durante el juego. Dichas canvas serían totalmente inútiles sin una programación asociada que les permita hacer las funciones demandadas.

6.3.4.1. Programación de menús

En la aplicación se pueden encontrar dos tipos de menú. En primera instancia, nos encontramos con un menú que sólo es visible a través de la pantalla del ordenador por la persona que está al mando del paciente, aquí se deberán introducir usuario y una contraseña, si son correctas podrá pasar al siguiente menú y elegir el tipo de juego.

Para realizar esto se ha de asociar al botón un script que compare las variables tipo string introducidas con las de la base de datos, si estas son iguales podrá acceder al resto de la aplicación.

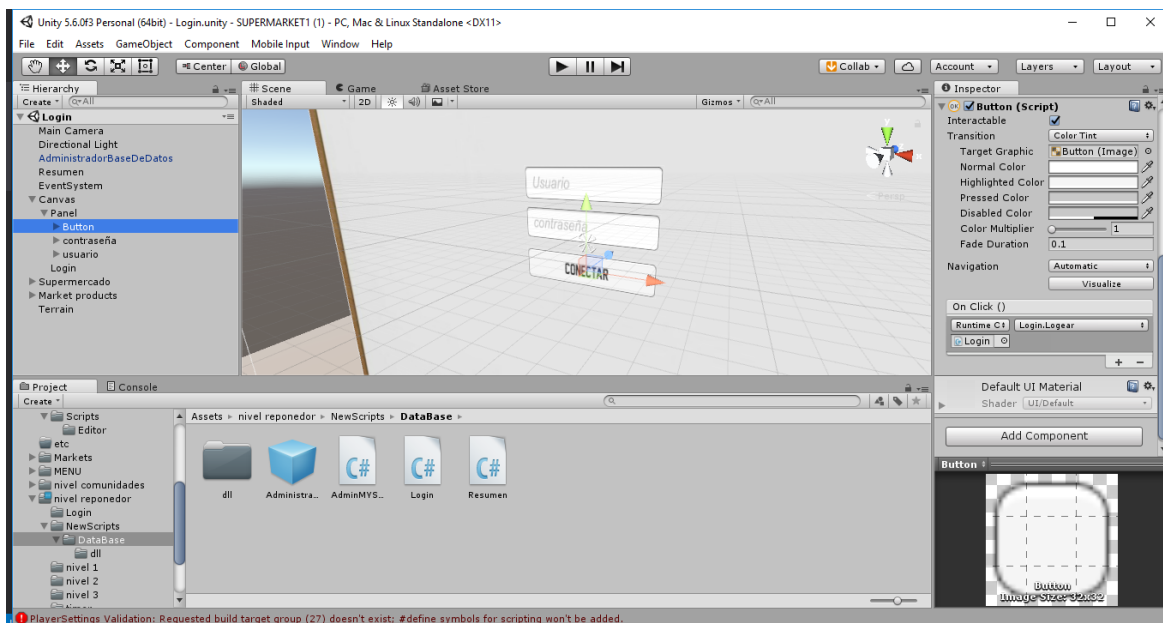


Figura 6.15 Botón conectar base de datos. (Captura de pantalla Unity)

El script “Login” asociado al botón es el siguiente:

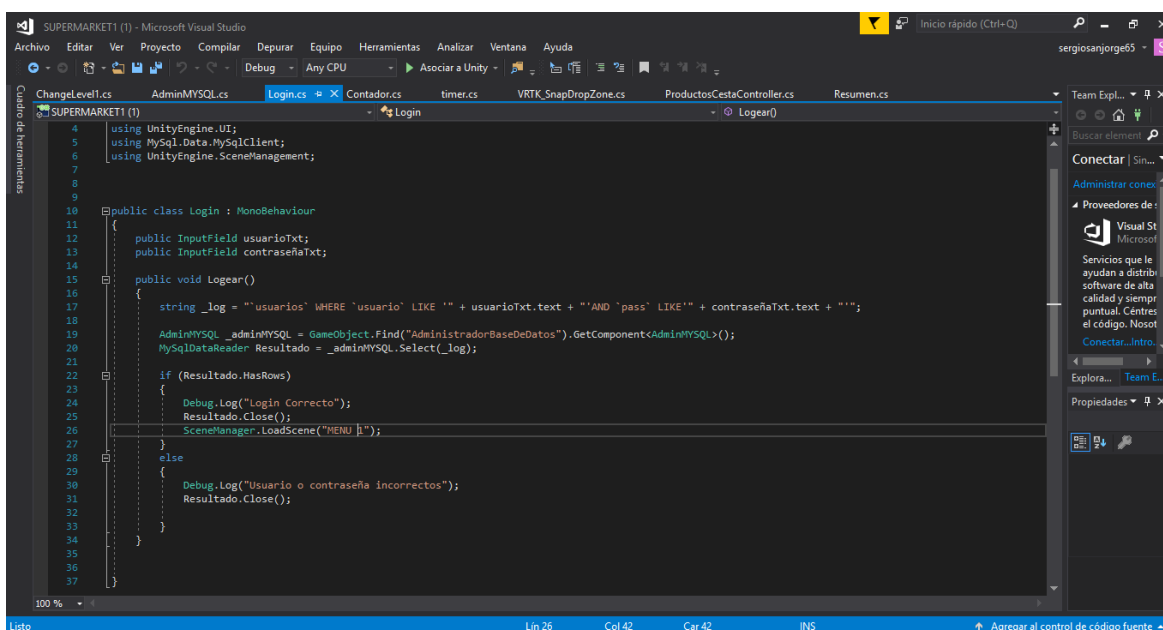


Figura 6.16 Script para comunicar con la base de datos. (Captura de pantalla Visual Studio)

Por otra parte nos encontramos con el menú principal que permite al usuario elegir el juego deseado y su nivel de dificultad mediante las gafas de RV y los mandos interactivos.

Para ello se ha tenido que programar un script que permita cambiar de escena y asociarlo a los botones de las canvas de la siguiente manera.

En el inspector del botón se encuentra una casilla que se denomina “On Click ()”, allí es donde se le asocia el script que desees, que en este caso es el que se encarga de cambiar de escena una vez se clicia encima del botón. Como se puede ver en la *figura 6.17* en la que se le aplica al botón “Reponedor” un cambio de escena al “MENU 3” mediante el script “LevelManager”.

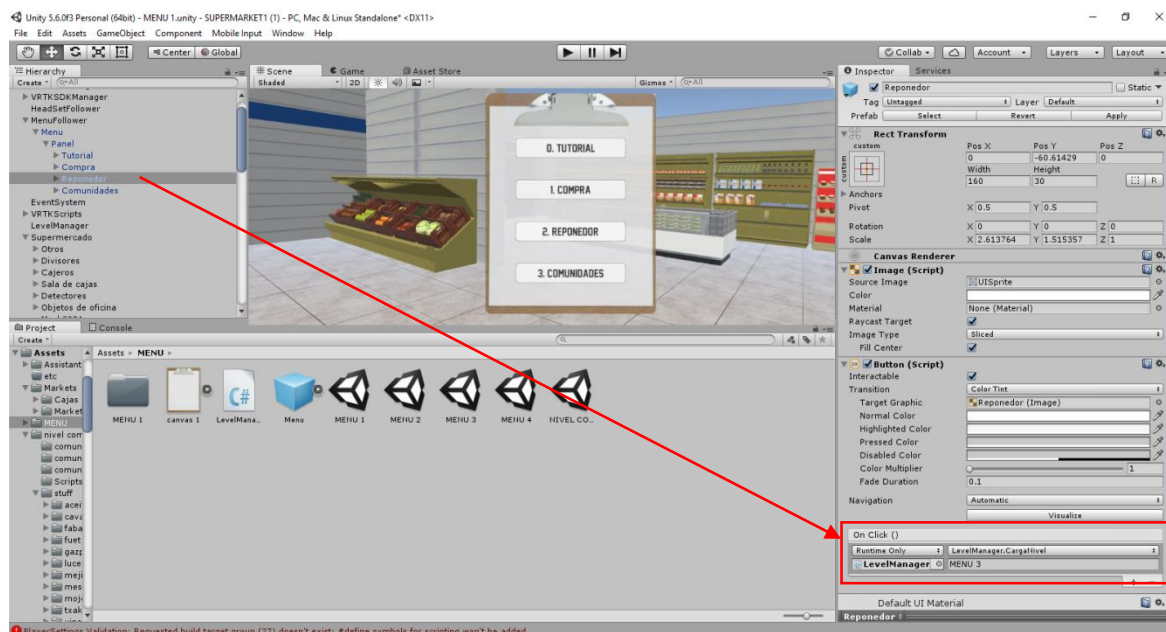
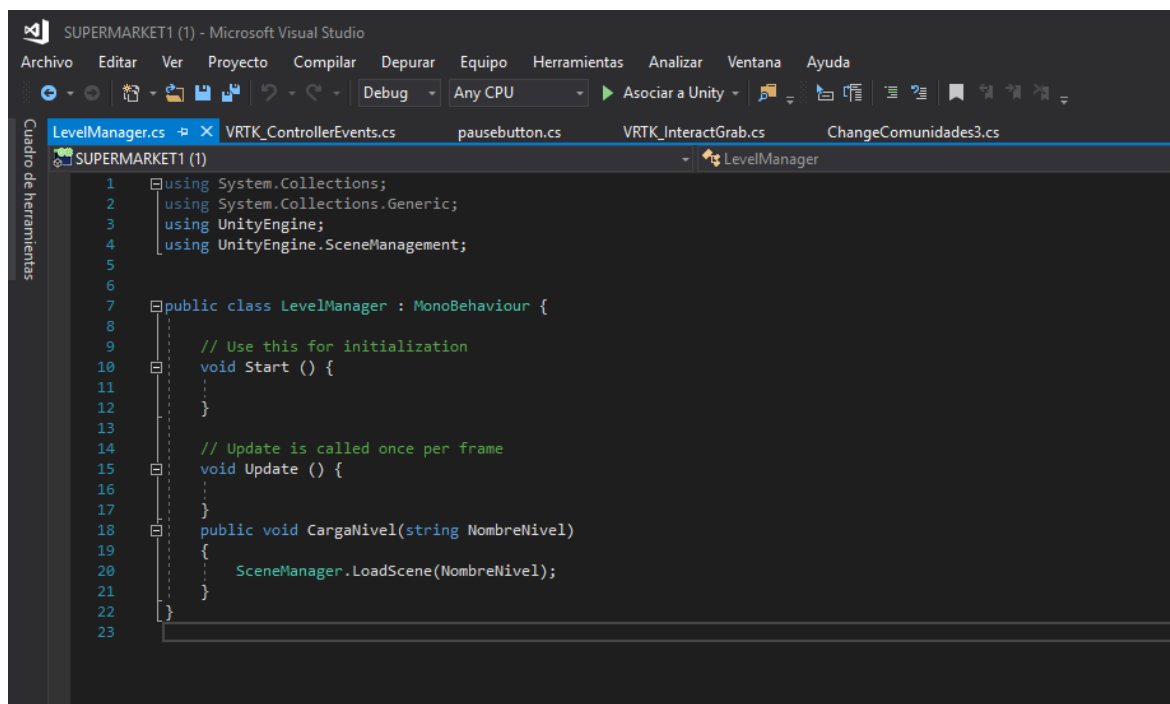


Figura 6.17 Lugar de asociación del script con el botón. (Captura de pantalla Unity)

Dicho Script, se ha programado mediante Visual Studio como se puede ver en la *figura 6.18*:



```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5
6
7 public class LevelManager : MonoBehaviour {
8
9     // Use this for initialization
10    void Start () {
11
12    }
13
14    // Update is called once per frame
15    void Update () {
16
17    }
18    public void CargaNivel(string NombreNivel)
19    {
20        SceneManager.LoadScene(NombreNivel);
21    }
22 }
23
```

Figura 6.18 Script cambio de escena. (Captura de pantalla Visual Studio)

Además de los menús previos al inicio del juego, hay un menú que se puede activar durante el juego si se presiona el botón 2 en el mando. Este te dirige a un menú de pausa que te permite decidir si quieres volver al menú principal o si quieres seguir jugando. Además cuando este está activado, se detiene el tiempo de juego.



Figura 6.19 Aspecto menú pause. (Captura de pantalla Unity)

Para programar la detención del tiempo y que aparezca la canva en pantalla se programó un script denominado “Pausar” y se le asoció al botón 1 de la siguiente manera.

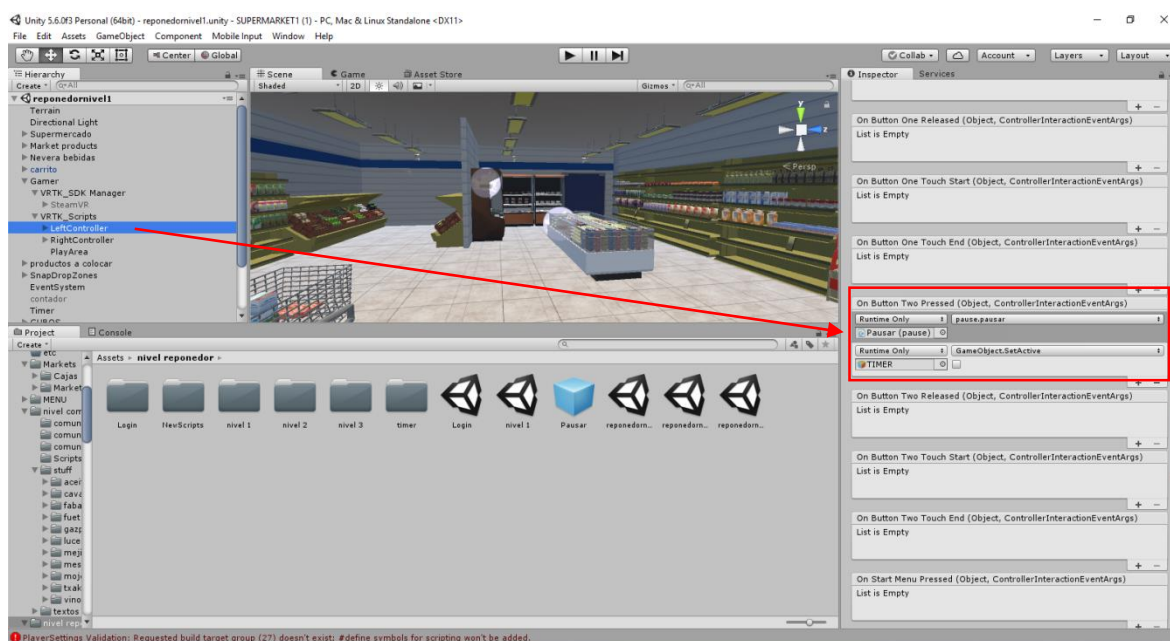


Figura 6.20 Asociación script pausar con el botón 1 del mando. (Captura de pantalla Unity)

Dicho paso se realizó en los dos controladores para poder activar el botón de pause con los dos mandos.

6.3.4.2. Información durante el juego

Cuando se inicia un nivel, siempre esta visible en pantalla un contador de tiempo que empieza en 300 segundos y va descendiendo hasta llegar a 0. Para hacer que el contador este visible en pantalla se le asocia un script que va actualizando el valor que se imprime en pantalla. Este contador es el tiempo que como máximo se dispone para completar el nivel y si este llega a 0 aparece un mensaje en pantalla felicitando al usuario por terminar el nivel, independientemente de la puntuación conseguida.

Para ello se le asocia el script “timer” a una variable de texto que se encuentra dentro de una canva, para que pueda ser vista en pantalla.

```

1 using System.Collections;
2 using UnityEngine;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5 using MySQL.Data.MySqlClient;
6
7 public class timer : MonoBehaviour {
8     public GameObject DesactivaContador;
9     public GameObject ObjectToDisable;
10    public GameObject Contador;
11    public Text contador;
12    public float tiempo = 30f;
13
14
15
16
17
18
19    void Start ()
20    {
21        contador.text = " " + tiempo;
22    }
23
24
25
26    // Update is called once per frame
27    void Update()
28    {
29        tiempo -= Time.deltaTime;
30        contador.text = " " + tiempo.ToString("f0");
31
32        if (tiempo <= 0)
33        {
34            contador.text = "0";
35            DesactivaContador.SetActive(false);
36            ObjectToDisable.SetActive(true);
37            Contador.SetActive(true);
38        }
39    }
40
41
42
43

```

Figura 6.21 Script contador de tiempo. (captura de pantalla Visual Studio)

Una vez llega a 0 desactiva la visión del contador en pantalla y activa el mensaje de felicitación. Transcurridos 5 segundos con el mensaje de felicitación automáticamente el juego se redirecciona automáticamente al menú principal.

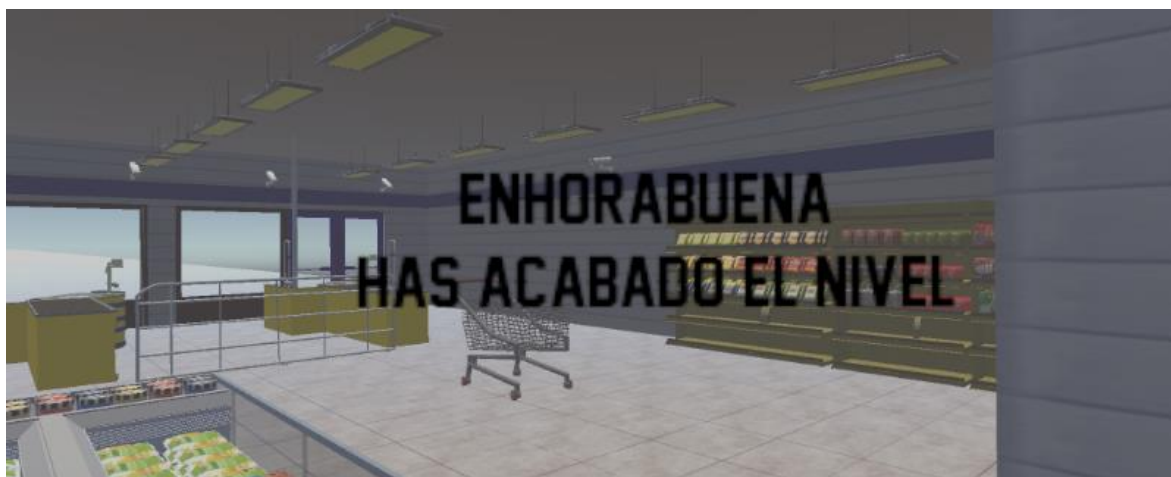


Figura 6.22 Mensaje de felicitación que aparece una vez finalizado el nivel. (Captura de pantalla Unity)

6.3.5. Obtención de datos

Para la contabilización de aciertos durante la partida se han tenido que crear zonas de detección de objetos, estas zonas están situadas en las estanterías en que se han de depositar los objetos con que se juega. A estas zonas van asociados unos scripts que leen las etiquetas de los objetos y comparando la etiqueta del objeto dejado en la estantería con el objeto correcto, si la etiqueta es correcta se suma un acierto. En unity las etiquetas son variables de texto que puedes asociar a cada *GameObject*, por lo tanto se han tenido que etiquetar los distintos objetos para poder comprarlos con la etiqueta de su zona. Cabe destacar que cuando un objeto es acercado a su zona, esta se ilumina, para que el usuario sepa que esa es una de las zonas para depositar objetos.



Figura 6.23 Zona de detección iluminada al acerca un objeto (Captura de pantalla Unity)

El otro dato que se debe obtener es el del tiempo empleado en completar el nivel, este proceso es bastante más sencillo. Simplemente cuando se aciertan todos los objetos se para el contador y se realiza una lectura de el mismo en ese momento, obteniendo así el tiempo empleado en completar un nivel.

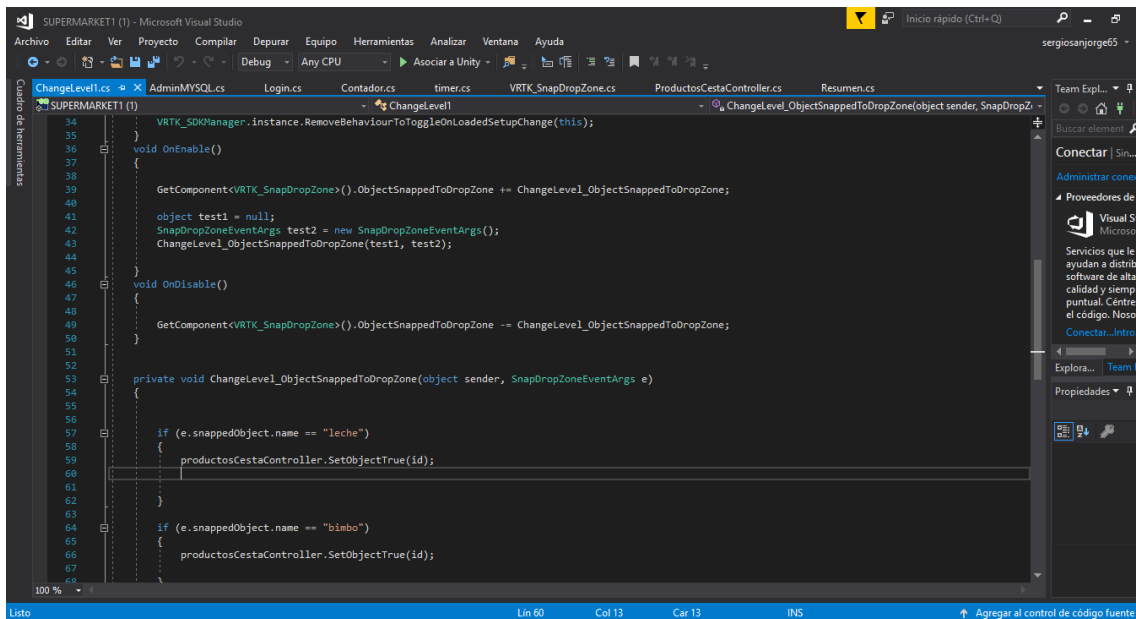


Figura 6.24 Parte del script que detecta si los objetos están bien colocados (Captura de pantalla Visual Studio)

6.4. Base de datos

Como se ha dicho anteriormente la bases de datos ha sido desarrollada mediante XAMPP, se ha creado una base de datos MySQL gestionada con apache. Para crear la base de datos es necesario descargarse XAMPP una vez hecho pulsas el botón gestionar y mediante el editor de Apache creas las diferentes tablas de la base de datos.

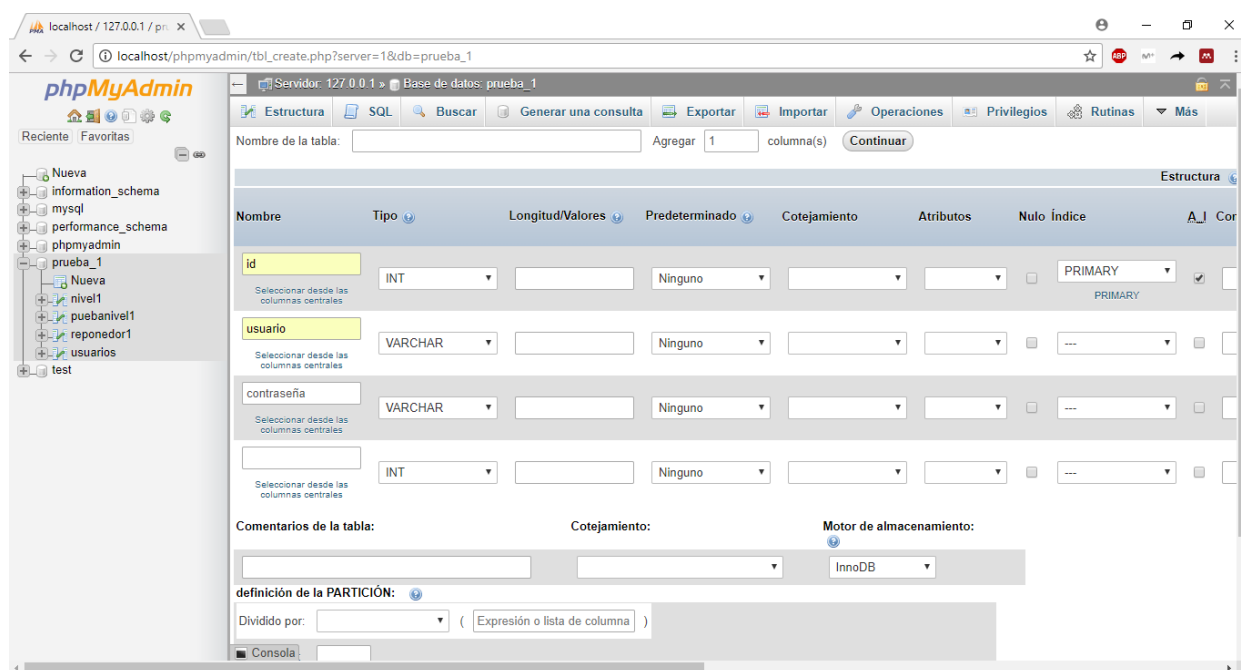


Figura 6.25 Administrador de la base local (Captura de pantalla Admin MySQL)

En una interfaz como la mostrada en la *figura 6.25* se crean las distintas tablas que necesitaremos para crear nuestra base de datos. En nuestro caso serán 7, una para administrar los distintos usuarios que vayan a usar la aplicación, es decir, los pacientes las otras 6 corresponden a cada uno de los 3 niveles que hay en los dos juegos.

La base de datos correspondiente a los usuarios tendrá una ID que será nuestra llave primaria y se autoincrementará cada vez que se quiera añadir un nuevo usuario, en cuanto al usuario y la contraseña el terapeuta podrá poner los datos que él quiera.

La tablas correspondientes a los niveles de los juegos guardaran datos de la partida, tiempo, número de aciertos y número de la partida, número de partida será nuestra llave primaria en este caso y se autoincrementara cada vez que el mismo usuario juegue una nueva partida.

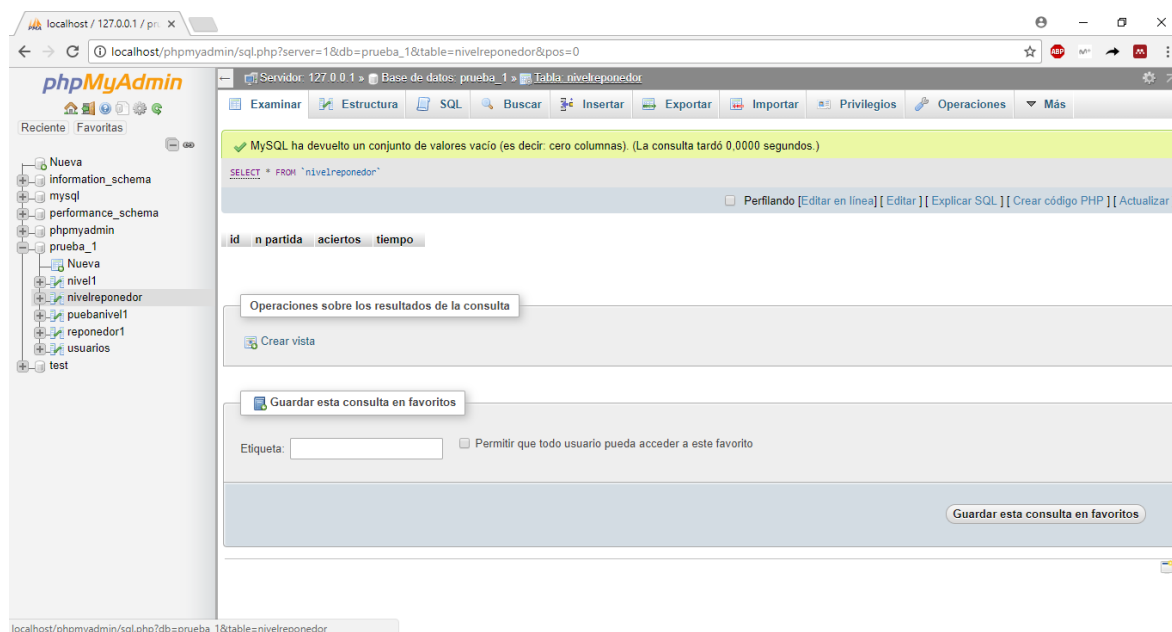


Figura 6.26 Tabla de datos de uno de los niveles (captura de pantalla admin de MySQL)

)

Cada vez que el médico quiera consultar los datos solo tendrá que pinchar en la tabla que le interese visualizar y verá una tabla como la de la *figura 6.26* con los datos del paciente.

La base de datos ha sido programada con una relación de 1 usuario a muchas partidas, es decir cada usuario podrá tener infinitas partidas en los distintos niveles, pero cada partida solo pertenecerá a un usuario.

Para comunicar la base de datos con el juego se han hecho varios scripts tanto para enviar datos a la base de datos como para consultarlos.

Al iniciar el juego, por ejemplo, se ha de consultar a la base de dato si el usuario y la contraseña son correctas. Sin embargo al acabar el nivel se envían los datos de la partida a la base de datos para que sean guardados y puedan ser consultados posteriormente.

```

SUPERMARKET1 (1) - Microsoft Visual Studio
Archivo Editar Ver Proyecto Compilar Depurar Equipo Herramientas Analizar Ventana Ayuda
Debug - Any CPU - Asociar a Unity
AdminMySQL.cs Login.cs Contador.cs timer.cs VRTK_SnapDropZone.cs ProductosCestaController.cs Resumen.cs
SUPERMARKET1 (1)
25
26
27 private void ConectarConServidorBaseDatos()
28
29     {
30         conexion = new MySqlConnection(datosConexion);
31         try
32         {
33             conexion.Open();
34             Debug.Log("Conexion con BD correcta");
35         }
36         catch (MySqlException error)
37         {
38             Debug.LogError("Imposible conectar con las Base de Datos" + error);
39         }
40     }
41     public MySqlDataReader Select(string _select)
42     {
43         MySqlCommand cmd = conexion.CreateCommand();
44         cmd.CommandText = "SELECT * FROM " + _select;
45         MySqlDataReader Resultado = cmd.ExecuteReader();
46         return Resultado;
47     }
48     public MySqlDataReader Insert(string _insert)
49     {
50         MySqlCommand cmd = conexion.CreateCommand();
51         cmd.CommandText = "INSERT INTO " + _insert;
52         MySqlDataReader Resultado = cmd.ExecuteReader();
53         return Resultado;
54     }
55
56
57
100 %
Listo Lin 52 Col 57 Car 57 INS Agregar al control de código fuente

```

Figura 6.27 Script encargado de la comunicación con la base de datos (Captura de pantalla Visual Studio)

6.5. Instrucciones de uso

En este apartado se explica de forma clara y sencilla cómo debe usar la aplicación el paciente y la persona a cargo del mismo de forma práctica.

6.5.1. Inicio base de datos

El primer paso a la hora de empezar a utilizar la aplicación es iniciar la base de datos, ya que sin ella no se podrán guardar los datos de los distintos jugadores.

Para iniciar la base de datos será necesario abrir el controlador XAMPP, una vez abierto hay que pulsar los botones “start” del Apache y del MySQL como se muestra en la siguiente figura.

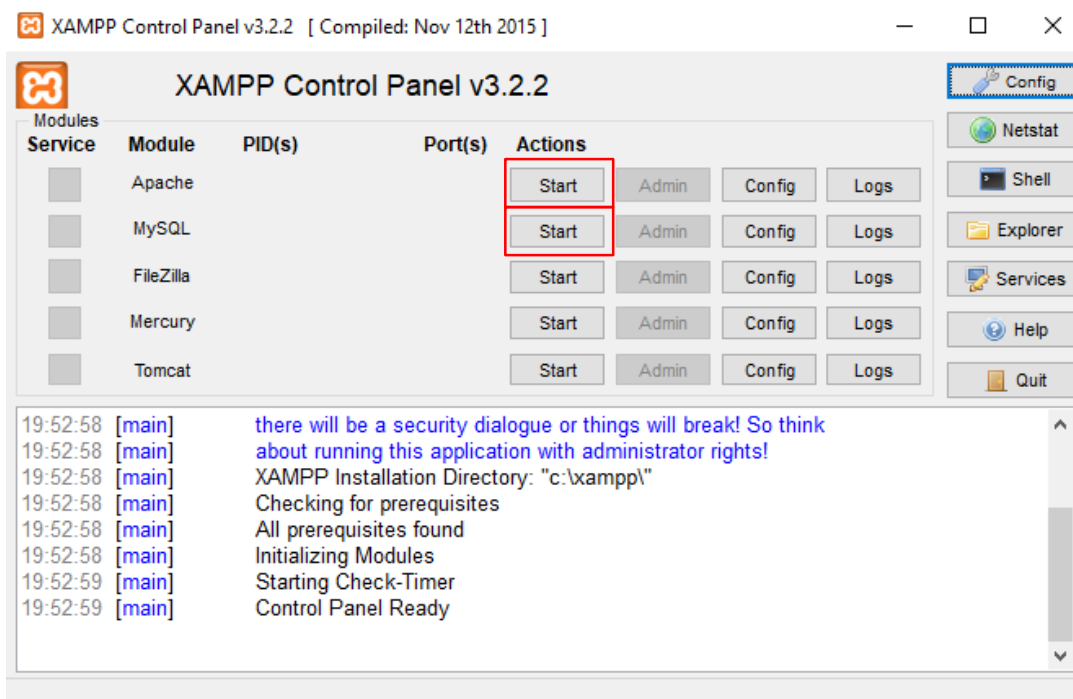


Figura 6.28 Cómo iniciar la base de datos (Captura de pantalla XAMPP)

Si a base de datos se inicia correctamente el módulo de Apache y de MySQL aparecerán subrayados en color verde, y la base de datos estará lista para guardar los datos registrados en el juego.

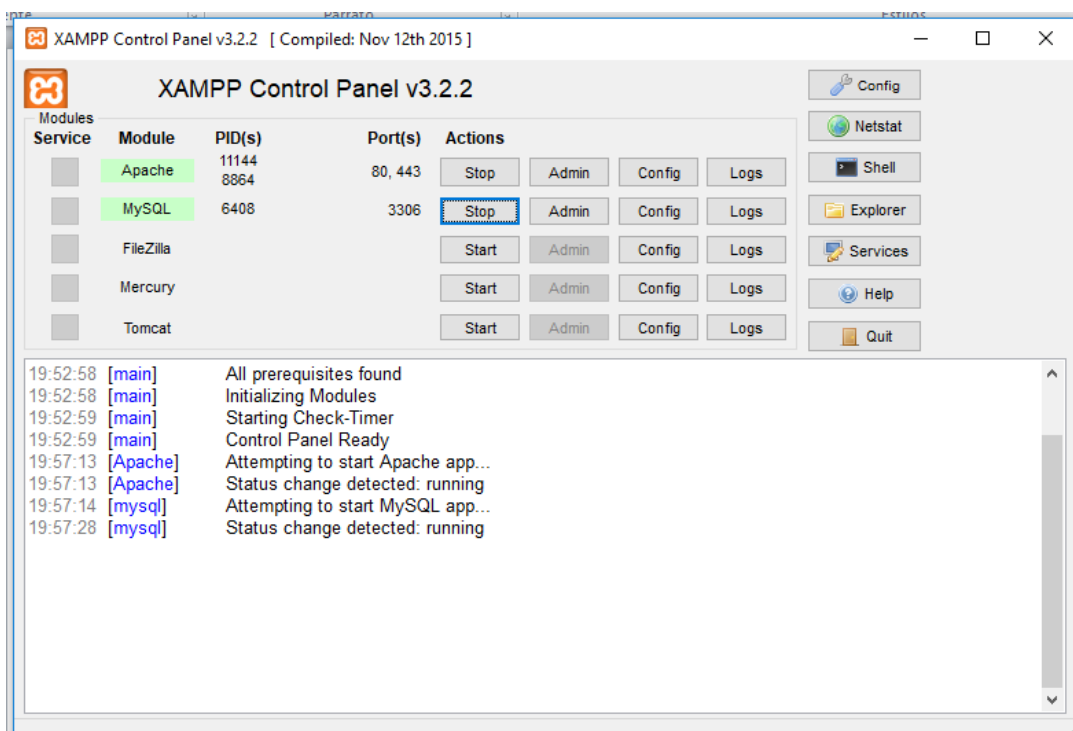


Figura 6.29 Base de datos iniciada (Captura de pantalla XAMPP)

6.5.2. Instrucciones del mando

Para poderse mover por el medio e interactuar con el medio además de las gafas se necesitan los dos mandos, que en este caso los dos harán las mismas funciones para hacer más sencillas las operaciones. A continuación se muestra el aspecto del mando y las funciones que realiza cada uno de los botones que se ha utilizado.

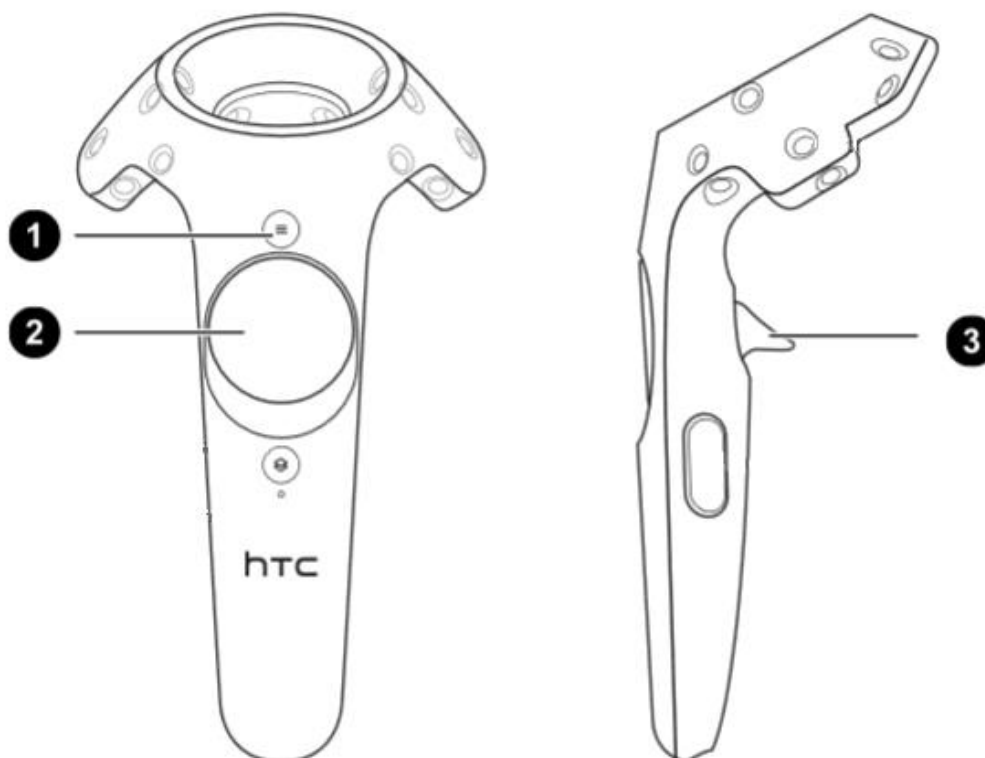


Figura 6.30 Esquema mandos HTC Vive. (Manual de usuario HTC)

Los botones utilizados son los que se muestran en la *figura 6.28*.

- Botón 1: Este botón sólo se puede utilizar cuando esta iniciado alguno de los niveles y su función es activar el menú de pause que te permite elegir entre seguir jugando o volver al menú principal.
- Botón 2: Este botón tiene dos funciones, por una parte se utiliza como trackpad para caminar por el interior del supermercado. Por otra parte si se presiona aparece un puntero laser para seleccionar los botones de los menús.

·Botón 3: este botón tiene forma de gatillo y también tiene diferentes funcionalidades si nos encontramos en menú o juego. Por una parte, si estamos en un menú y ya tenemos un botón seleccionado con el puntero laser para clickarlo se debe presionar el gatillo para aceptar la operación. Por otra parte cuando estamos dentro del juego y queremos coger un objeto lo tenemos que mantener presionado. En el momento en que se suelta el gatillo el producto dejará de estar en las manos del usuario.

6.5.3. Introducción datos del paciente

Este apartado no será visible con las gafas de realidad virtual y sólo tendrá acceso a él la persona a cargo del paciente. En esta ventana se introduce el número de usuario y contraseña del paciente. Una vez introducidos los datos se accede a la aplicación clicando con el ratón en pantalla el botón de “CONECTAR” como se puede ver en la *figura 6.31*



Figura 6.31 Aspecto menú conectar (Captura de pantalla Unity)

6.5.4. Selección del juego y nivel de dificultad

Una vez está registrado el usuario ya empieza la experiencia virtual y todo se hace mediante las gafas y los mandos interactivos. En primer lugar aparece el menú que se puede ver en la *figura 6.32* que nos permite elegir entre los diferentes ejercicios presentes.



Figura 6.32 Aspecto menú inicial (Captura de pantalla Unity)

Para seleccionar los niveles se hace con el mando interactivo como se ha explicado anteriormente y cómo se puede ver en la *figura 6.33*



Figura 6.33 Puntero de selección (Captura de pantalla Unity)

Una vez seleccionado el juego deseado nos aparecerá una pestaña con igual aspecto que nos permitirá seleccionar el grado de dificultad del nivel como se muestra en la *figura 6.35*



Figura 6.34 Menú del juego (Captura de pantalla Unity)

6.5.5. Instrucciones reponedor

Si se selecciona el juego de reponedor el paciente aparecerá en un supermercado dónde en el centro se encuentra un carrito con los productos que debe colocar en el stand correspondiente.

En la *figura 6.35* se puede ver la posición de inicio del juego dónde se puede observar en la parte superior el tiempo restante para realizar el nivel y la vista del supermercado.



Figura 6.35 Posición inicial + timer (Captura de pantalla Unity)

Para poder coger los objetos el paciente debe acercarse al producto y acercar el mando hasta que éste cambie su color a un tono amarillo. Eso quiere decir que el producto es seleccionable y si se presiona el gatillo este será cogido hasta que se deje de presionar el gatillo.



Figura 6.36 producto seleccionable (Captura de pantalla Unity)

Para saber si la posición de los productos a colocar es correcta, cuando el paciente aproxime el producto a la zona correcta aparecerá el mismo producto en rojo en la zona de colocación, en ese momento debe dejar de presionar el gatillo y el producto se colocará correctamente. Como se puede ver en la figura 6.37



Figura 6.37 Zona de colocación (Captura de pantalla Unity)

Una vez colocados todos los productos o finalizado el tiempo aparecerá automáticamente un mensaje de felicitación al paciente y posteriormente se redirigirá al menú principal dónde podrá elegir otro nivel de juego.

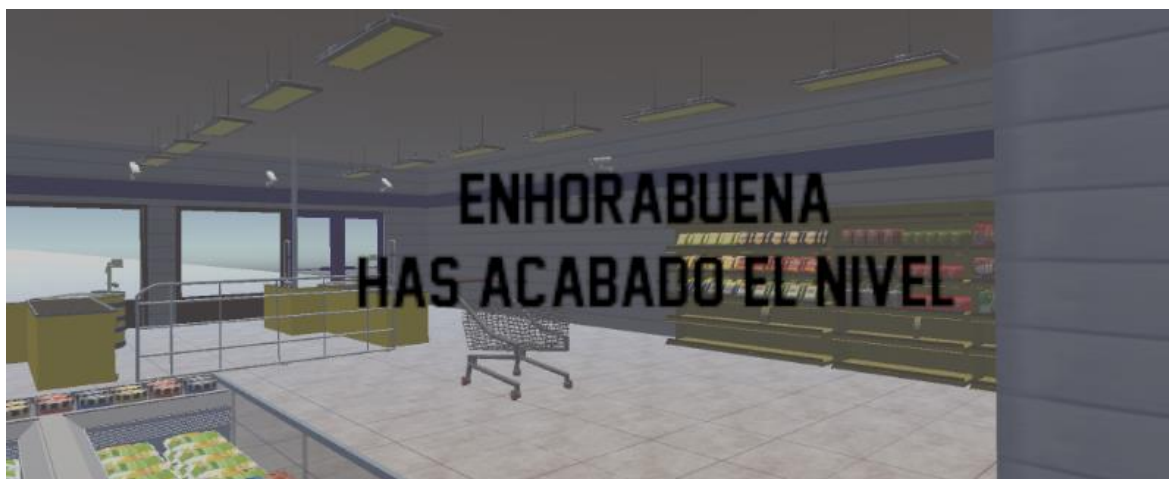


Figura 6.38 Mensaje finalización de nivel (Captura de pantalla Unity)

6.5.6. Instrucciones comunidades

Si se selecciona el ejercicio de comunidades el paciente aparecerá en una sala cuadrada dónde en los laterales se encontrará estanterías con productos diversos de supermercado. Estos productos solo son para ambientar la escena, pero no serán interactivos para el ejercicio.

Para realizar el ejercicio el paciente se debe centrar en el principio y el fondo de la sala. En una parte encontrará una mesa con diversos productos, como se puede ver en la *figura 6.39*. Cada uno de estos productos es característico de una comunidad autónoma de España. En la otra parte de la sala el paciente podrá visualizar diversos stands vacíos, cada uno de ellos con una bandera de una comunidad autónoma distinta, como se puede visualizar en la *figura 6.40*.



Figura 6.39 Mesa con productos a colocar (Captura de pantalla Unity)



Figura 6.40 Estanterías en las que se deben dejar los productos (Captura de pantalla de Unity)

Por lo tanto el paciente deberá colocar cada uno de los productos en el stand con la bandera de su comunidad autónoma. De la misma manera que en el ejercicio de reponedor, una vez acercas el producto a la zona correcta se iluminará un objeto en color rojo en la zona de colocación, como se puede ver en la figura 7.41.



Figura 6.41 Zona de colocación de productos iluminada (Captura de pantalla de Unity)

Una vez colocados todos los productos o finalizado el tiempo, de la misma manera que en el ejercicio de reponedor aparece un mensaje automático felicitando al usuario por haber completado el nivel.

7. RESULTADO

A continuación se expondrán los resultados en los distintos ámbitos de la realización del proyecto, tanto a nivel personal como tecnológico.

En primer lugar cabe destacar el aprendizaje sobre la enfermedad del Alzheimer ya que para poder realizar la aplicación, hubo un proceso previo de aprendizaje de cómo esta afecta a la salud y de las distintas etapas que esta tiene en los pacientes que la sufren, ya que el tipo de terapias planteada en esta aplicación solo tiene un beneficio para el paciente en los primeros estadios de la misma.

Para realizar la aplicación también hubo un estudio previo sobre las distintas tecnologías de realidad virtual, cuales son más o menos inmersivas y cuáles de las que hay en el mercado se adaptarían mejor a un proyecto de estas características. También se han leído gran cantidad de artículos sobre el tratamiento de pacientes con enfermedades cognitivas mediante realidad virtual.

En la implementación del proyecto se han adquirido habilidades con distintas herramientas como puede ser Unity3D, SketchUP y XAMPP, se han adquirido grandes conocimientos sobre programación en C# y se ha aprendido mucho sobre la gestión de bases de datos. Para llegar a tomar la decisión de trabajar con los software antes mencionados se ha hecho un estudio de las diferentes opciones que se tenían para hacer el trabajo llegando a la conclusión de que estas eran las más óptimas

En lo que se refiere a la aplicación se ha llegado a la mayoría de resultados que se propusieron al principio, por lo tanto podemos decir que hemos realizado la aplicación de una forma óptima, el mayor problema a la hora de realizar la aplicación fue el poco conocimiento que teníamos en este ámbito antes de empezar a desarrollarla pero esto ha permitido adquirir conocimientos que antes de realizar el proyecto no teníamos.

8. CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto podemos concluir que se ha realizado con éxito, ya que se han cumplido los requisitos establecidos al principio del mismo en consenso con los médicos del centro de día del Hospital Clínic de Barcelona.

EL principal objetivo del juego era crear una aplicación inmersiva en la que el usuario pueda entrenar para su vida cotidiana en convivencia con la enfermedad de Alzheimer y recoger datos útiles para los médicos. Esto se ha conseguido realizar creando un escenario basado en un supermercado en el que se ha implementado en forma de realidad virtual varias de las terapias que los médicos realizaban mediante métodos convencionales, como el uso de tarjetas con dibujos o la asociación de roles.

La parte del modelado 3D no ha conllevado grandes complicaciones, ya que, aunque no usásemos con anterioridad la herramienta SketchUp ni la de Unity, se tenían amplios conocimientos en este campo con lo anteriormente aprendido en la universidad. A pesar de que no ha resultado especialmente difícil, sí que ha llevado una gran carga de trabajo ya que eran gran cantidad de artículos.

La mayor dificultad del proyecto ha sido la de la programación, tanto del juego como de la base de datos. A pesar de tener nociones no se tenían grandes conocimientos en este campo, por lo que hubo que empezar casi desde cero, esto hizo que se ralentizasen los tiempos de desarrollo de la aplicación y que surgiesen muchos problemas que en su mayoría no se resolvían al primer intento. Al final se han solucionado todos estos problemas acabando el proyecto con conocimientos mucho mayores en el campo de la programación, especialmente C#, que cuando este empezó.

A nivel personal se han logrado los objetivos establecidos al inicio del proyecto. Por una parte, se ha realizado un estudio de las diferentes variantes en cuanto a software y hardware disponibles en el mercado con la posterior elección de los más adecuados para realizar este proyecto. Por otra parte el proyecto ha sido útil para aprender a utilizar nuevos programas de diseño en 3D, programación basada en objetos en lenguaje c# e implementación de base de datos.

Como equipo de trabajo nos ha costado poco trabajar en grupo en todo momento se ha tenido buena comunicación y se ha contado con los dos miembros del grupo en la toma de decisiones y en la resolución de problemas, también se ha tenido buena comunicación con los médicos, las personas de Visyon360 y los directores del proyecto.

Para concluir podemos decir que se ha creado una aplicación totalmente funcional para el entrenamiento cognitivo de paciente con Alzheimer, con ella podrán practicar para su vida diaria conviviendo con la enfermedad y se podrán obtener datos de interés para los médicos que traten a

dichos pacientes. La aplicación cumple con todos los requisitos previos impuestos por los médicos por lo que creemos que la realización de esta ha sido un éxito.

9. LÍNEAS FUTURAS

Al acabar este proyecto se quedan abiertas muchas vías mediante las cuales puede ser mejorado, o partes que no hemos sido capaces de desarrollar por falta de tiempo.

La parte más importante al acabar el proyecto serían las pruebas experimentales, es decir probarlo con pacientes reales para demostrar que la aplicación funciona y no solo basarse en otros estudios para creer que lo va a hacer.

Una posible línea futura del proyecto sería la adicción de más niveles con distintos juegos, o más niveles de dificultad en cada juego.

Otra posible mejora de la aplicación es utilizar varios entornos de realidad virtual, no solo un supermercado, un ejemplo podría ser una casa en la que los pacientes tengan que realizar tareas de la vida cotidiana.

A esta misma aplicación también se le podría añadir sonido a modo explicativo de los distintos niveles, o distracciones mientras los pacientes están jugando.

10. PRESUPUESTO

En este apartado se presentan los costes detallados derivados de la realización del proyecto. A la hora de realizar los cálculos se ha tenido en cuenta que el proyecto comenzó el 15/09/2017 y finalizó el 10/1/2018, lo que suma 117 días de trabajo.

10.1. COSTES DIRECTOS

10.1.1. Personal

Teniendo en cuenta que en este proyecto han participado dos personas y como se ha dicho antes, el total de días trabajados ha sido de 117, durante 5 horas al día, se presenta la siguiente tabla:

Coste de Personal				
Rol	Nº de personal	Tiempo (h)	Coste por hora (€/h)	Coste (€)
Trabajador	2	585	20	23.400
COSTE TOTAL DE PERSONAL				23.400

Tabla 10.1 Coste de personal

10.1.2. Seguridad social

Teniendo en cuenta que el coste de la Seguridad Social es un 23,6% de la base de cotización, obtenemos el siguiente cálculo de coste de la seguridad social para los dos trabajadores.

$$23.400 \times 0.236 = 5.522€$$

10.1.3. Equipamiento

En este apartado se incluye todo el hardware y software utilizado durante la realización del proyecto:

Coste Equipamiento			
Hardware/Software	Cantidad	Coste por unidad (€/un.)	Coste (€)
Ordenador	2	1000	2000
HTC vive	1	3000	3000
Unity3D	2	0	0
SketchUp	2	0	0
Visual Studio	2	0	0
XAMPP	2	0	0
Coste equipamiento			5000€

Tabla 10.2 Coste de equipamiento

10.2. Costes indirectos

En los costes indirectos se añaden los costes de los gastos no utilizados para la realización del proyecto de forma directa:

10.3. COSTE TOTAL

COSTE TOTAL

TIPO DE COSTE	TOTAL (€)
Coste directo	
Personal	23400
Seguridad Social	5522
Equipamiento	5000
TOTAL COSTE DIRECTO	33.922€
Coste indirecto	
Coste instalaciones	4770
TOTAL COSTE INDIRECTO	4770€
COSTE TOTAL	38.692€

BIBLIOGRAFÍA

- Aguinas, Herman, Christine A. Henle, and James C. Beaty Jr. 2001. "Virtual Reality Technology: A New Tool for Personnel Selection." *International Journal of Selection and Assessment* 9 (1&2). Blackwell Publishers Ltd:70–83. <https://doi.org/10.1111/1468-2389.00164>.
- "Alzheimer | Fundación Pasqual Maragall." n.d. Accessed December 19, 2017. <https://fpmaragall.org/alzheimer-enfermedad/preguntas-frecuentes-sobre-alzheimer/>.
- FIB-UPC. n.d. "Realidad Virtual." Accessed December 18, 2017. <http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html>.
- "Grupo OTP Presentará En Laboralia Sus Simuladores de Conducción." n.d. Accessed December 19, 2017. <http://prevencionar.com/2016/09/27/grupo-otp-presentara-laboralia-simuladores-conduccion/amp/>.
- Martin Prince, Authors, Emiliano Albanese, Maëlen Guerchet, Matthew Prina, Contributors Richard Pender, Cleusa Ferri, Diego R Mazzotti, Ronaldo D Piovezan, Ivan Padilla, and José A Luchsinger. 2014. "World Alzheimer Report 2014."
- Gianluca Castelnuovo, Priore, Corrado Lo, Diego Liccione, and Davide Liccione. 2003. "Experience with V-STORE: Considerations on Presence in Virtual Environments for Effective Neuropsychological Rehabilitation of Executive Functions." *CyberPsychology & Behavior* 6 (3). Mary Ann Liebert, Inc. :281–87. <https://doi.org/10.1089/109493103322011579>.
- "Qué Es La VR: Historia - MediaTrends." n.d. Accessed December 18, 2017. <https://www.mediatrends.es/a/65544/que-es-vr-historia-tipos-gafas-realidad-virtual/>.
- "Realidad Virtual Aplicada a La Salud." n.d. Accessed December 19, 2017. <http://www.innoarea.com/realidad-virtual-aplicada-a-la-salud/>.
- "Realidad Virtual En La Psicología - Phrònesis." n.d. Accessed December 18, 2017. <http://elartedesabervivir.com/la-herramienta-virtual-de-moda-que-reinventa-la-psicologia-moderna/>.
- "Sensorama | IDIS." n.d. Accessed December 19, 2017. <http://proyectoidis.org/sensorama/>.
- "Tipo de Gafas de Realidad Virtual." n.d. Accessed January 6, 2018. <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/que-gafas-de-realidad-virtual-vr-comprar-guia-de-compras-con-todas-las-opciones-segun-tu-equipo-y-presupuesto>.
- Yeh, Shih-Ching, Yu-Chin Chen, Chai-Fen Tsai, and Albert Rizzo. 2012. "An Innovative Virtual Reality System for Mild Cognitive Impairment: Diagnosis and Evaluation." In *2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences*, 23–27. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IECBES.2012.6498023>.

- Google +. HTC Vive: ¡ya las hemos probado!. HobbyConsolas. Retrieved 20 Dec 2017, from <http://www.hobbyconsolas.com/reportajes/htc-vive-ya-hemos-probado-120498>
- Google glasses, las gafas de realidad aumentada - Euronics. Euronics. Retrieved 20 Dec 2017, from <https://www.euronics.es/blog/google-glasses-las-gafas-de-realidad-aumentada>
- Bailenson, J., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context. *The Journal of the Learning Sciences*, 17:102–141. ISSN: 1050-8406 print / DOI: 10.1080/10508400701793141
- Carvajal Jesús, M. (2012). *Desarrollo de aplicación para el diseño de escenarios de juegos educativos* (Licenciatura). Universidad Carlos III de Madrid.
- Embodas Noguera, R. (2015). *Exploració de l'ús d'un entorn immersiu virtual d'aprenentatge per a la millora de la habilitat espacial y del coneixement de la geometria de l'espai*. (Licenciatura). Universidad Politècnica de Catalunya.
- Pastor, J. *La guerra de la realidad virtual 2016 ya está aquí: comparativa a fondo de todas las opciones*. Xataka.com. Retrieved 20 Dec 2017, from <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/la-guerra-de-la-realidad-virtual-2016-ya-esta-aqui-comparativa-a-fondo-de-todas-las-opciones>.
- Unity - Game Engine. (2017). Unity. Retrieved 20 Dec 2017, from <https://unity3d.com>
- OCULUS RIFT - Realidad-Virtual.net. Realidad-Virtual.net. Retrieved 20 Dec 2017, from <http://www.realidad-virtual.net/oculus-rift>
- Pastor, J. *La guerra de la realidad virtual 2016 ya está aquí: comparativa a fondo de todas las opciones*. Xataka.com. Retrieved 20 Dec 2017, from <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/la-guerra-de-la-realidad-virtual-2016-ya-esta-aqui-comparativa-a-fondo-de-todas-las-opciones>
- “Unity - Community.” n.d. Accessed January 10, 2018. <https://unity3d.com/es/community>.
- Vive-like Sensor Spotted in New Sony Patent Could Make Its Way to PlayStation VR*. n.d. Accessed December 18, 2017. <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/sony-psvr-patent-sensor/>.
- “VRTK - Virtual Reality Toolkit.” n.d. Accessed January 10, 2018. <https://vrtoolkit.readme.io/>.
- “3D Modeling for Everyone | SketchUp.” n.d. Accessed January 10, 2018. <https://www.sketchup.com/es>.
- ferguson, Jeff, Brian Patterson, and Jason Beres. n.d. *La Biblia C#*. Accessed January 10, 2018. <https://www.educandose.com/wp-content/uploads/2017/08/la-biblia-de-c-sharp-gratis.pdf>.
- “Microsoft - Lenguaje C#.” n.d. Accessed January 10, 2018. <https://social.msdn.microsoft.com/Forums/es-ES/home?forum=vcses>.

- Fernández-Calvo, B., Rodríguez-Pérez, R., Contador, I. Rubio-Santorum, A. y Ramos, F. (2011). Eficacia del entrenamiento cognitivo basado en nuevas tecnologías en pacientes con demencia tipo Alzheimer. *Psicothema*. Vol. 23, 1, 44-50.
- Optale, G., Urgesi, C., Busato, V. Marin, S., Lamberto Piron, L., Konstantinos Priftis, K., Luciano Gamberini, L., Salvatore Capodieci, S., and Adalberto Bordin, A. (2010). Controlling Memory Impairment in Elderly Adults Using Virtual Reality Memory Training: A Randomized Controlled Pilot Study. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 24(4) 348–357.
- Man, D.W.K., Chung, J. and Lee, G., (2012). Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for Hong Kong Chinese older adults with questionable dementia: a pilot study. *Int J Geriatr Psychiatry* 2012; 27: 513–520.
- Cohen, G.D., Firth, K.M., Biddle, S., Lloyd, M.J., y Simmens, S. (2009). The first therapeutic game specifically designed and evaluated for Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 23, 540-551.