



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica  
Superior d'Enginyeria  
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica  
Universitat Politècnica de València

# Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

Trabajo de Fin de Master

Master Universitario en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de  
formas e Imagen Digital.

**Autor:** Ernesto Muñoz Faba

**Director:** Francisco José Abad Cerdá

Valencia 11 Septiembre 2015

# Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

## Resumen

---

En esta memoria se presenta el desarrollo de una aplicación de Realidad Virtual diseñada para mejorar el bienestar de niños ingresados durante largos periodos de tiempo en hospitales. La aplicación implementa un parque infantil virtual con varios tipos de columpios y espacios verdes, donde se permite que los niños puedan abstraerse durante unos minutos del entorno que les rodea. También se presenta el diseño de un experimento para medir la impresión general de los usuarios del sistema. El sistema se ha desarrollado con la versión DK2 del casco de realidad virtual Oculus Rift y con el motor de videojuegos Unity3D.

## Abstract

---

This paper describes the development of a Virtual Reality application designed to improve the well-being of children with long hospital stays. The application implements a virtual playground with several types of slides and green areas that provide children with a light diversion from their surroundings. The paper also presents the design of an experiment to measure the users' overall impression. The system is based on the DK2 version of the Oculus Rift virtual reality headset and on the Unity3D game engine.

**Palabras clave:** rehabilitación virtual, niños, hospital, oculus, rift, realidad virtual, unity, videojuego,

# Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

# Tabla de contenidos

---

1. Introducción .....	8
1. Motivación.....	8
2. Estructura del documento .....	9
2. Estado del arte .....	10
1. Uso terapéutico de la RV .....	10
2. Reducción del estrés.....	11
1. Tratamientos habituales .....	11
2. Reducción del estrés en niños.....	13
3. Uso de la Realidad Virtual .....	14
3. Realidad Virtual.....	15
4. Historia del Oculus Rift.....	25
5. Trabajo pasado .....	33
3. Desarrollo de la RV .....	33
1. Software Development Kit .....	34
2. Unity.....	34
3. Otros engines.....	35
4. Tecnologías.....	35
4. Aplicación .....	37
1. Idea y motivación .....	37
2. Perspectiva general.....	38
3. Atracciones .....	39
5. Desarrollo de la aplicación .....	49
1. El jugador .....	49
2. Terreno .....	51
3. Lago .....	52
4. Zona de equilibrio.....	53
5. Tobogán grande.....	54
6. Cama elástica.....	55
7. Columpios y tobogán.....	56
8. Caballito balancín.....	57
9. Tirolesa .....	59



6. Diseño del experimento.....	60
1. Trasfondo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2. Método.....	61
7. Conclusiones y trabajo futuro.....	66
8. Bibliografía .....	67



# 1. Introducción

---

## 1. Motivación

Desde los comienzos del siglo XXI los avances en gráficos por computador han sufrido un aumento espectacular. La realidad virtual siempre ha sido uno de los focos principales de este sector, ya sea para el entretenimiento con los juegos o para otros ámbitos como la rehabilitación, el aprendizaje, etc...

Uno de los objetivos principales de la Informática Gráfica ha sido mejorar la sensación inmersión del usuario en los mundos virtuales y gracias al desarrollo de los Head Mounted Display (HMD) en los últimos años esto es cada vez más factible. Durante los tres últimos años el desarrollo de estos dispositivos se ha enfocado en alcanzar un equilibrio entre prestaciones técnicas y precio. Esto se ha hecho con la intención de que esta tecnología alcance al mayor número de personas y se convierta en un instrumento que poco a poco se convierta en un dispositivo mas.

Además, la tecnología se está usando desde hace mucho tiempo en el ámbito clínico. No solo con el propósito de mejorar los tratamientos actuales ni la formación de los profesionales de la medicina, sino también para ayudar a los pacientes a superar situaciones estresantes.

Por ejemplo, las terapias habituales de rehabilitación motora, aunque efectivas, suelen ser muy cansadas, difíciles y, en ocasiones, poco fructíferas a la vista del paciente. Mediante el uso de la tecnología podemos adaptar estas terapias para que sean mucho más entretenidas y parezcan más fáciles de realizar. Presentándole dichos ejercicios en forma de juego, la terapia pasa de ser una actividad costosa a una actividad divertida. Como los ejercicios de rehabilitación pasan a ser un juego y no solamente una tarea dolorosa, la acumulación de estrés y frustración es menor. Además, si la terapia se diseña de manera correcta, puede provocar en el paciente una voluntad de volver a realizarla.

También se puede introducir la realidad virtual en procesos quirúrgicos. En aquellas operaciones en las que no se pueda aliviar el dolor mediante medicamentos, la realidad virtual puede ser una forma de mitigarlo. Mientras se le está operando, el paciente está distraído en un mundo virtual y su atención sobre el dolor disminuye.

La aplicación que se ha desarrollado en este Trabajo Final de Master se ha diseñado pensando en los niños ingresados en un hospital. El ambiente hospitalario en el que se encuentran suele tener una influencia negativa en el estado de humor del niño. Esto es debido al cambio drástico en su vida y a la separación de sus personas allegadas. Para intentar aliviar el estrés sufrido durante la estancia hospitalaria, se ha creado una aplicación mediante realidad



virtual. La aplicación introduce al niño en un ambiente tranquilo, agradable y divertido en el que es libre de hacer lo que quiera. Para ello se ha construido un parque infantil, lugar donde los niños suelen jugar y pasar muchos ratos durante la infancia. En este parque virtual, el niño es libre de subirse a los columpios que quiera y jugar de la manera que le apetezca. Por ejemplo, puede subir al tobogán por la escalera como es lo habitual, pero también se le permite que intente subir al tobogán corriendo por la plataforma que desliza. Con esta total libertad sobre el entorno el niño se siente dueño de sus acciones y de todo lo que le rodea, cosa que no es posible cuando está siendo controlado en el hospital. El objetivo final del proyecto es hacer que el pase un rato agradable y pueda olvidarse temporalmente de la situación en la que se encuentra.

## **2. Estructura del documento**

El resto de la memoria sigue la siguiente estructura: en primer lugar se hace un repaso del estado del arte. Primero se habla de herramientas y terapias para reducir el estrés de los pacientes y luego de la realidad virtual y la evolución de los nuevos dispositivos que la intentan acercar al público.

Después se describen las tecnologías mas populares para desarrollar aplicaciones de realidad virtual para estos dispositivos.

A continuación se describe en profundidad el juego con todas sus particularidades y se describen aspectos de implementación.

Después se ha diseñado un pequeño experimento para evaluar si la aplicación cumple con los objetivos del proyecto.

Por falta de tiempo no se ha podido realizar el experimento con pacientes reales pero en este apartado se detalla los pasos a seguir para realizar dicha evaluación.

Por último, se exponen las conclusiones sobre del proyecto y el posible trabajo futuro.

## 2. Estado del arte

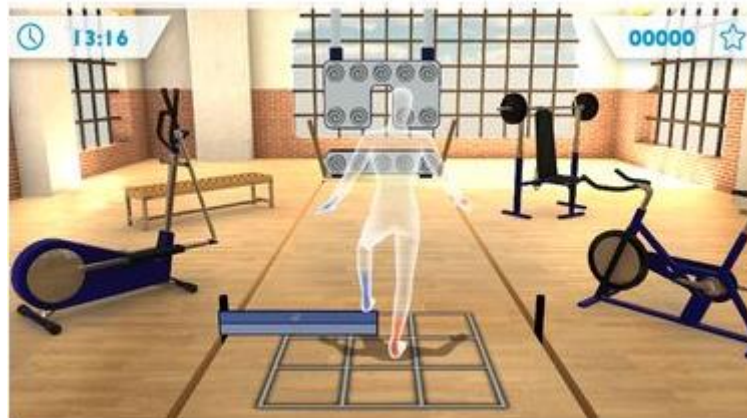
---

### 1. Uso terapéutico de la RV

Desde el inicio de la realidad virtual se ha estado usando con fines terapéuticos. Muchos ámbitos clínicos se pueden beneficiar de ella, como la rehabilitación motora, la eliminación del estrés incluso el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas.

En el ámbito de la rehabilitación motora podemos encontrar aplicaciones que intentan, mediante juegos, forzar al usuario a realizar movimientos que usualmente deben de ser realizados sin ningún tipo de ayuda o mediante la guía física de un terapeuta.

Es el caso de la compañía VirtualWareGroup<sup>1</sup>, que comercializa software y hardware para el ámbito sanitario en países de todo el mundo. En su página web se pueden encontrar ejemplos de sus productos, enfocados a la rehabilitación general del cuerpo y a la mejora de la precisión motriz en las manos. En la Figura 1 podemos ver un ejemplo de su producto.



**Figura 1: Imagen de VirtualRehab Body. VirtualWareGroup<sup>1</sup>**

Otro ejemplo es el trabajo presentado en [14], en el que el paciente debe de mover las manos y los pies para jugar. El usuario debe de recoger monedas sin pisar ni tocar las bombas, como se puede apreciar en Figura 2. El registro de la posición de las manos y los pies en este caso se realiza con un Kinect.

---

<sup>1</sup> <http://www.virtualrehab.info/es/>



**Figura 2: Imágenes del juego descrito en [14]**

Por último, en [22] se describe con el sistema BioTrak, un sistema de rehabilitación del equilibrio que usa la realidad virtual. En el artículo se detalla la aplicación y el experimento para su validación. En las pruebas, treinta pacientes que sufrían daño cerebral participaron durante 15 sesiones con el sistema se observó una gran mejora en las pruebas posteriores. Esta plataforma está actualmente en el mercado y ofrece servicios de tele-rehabilitación; podemos ver sus imágenes publicitarias en la Figura 3.



**Figura 3: BioTrak. Imágenes de biotracksuite.com<sup>1</sup>**

## 2. Reducción del estrés

### 1. Tratamientos habituales

El estrés es la sensación que una persona siente cuando está siendo presionada. La muerte de una persona querida, la presión por perder el trabajo, un conflicto personal, una enfermedad, trabajar en condiciones peligrosas para la salud, situaciones de acoso o desigualdad son factores que pueden desencadenar el estrés en la persona afectada.

Este puede ser positivo, cuando sirve para mejorar el rendimiento de un atleta o cuando juega un factor en la reacción frente al entorno como un policía. Sin embargo, una excesiva cantidad de estrés puede llegar a dañar la salud.

El estrés es tan común e importante en la vida humana que suele estar asociado a todas las enfermedades que ocasionan la muerte [5]y también asociado a la mayoría de las enfermedades mentales [6].

Por lo tanto, en cuanto el estrés empieza a ser perjudicial para la salud de la persona, este debe ser tratado y reducido inmediatamente.

La reducción del estrés es beneficiosa puesto que ayuda a mejorar la concentración, estabiliza el humor, mejora la comunicación de las personas y su condición física.

Los siguientes métodos son los mas populares:

- **Ejercicio**

La realización de ejercicio mejora la salud y el bien estar, lo que aumenta la vitalidad para enfrentarse al día a día. La realización de ejercicio tiene beneficios en la reducción del estrés. La actividad física ayuda a la creación de endorfinas, un químico de nuestro cuerpo que nos hace encontrarnos bien. También sirve como una forma de meditación, puesto que durante la ejecución del ejercicio se olvidan las causas del estrés. Además, mejora el humor. La práctica regular de ejercicio mejora la autoestima y aporta una sensación de control sobre nuestro cuerpo [MayoClinic15]

- **Meditación**

La meditación puede ayudar a eliminar el estrés que acumulamos durante el día. La meditación se viene practicando desde hace cientos de años. Antiguamente se usaba con motivos religiosos, para intentar comprender las fuerzas místicas del mundo. Actualmente, el uso más común es para la relajación y la reducción del estrés.

La meditación puede dar una sensación de calma, paz y equilibrio que tiene beneficios tanto en el cuerpo como en el estado emocional, puede ayudar a la persona que la practica a llevar el día a día e incluso mejorar ciertas condiciones médicas.

Cuando se medita, se elimina toda la información que se acumula poco a poco y crea el estrés. Llegar a este estado mental conlleva muchos beneficios; como ganar una nueva perspectiva ante la situación estresante, reducir emociones negativas, etc. Existen muchos tipos de meditación y técnicas de relajación, sin embargo, todas comparten el objetivo de conseguir paz interior [21]

- **Visualización**

Las técnicas de visualización ofrecen otra perspectiva para la reducción del estrés. Como en el caso de las anteriores técnicas, existe un elemento de distracción que sirve para redirigir la atención del paciente de la situación estresante y darle una alternativa sobre la que pensar.

Esta técnica consiste en la creación de un ambiente atractivo y relajado. Puede ser aplicada sola aunque es frecuentemente emparejada con relajación física como un masaje. En este último caso se intenta emparejar las sensaciones físicas con la imagen visual. Las técnicas de visualización pueden ser vistas como una forma de meditación guiada [9]

- **Mindfulness**

Esta palabra se traduce al español como Atención Plena o Presencia Mental. Es una manera efectiva de reducir el estrés y sus efectos negativos. Esta forma de tratar el estrés se basa en prestar atención de manera consciente a la experiencia del momento presente con interés y aceptación. Esta aproximación asume que una mayor comprensión de la situación otorga la oportunidad de trabajar con nuestro estrés, dolor, enfermedad, pérdida o con los desafíos de la vida. Los estudios afirman que estas técnicas podrían ayudar a un amplio número de personas a aliviar el estrés. [11]

- **Relajación muscular progresiva (RMP)**

Es una técnica de tratamiento del control de la activación desarrollada en Estados Unidos en los años veinte. La aparición de estrés viene acompañada de una tensión muscular. Se puede reducir este estrés aprendiendo a relajar dicha tensión muscular. Además, la tensión muscular que provoca dolores de cabeza y de cuerpo suele venir de pequeñas tensiones acumuladas en el cuerpo y no de grandes esfuerzos puntuales.

La premisa de la RMP es que, tensando y relajando los grupos de músculos más importantes del cuerpo de una manera exagerada, acabaremos sintiéndonos más relajados. Además, exagerando y liberando la tensión ejercida sobre los músculos se aprende a reconocer cuándo estamos acumulando tensión muscular innecesaria que puede ocasionar dolor y por lo tanto estrés [10]

## **2. Reducción del estrés en niños**

Los métodos expuestos para el tratamiento del estrés son muy fáciles de aplicar en casa y por adultos. Sin embargo, cuando los que están sufriendo el



estrés son los niños, resulta difícil enseñarles a meditar o a realizar masajes. Más aun cuando los niños deben vivir en un ambiente poco placentero como al estar ingresados en un hospital. Para estos casos, hay que idear nuevas técnicas para reducir el estrés acumulado en los niños. Es, por ejemplo, el caso del proyecto White Room detallado en [12]

The White Room es una habitación del hospital que se transforma en un mundo mágico. En contraste con el resto del entorno que rodea al niño en un hospital, esta habitación es calmada. Las paredes son blancas y suaves y hay una alfombra blanca en el suelo. El niño puede elegir cambiar el color de la luz. También hay una cama de agua cuya temperatura se puede regular al gusto. Un largo tubo de plástico transparente de la altura de un niño permite varias actividades físicas. Todo en esta habitación está diseñado para tener un efecto relajante sobre el niño e incrementar su curiosidad y su deseo de investigar. De esta manera, la habitación es un lugar donde alejarse de la enfermedad por un tiempo y dejar que el niño se divierta sin pensar en nada más.

Los investigadores usaron la White Room con un niño que sufría quemaduras graves en la parte superior de su cuerpo y le resultaba insoportable el tratamiento que se le debía de practicar. Su comportamiento durante el tratamiento lo hacía completamente imposible de realizar. Sin embargo, después de jugar en la White Room y acordar que después del tratamiento podría ir a jugar a ella, el niño fue capaz de cooperar durante la cura.

### **3. Uso de la Realidad Virtual**

La realidad virtual se ha convertido en una herramienta de gran utilidad en la lucha contra el estrés. Un ejemplo es el ámbito del trastorno de estrés postraumático (TEPT) también se han hecho muchos avances. Usualmente, el TEPT, se ha tratado mediante terapia imaginativa. En dicha terapia, el paciente que sufre el trastorno, es guiado por el terapeuta para recordar el momento o suceso que ha ocasionado el trastorno. De esta manera, se intenta habituar al paciente a las memorias del acontecimiento y a las emociones que estas provocan en él.

Sin embargo, las personas que sufren de TEPT suelen evitar el recordar los eventos que les causaron el trauma puesto que estos les resultan dolorosos. Esta terapia les fuerza a recordar una y otra vez el evento. Por lo tanto, hay pacientes que se niegan a ser tratados o que aceptan rememorar el suceso pero sin implicarse emocionalmente en él. De esta manera, los resultados de la terapia son pobres.

Al incluir la realidad virtual en este tipo de terapias los esfuerzos no recaen solamente en la imaginación o capacidad de recordar del paciente. Se le puede ayudar mediante experiencias visuales, auditivas e incluso táctiles [19]

En el caso de [19] se mostraron resultados prometedores. En él se trataba a un hombre que sufría de TEPT a raíz del ataque en el World Trade Center el 11 de Septiembre de 2001. El paciente había sido expuesto multitud de veces a los métodos habituales de terapia sin mostrar ninguna mejora. Durante la duración del experimento se trató al paciente con 6 sesiones de entre 45 y 60 minutos. En ellas se mostraba al afectado secuencias que representaban el ataque de menor a mayor realismo. No se pasaba de una secuencia a la otra hasta que el nivel medido de estrés no bajaba el 50% y se obtenía una confirmación oral del paciente para ello. Al final del experimento se obtuvo una mejora drástica en los test para la medida del estrés.

En el artículo de Albert Rizzo [20] se trata una de las situaciones más exigentes y traumáticas que un humano puede experimentar, la guerra. En él se detalla la creación del BRAVEMIND<sup>2</sup> Una aplicación de realidad virtual que empezó siendo desarrollada en 2004 por el USC Institute for Creative Technologies<sup>3</sup> y ha pasado por multitud de versiones que han añadido mejoras y entornos nuevos. En dicho artículo se detalla el caso de un soldado desplegado en guerra que al volver a su hogar tenía problemas para dormir, problemas para mantener relaciones, estar tranquilo en público y otros síntomas que son muy comunes en veteranos de guerra. El soldado explicó cuál fue la experiencia que más le afectó durante su despliegue y esta fuera recreada en el ambiente virtual. Durante las sesiones, mientras el soldado relataba sus memorias del suceso, mediante una aplicación de control se iba avanzando en la recreación para que esta estuviera sincronizada con lo que decía el soldado. Un seguimiento después del experimento mostró un descenso en la frecuencia e intensidad de los síntomas y el soldado declaró el sentirse más cómodo en situaciones públicas.

### **3. Realidad Virtual**

La realidad virtual es una poderosa herramienta para simular aspectos del mundo real. Esta proporciona una experiencia sensorial que intenta sustituir el mundo real mediante un canal sensorial. Desde los años 60, cuando Thomas A. Furness III presenta un simulador de vuelo para las fuerzas aéreas norteamericanas, se han estado mejorando los sistemas de realidad virtual. La realidad virtual intenta sustituir la información que se recibe por los sentidos con la información de un mundo virtual. El sentido más importante para realizar esta tarea es la visión. Y es precisamente este sentido en el que se centran los Head Mounted Display que tapan completamente la visión del usuario para sumergirlo en el mundo virtual.

---

<sup>2</sup> <http://medvr.ict.usc.edu/projects/bravemind/>

<sup>3</sup> <http://ict.usc.edu/>



La realidad virtual ha evolucionado a lo largo del tiempo. En un principio los mundos virtuales carecían de realismo y el objetivo era envolver al usuario en el mundo mediante una historia y jugabilidad. Ejemplo de dos famosos juegos que seguían este principio podemos verlos en la Figura 4 y Figura 5.



Figura 4: Imagen de Super Mario. Juego de 1985. Wikipedia.

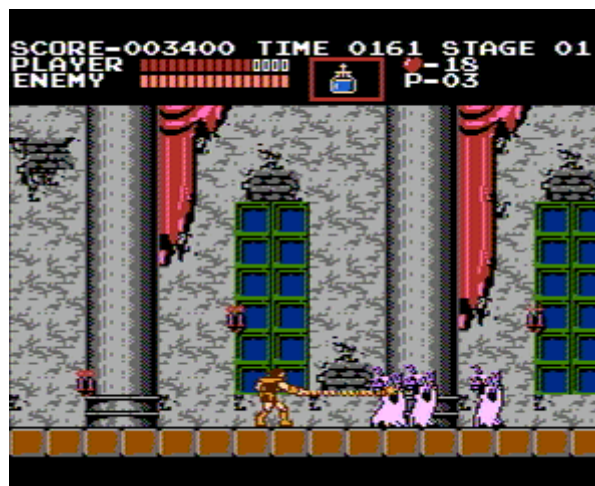


Figura 5: Imagen de Castlevania. Juego de 1986. Wikipedia.

A finales del siglo XX los gráficos por computador habían mejorado lo suficiente como para mostrar al usuario mundos mucho más realistas; como podemos ver en la Figura 6 y Figura 7.





Figura 6: Imagen de Final Fantasy X. Juego de 2001. Wikipedia



Figura 7: Imagen de Metal Gear Solid. Juego de 1998. Wikipedia

En la actualidad los gráficos por computador han alcanzado una calidad muy parecida a la realidad dando lugar a juegos y experiencias en las que es difícil distinguir entre lo real y lo virtual; ejemplo de ello son la Figura 8 y Figura 9.



**Figura 8: Imagen de Metal Gear Solid V: Ground Zeroes. Juego de 2015.**



**Figura 9: Imagen de Everybody is Going to the Rapture. Juego de 2015. Imagen de twinfinite.net**

Los usos de la realidad virtual son muchos:

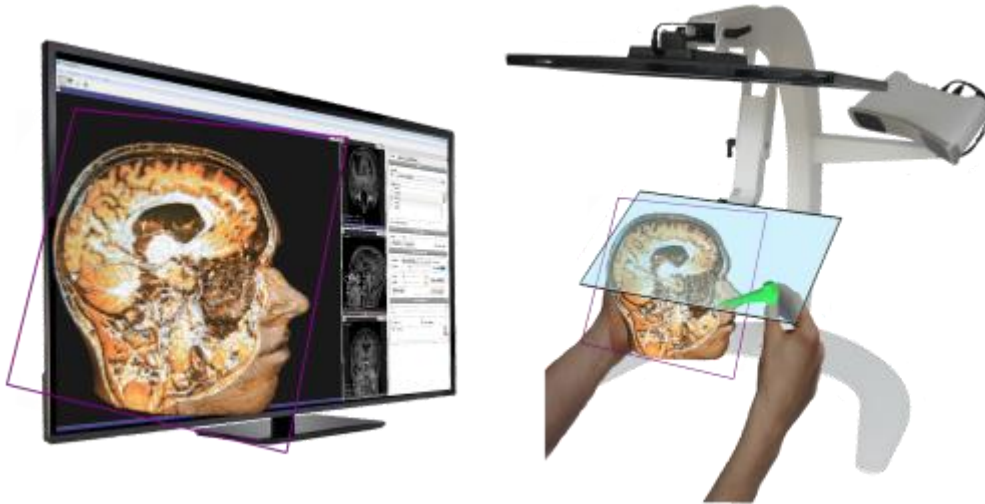
- Educación

Se usa la realidad virtual para crear simulaciones donde el usuario pueda aprender. Por ejemplo, en el campo de la medicina, la empresa PS-Medtech<sup>4</sup>, con su producto C-Station (que podemos ver en la Figura 10), ofrece una

---

<sup>4</sup> <http://ps-medtech.com/>

manera realista e intuitiva de, mediante la realidad virtual, ayudar a profesionales y estudiantes a analizar muchos y complejos datos médicos de una manera rápida, mejorando sus habilidades y preparándolos para mejorar en su campo.



**Figura 10: Imagen de promoción de C-Station**

- **Reconstrucción**

La realidad virtual nos permite, mediante sistemas de modelado, recrear lugares tal y como eran en algún momento de la historia para poder estudiarlos o verlos fácilmente. Por ejemplo, en el famoso juego “Assassin’s Creed: Brotherhood” la ciudad de Roma fue modelada para que tuviera el aspecto y estilo arquitectónico lo más parecido a la Roma de 1503. Podemos ver un ejemplo en la Figura 11. Gracias a esto es posible visitar el coliseo romano tal y como era en la época o poder ver cómo estaba organizada la ciudad de una forma más amena que estudiarla sobre un plano en un libro de texto [2].



**Figura 11: Coliseo romano en el Assassin's Creed: Brotherhood. Imagen de [assassinscreed.wikia.com](http://assassinscreed.wikia.com)**

- Entrenamiento

Puesto que el objetivo de la realidad virtual es el de crear un mundo simulado en el que poder introducir al usuario e interactuar con él, una aplicación natural en el campo del entrenamiento. De esta manera, se pueden crear entornos donde se pueden realizar acciones que en la vida real son costosas o peligrosas, o acciones que para realizarlas bien hacen falta muchas horas de práctica sin todos estos inconvenientes.

Por ejemplo, mediante realidad virtual se puede crear una serie de pasos mostrando como cambiar una pieza de un motor. Esta tarea no es peligrosa ni costosa pero darle la capacidad al mecánico para realizar esta tarea aceleraría el proceso de aprendizaje y la perfección de la maniobra.

Otro ejemplo práctico sería el FITE, Figura 12, Future Immersive Training Environment, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de America. En dicho entorno, los soldados pueden practicar estrategias de combate de infantería mediante realidad mixta [3].



**Figura 12: Marines del 2º Batallón, 8º Regimiento de Marines, en una demostración de Future Immersive Training Enviroment en Camp Lejeune, N.C., en Marzo de 2010**

- Usos terapéuticos

El uso de la realidad virtual más extendido en la medicina ha sido en las terapias de rehabilitación. Por ejemplo, se ha usado la realidad virtual para el tratamiento de la acrofobia mediante un HMD y un CAVE dando buenos resultados [1], como se puede ver en la Figura 13



**Figura 13: Acrofobia con HMD**

## Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

- Juegos

La industria del entretenimiento es la que más uso ha hecho de la realidad virtual. Mediante la creación de mundos fantásticos e interactivos representados en un televisor o monitor y manejados con un mando, diversas compañías han conseguido introducir al usuario en mundos virtuales (Figura 14).



**Figura 14: Consolas de nueva generación. Imágenes de consoleagnostics.com**

A lo largo de los años han intentado mejorar esta experiencia mediante una mejora de la calidad gráfica y de la forma de interactuar con este mundo. En las siguientes imágenes se puede apreciar el aumento de la calidad gráfica y por lo tanto la inmersión de usuario en el mundo. Esta mejora grafica se puede percibir en la Figura 15 y Figura 16.



**Figura 15: Imagen de Half-Life. Juego de 1989. Wikipedia**



**Figura 16: Imagen de Half-Life 2. Juego de 2004. Wikipedia.**

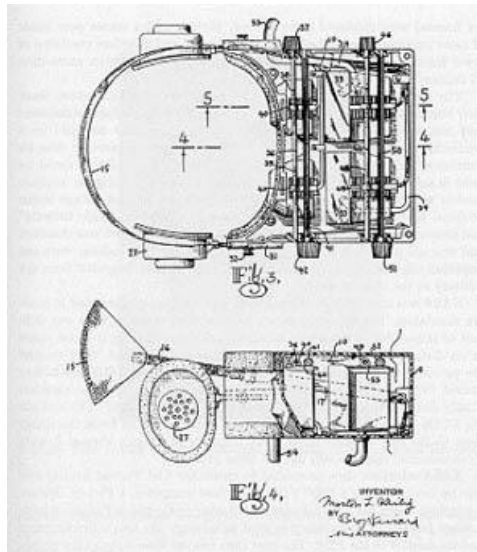
Como se puede observar, el principal objetivo de todos estos avances y formas de aplicar la tecnología ha sido que el usuario se sumergiera en el mundo virtual de una manera completa. Esto se ha intentado mediante el uso de cascos o gafas que bloquearan totalmente la vista del usuario y que además reaccionara a los movimientos de la cabeza.

Ya en 1956 aparece la maquina Sensorama, que podemos ver en la Figura 17. Uno de los más tempranos ejemplos de inmersión multisensorial en la que se intentó colapsar los sentidos del usuario de una manera efectiva. Este aparato era capaz de mostrar imágenes estereoscópicas, aportaba la capacidad de mover el cuerpo del usuario, emitía sonido estéreo y era capaz de emitir viento y aromas a lo largo de la película.



**Figura 17: Sensorama. Imagen de engadget.com**

Morton Heilig, el creador del Sensorama, patentó en 1960 lo que sería un diagrama del primer Head Mounted Display (que podemos ver en la Figura 18), sentando así las bases de la evolución de la industria.



**Figura 18: HMD de Heilig.** Imagen de [design.osu.edu/carlson](http://design.osu.edu/carlson)

Más tarde, en 1968, Ivan Edward Shutherland sentó las bases de lo que hoy en día se conoce como HMD. En su artículo “A head-mounted three dimensional display” dijo:

*“La idea fundamental detrás la pantalla tridimensional es presentar al usuario una imagen perspectiva que cambia cuando se mueve”* [4]

En dicho artículo se detalla la creación del dispositivo, que podemos ver en la Figura 19. Se consiguió mostrar una habitación mediante la creación de un cubo. La representación de imágenes estaba hecha en inalambrico, lo que ocasionaba ambigüedad en la imagen. También se dibujó una molécula, sin embargo, debido a las limitaciones del sistema (como solo tener un ángulo de visión de 40 grados) las personas que no estaban familiarizadas con la imagen la malinterpretaban.



**Figura 19: HMD de Shutherland.** Imagen de [design.osu.edu/carlson](http://design.osu.edu/carlson)



A partir de estos modelos se han desarrollado multitud de HMD que con más o menos éxito han intentado destacar en el campo. Por ejemplo, en 1995, la conocida compañía de videojuegos Nintendo sacó al mercado una consola portátil que podía mostrar gráficos en 3D. Aunque el producto no fue un gran éxito demostró que era posible construir este tipo de productos. Podemos verlo en la Figura 20.



**Figura 20:** Imagen del Virtual Boy de Nintendo. Wikipedia.

#### 4. Historia del Oculus Rift

En el año 2012, Palmer Lucky funda Oculus con la idea de crear un dispositivo que fuera más efectivo que lo que había en el mercado y tuviera un precio reducido para el uso casual. En la Electronic Entertainment Expo de dicho año se muestra el prototipo del dispositivo que podemos ver en la Figura 21.



**Figura 21:** Prototipo de Oculus Rift. Imagen de usgamer.net

Se realizó una campaña de crowdfunding en la plataforma Kickstarter para financiar la creación del dispositivo, creando el primer prototipo de Rift denominado DK1 (Development Kit 1) que podemos ver en la Figura 22.



**Figura 22: Imagen del DK1 de Oculus Rift. Wikipedia.**

Las características de esta versión eran las siguientes:

- Pantalla de 18 cm
- La profundidad de color del LCD es de 24 bit por pixel.
- El tamaño de la pantalla permite que no haya solapamiento entre el ojo izquierdo y el derecho que había en el prototipo.
- El campo de visión (FOV) es de 90 grados en horizontal lo que supera en el doble a los competidores de la época.
- La resolución del dispositivo es de 1280x800(16:10); es decir, 640x800 para cada ojo (4:5)
- La imagen de cada ojo es mostrada con una distorsión de barril (barrel distortion) y rectificadas mediante un efecto pincushion creado por las lentes integradas en el dispositivo, generando así una imagen esférica para cada ojo.
- Incluye un dispositivo para el tracking de la cabeza de 3 grados de libertad creada por la empresa Hillcrest Labs.

En junio de 2013 se mostró un prototipo llamado "HD Prototype" cuyas características eran similares al anterior pero con una pantalla de LCD de 1080p. Este prototipo no salió nunca a la venta al público.

En enero de 2014 se mostró otro prototipo llamado "Crystal Cove". Este prototipo usaba una pantalla LCD con una persistencia de la visión baja. Además, incluía un nuevo sistema de rastreo de posición que usaba una cámara externa. Este sistema permitía detectar más acciones como agacharse y ladearse lo que nos introduce 3 grados más de libertad. Esto ha ayudado a aliviar los mareos de algunos usuarios.

A este sistema de rastreo se le llamo Constellation (Constelación) y consiste en una cámara externa. Podemos verlo en la Figura 23. Los dispositivos que son rastreados por este sistema tienen una serie de LEDs infrarrojos estratégicamente posicionados que parpadean con un patrón específico. Conociendo este patrón y la configuración de los puntos el sistema puede determinar la posición del dispositivo con una precisión milimétrica.

Una de las grandes ventajas de este sistema es que se puede usar con más de una cámara. Aunque Oculus Rift solo entrega una cámara al vender el dispositivo el usuario puede comprar otras cámaras aparte para expandir el radio de acción.



**Figura 23: Imagen de Crystal Cove Prototype. Imagen de pcworld.com**

En marzo de 2014, Oculus anuncia en la Game Developers Conference el Development Kit 2 (DK2). Esta versión incluye ligeras mejoras al Crystal Cove Prototype. Es el dispositivo más usado actualmente y podemos verlo en la Figura 24.

- Mayor resolución para cada ojo (960x1080)
- Monitor OLED de baja persistencia.
- Frecuencia de refresco superior.



**Figura 24: Imagen del DK2 de Oculus Rift. Imagen de oculus.com**

## Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

En septiembre de 2014 Oculus volvió a presentar un nuevo prototipo. Esta versión presenta una mejora sobre el DK2.

- Audio integrado.
- Menor peso
- Rastreo de 360 grados gracias a la inclusión de tracking LEDs en la parte trasera de los cascos.

Por último, en Mayo de 2015 Oculus (logotipo en Figura 25) anuncio por fin que una versión para el consumidor sería puesta a la venta en el primer cuatrimestre de 2016.

Lo poco que se sabe de este producto nos dice que tendrá una pantalla para cada ojo de 1080x1200, no una para los dos ojos, con una frecuencia de muestreo de 90Hz que en combinación tendrán más resolución que la que usa el DK2. Rastreo de 360 grados como el Crystal Cove Prototype y audio integrado.

El Oculus CV1 que se piensa sacar a la venta en 2016 tendrá las siguientes características:



**Figura 25: Logotipo de oculus. Imagen de oculus.com**

- Conexión HDMI y 2 USB con el ordenador.
- Campo de visión de 100 grados horizontales.
- Pantalla de 5.7 pulgadas AMOLED (negros puros y colores ricos).
- Resolución por ojo de 960x1080.
- Rastreo posicional de 6 grados.
- Latencia con la que responde el dispositivo a los movimientos de la cabeza menor a 20ms.
- Permite ajustar el foco alejando y acercando la pantalla interna.

Para funcionar el Rift requiere dos conexiones USB con el ordenador y una conexión HDMI 1.3. Además, los requerimientos dados por la empresa incluyen una tarjeta gráfica de última generación (NVIDIA GTX 970/ AMD290 o superior), un procesador i5-4590 o superior y 8 o más GB de memoria RAM.

## HTC Vive:



**Figura 26: Imagen del HTC Vive. Imagen de businessinsider.com**

- Desarrollado por HTC y Valve (imagen en Figura 26)
- Dos pantallas de 1200x1080 con 90Hz de frecuencia de refresco. 6 grados de libertad con precisión de un décimo de grado.
- El dispositivo hace uso de dos faros de luz (Lighthouse: a la izquierda en la imagen superior) necesarias para el rastreo del dispositivo dentro del área delimitada por ellos. Esto permite moverse en un área de 4.5x4.5 metros.
- Audio integrado.

## Project Morpheus:



**Figura 27: Diseño de Proyecto Morpheus. Imange de playstation.com**

Desarrollado por Sony en un intento de no perder la batalla de los videojuegos contra el PC.

## Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

- Aspecto más llamativo que el de sus competidores como se puede ver en la Figura 27.
- Pantalla OLED de 1920x1080 a 120Hz de frecuencia de refresco.
- Sony asegura una latencia menor a 18ms, mejorando en 2 ms la de sus competidores.
- Un total de 9 LEDs para un tracking de 360 grados.

### Avegant Glyph:



**Figura 28: Imagen de Avegant Glyph. Imagen de [avegant.com](http://avegant.com)**

Este proyecto que, al igual que Oculus, fue financiado mediante crowdfunding, tiene una diferencia sustancial con respecto a los demás HMD. El Avegant Glyph (prototipo en la Figura 28) no contiene una pantalla dentro del dispositivo, sino que, mediante micro-cristales, proyecta la imagen directamente sobre la retina del usuario. Esto les permite alcanzar una tasa de refresco de 120 Hz y una resolución por ojo de 1280x720 píxeles aunque solo ofrece 45 grados de campo de visión diagonal.

## Gameface:



**Figura 29: Imagen de Gameface. Imagen de polygon.com**

Este HMD de la empresa GameFace Labs (imagen en Figura 29) también tiene una grandísima diferencia en comparación al resto.

Los anteriores dispositivos necesitan un fuente externa que genere los gráficos que se van a mostrar en él. Sin embargo, Gameface lleva un pequeño computador incorporado, lo que nos permite correr las aplicaciones directamente en el dispositivo. El sistema operativo que lleva consigo es un Android Lollipop. Nos ofrece un campo de visión de 140 grados, para realizar el rastreo usa los faros de luz de Valve, una pantalla con unas resolución de 2560x1440 OLED a 75Hz de frecuencia de muestro. Esto lo convierte en el producto ideal cuando necesitamos autonomía en los dispositivos.

## FOVE VR:



**Figura 30: Imagen de FOVE VR. Imagen de ind13.com**

Este dispositivo se caracteriza por ser el primer casco de realidad virtual que ofrece rastreo de los ojos. Esto es, el dispositivo es capaz de detectar que punto de la pantalla está mirando el usuario. Esto tiene ventajas como poder

## Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

apuntar con las vista, centrar la visión del usuario, hacer contacto visual con los personajes del mundo virtual, etc.

El resto de características del dispositivo son parecidas al resto. Nos ofrece un campo de visión de 100 grados en una pantalla de 5.7 pulgadas y los 6 grados de libertad. Se aprecia el parecido con los demás en la Figura 30.

### **Gear VR:**



**Figura 31: Imagen de Gear VR. Imagen de oculus.com**

Por último, debemos hablar de Gear VR que vemos en la Figura 31. Y no solo de este dispositivo, sino de todos los que siguen su filosofía. Este aparato nos permite usar nuestro teléfono móvil como pantalla para disfrutar de la realidad virtual. Como era de esperar, la calidad es inferior a la de los demás HMD, sin embargo su bajo coste lo hace muy atractivo para aquellas personas que aún no este convencidas del todo de las capacidades de esta nueva tecnología o no puedan hacer el desembolso económico que conllevan las anteriores propuestas.

Por ejemplo, Google Cardboard nos permite crear un HMD por un precio muy bajo mediante el uso de materiales que se pueden comprar en cualquier tienda de la ciudad. El que vemos en la Figura 32 esta hecho con cartón.





Figura 32: Google Cardboard. Imagen de Google.

## 5. Trabajo pasado

Como apunte especial me gustaría nombrar aquí de mi proyecto de final de carrera puesto que trataba el tema de la rehabilitación virtual para personas con trastornos neurodegenerativos [13]

En él se creó una aplicación de realidad virtual (que podemos ver en la Figura 33) que utilizaba fotos tomadas en el mundo real para crear un mundo virtual. En dicho mundo virtual, personas con enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer, podían recorrer un espacio conocido para ellos realizando una serie de tareas de mayor o menos dificultad. Además, estas tareas tienen como aliciente el ser solicitadas por parientes o gente conocida por el paciente. De esta manera, a la vez que el ejercicio sirve como tratamiento paliativo para intentar detener el avance de la enfermedad, sirve al cuidador para controlar el avance de la enfermedad.

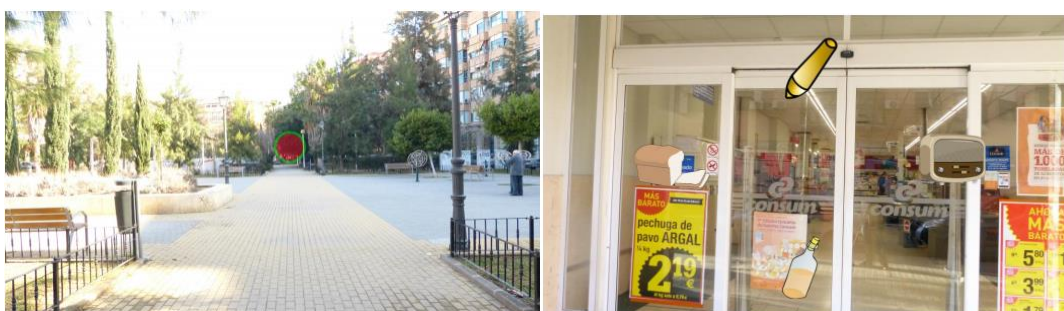


Figura 33: Imágenes de la aplicación de [13]

## 3. Desarrollo de la RV

---

Durante estos 3 últimos años los dispositivos, es decir, el hardware, para la realidad virtual ha evolucionado mucho. A la par de estos han evolucionados el software que nos va a permitir desarrollar aplicaciones que usen todas las capacidades que nos ofrecen los nuevos aparatos.

## **1. Software Development Kit**

Es posible usar directamente el SDK que nos ofrece Oculus para desarrollar aplicaciones para el Rift. El SDK está escrito en C++ y podemos usar cualquier librería gráfica como OpenGL o DirectX para el desarrollo. Nos ofrece funciones para obtener la configuración del dispositivo, sin embargo, el renderizado de la imagen para cada ojo depende del desarrollador. Esto nos ofrece un alcance a bajo nivel del dispositivo sacrificando la facilidad de uso.

Existen también SDKs como el Open Software Virtual Reality, explicado en el apartado anterior, y el OpenVR, desarrollado por Valve para su HTC Vive, cuyo objetivo es ser libre y ofrecer la capacidad de desarrollar aplicaciones de realidad virtual que funcionen con la mayoría de los HMD que existe en el mercado.

Sin embargo, el uso directo de estos SDK, aunque demuestran ser muy potentes, son tediosos y hacen la creación de aplicaciones de realidad virtual una tarea lenta y costosa. Por esta razón, las grandes empresas que realizan y mantienen motores de videojuegos no han esperado ni un momento para subirse al carro de la realidad virtual.

## **2. Unity**

Oculus, en su catálogo para desarrolladores, ha ofrecido de manera gratuita herramientas para Unity desde sus inicios. Estas herramientas consistían en un wrapper sobre su propio SDK para poder usar los scripts como habitualmente se usan en el workflow de Unity. Sin embargo, Unity añadió integración propia al motor para la realidad virtual desde su versión 5.1. Por lo tanto, ya no hacen falta las herramientas de Oculus para desarrollar una aplicación para su dispositivo en Unity.

Sin embargo, Oculus ofrece unos recursos para un Unity (que se muestran en la Figura 34), basados en esta nueva funcionalidad, para facilitar el manejo a los desarrolladores.

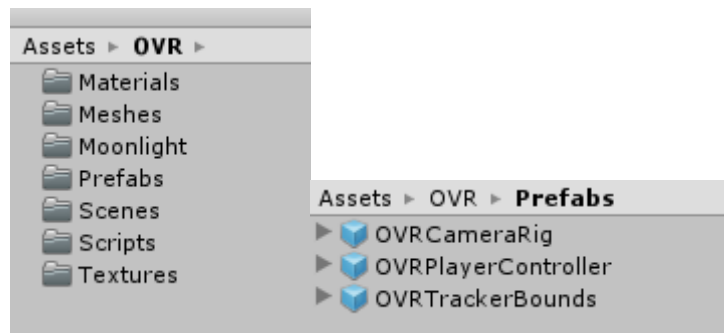


Figura 34: Jerarquía de los assets de Oculus para Unity.

### 3. Otros engines

Al igual que Unity, Unreal Engine 4 vino con compatibilidad con Oculus desde su lanzamiento. Oculus también nos ofrece recursos para facilitar el manejo del dispositivo en el motor.

Otros motores gráficos y de videojuegos como Torque 3D o CrysisEngine están añadiendo poco a poco el soporte para realizar aplicaciones que soportadas por los nuevos HMD. 1 <https://developer.nvidia.com/virtual-reality-development>

### 4. Tecnologías

A lo largo de estos años han proliferado los dispositivos para la realidad virtual. Todos estos dispositivos implican la necesidad de renderizar la escena que se está visualizando dos veces, una para cada ojo, entre otras muchas problemáticas.

Oculus Rift ha pasado por 3 maneras de renderizar la escena en las gafas durante su desarrollo:

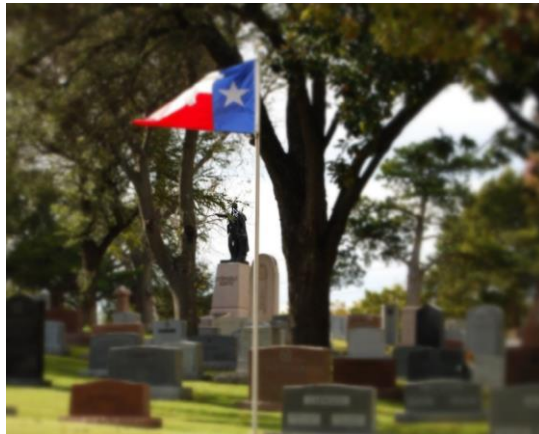
- **Modo Extendido:** esta fue la primera forma que tuvo Oculus de mostrar imágenes. Se debía de extender el escritorio de Windows y este segundo escritorio visualizarse en el monitor que era el Rift. Así pues, las aplicaciones se ejecutaban a pantalla completa en ese monitor y por lo tanto en la pantalla del dispositivo. Esta forma causaba muchos problemas de rendimiento y retraso en la latencia por lo que fue eliminada completamente en la versión 0.7 del SDK de Oculus.
- **Modo Directo:** esta es la forma en la que se intentaba mejorar el rendimiento. La imagen renderizada pasara al sistema operativo el cual se encarga de pasarla mediante la conexión HDMI a la pantalla del Rift. Este modo ha sido el más popular hasta la actualización 0.7 en la que ha sido sustituido por un modo más eficiente.
- **Direct Drive Mode:** este modo ha aparecido en la versión 0.7. En colaboración con Nvidia y AMD, Oculus ha trabajado en un modo de evitar insertar la funcionalidad VR entre el sistema operativo y el driver gráfico. Ahora, el driver de la tarjeta gráfica tendrá conocimiento del

dispositivo en vez de tratarlos como un monitor más. De esta manera se elimina mucha latencia que encontrábamos en los anteriores modos y se reducen los conflictos entre el SDK de Oculus y aplicaciones de terceros.

Tecnologías como el Direct Drive Mode forman parte del GameWorks VR de Nvidia<sup>5</sup> Este framework, todavía en versión beta, incluye multitud de técnicas para mejorar el rendimiento en los HMD.

- VR SLI: Nos permite utilizar múltiples tarjetas gráficas. De esta manera se puede asignar a la imagen de cada ojo una tarjeta o grupo de tarjetas distintas.
- Multi-Res Shading: Es una innovadora manera de renderizar una imagen para la realidad virtual donde cada parte de la imagen es renderizada a una resolución diferente dependiendo de la densidad de píxeles que tendrá esa zona en la imagen deformada final.

Además de estas tecnologías que ya se están aplicando existen otras muchas técnicas que, por no poder ser tan generales, aun no se han visto implementadas en el mercado de consumo. Por ejemplo, el foveated rendering consiste en renderizar con más resolución una imagen en la zona donde el usuario tenga puesta la vista. Se puede apreciar este efecto en la Figura 35. Esto es solo posible de hacer mediante un dispositivo que nos permita saber qué zona está mirando el usuario (como el antes mencionado FOVE VR) y nos ofreciera una mejora de rendimiento.



**Figura 35: Ejemplo de imagen foveated. Wikipedia.**

---

<sup>5</sup> <https://developer.nvidia.com/virtual-reality-development>

## 4. Aplicación

---

### 1. Idea y motivación

La idea principal de este proyecto es usar la realidad virtual y la inmersión que proporciona un HMD como el Oculus para crear una experiencia para niños que están ingresados en un hospital por algún tipo de enfermedad.

Se pensó en crear un lugar para niños que fuera importante para su crecimiento y desarrollo. Se llegó a la conclusión de que un parque infantil, del que podemos encontrar en cualquier barrio de nuestro país, era el lugar ideal. Todos los niños, en algún momento han estado jugando con sus familiares o con otros niños en sitios como estos.

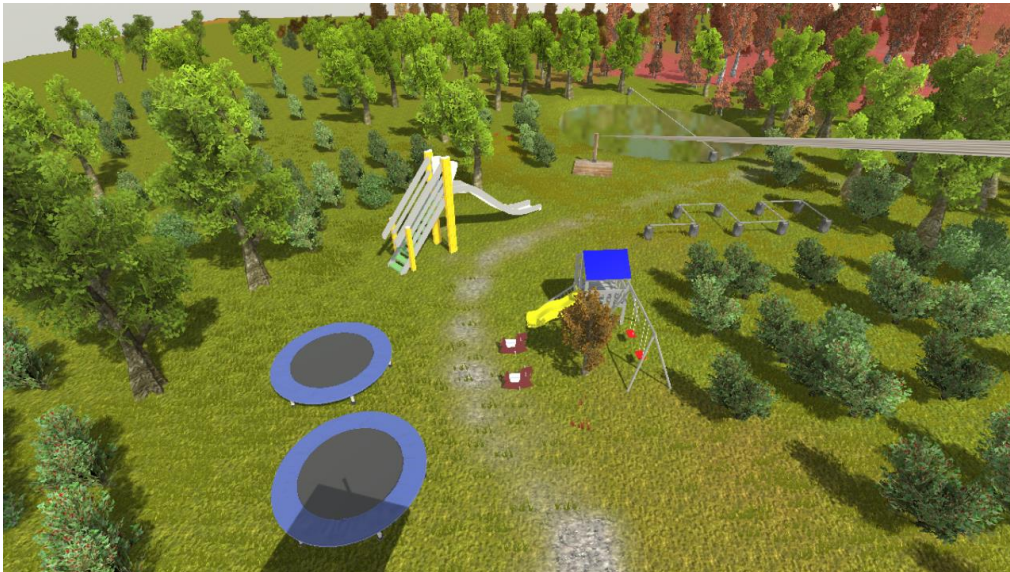
Sin embargo, hay niños a los que por razones de salud no han podido disfrutar nunca de uno de estos lugares típicos o no van a poder disfrutar más debido a alguna enfermedad adquirida recientemente.

La idea de encontrar una aplicación que estuviera enfocada en mejorar la vida diaria de los niños hospitalizados vino de la fundación Juegaterapia<sup>6</sup>. Esta fundación se encarga de adquirir consolas fijas y portátiles que la gente ya no usa y las donan a hospitales que disponen de áreas de oncología infantil. También se encargan de decorar hospitales, llevar a niños a ver entrenamientos de equipos de fútbol, etc. con el fin de hacer que los niños puedan olvidarse un poco de sus tratamientos y el tiempo que pasen en una habitación de hospital se les pase más rápido. Con esta misma filosofía en mente se ha construido esta aplicación.

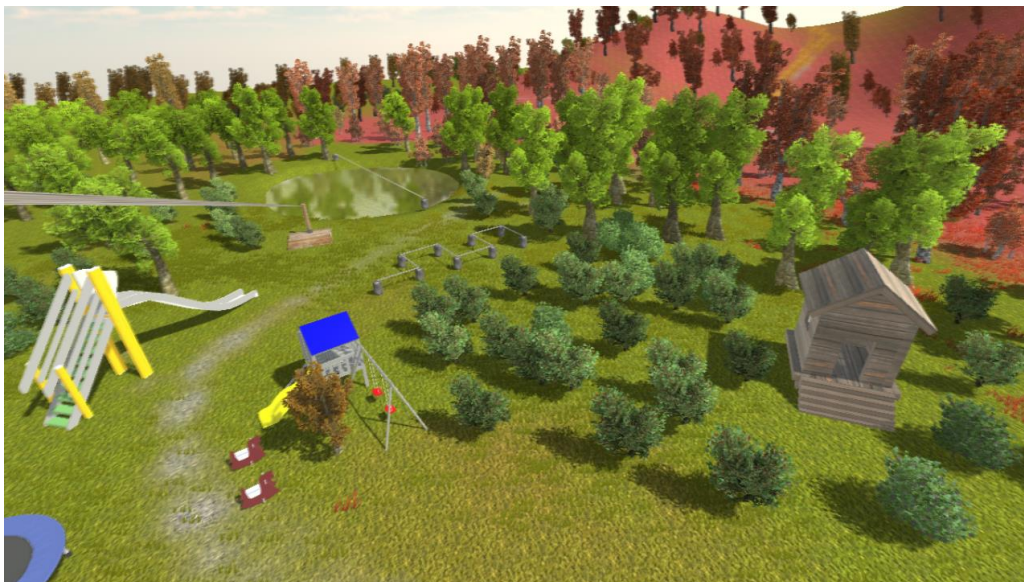
---

<sup>6</sup> <http://www.juegaterapia.org/>

## 2. Perspectiva general



**Figura 36: Perspectiva general**



**Figura 37: Perspectiva general**

Para empezar, se ha elegido un lugar colorido, con mucha vegetación para crear un ambiente relajado y bonito donde jugar. En las dos imágenes superiores (Figura 36 y Figura 37) se puede una perspectiva global de las atracciones que se han creado. Algunas de ellas son típicas de un parque infantil, otras son más típicas de un camping, sin embargo, gracias a la inmersión que proporciona el Oculus, son interesantes de incluir en una zona de juegos general.

El control de la experiencia se desarrolló teniendo en mente un mando de videojuegos. Se ha elegido este tipo de control por dos razones. La primera es que, con el HMD puesto en los ojos, no es posible utilizar ningún aparato complejo puesto que no se puede ver. Por lo tanto, se necesitaba una manera

de obtener la entrada del usuario que fuera conocida por la mayoría de la gente y fuera a su vez simple. Se ha optado por usar un mando de consola, como el de la Figura 38, puesto que su desarrollo y mejora lleva muchos años siendo un foco de atención en la industria.

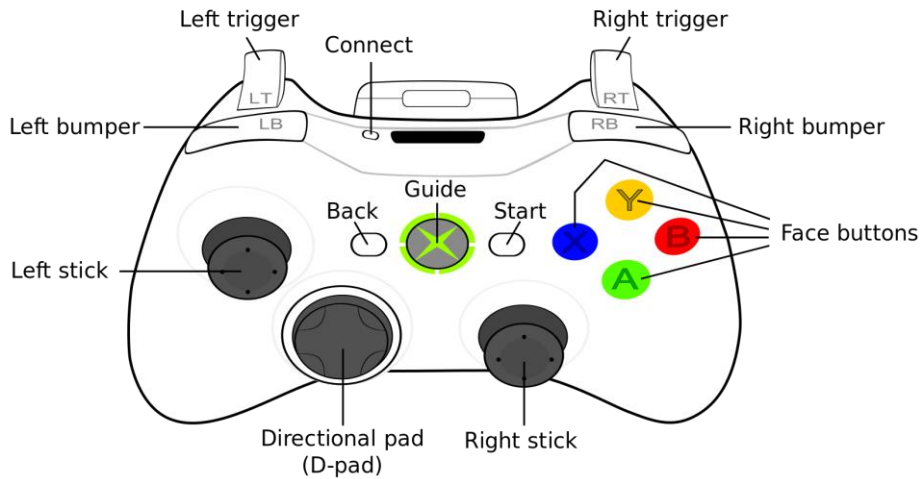


Figura 38: Imagen del controlador de Xbox 360. Wikipedia

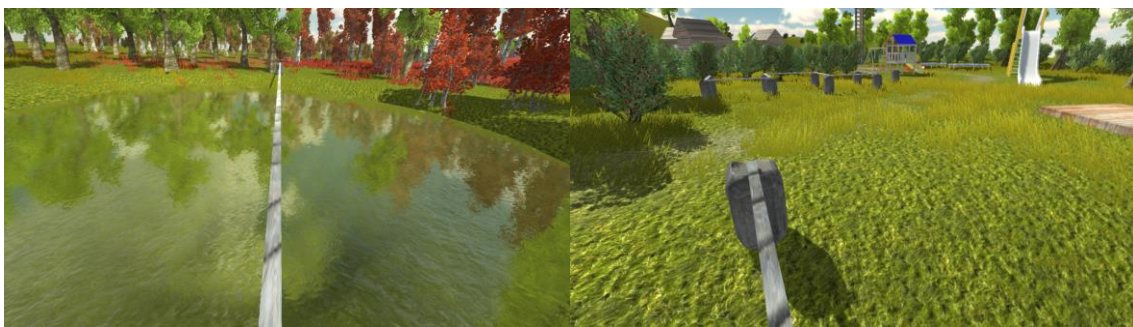
### 3. Atracciones

- Lago

A los niños siempre les ha gustado mojarse y jugar con el agua. Por esta razón se ha creado una zona con un lago. Al entrar y salir del agua se oye la misma y se mueve más lento para dar la sensación de nadar. Además de poder estar dentro del agua, se ha colocado un tablón de madera sobre dos piedras que va de un lado a otro del lago. Así, el niño, puede intentar ir desde una parte del lago a la otra sobre dicho tablón. Esto entraña una dificultad puesto que el tablón es bastante estrecho, aunque, gracias a la presencia que se obtienen con el Oculus Rift, se sabe exactamente si se está justo encima de la tabla o no. Si el niño se cae al agua y no quiere darse por vencido deberá ir hasta la orilla nadando y volver a subirse al principio de la tabla. Podemos apreciar esto en las imágenes de Figura 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42.



**Figura 39: Imagen del lago**

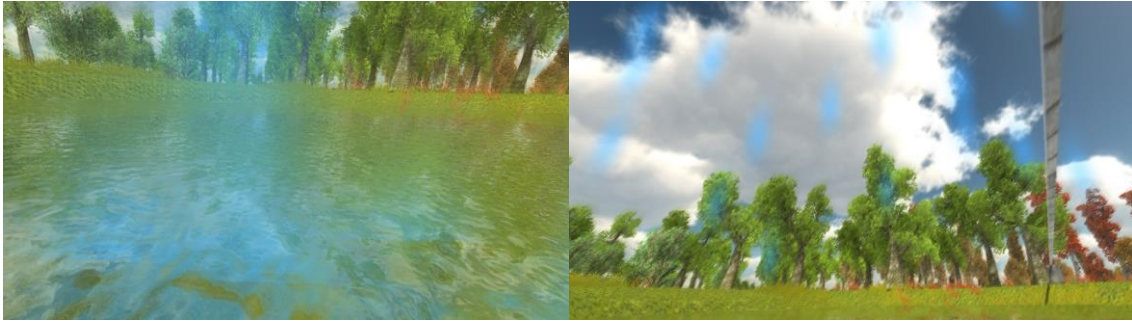


**Figura 40: Imágenes sobre el tablón del lago**



**Figura 41: Imagen del agua desde arriba**





**Figura 42: Imágenes del sistema de partículas que simula las gotas de agua.**

- Zona de equilibrio

Esta atracción mantiene la filosofía de la anterior. Se ha construido un recorrido con tablones que el niño debe de recorrer sin caerse. Dado que este recorrido es más difícil que seguir un tablón en línea recta la penalización por fallar no es tan grande como caerte al agua. Cuando el niño está sobre los tablones puede decidir varias acciones para continuar su trayecto. Puede ir andando por el recorrido, poco a poco para llegar a su final. Este ejercicio se vuelve interesante puesto que se debe mover la cabeza de un lado a otro gracias a los movimientos que hace el recorrido.

También puede intentar saltar de una tabla a otra para acabar antes el ejercicio a costa del riesgo de caerse.

Podemos ver esta atracción en las imágenes de Figura 43 y Figura 44:



**Figura 43: Zona de equilibrio**



**Figura 44: Imágenes sobre los palos de la zona de equilibrio**

- Tobogán grande

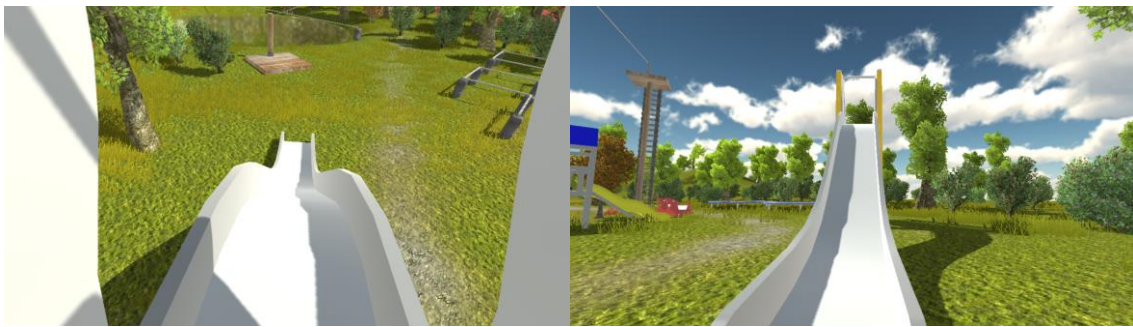
Un tobogán es una atracción básica que podemos encontrar en cualquier parque. Este tobogán grande permite al niño subir por una escalera y tirarse simplemente andando hacia él. Además, permite la subida inversa, lo que le permite al niño poder hacer lo que quiera con el tobogán. Esto es un intento de dejar que el niño sea completamente libre en este mundo. Podemos ver esta atracción en las imágenes de la Figura 45, Figura 46 y Figura 47.



**Figura 45: Imagen del tobogán grande**



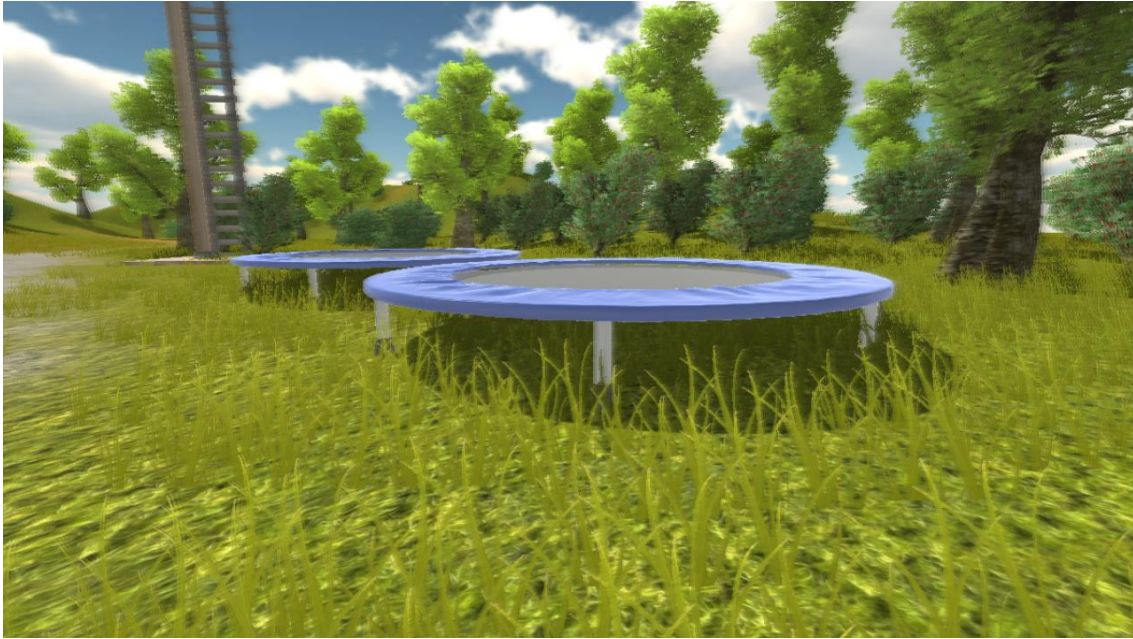
**Figura 46: Imagen del tobogán grande desde atrás**



**Figura 47: Imagen desde arriba y al final del tobogán**

- Cama elástica.

La cama elástica tampoco es una atracción que puedas encontrar en un parque tradicional pero se ha pensado que podría ser divertida para los niños. Al subirse encima de ella y saltar, el niño será impulsado hacia arriba y caerá de nuevo sobre la cama si no se mueve en el aire. Por su puesto, al caer sobre ella será impulsado al aire de nuevo. La sensación de saltar muy alto sin esfuerzo resulta divertida y nos permite relajarnos viendo todo el parque. Esto se puede apreciar en Figura 48 y Figura 49.



**Figura 48: Imagen de las camas elásticas**



**Figura 49: Imagen desde el punto más alto del salto en la cama elástica**

- Columpios y tobogán.

Este tipo de atracciones es el más común en los parques infantiles. En una sola estructura, que parece una caseta, se juntan un pequeño tobogán y unos columpios.

El tobogán funciona igual que el otro, sin embargo, al ser un tobogán con ondulaciones la sensación que se tiene al bajar por él es de rebote y no deslizante como en el anterior.

Cuando se acerca a un columpio y pulsa el botón de acción se sube en él. Si se vuelve a pulsar el botón de acción, recibe un impulso y empieza a columpiarse. Cuando el niño se está columpiando puede mover libremente la cabeza y observar el resto del parque desde ángulos que no podrían ser vistos de ningún otra manera. Para saltar del columpio simplemente se debe pulsar el botón cancelar. Podemos ver la atracción en las imágenes de la Figura 50, Figura 51 y Figura 52.



**Figura 50: Imagen del tobogán pequeño**

Implementación de una aplicación de Realidad Virtual para el casco Oculus Rift DK2

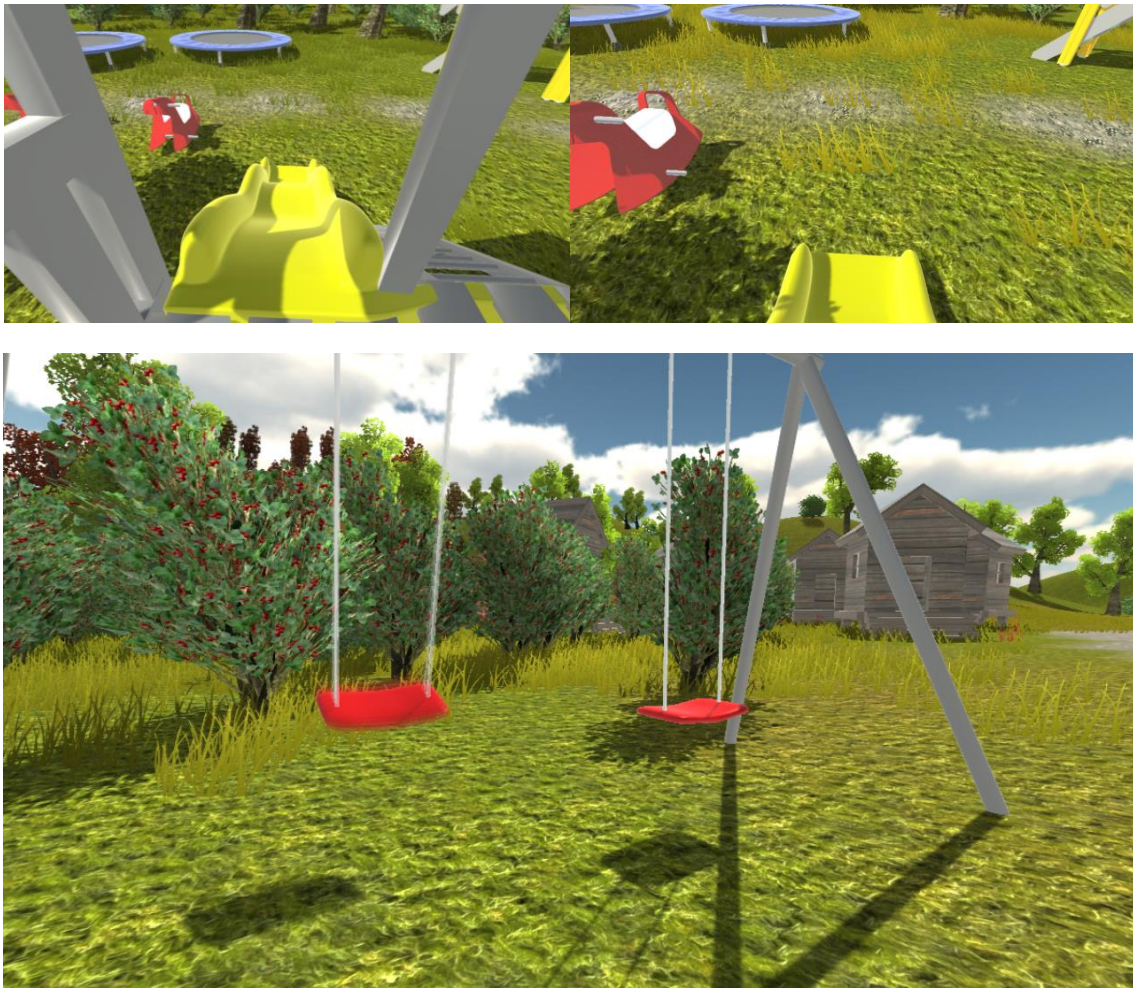


Figura 51: Imagen de los columpios

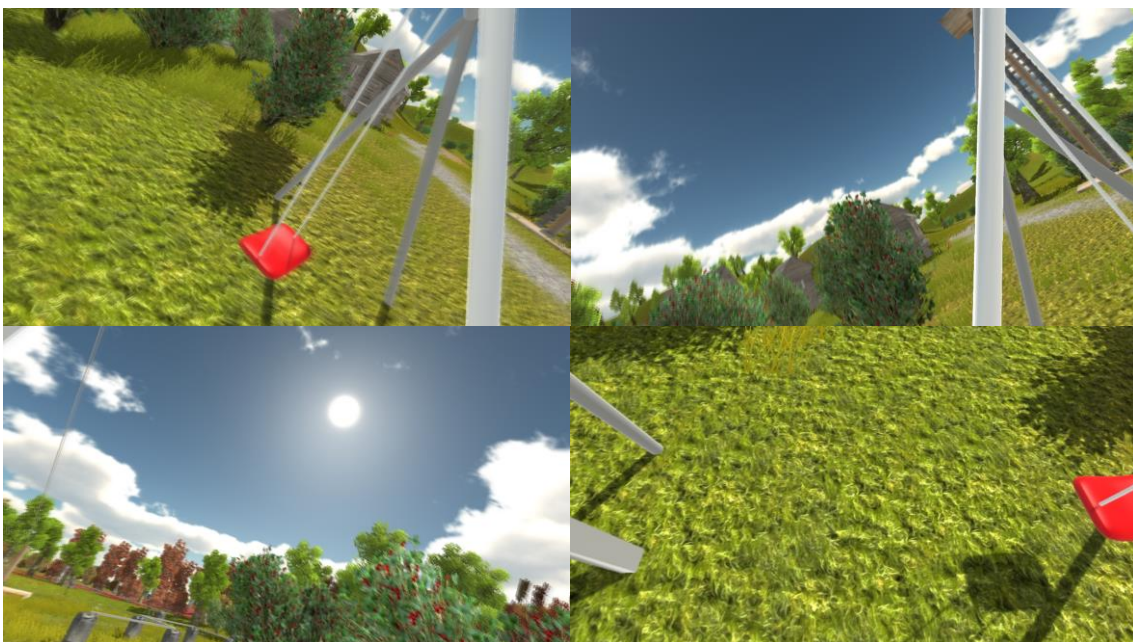


Figura 52: Imagenes en diversos puntos al columpiarse

- Caballito balancín

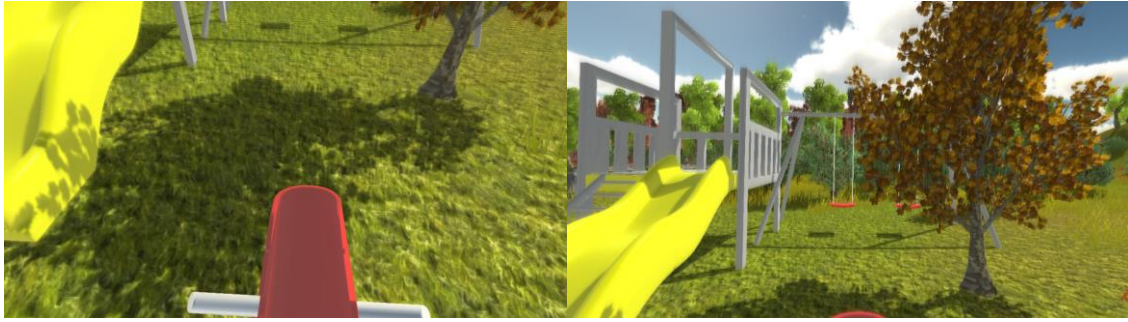
Los balancines también se suelen encontrar en muchos parques. Para representarlos aquí se ha elegido un caballito. Al acercarse a él y pulsar el botón de acción, se subirá al caballito y este empezará a balancearse de adelante hacia atrás. Para salir del balancín simplemente se debe pulsar el botón cancelar. Este caballito ha sido creado como sustituto simple del columpio. Dado que el balanceo no es tan agresivo como en columpio, ofrece una experiencia mucho más relajante que este. Esta atracción se puede apreciar en las imágenes de Figura 53, Figura 54 y Figura 55.



**Figura 53: Imagen de los caballitos**



**Figura 54: Imagen de los caballitos desde el otro lado**



**Figura 55: Imagenes en diversos puntos del balanceo**

- Tirolina

Esta es otra de esas atracciones que no es habitual que se encuentre en un parque infantil, sin embargo, pueden resultar divertidas para los niños.

Consta de dos postes. Al más alto de todos se sube por una escalera lo suficientemente grande para que un niño se sienta seguro al subir. Ya arriba, al pulsar el botón de acción se lanzara al niño por la cuerda hasta llegar al otro poste.

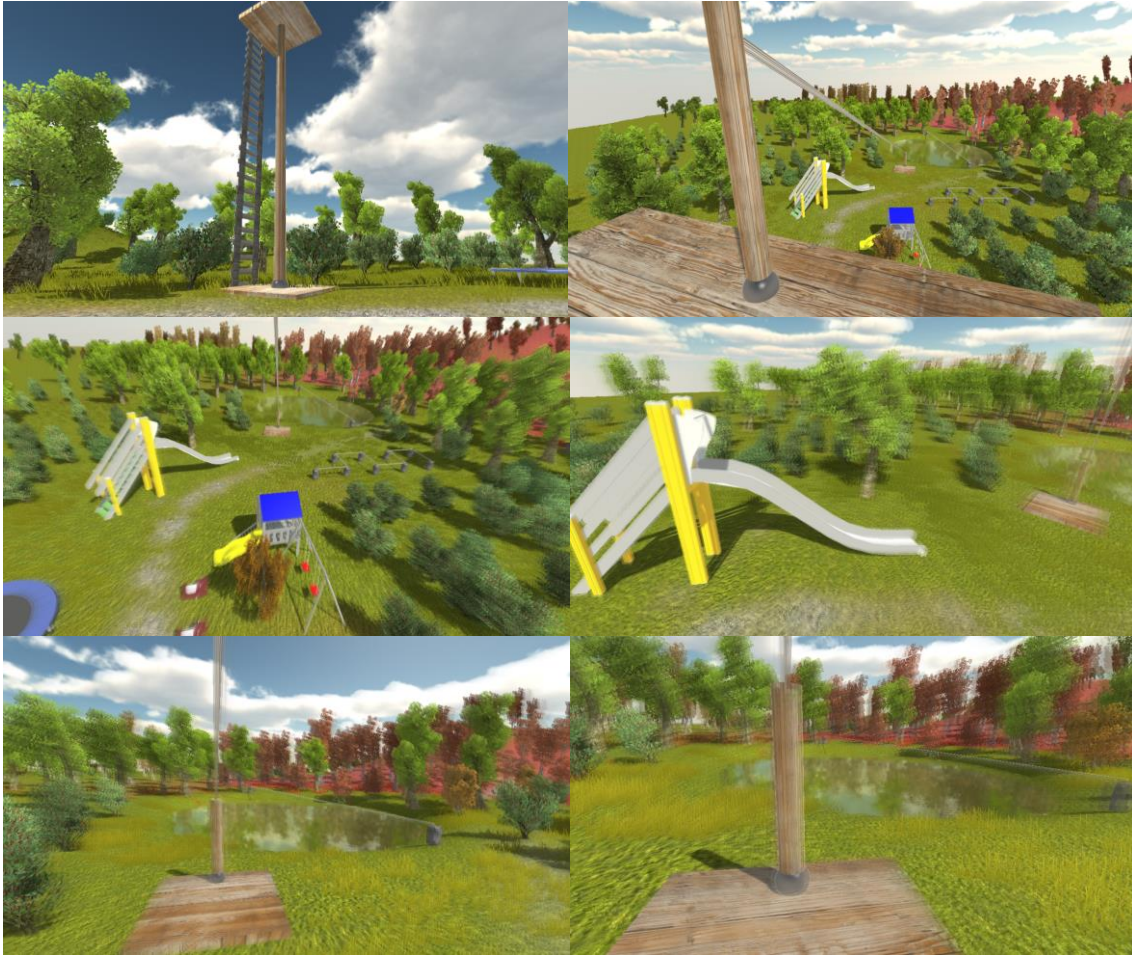
Para añadirle emoción al asunto, el niño puede soltarse en cualquier momento. Aunque esto sería muy peligroso en la vida real, aquí es completamente seguro. De esta manera, el niño puede hacer cosas que incluso no podría hacer en la vida real. Todo esto con el objetivo de que él sea el dueño de este mundo.

Podemos apreciar una imagen de la tirolina (Figura 56) y de su trayecto (Figura 57).



**Figura 56: Imagen de la tirolina**





**Figura 57: Imágenes durante el trayecto de caída de la tirolina**

Por último, dado que la sensación de presencia no se puede plasmar en unas imágenes se ha editado un video de la aplicación y se ha subido a la plataforma de Youtube. Sin embargo, no se puede transmitir la sensación de realismo que nos da el Oculus Rift.

<https://www.youtube.com/watch?v=gkds4k68pN4>

## 5. Desarrollo de la aplicación

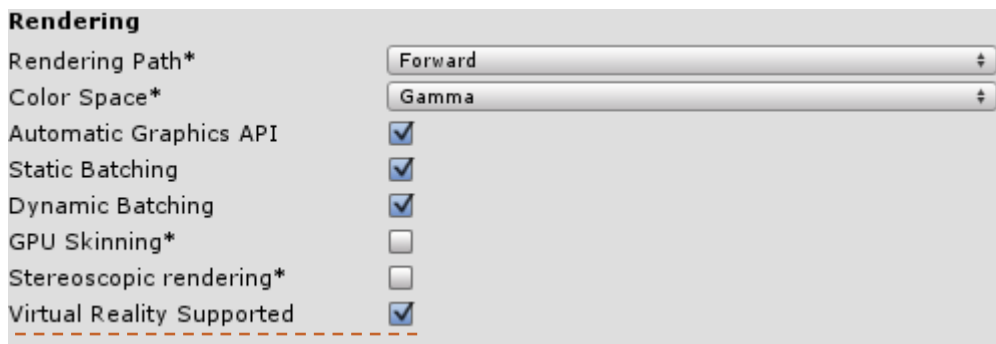
---

En este apartado se va a explicar paso a paso el desarrollo de la aplicación en Unity.

### 1. El jugador

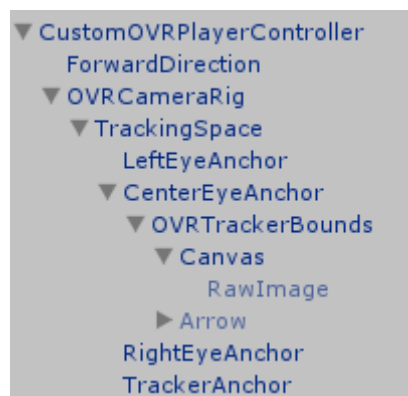
Para empezar empezaremos explicando la creación del jugador. Para ello se han hecho uso de los recursos que proporciona Oculus para Unity en su versión 0.7.

Primero se debe activar la opción de Unity para utilizar la realidad virtual, como se puede ver en la Figura 58.



**Figura 58: Opción para activar en Unity la Realidad Virtual**

Se ha usado el OVRPlayerController que nos proporciona Unity. Este recurso es el ideal para esta aplicación puesto que ha sido configurado de la mejor manera para intentar evitar los mareos y náuseas que aparecen en algunas personas al usar la realidad virtual. Aun así, ha sido modificado mínimamente para cumplir algunas necesidades necesarias para la aplicación que no contenía la versión por defecto. En la siguiente imagen se muestra la compleja estructura de este objeto (Figura 59).



**Figura 59: Compleja jerarquía del controlador del juego**

Para que el usuario pueda interactuar con los objetos se realiza un casteo de rayos desde la vista del usuario, de esta manera, simplemente con mirar un objeto y apretar el botón se pueda interactuar con él. La siguiente función se ejecuta en cada bucle de juego para comprobar si hay algún objeto con el que se pueda interactuar al alcance del usuario.

```

bool CheckIfInFocus(out GameObject inFocusObject, out Interactable mostNearInteractable)
{
    int x = Screen.width / 2;
    int y = Screen.height / 2;

    Ray ray = mainCamera.GetComponent<Camera> ().ScreenPointToRay (new Vector3 (x, y));
    RaycastHit hit;
    if (Physics.Raycast (ray, out hit, InteractionDistance)) {
        inFocusObject = hit.collider.gameObject;
        mostNearInteractable = null; // quejas

        // Buscar si es interaccionable
        bool founded = false;
        GameObject obj = hit.collider.gameObject;
        while(!founded){
            if(obj.GetComponent<Interactable>() != null){
                mostNearInteractable = obj.GetComponent<Interactable>();
                founded = true;
            }else{
                // Mirar si tiene padre
                if(obj.transform.parent != null)
                    obj = obj.transform.parent.gameObject;
                else
                    founded = true;
            }
        }

        return true;
    }

    inFocusObject = null;
    mostNearInteractable = null;
    return false;
}

```

**Figura 60: Código que comprueba si hay algo al alcance del usuario**

Se lanza un rayo desde el centro de la vista con una distancia determinado, si choca contra algún objeto debemos saber si este objeto contiene funcionalidad a ejecutar o no (código de la Figura 60). De esta manera solo podremos interactuar con objetos como el columpio o la tirolina y no con los árboles. Si el objeto contiene un script llamado Interactable es que tiene algún tipo de función que se puede ejecutar. Si no, se busca si algún objeto padre contiene funcionalidad para ser ejecutada.

En todo caso se devuelve una instancia del objeto con el que se ha encontrado y una instancia del script que contiene las acciones a ejecutar si existe.

## 2. Terreno

Para la realización del terreno se han usado materiales del paquete gratuito PainterlyNature, que podemos encontrar en el Asset Store de Unity, y la herramienta de Unity para crear terrenos. Estos recursos han sido modificados para acondicionar la zona de juegos. Se puede ver el resultado en la Figura 61.

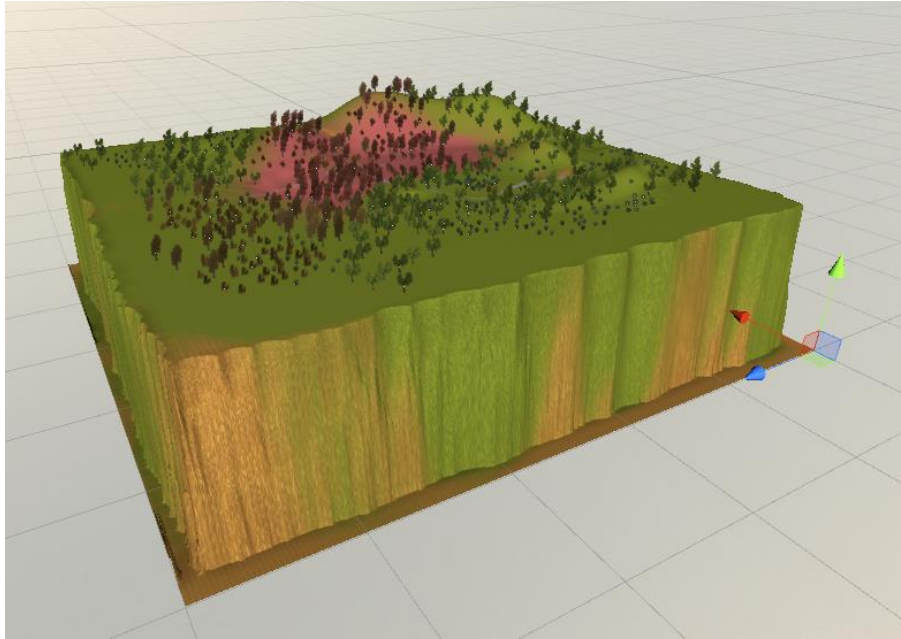


Figura 61: Terreno

La iluminación de la zona se hace mediante iluminación ambiental. El paquete antes mencionado contenía un skybox que ha sido enlazado a la iluminación de la escena y es usado para iluminarla. El resultado sería el de la Figura 62.

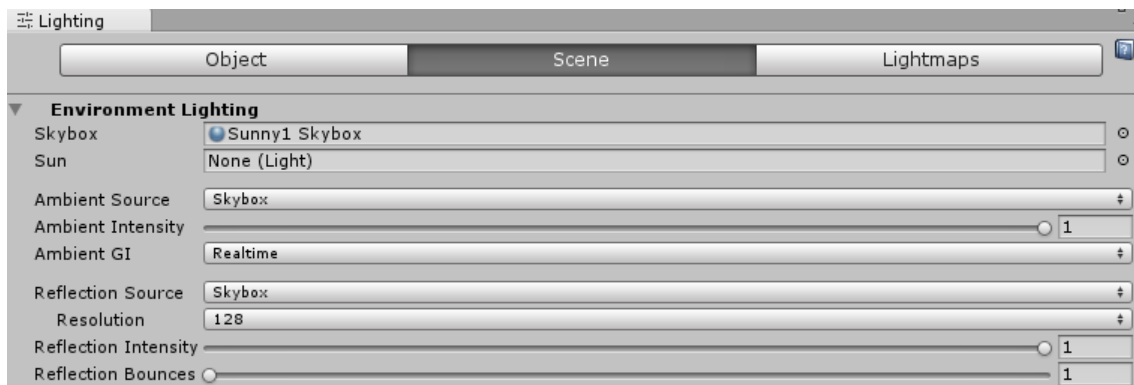


Figura 62: Iluminación de la escena

### 3. Lago

Para hacer el lago, primero se ha hecho un agujero en el suelo mediante la herramienta de modificación del terreno de Unity. Después, se han importado los Standard Assets de Unity y se ha usado el agua por defecto.

Para dar la sensación de estar dentro del agua se ha usado un box collider posicionado por debajo de la superficie del agua. Así pues, cuando el usuario cae sobre el agua la atraviesa y se queda en la caja de colisión inferior dejando el agua a la altura de la parte inferior de la cámara. Resultado final en la Figura 63.

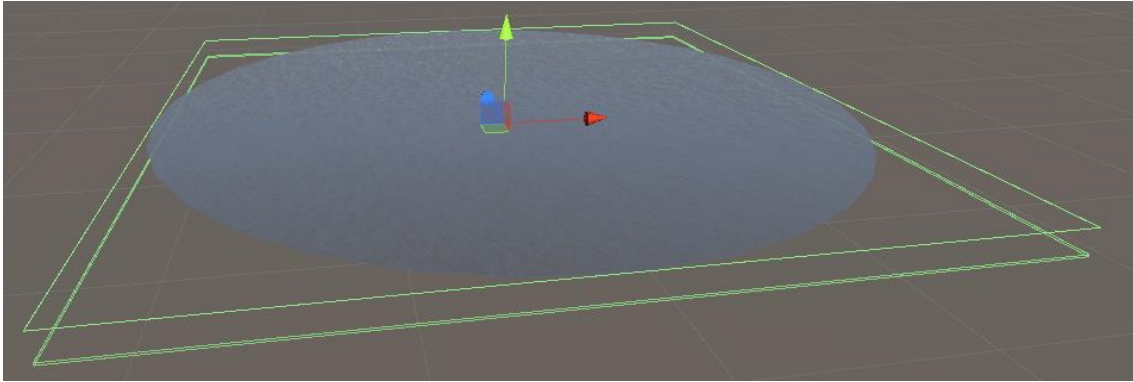


Figura 63: Imagen del prefab del lago

El agua a su vez tiene otra caja de colisión. Esta caja, en vez de impedir el movimiento del personaje, se usa de disparador. Al dispararse se genera el sistema de partículas que simula gotas de agua que podemos ver en la Figura 64.

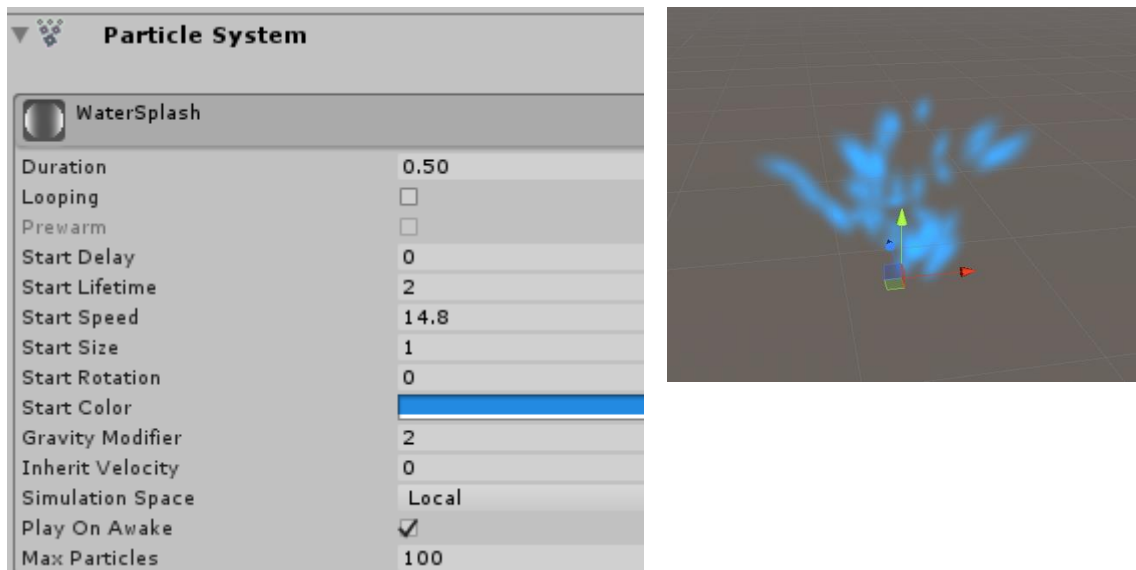
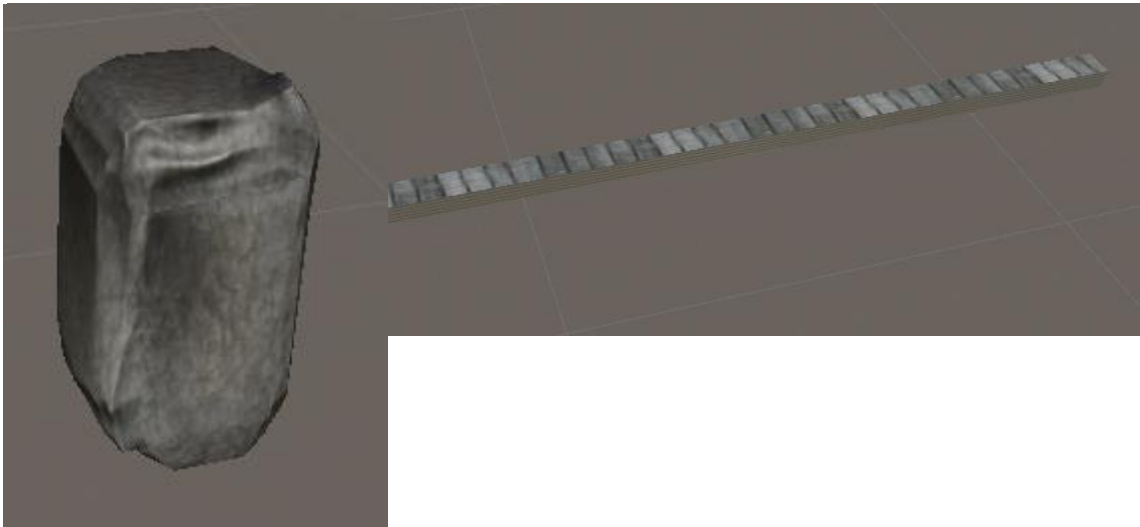


Figura 64: Sistema de partículas de la salpicadura

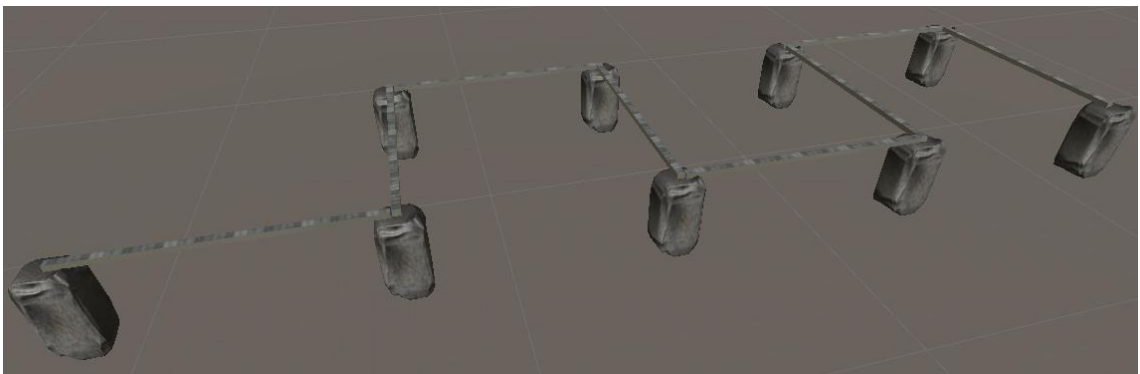
#### 4. Zona de equilibrio

Esta atracción es la más simple de todas. Solo está formada por unos modelos de rocas (adquiridas del paquete PainterlyNature) y unos tablonos formados por un cubo y una textura. Resultado en la Figura 65.



**Figura 65: Elementos que forman la zona de equilibrios.**

Estas dos estructuras debidamente colocadas forman la atracción que vemos en Figura 66.

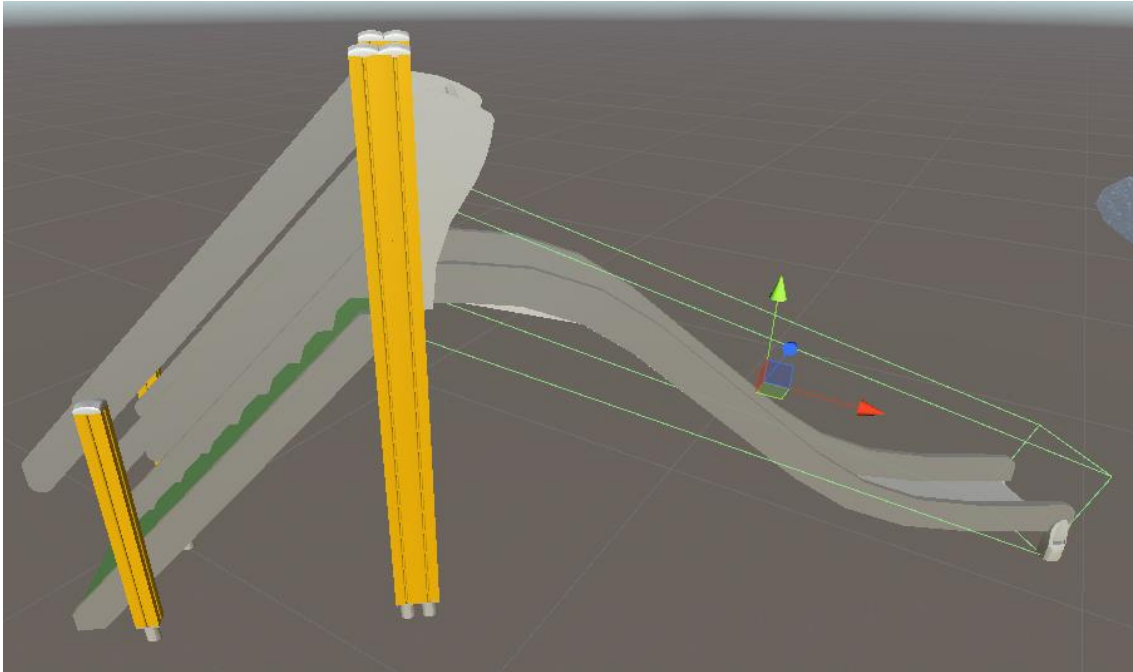


**Figura 66: Zona de equilibrios**

## 5. Tobogán grande

El modelo para este tobogán se ha obtenido del repositorio de modelos 3D gratuitos Archive3D<sup>7</sup>. Para hacerlo resbaladizo se ha hecho uso de la opción damping (amortiguación) que usa el jugador para amortiguar el movimiento. Así pues, cuando el usuario se quiere lanzar por el tobogán solo tiene que ir hacia él. Allí, una caja de colisión se dispara cuando el jugador la cruza y cambia este factor de amortiguación. De esta manera se consigue un efecto de resbalado por el tobogán. La caja de colisión tiene la misma longitud que el tobogán, así que, cuando el jugador sale del tobogán se restaura la amortiguación por defecto.

<sup>7</sup> <http://archive3d.net/?a=download&id=4283a09e>



**Figura 67: Tobogán grande y su caja de colisión para el comportamiento de resbalar**

El siguiente script (Figura 68) está asociado a la caja de colisión que funciona como disparador. En él se ve implementada la funcionalidad anterior en las funciones `OnTriggerEnter` y `OnTriggerExit` que se disparan cuando un cuerpo entra o sale respectivamente de la caja.

```
public class SliderLappset : MonoBehaviour {

    private float oldDamping;

    void OnTriggerEnter(Collider other) {
        other.gameObject.GetComponent<CustomOVRPlayerController> ().InAir = true;
        oldDamping = other.gameObject.GetComponent<CustomOVRPlayerController> ().Damping;
        other.gameObject.GetComponent<CustomOVRPlayerController> ().Damping = 0.05f;
    }

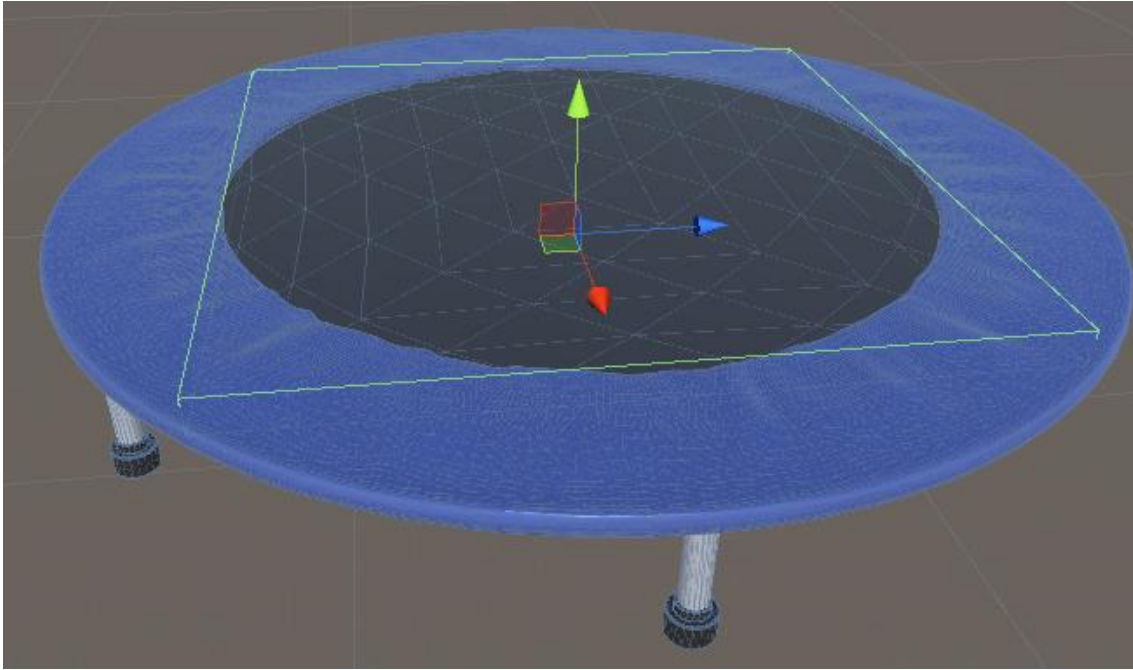
    void OnTriggerExit(Collider other) {
        other.gameObject.GetComponent<CustomOVRPlayerController> ().InAir = false;
        other.gameObject.GetComponent<CustomOVRPlayerController> ().Damping = oldDamping;
    }
}
```

**Figura 68: Script con el comportamiento de resbalado del tobogán grande**

## 6. Cama elástica

El modelo de la cama elástica se ha obtenido del repositorio de modelos 3D gratuitos Archive3D<sup>8</sup>. Para realizar los saltos al tocarlo se ha construido otra caja de colisión que funcione como disparador (Figura 69).

<sup>8</sup> <http://archive3d.net/?a=download&id=1d7db7fd>



**Figura 69: Cama elastica**

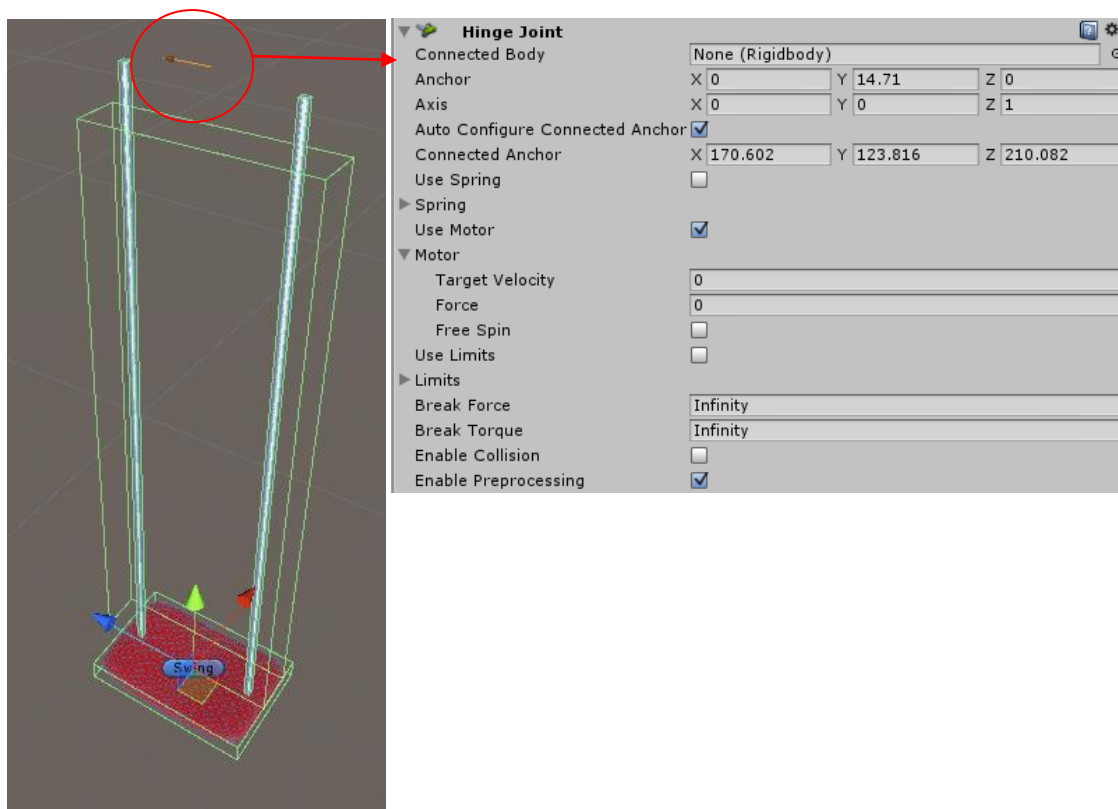
El entrar en esa caja se usa el método por defecto para saltar pero haciendo que el salto sea mucho más alto.

## **7. Columpios y tobogán**

El tobogán sigue el mismo principio que el anterior y por lo tanto no se va a volver a explicar aquí. El modelo de la atracción se ha obtenido del repositorio de modelos 3D gratuitos Turbosquid.

Para realizar el columpio se ha hecho uso del motor de físicas. A cada columpio se le ha añadido un Hinge Joint (Figura 70). Este componente es un objeto del motor de físicas que nos proporciona la capacidad de forzar a que un objeto se comporte como si estuviera enganchado con una bisagra a algún otro objeto. Esto es útil para crear puertas o trampillas. En nuestro caso lo usamos para crear el comportamiento de balanceo del columpio. En la siguiente imagen podemos ver el modelo del columpio y arriba, de color naranja, una flecha que nos sirve de indicación sobre el punto de rotación y el eje de la bisagra.





**Figura 70: Columpio y la posición de la bisagra**

Cuando el jugador se acerca y pulsa el botón de acción se le coloca encima del asiento. El objeto que representa al usuario pasa a ser hijo del asiento y por lo tanto cuando este se mueva se moverá el usuario. De esta manera se consigue el efecto de balanceo. Al volver a pulsar el botón se aplica una fuerza al columpio, de esta manera empieza a mover pero siempre cumpliendo con la restricción que le impone la bisagra.

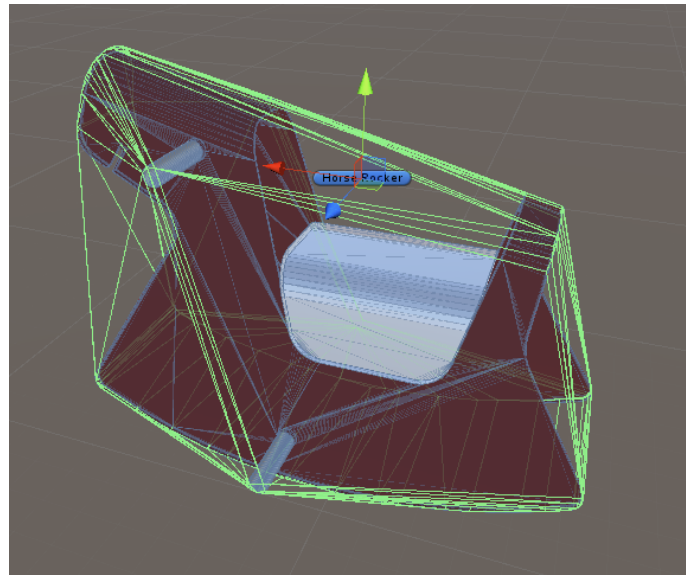
```
public void DoASwing() {
    GetComponent<Rigidbody> ().AddForce (-new Vector3 (1, 0, 0) * ForceApplied, ForceMode.Impulse);
}
```

**Ilustración 1: Código que fuerza el comportamiento de balanceo en el columpio**

## 8. Caballito balancín

El caballito es la única atracción cuyo movimiento ha sido realizado con el sistema de animaciones de Unity. El modelo se ha obtenido del repositorio de modelos 3D gratuitos Archive3D<sup>9</sup>.

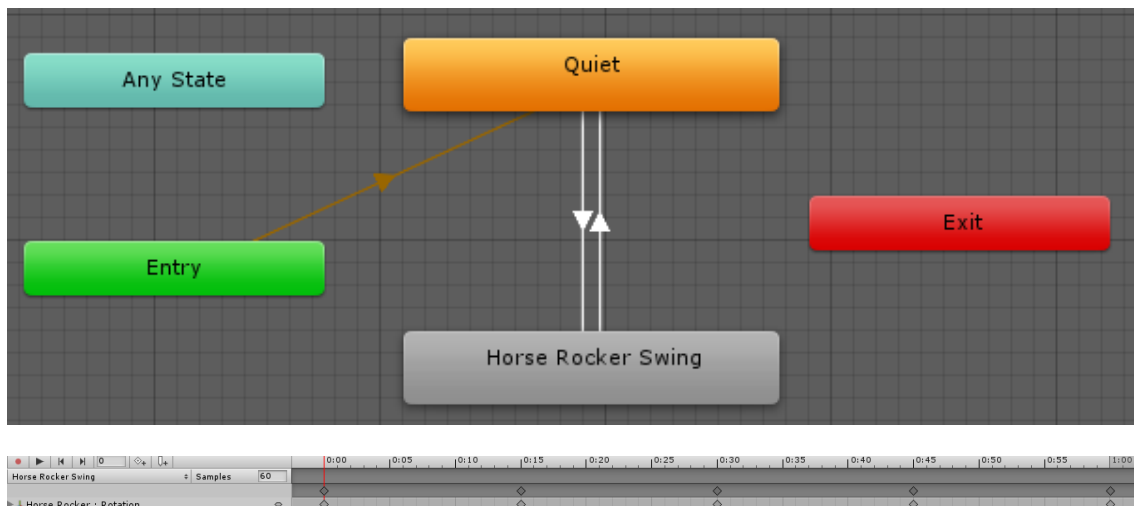
<sup>9</sup> <http://archive3d.net/?a=download&id=dceb67b2>



**Figura 71: Caballito balancin**

Al igual que en el columpio, el usuario al pulsar el botón de acción mirando al caballito se coloca encima de él y el usuario pasa a ser hijo del caballito por lo que heredará sus transformaciones. Sin embargo, no se requiere más acciones del usuario puesto que el caballito empezará a moverse de adelante hacia atrás, tal y como se ha especificado en la animación. Como el usuario es hijo del objeto, también se ve afecto por la transformación. El resultado es el de la Figura 71.

Por su lado, la animación es muy simple y solo tiene dos estados. Uno en el que no se debe mover y otro en el que se mueve de adelante hacia atrás cuando las transición se active (Figura 72).



**Figura 72: Animación del caballito**

## 9. Tirolina

La tirolina es uno de las atracciones más complejas. El modelado está compuesto totalmente de las primitivas básicas que nos ofrece Unity. Está formado por dos partes; el inicio, que a su vez está compuesto por un pilar central con dos bases, unas escaleras y un poste donde podemos activar la tirolina y atar la cuerda, y el final, que se compone únicamente de un pilar donde atar la cuerda y una base.

Las texturas usadas en las maderas de la tirolina han sido bajadas gratuitamente de internet. El material de esta madera usa el shader por defecto de Unity. A este shader se les proporciona la textura de color, una textura normal y una de altura. Estas texturas se han calculado a partir de la textura de color original mediante el programa AwesomeBump de Código Abierto.

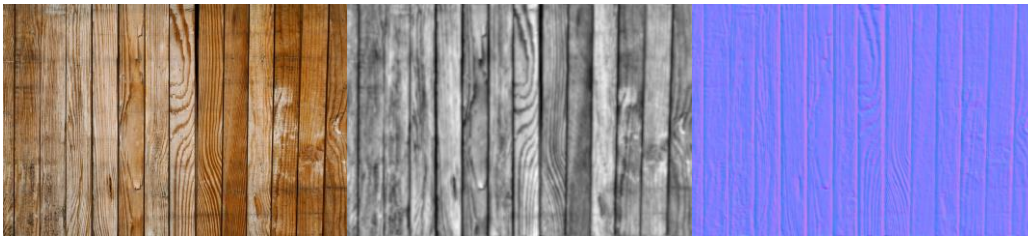


Figura 73: Texture de madera usada en la tirolina

La cuerda es un elemento que se genera dinámicamente entre el poste de la parte de inicio y el poste de la parte final. De esta manera se puede mover estas dos partes sin preocuparse de la cuerda.

Al ejecutarse la aplicación, la tirolina genera un nuevo componente llamado LineRenderer. Este componente dibuja una línea entre dos puntos del espacio. Así pues se alimenta de dos puntos indicados por los postes antes mencionados y una anchura inicial y final. La siguiente función es la causante de dicho comportamiento.

```
void Start () {
    gameObject.AddComponent<LineRenderer> ();
    lineRenderer = GetComponent<LineRenderer> ();
    InitUsePosition = transform.Find ("Inicio/Mastil/Stick/SitPosition");

    ropeInitPosition = transform.FindChild ("Inicio").FindChild ("RopeAnchor").position;
    ropeEndPosition = transform.FindChild ("Fin").FindChild ("RopeAnchor").position;

    lineRenderer.SetPosition (0, ropeInitPosition);
    lineRenderer.SetPosition (1, ropeEndPosition);
    lineRenderer.material = RopeMaterial;
    lineRenderer.SetWidth (0.08f, 0.08f);
}
```

Figura 74: Metodo que renderiza la cuerda de la tirolina

Cuando el jugador se quiere lanzar por la tirolina solo debe de accionar el poste de la parte superior de esta. En ese momento se le empieza a mover entre una posición inicial y una posición final. Cuando el usuario llega al final de la tirolina se le suelta para que pueda seguir jugando (Figura 75).

```
void Update () {
    if (isOccupied) {
        user.transform.position = Vector3.MoveTowards(user.transform.position,
                                                    userEndPosition,
                                                    Time.deltaTime * Speed);
        if(user.transform.position == userEndPosition){
            user.GetComponent<InteractActions>().ReleaseFromPosition();
        }
    }
}
```

Figura 75: Código que ejecuta el movimiento en la tirolina

## 6. Diseño del experimento

---

Muchos niños, desde una edad muy temprana, se ven obligados a permanecer hospitalizados. Las razones para esto pueden ser diversas pero todas acaban produciendo un factor negativo sobre los niños. Puesto que por problemas de salud no pueden salir a la calle o les costaría mucho hacerlo no pueden disfrutar de una infancia como cualquier otro niño de su misma edad.

En un caso así se les está limitando la capacidad para jugar. La conexión entre los juegos de un niño y su bienestar es algo conocido por todos los padres. Cuando su hijo no quiere jugar, les extraña e inmediatamente piensan que algo puede ir mal. La conexión entre la salud y el juego se vuelve aún más relevante cuando el niño es hospitalizado. Debido a las medidas que se toman para procurar el total cuidado del niño y su recuperación, la estancia en un hospital suele limitar las opciones de juego [12]

Esta situación de desplazamiento del resto de niños y de limitación influye muy negativamente en la moral y actitud de los pacientes [12]. La familia, que ya está bastante afectada por la situación del niño, sufre más al ver lo mal que lo está pasando por no poder disfrutar de su infancia.

La realidad virtual se ha convertido en un aliado en la lucha contra el dolor y ya se ha aplicado en numerosos centros hospitalarios demostrando ser efectiva. Con el desarrollo de las nuevas tecnologías de realidad virtual y los Head Mounted Display ya es posible que el usuario de estos dispositivos sea capaz de evadirse completamente de la realidad y sumergirse en un mundo completamente nuevo que les aleja del dolor [15]

Dado que los juegos son una de las mejores herramientas para enfrentarnos al estrés y la ansiedad [12], y que la realidad virtual ha demostrado ser muy eficaz a la hora de ocupar la mente del paciente en momentos de dolor para que este se haga mucho más soportable la hipótesis de este experimento es que una zona de juego creada mediante realidad virtual sea capaz de reducir el estrés que sufre un niño hospitalizado.

En este capítulo presentamos el diseño de un experimento para poder medir de una manera objetiva los beneficios de la aplicación para el bienestar del niño.

## 1. Método

- **Sujetos de prueba:**  
Todos los niños que se admitan en el experimento deben de tener una edad entre 8 y 15 años. También deben ser capaces de manejar un videojuego simple por lo que todos aquellos con capacidades cognitivas reducidas deben ser excluidos. A su vez, aquellos niños que hayan sufrido ataques de epilepsia o sean susceptibles de padecer pérdidas de equilibrio o mareo también deben de ser excluidos.
- **Lugar:**  
El lugar para el experimento debe ser un sitio en el que el niño se sienta a gusto. Por lo tanto, debería ser en una sala de juegos o en su propia habitación siempre y cuando esta zona no tenga nada que ver con el tratamiento de su enfermedad. Las zonas donde recibe el tratamiento deben evitarse puesto que puede influir negativamente en la actitud y el estado de humor del sujeto.
- **Equipamiento de VR:**  
El equipamiento recomendado consiste en un ordenador con al menos de 8 Gbs de memoria RAM, una tarjeta gráfica NVIDIA GTX 970/ AMD290 o superior y un procesador equivalente a un Intel i5-4590 o superior para el correcto funcionamiento del Oculus Rift. También es necesario contar con un casco Oculus Rift y un controlador de Xbox360, Xbox One, PlayStation 3 o PlayStation 4.
- **Procedimiento:**  
A continuación vamos a detallar los pasos para llevar a cabo el experimento.  
Primero, se debe de elegir un grupo de niños que cumplan las condiciones arriba descritas. El número de pacientes debe ser el mayor posible para otorgar que los resultados del experimento sean significativos.

Antes de realizar el experimento (entre quince y treinta minutos antes) el niño y la persona que estará con él durante el mismo deberán rellenar los

cuestionarios “Estado de ánimo” y “Estado de ánimo (cuidador)”. Además el niño hará un dibujo que será evaluado con la herramienta “Child Drawing: Hospital” [23]

Después, cada niño deberá de jugar con la aplicación el tiempo que quiera sin exceder los treinta minutos. Un cuidador deberá de ayudarlo a colocarse las gafas de realidad virtual y darle el mando. Durante el tiempo que el niño este jugando, el cuidador debe de estar presente en todo momento.

Hay personas a las que el uso de estas gafas les provoca mareos y malestar. Si aparecen estos síntomas durante el experimento, se deberá interrumpir inmediatamente la sesión y se excluirá al niño del experimento.

Inmediatamente después de terminar el experimento deben volver a rellenar una nueva instancia de los cuestionarios anteriores y del cuestionario “*Presence Questionnaire*”

- **Recolección de datos:**  
Para poder analizar correctamente los resultados de este experimento se proponen cuatro medidas a tomar.

*Estado de ánimo:* Se propone usar la herramienta descrita en [16] bajo el nombre de “Mood: Patient Report”. Esta herramienta es una modificación del Reynolds Child Depression Scale. Las preguntas se deben responder con una escala de con un 0 (nada), 1 (un poco) ó 2 (mucho). Dado que la prueba consiste en siete preguntas la suma de la puntuación estaría en un rango entre 0 y 14, con valores altos indicando un mejor estado de ánimo.

A continuación se enumeran las preguntas del test:

1. ¿Te sientes contento justo ahora?
2. ¿Te sientes solo ahora mismo? \*
3. ¿Te sientes triste? \*
4. ¿Ahora mismo hay algo que te preocupe? \*
5. ¿Te sientes aburrido? \*
6. ¿Tienes ganas de llorar? \*
7. ¿Y de jugar con otros niños?

El resultado de las preguntas negativas (marcadas con un asterisco) debe ser invertido a la hora de calcular la suma total.

*Child Drawing: Hospital:* En muchas ocasiones, cuando se pregunta los niños sobre cómo se sienten durante su estancia en el hospital, la mayoría contestan con una actitud positiva. Cuando se compara esto con los resultados de herramientas para medir la ansiedad en niños sale a la luz que esto no es verdad. Por lo tanto, las preguntas y conversación con el

niño no siempre son fiables para evaluar su estado emocional. La herramienta "Child Drawing: Hospital" [23] es una forma divertida, no intrusiva y fácilmente realizable de medir el estado emocional del niño. La prueba consiste en que el niño debe dibujar a una persona en el hospital. Para ello se le entrega una hoja y los ocho colores básicos (rojo, morado, azul, verde, amarillo, naranja, negro y marrón).

La puntuación de los dibujos esta dividida en tres partes.

La primera parte consiste en 14 elementos y deben de ser puntuados por en una escala entre 1 y 10, indicando un 1 el nivel mas bajo de ansiedad reflejada y un 10 el nivel mas alto.

1. Posición de la persona
2. Representación de un acción
3. Longitud de la persona
4. Anchura en relación a la longitud de la persona
5. Expresiones faciales
6. Ojos y pupilas
7. Tamaño de la persona en comparación con el entorno
8. Predominancia de un color
9. Número de colores usados
10. Cantidad de papel usada
11. Lugar donde se ha realizado el dibujo en el papel
12. Calidad de los trazos con los lápices
13. Inclusión y tamaño de equipamiento clínico
14. Calidad general del dibujo

La segunda parte consiste en 8 elementos y, si están presentes en el dibujo, añaden una cantidad de puntos determinada a la puntuación de la primera parte.

1. Omisión de una parte del cuerpo (5 puntos)
2. Exageración de una parte del cuerpo (5 puntos)
3. Reducción de una parte del cuerpo (5 puntos)
4. Distorsión general del cuerpo (10 puntos)
5. Omisión de dos o mas partes del cuerpo (10 puntos)
6. Uso de transparencias (10 puntos)
7. Características mezcladas (10 puntos)
8. Uso de degradados (10 puntos)

Por ultimo, la persona que este corrigiendo el test añade una puntuación (entre 1 y 10) a la puntuación obtenida. Esta nota debe ser en base a la sensación de ansiedad que tiene el dibujo desde el punto de vista de la persona que puntúa.

La puntuación total estará en un rango entre 15 (poca ansiedad) y 290 (máxima ansiedad).



Estado de ánimo (cuidador): Se propone la herramienta descrita en [16] bajo el nombre de “Child’s mood: Parent-caregiver report”. Esta herramienta debe de ser rellenada por el cuidador o los padres del niño justo antes y después de la prueba. En ella se le pregunta por su percepción sobre el estado de ánimo del niño y las preguntas presentan una escala entre 1 y 5. Dado que la prueba consiste en 4 preguntas, la suma de la puntuación estaría en un rango entre 4 y 20, con valores altos indicando un mejor estado de ánimo.

1. ¿Te parece que está contento ahora mismo?
2. ¿Crees que se encuentra aislado?
3. ¿Notas que esté asustado ahora mismo?
4. ¿Te parece que se encuentra relajado?

Presence Questionnaire: por último, se desea conocer la sensación de presencia que se ha conseguido con la aplicación. Para ello se le deberá de pasar el *Presence Questionnaire* [17] al niño. Este test utiliza cuatro factores para conocer la inmersión de la aplicación; la implicación, la adaptación, la fidelidad del sensor y la calidad del entorno.

Dada la complejidad de este test se propone una versión modificada del mismo.

Las preguntas se deben contestar en una escala del 0 al 2. Siendo 0 una respuesta negativa a la pregunta, un 1 una respuesta indiferente y un 2 una respuesta positiva.

Las preguntas también han sido simplificadas para que el niño sea capaz de entenderlas mejor sin perder el significado original.

Otra modificación que se ha realizado ha sido sobre la poca especificidad del test original. Este test intenta ser lo más general posible para que pueda aplicarse en cualquier ámbito. Esta generalidad puede resultar molesta o incomprensible para un niño así que las preguntas se han particularizado para la aplicación que se está estudiando.

También se han reducido el número de preguntas para que no le resulte tediosa la tarea y eliminadas aquellas que no pueden ser contestadas en este test, por ejemplo, las preguntas relacionadas con la sensación táctil del entorno virtual.

Dado que la prueba consiste en 24 preguntas, la suma de la puntuación estaría en un rango entre 0 y 48, con valores altos indicando una mejor inmersión en el entorno virtual.

1. ¿Te ha parecido que eras capaz de controlar lo que sucedía?
2. ¿Cómo de natural te parecía tu relación con el parque?
3. ¿Te ha gustado como se veía el parque?
4. ¿Te ha gustado los sonidos del parque?



5. ¿Ha sido fácil moverte por el parque?
6. ¿Te ha dado la sensación de que los objetos estaban delante de ti?
7. ¿Te ha parecido que lo que pasaba en el parque podía pasar en un parque real?
8. ¿Cuándo hacías algo sabías lo que iba a pasar?
9. ¿Eras capaz de ver todos los sitios del parque?
10. ¿Sabías qué eran los sonidos que oías?
11. ¿Sabías de dónde venía cada sonido?
12. ¿Te parecía que te movías de una manera natural?
13. ¿Podías acercarte lo suficiente a las cosas?
14. ¿Te parecía que podías ver las cosas desde distintos sitios?
15. ¿Podías mover los objetos?
16. ¿Había mucho retraso entre lo que hacías y lo que esperabas que pasara al hacerlo?
17. ¿Te acostumbraste enseguida al parque?
18. ¿Había algo que te molestara en la pantalla?
19. ¿Te molestaba el mando a la hora de jugar?
20. ¿Te has concentrado más en jugar o en los aparatos como el mando y las gafas?
21. ¿Sentías realmente que estabas en un parque?
22. ¿Hubo algo del exterior que te molestara en algún momento?
23. ¿Estabas tan metido en el juego que mientras jugabas te has olvidado de todo?
24. ¿Te has sido fácil acostumbrarte al mando?

- Resultados:

Una vez realizado el experimento con todos los niños se aplicarán las técnicas estadísticas habituales para estudiar si las posibles diferencias detectadas entre los resultados de los tests aplicados a cada niño son significativas o no. De esta manera se podrá establecer de una manera objetiva si hay algún cambio relevante en el estado de ánimo del paciente y en cómo lo ven sus cuidadores antes y después de jugar con la aplicación. Se propone utilizar un estudio estadístico de pruebas t de muestras dependientes o pareadas (paired-samples t test) para comparar las respuestas de cada participante, antes y después de la sesión. Siendo la hipótesis de partida:

No hay diferencia significativa en el estado de ánimo de los pacientes al usar la aplicación del parque infantil virtual.

Dependiendo del número de participantes en el estudio (y por lo tanto de los grados de libertad), un análisis de pruebas t de muestras pareadas resultará en un valor que indicará si se puede descartar la hipótesis nula, o si por el



contrario no hay diferencias significativas en el estado de ánimo del paciente antes y después de usar la aplicación. También se debería aplicar el mismo proceso para estudiar los resultados del test del estado de ánimo desde el punto de vista del cuidador, y también de la prueba del Child Drawing: Hospital. Dichos estudios estadísticos ofrecen una forma objetiva de medir la influencia de la herramienta sobre el niño. Por otra parte, el resultado del "Presence Questionnaire" nos dará una valoración numérica sobre la capacidad de inmersión que ofrece la aplicación, pero no la podemos contrastar de forma objetiva. Los valores obtenidos podrían utilizarse como indicación de qué áreas de la aplicación necesitan más trabajo, o para estudiar las mejoras introducidas en versiones posteriores de la herramienta.

## 7. Conclusiones y trabajo futuro

---

Podemos concluir que el año 2016 va a ser el gran año para la realidad virtual. Los grandes de la industria sacarán la versión para el consumidor de sus dispositivos y se verá que dispositivo acapara el mejor porcentaje de mercado. Como opinión personal, creo que Oculus será el gran ganador; sin embargo, el HTC Vive podría ganarle debido a la posibilidad de permitir al usuario moverse por un área de 20m sin la necesidad de comprar más cámaras. Además, dispositivos como el Gameface, también podría destacar sobre los demás. No en mercados como los videojuegos, donde los gráficos son muy importantes, pero si en otros entornos como el de la rehabilitación, donde la calidad gráfica se queda en segundo lugar y es más importante la facilidad de uso y que la experiencia de usuario ayuda al objetivo del ejercicio.

Las expectativas con respecto a la realidad virtual también son muy grandes. Los entornos virtuales ya han demostrado su eficacia en el ámbito clínico y con las mejoras en la presencia de la realidad virtual se seguirá avanzando por buen camino.

La aplicación aquí descrita ha intentado crear un ambiente no estresante para mejora la vida de los niños ingresados. Si el experimento demuestra que se cumple el objetivo de la aplicación, debería pensarse en ampliar su funcionalidad.

Cuando los niños están ingresados es un hospital suelen cortarse los lazos con los antiguos compañeros y con la familia. También se hace más difícil encontrar amigos y jugar con ellos. Por lo tanto, la inserción de un modo multijugador dentro de la aplicación parece el siguiente paso lógico. Así se le otorgaría la posibilidad a los niños de, además de disfrutar de un ambiente

relajado donde jugar, no hacerlo solos si no con amigos o familiares. Con este modo activado, la cantidad de juegos con los que podría jugar el niño aumentaría. Por ejemplo, podría jugar al escondite por el parque con otros niños.

Por ultimo me gustaría plasmar aquí mis impresiones personales. A lo largo de la realización de este proyecto he estudiado multitud de áreas. He aprendido a desarrollar con el famoso motor de videojuegos Unity3D. He cogido mucha confianza con él y tengo la intención de seguir usándolo en el futuro a título personal y, si fuera posible, a título profesional.

La realidad virtual me ha sorprendido gratamente. He de confesar que cuando elegí este proyecto tenia serias dudas de que Oculus Rift llegará a ofrecer una inmersión real más allá de la primera impresión. Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto me ha convencido de que los cascos de realidad virtual serán uno de los grandes productos de los próximos años.

Como trabajo de fin de carrera ya realicé una aplicación relacionada con la rehabilitación motora virtual. Mi interés en el tema se inició durante la realización de ese proyecto y ahora, con la realización de esta memoria, he podido aprender muchas cosas sobre el tema.

La realización de este documento ha sido una de las tareas más difíciles a la que me he enfrentado nunca. Para documentarme debidamente sobre los temas tratados he tenido que leer una gran cantidad de memorias de otros proyectos, publicaciones científicas, artículos de revistas, etc. Este trabajo ha sido laborioso y la redacción de estos temas ha demostrado no ser una de mis grandes capacidades. A esto se le ha sumado el diseño de un experimento, tarea que nunca antes había realizado. Estoy muy contento de haberlo llevado a cabo puesto que ha sido una tarea compleja y creo haber adquirido una experiencia valiosa.

## 8. Bibliografía

---

[1] Tesis de David C. Perez Lopez. Desarrollo de sistemas de realidad virtual y aumentada para la visualización de entornos acrofóbicos. Estudios comparativos entre ellos. 2009

[2] Assassin's Creed and the appropriation. British Newspaper The Guardian. 2010

[3] Cheryl Pellerin. Immersive Technology Fuels Infantry Simulators. Página Web del Departamento de Defensa de Estados Unidos. 2011



- [4] Ivan E. Sutherland. A head-mounted three dimensional display. AFIPS Joint Computer Conferences. 1968
- [5] Sheldon Cohen, Denise Janicki-Deverts, Gregory E. Miller. Psychological Stress and Disease. The Journal of American Medical Association. 2007
- [6] Marie-France Marin, Catherine Lord, Julie Andrews, Robert-Paul Juster, Shireen Sindi, Genevière Arsenault-Lapierre, Alexandra J. Fiocco, Sonia J. Lupien . Chronic stress, cognitive functioning and mental health. Neurobiology of Learning and Memory Journal. 2011
- [7] Holley Avey, Kenneth B. Matheny, Anna Robbins, Terry A. Jacobson. Health Care Providers Training, Perceptions and Practices Regarding Stress and Health Outcomes. Journal of the National Medical Association. 2003
- [8] Mayo ClinicStaff. Exercise and stress: Get moving to manage stress. Patient Care & Health Info in Mayo Clinic Webpage. 2014
- [9] Harry Mills, Natalue Reiss, Mark Dombeck. Visualization and Guided Imagery Techniques for Stress Reduction. Article from mentalhelp.net 2008
- [10] Harry Mills, Natalue Reiss, Mark Dombeck. Progressive Muscle Relaxation for Stress Reduction. Article from mentalhelp.net 2008
- [11] Paul Grossman, Ludger Niemann, Stefan Schmidt, Harald Walach. Mindfulness-based stress reduction and health benefits: A meta-analysis. Journal of Psychosomatic Research. 2004
- [12] Hana Haiat, Galit Bar-Mor, Maskit Shochat The World of the Child: A World of Play Even in the Hospital. Journal of Pediatric Nursing.. 2003
- [13] Proyecto de final de Carrera de Ernesto Muñoz Faba. Rehabilitación virtual para trastornos neurodegenerativos. 2014.
- [14] Tesis de Nuria Martínez Soriano. Desarrollo y validación de un sistema de rehabilitación virtual de bajo coste aplicable a la recuperación de múltiples déficits motores. 2013
- [15] Debashish A. Das, Karen A. Grimmer, Anthony L. Sparnon, Sarah E. McRae, Bruce H. Thomas. The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial. BMC Pediatrics. 2005
- [16] Mary Kaminski, Teresa Pellino, Joel Wish. Play and Pets: The physical and emotional impact of Child-Life and Pet Therapy on Hospitalized Children. Children's Health Care Journal. 2002
- [17] Bob G. Witmer, Michael J. Singer. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. MIT Press Journals: Presence. 1998

- [18] Bob G. Witmer, Christian J. Jerome, Michael J. Singer. The Factor Structure of the Presence Questionnaire. MIT Press Journals: Presence. 2005
- [19] Joann Difede, Hunter G. Hoffman. Virtual Reality Exposure Therapy for World Trade Center Post-traumatic Stress Disorder: A Case Report. CyberPsychology & Behaviour. 2002
- [20] Albert Rizzo, Judith Cukor, Maryrose Gerardi, Stephanie Alley, Chris Reist, Mike Boy, Barbara O. Rothbaum, JoAnn Difede. Virtual Reality Exposure for PTSD Due to Military Combat and Terrorist Attacks. Journal of Contemporary Psychotherapy. 2015
- [21] Mayo Clinic Staff. Meditation: A simple, fast way to reduce stress. Patient Care & Health Info in Mayo Clinic Webpage. 2015
- [22] Roberto Llorens, José-Antonio Gil-Gomez, Patricia Mesa-Gresa, Mariano Alcañiz. BioTrak: a comprehensive overview. International Conference on Virtual Rehabilitation. 2011
- [23] Stephanie Clatworth, Kathleen Simon, Mary E. Tiedman. Child Drawing: Hospital – An Instrument Designed to Measure the Emotional Status of Hospitalized School-Aged Children. Journal of Pediatric Nursing. 1999