



**SISTEMA DE SIMULACIÓN INMERSIVA CON  
OCULUS RIFT Y WIIFIT**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**ESPECIALIDAD EN COMPUTACIÓN**

**ÁNGEL LAHERA GARCÍA**

UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría mostrar mi agradecimiento a mi familia. A mis padres y hermanos por ayudarme y apoyarme desde los inicios de mis estudios universitarios. Por acercarme al mundo de la informática desde bien pequeño y poder aprender y disfrutar de un ordenador desde mi infancia. Sin ellos no me hubiera apasionado nunca el mundo de la informática y nunca me hubiera planteado estudiar una Ingeniería Informática.

En segundo lugar me gustaría agradecerles a la pequeña familia que formas desde la infancia, los amigos, ya que sin ellos no sería la persona que sería hoy en día. Gracias por ayudarme mejorar y a aprender siempre que han necesitado mi ayuda, por fomentarme la ambición por aprender informática. Y gracias a los que han estado ayudándome y contribuyendo con ideas y esfuerzo en la realización de este proyecto.

También agradecer a todos esos compañeros que he conocido durante la carrera, algunos simples compañeros, pero otros grades amigos y confidentes que me han ayudado durante todo estos años a evolucionar como persona y aprender de todos y cada uno de ellos.

Y por último, quisiera dar las gracias a mi tutor Yago Sáez por ofrecerme la oportunidad de desarrollar este proyecto y poder vivir y sufrir de primera mano, uno de mis sueños desde la infancia, el desarrollo de un videojuego, además con Oculus Rift que es una tecnología nueva que influirá mucho en el mundo futuro de los videojuegos. Finalmente quería dar las gracias a Alejandro Baldominos por orientarme y aconsejarme en los momentos en los que Yago no ha estado disponible, ya que sin su esfuerzo con aportaciones y comentarios no habría sido capaz de finalizar este trabajo.

Muchas gracias a todos.



## RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un prototipo de simulador de *Snowboard* implementado en **Unity 3D** e integrado con las **Oculus Rift** y la **Wii Balance Board**, para ofrecer la mayor inmersión del usuario en el entorno.

Este documento refleja los estudios y análisis realizados para diseñar la aplicación en función del mercado a que se va a destinar, la toma de decisiones en cuanto al diseño y desarrollo de la aplicación, la manera en la que se ha desarrollado, las fases en las que se ha dividido el trabajo, la planificación y el tiempo que se ha dedicado a cada fase del desarrollo, las funcionalidades implementadas y las pruebas que se han realizado para comprobar su funcionamiento.

También refleja el método que se ha empleado para evaluar la aplicación, mediante la realización de una encuesta a un conjunto de usuarios de prueba. Se han analizado sus opiniones y se han comparado con las expectativas que se tenía de la aplicación

Finalmente se refleja las conclusiones a las que ha llegado el alumno en la realización del trabajo, los objetivos que se han cumplido, los problemas que se han encontrado durante la realización y las líneas futuras que puede abarcar este trabajo.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	2
RESUMEN .....	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	4
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	8
ÍNCIDE DE TABLAS .....	11
1. Introducción.....	13
1.1. Objetivos .....	13
1.2. Motivación .....	14
1.3. Estructura de la memoria .....	14
2. Estado del Arte .....	15
2.1. Introducción, definición e historia de la Realidad Virtual.....	15
2.2. Estudio de las alternativas tecnológicas .....	20
2.2.1. Hardware de Realidad Virtual .....	20
Sony Project Morpheus (PlayStation VR) .....	20
HTC Vive .....	21
Samsung Gear VR .....	22
Avegant Glyph .....	22
Razer OSVR.....	23
Oculus Rift .....	24
Comparativa y Elección del Hardware de Realidad Virtual .....	25
2.2.2. Motores Gráficos.....	26
Unity3D.....	26
Unreal Engine .....	27
CryEngine.....	28
Elección de Motor gráfico .....	29
2.2.3. Tecnologías y software complementarios .....	29
Tecnologías complementarias.....	29



- Software complementario ..... 30
- 3. Descripción del proyecto ..... 31
  - 3.1. Requisitos..... 31
    - 3.1.1. Requisitos funcionales..... 32
    - 3.1.2. Requisitos no funcionales ..... 35
  - 3.1. Viabilidad del proyecto ..... 38
    - 3.1.1. Situación actual, marco regulador y entorno socioeconómico..... 38
      - Identificación de Stakeholders ..... 38
      - Análisis de la situación actual..... 39
      - Marco regulador y entorno socioeconómico ..... 39
    - 3.1.2. Planificación ..... 40
    - 3.1.3. Presupuesto ..... 41
      - Costes asociados de personal..... 41
      - Costes asociados de material ..... 42
      - Coste Total..... 44
- 4. Diseño de la solución técnica..... 45
  - 4.1. Diseño de la solución inicial ..... 45
    - 4.1.1. Ideas básicas: ¿cómo será el videojuego? ..... 45
    - 4.1.2. Elementos que puede contener un nivel ..... 45
      - Escenografía ..... 45
      - Fauna y flora..... 46
      - Personaje..... 46
      - Elementos ambientales ..... 47
      - Partículas ..... 47
      - Sonidos ..... 47
      - Animaciones ..... 47
    - 4.1.3. Software, técnicas y métodos planteados ..... 47
      - Software ..... 47



- 4.2. Desarrollo de alternativas de diseño ..... 48
  - 4.2.1. Alternativa 1 ..... 48
  - 4.2.2. Alternativa 2 ..... 48
  - 4.2.3. Alternativa 3 ..... 49
  - 4.2.4. Alternativa 4 ..... 49
- 4.3. Análisis de los diseños ..... 49
  - 4.3.1. Ventajas e inconvenientes ..... 49
    - Alternativa 1 ..... 49
    - Alternativa 2 ..... 49
    - Alternativa 3 ..... 50
    - Alternativa 4 ..... 50
  - 4.3.2. Elección del diseño final ..... 50
- 4.4. Conclusiones sobre el diseño ..... 50
- 5. Desarrollo ..... 51
  - 5.1. Fases de Desarrollo ..... 51
    - 5.1.1. Estudio de la documentación de Unity ..... 51
    - 5.1.2. Búsqueda de controladores de Wii Balance Board ..... 51
    - 5.1.3. Pruebas de modelado 3D de terrenos ..... 51
    - 5.1.4. Integración de Oculus Rift en terreno de prueba ..... 51
    - 5.1.5. Desarrollo de scripts traductores básicos ..... 51
    - 5.1.6. Desarrollo de scripts de movimiento básicos para Unity ..... 52
    - 5.1.7. Pruebas de scripts de movimiento básico en terrenos prueba ..... 52
    - 5.1.8. Desarrollo de scripts de movimiento acelerado para Unity ..... 52
    - 5.1.9. Desarrollo de terrenos útiles con 3ds Max ..... 54
    - 5.1.10. Pruebas de scripts de movimiento en terrenos útiles ..... 54
    - 5.1.11. Obtención de distribución de pesos ..... 54
    - 5.1.12. Desarrollo de script traductor de pesos-movimiento ..... 55
    - 5.1.13. Pruebas de movimiento con la tabla ..... 56



- 5.1.14. Desarrollo de personaje jugable ..... 56
- 5.1.15. Integración de personaje jugable ..... 57
- 5.1.16. Integración de Oculus Rift en prototipo..... 58
- 5.2. Problemas encontrados ..... 59
- 5.3. Planificación final (real)..... 60
- 5.2. Comparativa de planificación inicial y real..... 63
- 6. Evaluación ..... 64
  - 6.2. Método de evaluación ..... 64
  - 6.3. Expectativas de los resultados de la encuesta de evaluación ..... 66
  - 6.4. Resultados de la evaluación ..... 66
  - 6.5. Análisis de la evaluación ..... 68
- 7. Conclusiones generales ..... 70
  - 7.1. Objetivos cumplidos..... 70
  - 7.2. Problemas encontrados ..... 70
  - 7.3. Líneas futuras de trabajo ..... 70
- 8. Referencias ..... 72
- 9. Anexos ..... 74
  - 9.1. Manual de instalación..... 74
  - 9.2. Manual de usuario ..... 74
  - 9.3. Encuestas ..... 80
  - 9.4. Galería..... 86



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estereoscopio ..... 15

Ilustración 2: Imagen proyectada por un Anaglifo ..... 16

Ilustración 3: Ejemplo de proyección de un Anaglifo ..... 16

Ilustración 4: Primer casco de VR creado por Ivan Sutherland ..... 17

Ilustración 5: Guantes del Dr. Gary Grimes ..... 17

Ilustración 6: Sistema VIVED..... 18

Ilustración 7: Equipamiento de VR de la NASA..... 18

Ilustración 8: Consola Virtual Boy..... 18

Ilustración 9: Sega VR ..... 19

Ilustración 10: Sony Project Morpheus ..... 20

Ilustración 11: Auriculares, Dualshock, PSMove y Project Morpheus..... 21

Ilustración 12: *Headset* HTC Vive ..... 21

Ilustración 13: Samsung Gear VR ..... 22

Ilustración 14: Samsung Gear VR junto a Samsung Galaxy Note 4..... 22

Ilustración 15: Avegant Glyph ..... 23

Ilustración 16: Razer OSVR ..... 24

Ilustración 17: Oculus Rift DK1 ..... 24

Ilustración 18: Oculus Rift DK2 ..... 25

Ilustración 19: Interfaz de Unity3D..... 27

Ilustración 20: Interfaz de Unreal Engine ..... 28

Ilustración 21: Interfaz de CryEngine ..... 29

Ilustración 22: Balance Board de Wii con distribución de sensores ..... 30

Ilustración 23: Interfaz de GlovePie ..... 30

Ilustración 24: Diagrama de Gantt de la planificación inicial ..... 41

Ilustración 25: Ejemplo de flora ..... 46

Ilustración 26: Ejemplo de personaje ..... 46

Ilustración 27: Recorrido diseñado..... 54





Ilustración 28: Modelado, malla y textura del personaje gratuito ..... 57

Ilustración 29: Personaje gratuito montado e integrado a Unity..... 57

Ilustración 30: Modelado y texturas del personaje final ..... 58

Ilustración 31: Modelado y texturas de la tabla final ..... 58

Ilustración 32: Integración de personaje final en Unity ..... 58

Ilustración 33: Diagrama de Gantt de la planificación final..... 62

Ilustración 34: Comparación del esfuerzo total ..... 63

Ilustración 35: Plantilla de la encuesta de evaluación ..... 65

Ilustración 36: Icono de sensor Bluetooth..... 74

Ilustración 37: Ubicación de las pilas en Wii balance Board ..... 75

Ilustración 38: Ubicación del botón SYNC ..... 75

Ilustración 39: Dispositivo detectado y listo para emparejar ..... 75

Ilustración 40: Código de emparejamiento ..... 76

Ilustración 41: Dispositivo emparejándose ..... 76

Ilustración 42: Dispositivo conectado ..... 76

Ilustración 43: Abrir fichero en GlovePie..... 77

Ilustración 44: Abrir SnowUC3M/traductor\_pesos\_movimiento.PIE..... 77

Ilustración 45: Botón Run de GlovePie ..... 78

Ilustración 46: Sensores en funcionamiento ..... 78

Ilustración 47: Esquema de posición en la tabla ..... 79

Ilustración 48: Encuesta Usuario 1 ..... 80

Ilustración 49: Encuesta Usuario 2 ..... 81

Ilustración 50: Encuesta Usuario 3 ..... 82

Ilustración 51: Encuesta Usuario 4 ..... 83

Ilustración 52: Encuesta Usuario 6 ..... 84

Ilustración 53: Encuesta Usuario 6 ..... 85

Ilustración 54: Menú principal..... 86

Ilustración 55: Vista en primera persona del recorrido con una cámara estática..... 86



Ilustración 56: Vista en primera persona del personaje con cámara estática.....	87
Ilustración 57: Integración del personaje en el terreno .....	87
Ilustración 58: Integración de un árbol en el terreno.....	87
Ilustración 59: Vista aérea del recorrido del recorrido final desde el inicio.....	88
Ilustración 60: Vista aérea del recorrido final desde el final .....	88



ÍNCIDE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla Comparativa de *Headsets* de VR ..... 25

Tabla 2: Plantilla de requisitos..... 31

Tabla 3: Requisito Funcional 01..... 32

Tabla 4: Requisito funcional 02 ..... 32

Tabla 5: Requisito funcional 03 ..... 32

Tabla 6: Requisito funcional 04 ..... 33

Tabla 7: Requisito funcional 05 ..... 33

Tabla 8: Requisito funcional 06 ..... 33

Tabla 9: Requisito funcional 07 ..... 33

Tabla 10: Requisito funcional 08 ..... 34

Tabla 11: Requisito funcional 09 ..... 34

Tabla 12: Requisito funcional 10 ..... 34

Tabla 13: Requisito funcional 11 ..... 34

Tabla 14: Requisito funcional 12 ..... 35

Tabla 15: Requisito funcional 13 ..... 35

Tabla 16: Requisito funcional 14 ..... 35

Tabla 17: Requisito no funcional 01 ..... 36

Tabla 18: Requisito no funcional 02 ..... 36

Tabla 19: Requisito no funcional 03 ..... 36

Tabla 20: Requisito no funcional 04 ..... 36

Tabla 21: Requisito no funcional 05 ..... 37

Tabla 22: Requisito no funcional 06 ..... 37

Tabla 23: Requisito no funcional 07 ..... 37

Tabla 24: Requisito no funcional 08 ..... 37

Tabla 25: Requisito no funcional 09 ..... 38

Tabla 26: Planificación inicial de trabajo ..... 40

Tabla 27: Costes en personal..... 42



Tabla 28: Costes en Hardware .....	43
Tabla 29: Costes en Software .....	44
Tabla 30: Coste Total .....	44
Tabla 31: Distribución de pesos del sujeto 1 .....	55
Tabla 32: Distribución de pesos del sujeto 2 .....	55
Tabla 33: Distribución de pesos de los sujetos 1 y 2 .....	55
Tabla 34: Distribución media de pesos.....	56
Tabla 35: Planificación final .....	61
Tabla 36: Resultados de la encuesta. EXPERIENCIA VIRTUAL.....	67
Tabla 37: Resultados de la encuesta. CONTENIDO ADICIONAL.....	67
Tabla 38: Resultados de la encuesta. VALORACIÓN GENERAL .....	67
Tabla 39: Comparación expectativas-resultados: EXPERIENCIA VIRTUAL Y NOTA.....	68
Tabla 40: Comparación expectativas-resultados: CONTENIDO ADICIONAL .....	69



## 1. INTRODUCCIÓN

El campo de la realidad virtual está avanzando con pasos de gigante en nuestros tiempos debido a la cercanía con la que se puede tratar con la evolución de la informática y con la mejora de los nuevos componentes que se han estado desarrollando en los últimos años. Este campo tiene muchas aplicaciones, pero la que le está ayudando a crecer y a darse a conocer es la industria del entretenimiento, más concretamente el sector de los videojuegos.

Los videojuegos están a la orden del día, ya no están destinados únicamente para adolescentes, sino para todo tipo de personas. Están tan al día que ya existen competiciones deportivas (como las ligas regionales y competiciones mundiales de los videojuegos “League of Legends”<sup>[1]</sup> o “Call of Duty”<sup>[2]</sup>), de gran fama y popularidad, de videojuegos, con tal repercusión que ya se comienzan a dar becas deportivas en universidades del mundo (como las que han empezado a ofrecer en la Universidad de Pikeville en Kentucky, EEUU)<sup>[3]</sup>, y se firman contratos millonarios en los traspasos de jugadores de estas competiciones.<sup>[4]</sup>

La realidad virtual puede ayudar a cierto tipo de videojuegos a volverse más y más inmersivos y mejorar la experiencia del entretenimiento. Algunos tipos de videojuegos que serían beneficiarios son: simuladores (de conducción de deportes...), de primera persona como pueden ser el nuevo género de *Survival Horror*, FPS (*First Person Shooter*), entre otros.

Dada la disposición económica del sector cada vez más las empresas que se introducen en este campo para desarrollar nuevos y mejores dispositivos para facilitar la experiencia de la realidad virtual o para desarrollar y mejorar software para potenciar la experiencia del entretenimiento.

### 1.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la exploración y el estudio de la realidad virtual. Al ser un campo que actualmente se está empezando a investigar y explotar es muy probable que en la realidad virtual acabe en poco tiempo integrada la vida diaria de las personas, ya sea empleándola para el ocio o para ayudar en ciertas labores o situaciones de cada persona.

Este trabajo está enfocado en gran parte al ocio, pero también a cómo la realidad virtual combinada con otro tipo de tecnologías puede ofrecer un entorno de simulación y generar una experiencia inmersiva al usuario. Otra parte del enfoque es el estudio de cómo esta unión puede orientarse para ser una herramienta más en el mundo laboral, para facilitar numerosos trabajos que por su inaccesibilidad o miniaturización resultan muy complejos y casi imposible realizarlos.

Otro objetivo es el aprendizaje y uso de software y tecnologías enfocadas al desarrollo de videojuegos o de aplicaciones de entretenimiento, conociendo de primera mano las limitaciones y problemas que puedan surgir durante el desarrollo del mismo, los factores que en el desarrollo intervienen o el estudio del contexto al que se quiere enfocar la aplicación.

El objetivo concreto de este proyecto va a ser el desarrollo de un videojuego inmersivo con las gafas de realidad virtual **Oculus Rift** y plataformas de juego interactivas (como puede ser **Wii Balance Board**).



## 1.2. MOTIVACIÓN

La motivación por parte del autor para desarrollar este proyecto, es principalmente el estudio y aprendizaje del campo de la realidad virtual y el proceso que conlleva el desarrollo de una aplicación o juego; además de mejorar el esfuerzo y la capacidad resolutoria ante problemas desconocidos y la gran lista de tareas que un desarrollo requiere.

Otra motivación es contribuir al mundo de la realidad virtual y de la simulación. Se busca introducir tecnologías complementarias a **Oculus Rift** que trabajen simultáneamente y que favorezcan las experiencias virtuales.

Con este proyecto se espera que el autor empiece a conocer los pasos necesarios para llevar a cabo una aplicación y del equipo que se debe formar en cualquier desarrollo.

## 1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

El este punto se pretende explicar de manera exhaustiva y ordenada la información que va a contener el presente documento.

- **Estado del arte:** El estado del arte contiene el significado de la realidad virtual y su evolución hasta nuestro tiempo, además de un estudio de los dispositivos disponibles en el mercado de desarrolladores con sus características, los motores gráficos que se van a emplear y otro tipo de dispositivos o tecnologías que se emplearán en el desarrollo del proyecto.
- **Descripción del proyecto:** La descripción del proyecto consta de una descripción de este expresada con un conjunto de requisitos globales, funcionales y no funcionales, así como un estudio del marco legislativo y socioeconómico en el que se va a desarrollar, junto con una planificación y un presupuesto inicial para el desarrollo del mismo.
- **Diseño de la solución técnica:** En el diseño de la solución técnica se van a incluir los objetivos iniciales que se pretenden conseguir, junto con los elementos que formarán parte de esas ideas iniciales y los programas y técnicas que se van a utilizar para su desarrollo. También se realizará un estudio de las posibles alternativas de diseño y una comparación entre ellas para finalmente escoger una alternativa final.
- **Desarrollo:** Durante el desarrollo se va a tratar de definir las diferentes fases que forman parte de él y los problemas encontrados durante el trabajo. También se mostrará la planificación real que se ha llevado a cabo y se comparará con la inicial para calcular su desviación.
- **Resultados y evaluación:** En este punto se va a tratar de analizar las impresiones de los usuarios, además se describirá el método empleado para analizar las opiniones de ellos y se llevará a cabo un análisis de estas.
- **Conclusiones generales:** En las conclusiones generales se va a tratar de analizar el éxito al completar los objetivos esperados y qué tipo de problemas generales han afectado a la realización del proyecto. Además se comentarán las posibles líneas futuras que posee la aplicación o las puertas que abre su desarrollo.
- **Referencias:** Aquí se incluirán las referencias que se han tomado para llevar a cabo la memoria.
- **Anexos:** Por último se incluirán una serie de anexos que incluirán un manual de instalación y de usuario, las encuestas realizadas y una galería de imágenes de la aplicación.

## 2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se va a hablar sobre la historia de la Realidad Virtual, desde los primeros dispositivos que favorecieron su desarrollo, pasando por otro tipo de dispositivos que se intentaban acercar al mundo virtual y finalizando en un estudio de los dispositivos que están disponibles para desarrollar actualmente, los motores gráficos que se pueden emplear para desarrollar en realidad Virtual, y otro tipo de tecnologías complementarias que se pueden emplear.

### 2.1. INTRODUCCIÓN, DEFINICIÓN E HISTORIA DE LA REALIDAD VIRTUAL.

En pleno siglo XXI, la informática cada día se involucra más y más en la vida cotidiana de las personas. Ya sea de manera privada o laboral, se hace prácticamente necesaria los campos en la que esta se inmiscuye.

Ante este desarrollo y divergencia son muchos los campos en los que se puede empezar a trabajar y mejorar. En el caso de la Realidad Virtual, ha sido rescatada del cajón de proyectos lentos y poco explotados que se produjeron en su primer *boom* social.

Para explicar qué es la realidad virtual (a partir de ahora se mencionará en el documento también como VR, del inglés *Virtual Reality*) primero se verá cuál es la definición exacta que la RAE nos proporciona:

*Realidad... virtual: "Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real".*<sup>[5]</sup>

La VR como bien indica su definición busca crear una representación virtual lo más parecida a la realidad en la cual las personas sean uno más en esa representación y puedan interactuar con ella. Esta representación puede ser o bien una simulación del mundo real, en los que nuestra naturaleza nos impide participar (ya sea por tamaño o por razones biológicas o físicas), o un entorno creado artificialmente para estudiar o interactuar con él como si del mundo real se tratase. Aunque esta concepción se originó a partir de 1965, se debe hablar de los orígenes, precursores y herramientas relacionados con esta idea.<sup>[6]</sup>

En 1884, Charles Wheatstone creó el "**Estereoscopio**" (*ilustración 1*) que gracias a dos imágenes similares (que diferían en el punto de toma de cada imagen) creaban con un visor un efecto tridimensional, gracias a que cada ojo percibía cada imagen por separado y era el cerebro quien las mezcla generando dicho efecto.



Ilustración 1: Estereoscopio

En 1891, Louis Ducos su Hauron patenta el “**Anaglifo**” (*ilustración 2*) y realiza las primeras proyecciones tridimensionales. Estas consisten en una imagen estereoscópica en la que la imagen que visualizará el ojo derecho se elimina el color rojo con un filtro fotográfico y para la imagen que visualizará el ojo izquierdo se eliminan el color verde y el azul (*ilustración 3*). En 1915 se comenzarán a rodar fragmentos de películas con este sistema.



Ilustración 2: Imagen proyectada por un Anaglifo

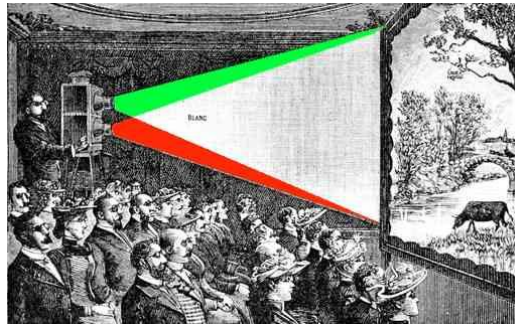


Ilustración 3: Ejemplo de proyección de un Anaglifo

En 1961, Corneau y Bryan, empleados de Philco Corporation, construyeron lo que parece ser el primer casco de VR, que se asemeja a los dispositivos actuales y permitía ver imágenes en movimiento y poseía un sensor magnético que determinaba la orientación del usuario.

En 1962, se desarrolla el “**Sensorama**” que es el primer dispositivo que intentó que el cine fuera percibido por todos los sentidos, empleando para ello: visión 3D estereoscópica, sonido estéreo, vibraciones mecánicas, aromas...

En 1965 surge el concepto de “Virtual Reality” a manos de Ivan Sutherland con su afirmación: “La pantalla es una ventana a través de la cual uno ve un mundo virtual. El desafío es hacer que ese mundo se vea real, actúe real, suene real, se sienta real”. Ivan es el creador del primer casco visor de realidad virtual utilizando tubos de rayos catódicos y un sistema mecánico de seguimiento.



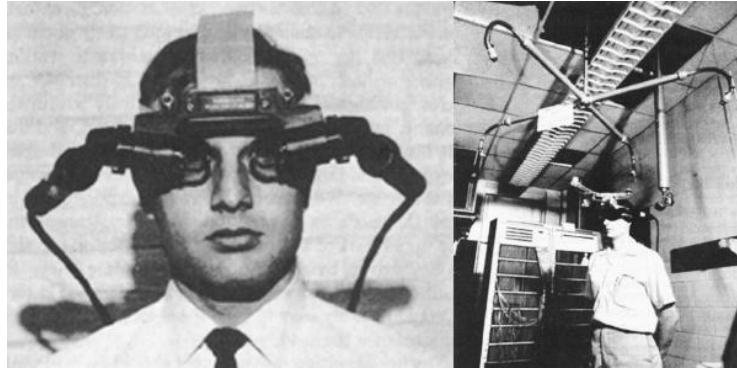


Ilustración 4: Primer casco de VR creado por Ivan Sutherland

Durante los años siguientes, Roberts escribió el primer algoritmo para eliminar superficies oscuras y ocultas en una imagen permitiendo la utilización de gráficos 3D; mientras que Sutherland desarrolló algoritmos para realizar esto de una manera más eficiente. Y es Henri Gouraud, en el año 1971, el que gracias al trabajo de Roberts y Sutherland crea el primer algoritmo de iluminación, siendo aún muy utilizado hoy en día, al permitir que una superficie formada por polígonos tenga un aspecto de superficie suave y continua. Gracias a estos trabajos el campo que tuvo mayor aplicación inicialmente fue el militar desarrollando simuladores de vuelo.

En 1977 aparece uno de los primeros guantes documentados, “**Sayre Glove**”, desarrollado por Tom Defanti y Daniel Sandin. El guante, basado en una idea de Richard Sayre, contenía en cada dedo un tubo flexible de fibra óptica con un emisor de luz en un extremo y un receptor en otro, y en función de la cantidad de luz que llegaba al receptor se podía calcular la flexión de los dedos.

A principios de los 80’s la Realidad Virtual es reconocida como una tecnología viable. En 1981, Thomas Furnes desarrolló la “**Cabina Virtual**”, el primer simulador de cabina de avión que sentó las bases para el desarrollo de sistemas de entrenamiento militar.

En 1983, el Dr. Gary Grimes patentó el primer guante (*ilustración 5*) que reconocía las posiciones de la mano con sensores de flexión en los dedos, sensores táctiles en las yemas de los dedos y sensores de posición y orientación en la muñeca, con el objetivo de crear caracteres alfanuméricos a través de gestos y poder sustituir los teclados.

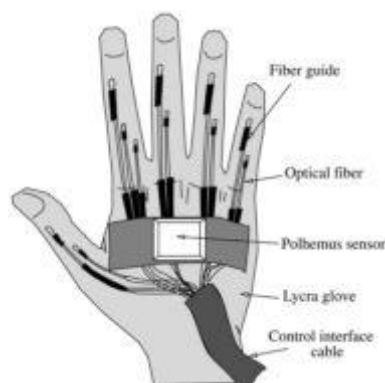


Ilustración 5: Guantes del Dr. Gary Grimes

En 1985, Mike Mc Greevy y Jim Humphries junto a la NASA desarrollaron el sistema “**VIVED**” (*ilustración 6*) (*Visual Enviroment Display system*), las primeras estaciones de bajo coste para potenciar la sensación inmersiva con todos los sentidos.

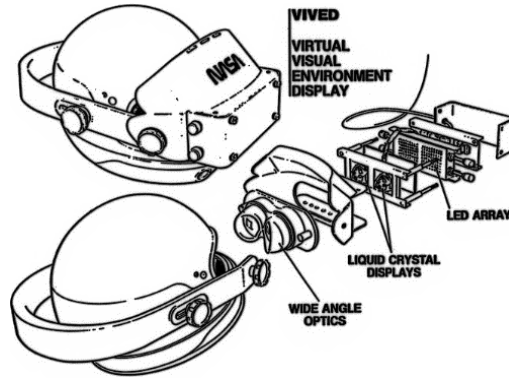


Ilustración 6: Sistema VIVED



Ilustración 7: Equipamiento de VR de la NASA

Durante la década de los noventa surgen dispositivos como “**Virtuality**” que fomentan la experiencia inmersiva en la VR y se crean las primeras compañías comerciales de software VR. Además se empiezan a crear los primeros juegos con perspectiva en primera persona. Se fabricaron dos dispositivos que se aproximaron a las herramientas del día de hoy pero fracasaron debido al precio ya los problemas físicos que causaba su uso continuado, estos dispositivos son: la consola “**Virtual Boy**” (ilustración 8) de Nintendo y “**Sega VR**” (ilustración 9).



Ilustración 8: Consola Virtual Boy



Ilustración 9: Sega VR

En los años siguientes, durante la primera década del siglo XXI, se desarrollan diversos entornos o representaciones virtuales (“**Second life**” y “**Google Earth**” entre otros), así como diversas consolas y herramientas que cambian la forma de interactuar con la nueva generación de software y tecnología:

- “**WiiMote**” de **Nintendo**, un mando inalámbrico que a través de acelerómetros e infrarrojos obtiene su posición para sustituir el trabajo del *joystick*.
- “**Wii Balance Board**” de **Nintendo**, una tabla inalámbrica empleada para realizar actividades sobre ellas y simular el comportamiento de los usuarios en los videojuegos.
- “**Kinect**” por parte de **Microsoft**, que consta de un dispositivo con unas cámaras que captan al jugador para representarlo en los videojuegos y pueda interactuar con este sin un mando.

En noviembre de 2013, Palmer Luckey lanzó su proyecto en **Kickstarter** (es una de las plataformas de “*crowdfunding*” o financiación más importantes actualmente) “**Oculus Rift**”, un casco visor de VR, con el que inició la carrera por el desarrollo de los *headsets* de VR que actualmente llevan a cabo numerosas compañías.

## 2.2. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Actualmente existen diversos *headset* o cascos de VR disponibles en el mercado, aunque actualmente todos están en desarrollo o son de plataforma única y no disponen de una versión comercial y de carácter público, pero se pueden adquirir directamente desde el desarrollador.

A continuación se van a enumerar y analizar los diferentes plataformas de hardware o dispositivos y motores gráficos (con sus herramientas de desarrollo) disponibles a nuestro alcance para la realización de este proyecto.

En cuanto a Hardware se podrá disponer de los siguientes:

- Sony Project Morpheus (PlayStation VR)
- HTC Vive
- Samsung Gear VR
- Avegant Glyph
- Razer OSVR
- Oculus Rift

Y en cuanto a motores gráficos y sus SDK:

- Unity3D
- UnrealEngine
- CryEngine

### 2.2.1. HARDWARE DE REALIDAD VIRTUAL

#### SONY PROJECT MORPHEUS (PLAYSTATION VR)

**Project Morpheus** (*ilustración 10*) es la apuesta de **Sony** para acercar a la población el mundo de la realidad virtual, aunque solo estará disponible en la plataforma **PS4**. Para ayudar a la sensación de inmersión Sony contará con herramientas ya disponibles en sus últimas consolas: como son **PlayStation Eye**, el mando **DualShock 4** y el **PSMove** (*ilustración 11*).



Ilustración 10: Sony Project Morpheus

Como se puede ver **Project Morpheus** posee un diseño muy futurista y, en su última revisión, contará con una pantalla AMOLED de 5.7 pulgadas y una resolución nativa de 1920x1080 píxeles, además contará con una tasa de refresco de 120 Hz o 120 FPS (fotogramas o *frames* por segundo). El ángulo de visión será de unos 90+ grados y precisará de una conexión por cable. Por contra, debido a que su pantalla es plana y no cóncava se puede notar los laterales de la pantalla negros al mover los ojos a los lados. El dispositivo final para el usuario se espera para principios de 2016 y tendrá un coste de 300 \$.



Ilustración 11: Auriculares, Dualshock, PSMove y Project Morpheus

Los planes de Sony no solo van enfocados al sector de los videojuegos e incluyen una asociación con la NASA para un uso en las ciencias <sup>[7], [8], [9], [10]</sup>.

---

### HTC VIVE

**HTC Vive** (*ilustración 12*) es la apuesta por la realidad virtual de la compañía **HTC** y la empresa distribuidora y desarrolladora de videojuegos **Valve**.

Dispone de una tasa de refresco de 90Hz o FPS (fotogramas o frames por segundo) y contará con dos pantallas de 1080x1200 píxeles para cada ojo. El dispositivo contará con numerosos sensores que incluyen sensores giroscópicos, acelerómetros y posición laser. Además se deberán colocar diversos sensores a lo largo de la habitación donde se quiera utilizar para poder mapear y evitar colisiones contra los muros, esto permitirá una mayor libertad de movimiento. Actualmente la versión cuenta con unos aparatosos y largos cables que se prevé solucionar con su versión final <sup>[11], [12]</sup>. El dispositivo final para el usuario se espera para finales de 2015 y tendrá un coste superior a 300 \$.



Ilustración 12: Headset HTC Vive

---

## SAMSUNG GEAR VR

**Samsung Gear VR** (ilustración 13) es un dispositivo desarrollado por **Samsung** y colaboración con **Oculus**. El dispositivo no es más que un *headset* carcasa o hueco (sin pantalla), ya que como pantalla se debe emplear un *smartphone Samsung Galaxy Note 4* (terminal actualmente disponible en el mercado con un precio de: 600€) (ilustración 14), ofrece un ángulo de visión de unos 96 grados y un conector micro USB para el Smartphone, además consta de una tarjeta de 16GB con contenido y material predescargado para facilitar la integración con el *smartphone*<sup>[13]</sup>. El dispositivo final para el usuario se lanzó a principios de 2015 y tiene un coste superior a 250 \$.



Ilustración 13: Samsung Gear VR



Ilustración 14: Samsung Gear VR junto a Samsung Galaxy Note 4

---

## AVEGANT GLYPH

**Avegant Glyph** (ilustración 15) no se puede considerar unas gafas de realidad virtual ya que poseen un campo de visión de unos 45 grados y no nos permiten una experiencia inmersiva, pero prometen un gran visión en 3D.



Ilustración 15: Avegant Glyph

Como se puede ver su diseño es muy parecido al de unos cascos, y realmente lo son, pero no poseen una pantalla para el visionado, sino incluyen un sistema de imagen llamado **Virtual Retinal Display (VRD)**. VRD funciona como un proyector que refleja la imagen directamente en la retina del ojo, pero su apreciación será como una pantalla flotando en frente nuestra, posee una resolución de 1280 x 720 píxeles y 120Hz (o 120 FPS) de tasa de refresco. Las grandes ventajas de este producto son su diseño, es más cuidado ya que no posee pantallas de gran tamaño, y su comodidad, ya que es inalámbrico; dispone de conexiones HDMI, Bluetooth y Jack 3.5 y posee una autonomía de unas 3 horas de visionado y unas 48 horas de audio con un sonido de 115 dB (decibelios). El dispositivo final para el usuario se espera para Otoño de 2015 y su precio estará en torno a 499\$ y 599\$<sup>[14]</sup>.

---

## RAZER OSVR

**Razer**, la empresa especializada en accesorios y complementos para el *gaming* da este salto a la Realidad Virtual con su *headset* propio llamado **Razer OSVR** (*ilustración 16*), diseñado para establecer un mercado abierto y de fácil acceso para todo tipo de consumidores. Su *headset* posee un diseño muy similar al **DK2** de **Oculus**, contiene acelerómetros, giroscopios y *compass*, además posee una pantalla OLED de 5,5 pulgadas que proporcionará una resolución de 1920x1080px y contará con una tasa de refresco de 120 Hz o FPS; cabe destacar que la pantalla puede sustituirse fácilmente para actualizar el producto o repararlo sin complicación. Proporcionará un campo visual de 100 grados (90 verticales x 90 horizontales). **Razer** lanzará su propio kit de desarrollo y buscará el desarrollo en código abierto que será compatible con diversas plataformas. Su kit de desarrollo estará disponible a partir de Junio a un precio de 199\$<sup>[15], [16]</sup>.



Ilustración 16: Razer OSVR

---

## OCULUS RIFT

La empresa **Oculus VR** y su producto el **headset Oculus Rift** son los que más ha popularizado la realidad virtual desde 2012. En sus comienzos la empresa buscó financiación a través de **Kickstarter** para su primer producto el **DK1** (o *Development Kit 1*) (*ilustración 18*) con el que si realizabas una donación de más de 300 dólares te entregaban dicho producto. Desde marzo de 2014 está obsoleto ya que se lanzó al mercado el **DK2** (*ilustración 17*) con mejoras notables. El **DK1** contaba inicialmente con una pantalla de 5,6 pulgadas LCD que fue sustituida por una de 7" lo que hizo que su primer prototipo fuera más voluminosos que sus competidores, pero mejoraba notoriamente la tasa de refresco y la resolución. Posee un campo de visión de más de 90 grados y una resolución por cada ojo de 640x800 px, que combinando la visión de ambos ojos supera los 1280 x 800 px ya que el campo de visión se asemeja mucho al humano. En cambio el DK2 consta de una resolución por ojo de 960 x 1080 px obteniendo una resolución nativa de 1920 x 1080 px, además posee una pantalla de tecnología OLED y una tasa de refresco de 120Hz. También emplea una combinación de giroscopios de 3 ejes, acelerómetros y magnetómetros para rastrear el movimiento y poder calcular la posición con respecto al plano firme (la tierra) En cuanto a la versión para el consumidor se espera ofrecer una resolución de 2560x1440px y una tasa máxima de refresco de hasta 1000Hz<sup>[10],[17][18]</sup>. El dispositivo final para el usuario se espera para finales de 2015 y tendrá un coste de 350 \$.



Ilustración 17: Oculus Rift DK1





Ilustración 18: Oculus Rift DK2

COMPARATIVA Y ELECCIÓN DEL HARDWARE DE REALIDAD VIRTUAL

Una vez que explorada cada opción de Hardware de Realidad Virtual se procederá a compararlas entre sí ya que hay que decantarse por una en concreto. En primer lugar se van a recoger en una tabla las características de cada una de las opciones:

Características técnicas de cada Headset de VR						
	Sony Project Morpheus	HTC Vive	Samsung Gear VR	Avegant Glyph	Razer OSVR	Oculus Rift DK2
Resolución nativa(X,Y)	1920x1080	2K	2K	1280x720	1920x1080	1920x1080-2K
Resolución por ojo	960x 1080	1200x1080	1260x1080	640x720	960x1080	960x1080
Tecnología de display	OLED	(desconocida)	(depende de Galaxy Note 4 y S6)	VRD	OLED	OLED
Tasa de refresco (Hz)	120	90	(Galaxy Note 4 y S6)	120	120	120-1000
Campo de visión (grados)	90-100	(desconocido)	96	45	100	110
Plataforma	PS4	PC	Android	Multiplataforma	Multiplataforma	PC
Precio	300 \$	Superior a 300€	249\$	499-599\$	199\$	350\$
Kit de desarrollo	Todavía no	(desconocido)	(No es necesario)	(desconocido)	Junio 2015	Disponible
Disponibilidad (producto final)	Principios de 2016	Finales de 2015	Principios de 2015	Otoño 2015	(desconocida)	Finales de 2015

Tabla 1: Tabla Comparativa de Headsets de VR



El Hardware elegido va a ser **Oculus Rift DK2**, puesto a que posee unas altas prestaciones y su precio es bastante asequible. Otro motivo por el que elegirlo es que esta muy enfocado al desarrollo en PC y este es uno de los dispositivos que mejor puede soportar este hardware. Además, para más aliciente, la universidad Carlos III dispone de los *Development Kits*, con los que se abarata el desarrollo.

### 2.2.2. MOTORES GRÁFICOS

#### UNITY3D

**Unity** es un motor de videojuegos multiplataforma, que permite desarrollar aplicaciones para plataformas como: **Windows, OS X, Linux, Xbox360, PlayStation 3, PlayStation Vita, Wii, Wii U, iPad, Android, Windows Phone** o videojuegos de navegador.

**Unity** es compatible con numerosas herramientas de diseño y modelado 3D y edición como: **3ds Max, Maya, Softimage, Blender, Zbrush, Cinema 4D y Adobe Photoshop**, entre otros.

El motor gráfico utiliza **Direct3D (Windows), OpenGL (Mac y Linux), OpenGL ES (Android e iOS)**, y tiene soporte para mapeado de relieve, reflexión de mapeado, pantalla de espacio-oclusión ambiental (**SSAO**), sombras dinámicas utilizando mapas de sombras, renderizados de texturas y efectos de post-procesamiento de pantalla completa.

Es una de las herramientas mejor valoradas por los desarrolladores “*indie*” (independiente) y cada vez está mejor valorada por grandes desarrolladoras de videojuegos. Consta de un motor gráfico bastante potente y posee una interfaz cercana y sencilla (*ilustración 19*); en cuanto a los lenguajes de *scripting* ofrece la posibilidad de trabajar en **C#** o **JavaScript**.

Por el contrario, no ofrece unas buenas opciones o funcionalidades para el modelado 3D más allá de formas simples y geométricas, por lo que se deberá emplear otras herramientas de diseño y modelado 3D.

Sin embargo, **Unity3D** posee una versión básica gratuita con la que se pueden desarrollar proyectos considerables sin la necesidad de suponer un coste adicional.

Finalmente, es una herramienta que ofrece y fomenta la propia compañía de **Oculus Rift** para su desarrollo, ya que posee una integración sencilla y se disponen de *plugins* en la propia web de **Oculus**.

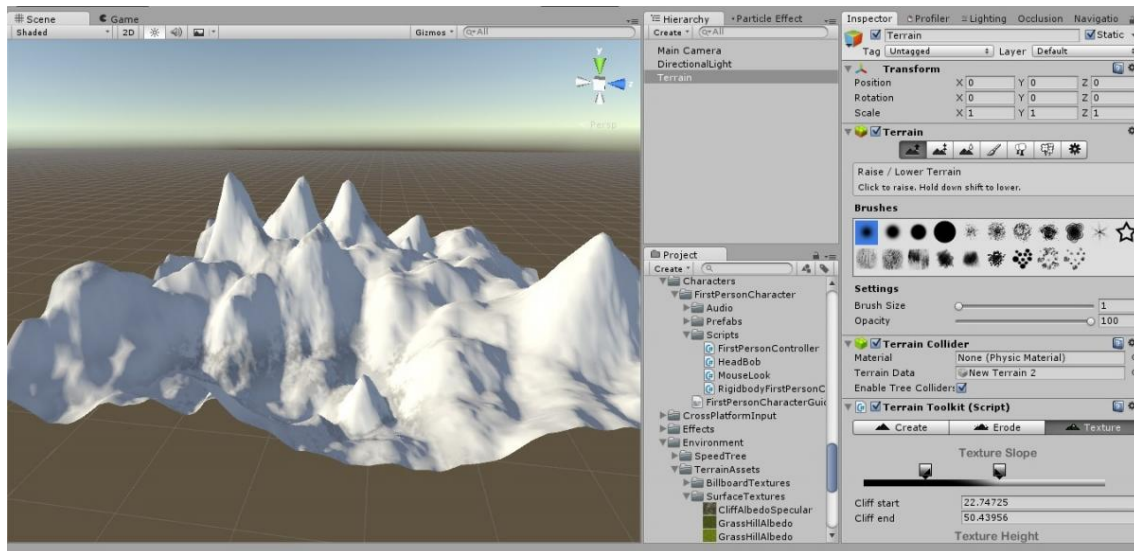


Ilustración 19: Interfaz de Unity3D

## UNREAL ENGINE

**Unreal Engine** es un motor creado por **Epic Games**, y es el más utilizado en el sector de los videojuegos, juegos **AAA** (superproducciones) mayormente. La calidad de producción con **Unreal Engine 4** es realmente alta, pero el problema reside en sus especificaciones, que hace, generalmente, que desarrolladoras independientes o de pequeño presupuesto lo descarten y busquen alternativas más viables y económicas.

La interfaz de **Unreal Engine 4** es bastante completa (*ilustración 20*) y bastante intuitiva y complicada y hace que su curva de aprendizaje sea realmente elevada, algo que no resulta apropiado para desarrolladores noveles. Por otra parte, **Unreal Engine 4** es compatible con **Oculus Rift**, pero no se integra directamente como ocurre en el caso de **Unity 3D**, sino que es preciso instalar el **SDK** de **Oculus** y trabajar con él para implementar la visión de realidad. Esto constituye una desventaja respecto a la rápida y sencilla integración que ofrece **Unity**. Por contra, no existe una licencia gratuita de **Unreal Engine 4**, por lo que hay que adquirir la versión completa, mediante una cuota mensual de 19 \$.

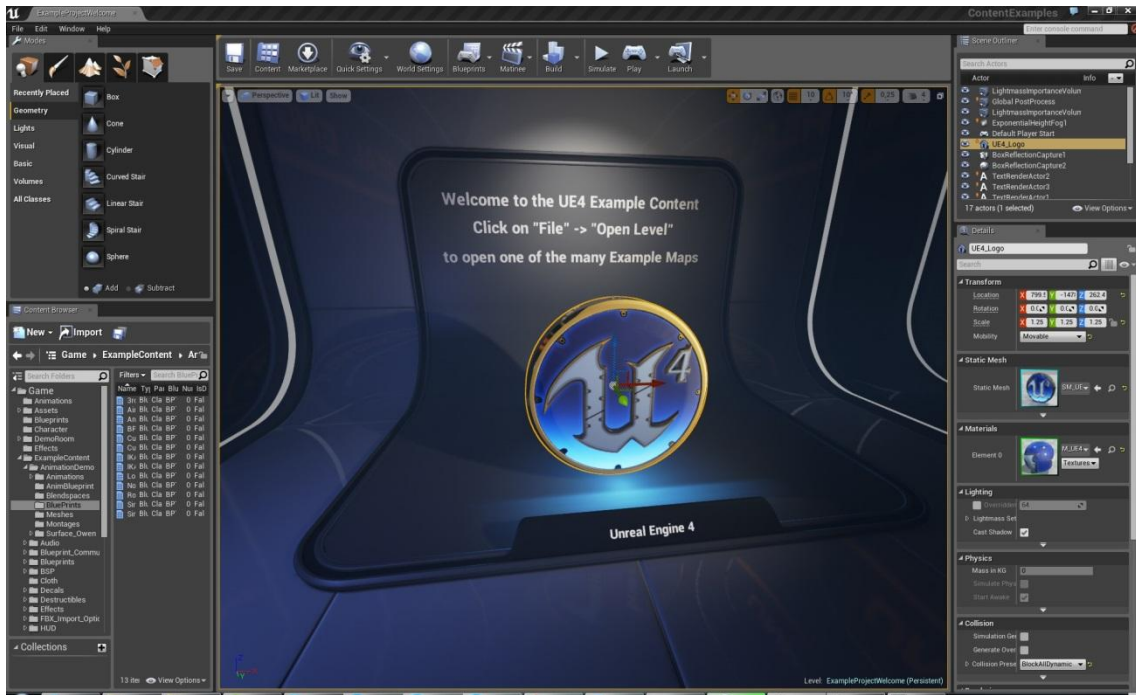


Ilustración 20: Interfaz de Unreal Engine

## CRYENGINE

**CryEngine** es un motor de desarrollo extremadamente potente diseñado por **Crytek**, introducido por primera vez en el primer título de la saga de videojuegos **Far Cry**. Se utiliza en el diseño de videojuegos para PC y consolas de nueva generación (**PlayStation 4** y **Xbox One**). En comparación con **Unity 3D** y **Unreal Engine**, su potencia visual es muy superior, utilizando luminosidad y físicas realistas y un sistema avanzado de animaciones.

La interfaz de usuario de **CryEngine** es compleja (*ilustración 21*), pero ofrece una vasta cantidad de opciones de desarrollo *“in-game”*, a tiempo real, algo que comparte con **Unreal Engine 4** pero que **Unity 3D** no ofrece. La curva de aprendizaje de este motor gráfico es realmente elevada si se pretende utilizar las avanzadas opciones que ofrece, por lo que para desarrollos *“indies”* o que no requieran una calidad de modelos muy detallada no es una opción apropiada.

**CryEngine** ofrece compatibilidad con **Oculus Rift**, de la misma forma que **Unreal Engine**, pero la instalación y configuración del SDK de **Oculus** para su uso en proyectos desarrollados con **CryEngine** es algo compleja. Por el contrario, tampoco cuenta con una versión gratuita, pero sí de una versión completa por, un precio menor que **Unreal Engine**: 10 \$.

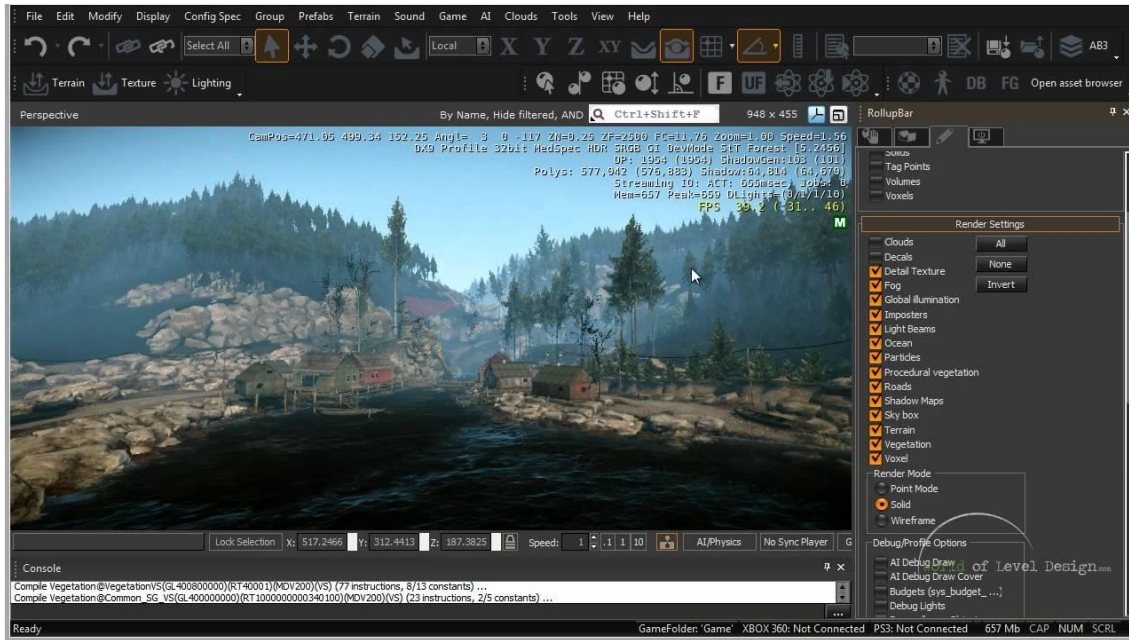


Ilustración 21: Interfaz de CryEngine

## ELECCIÓN DE MOTOR GRÁFICO

Tras analizar las posibles alternativas, se ha escogido **Unity 3D** como la más apropiada para el desarrollo del proyecto. En primer lugar porque la curva de aprendizaje es menos elevada que la del resto de opciones, algo que beneficia sin duda a desarrolladores noveles. En segundo lugar, la licencia gratuita y una interfaz de usuario agradable e intuitiva, hacen muy llamativa esta opción. Por último la integración directa con **Oculus Rift** hace que la opción elegida para la realización del proyecto sea **Unity 3D**.

### 2.2.3. TECNOLOGÍAS Y SOFTWARE COMPLEMENTARIOS

#### TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS

Como tecnologías complementarias se podrían emplear **Kinect**, **PSEye** o **Wii Balance Board**. **Kinect** y **PSEye** son dispositivos dotados con cámaras que captan al jugador y sus movimientos para poder interactuar con sus aplicaciones, por otro lado, **Wii Balance Board** es una plataforma que a través de sensores de presión permite reconocer ciertos movimientos sobre ella y sirve para interactuar con sus aplicaciones.

El dispositivo más adecuado a nuestro diseño que se va a emplear es el dispositivo de **Nintendo**, comercializado junto a la consola **Wii**, **Wii Balance Board** (ilustración 22). Este dispositivo es una base plana que consta de 4 sensores de presión con el que se puede calcular el peso total del usuario y como lo distribuye entre los 4 sensores. Es un dispositivo inalámbrico que se conecta con el PC a través de "Bluetooth".

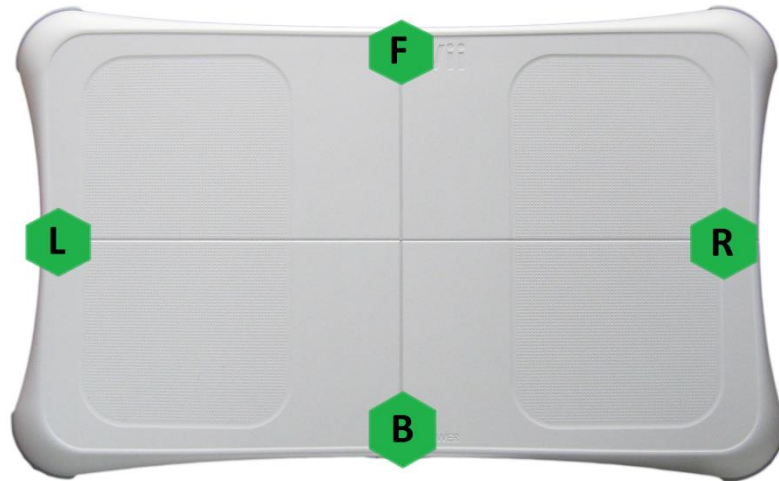


Ilustración 22: Balance Board de Wii con distribución de sensores

En la ilustración 22 se puede observar cómo están distribuidos los sensores en el dispositivo:

- **F:** del inglés “*Front*”, corresponde al sensor frontal de la tabla.
- **L:** del inglés “*Left*”, corresponde al sensor izquierdo de la tabla.
- **R:** del inglés “*Right*”, corresponde al sensor derecho de la tabla.
- **B:** del inglés “*Back*”, corresponde al sensor trasero de la tabla.

Para interpretar los sensores deberá emplear un *hombrebrew* casero llamado **GlovePie**.

---

## SOFTWARE COMPLEMENTARIO

El software complementario que se va a emplear será **GlovePie**, y es el software encargado de integrar la **Wii Balance Board** en la aplicación. La integración se llevará a cabo a través de un script que traduzca las señales del sensor en teclas de un teclado.

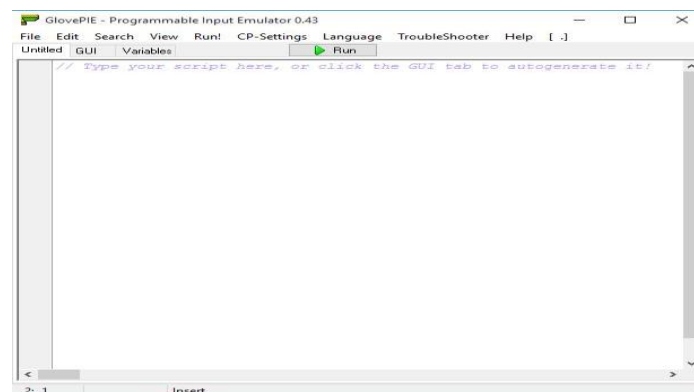


Ilustración 23: Interfaz de GlovePie

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se ha tratado de definir la aplicación a través de una serie de requisitos que debe cumplir. Además se ha realizado un estudio de la viabilidad del proyecto, analizando el marco regulador y el entorno socioeconómico que limita la aplicación, se planteará la planificación que se debe seguir y el presupuesto estimado para su desarrollo.

#### 3.1. REQUISITOS

En la presente sección se van a incluir el conjunto de requisitos funcionales y no funcionales que definen la aplicación.

Cada uno de los requisitos va a estar definido por la siguiente tabla (*tabla 2*):

Identificador					
Descripción					
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial	Prioridad	<input type="checkbox"/> Alta	Verificabilidad	<input type="checkbox"/> Alta
	<input type="checkbox"/> Deseable		<input type="checkbox"/> Media		<input type="checkbox"/> Media
	<input type="checkbox"/> Opcional		<input type="checkbox"/> Baja		<input type="checkbox"/> Baja

Tabla 2: Plantilla de requisitos

A continuación se incluye una breve descripción del contenido de cada campo que forma la tabla:

- Identificador.** Este campo contendrá el identificador del requisito, es único e inconfundible, y servirá para identificar el requisito sin posibilidad de error. Los identificadores seguirán, dependiendo del requisito, las siguientes nomenclaturas:
  - Requisitos funcionales:** RF-<XX>, siendo <XX> un número comprendido entre <01> y <99>.
  - Requisitos no funcionales:** RNF-<XX>, siendo <XX> un número comprendido entre <01> y <99>.
- Descripción.** Este campo incluirá una breve descripción del requisito en cuestión.
- Necesidad.** Este campo indicará la necesidad de incluir el requisito en el sistema. Los posibles valores son:
  - Esencial:** El requisito debe introducirse obligatoriamente dentro del sistema.
  - Deseable:** La aparición de este requisito en el sistema puede darse en función del desarrollo del mismo.
  - Opcional:** La incorporación de este requisito es opcional para el desarrollo del sistema.
- Prioridad.** Este campo indica el grado de prioridad con el que debe ser resuelto el requisito e integrarse en el sistema. Los posibles valores son:
  - Alta:** La integración del requisito tiene un carácter prioritario.
  - Media:** La integración del requisito se debe implementar con una prioridad media.
  - Baja:** La integración del requisito tiene un carácter secundario, y se podrá implementar al final.
- Verificabilidad.** Este campo indica la dificultad con la que se puede comprobar que el requisito está integrado en el sistema. Los posibles valores son:



- **Alta:** El requisito se puede comprobar de manera sencilla, sin ningún tipo de duda, que está integrado en el sistema.
- **Media:** La comprobación de que el requisito esta implementado no tiene gran dificultad.
- **Baja:** Es difícil o imposible comprobar que el requisito está integrado en el sistema.

Los campos de Necesidad, Prioridad y Verificabilidad contendrán el símbolo “●” indicando cual es el valor marcado en este campo, para los valores no marcados se mantendrá el símbolo “□”.

### 3.1.1. REQUISITOS FUNCIONALES

A continuación se van a mostrar los requisitos funcionales para la aplicación (de la tabla 3 a la tabla 17):

RF-<01>					
<b>Descripción</b>	Al iniciar la aplicación debe aparecer un menú principal que permita al usuario iniciar la ejecución del juego o salir de la aplicación.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 3: Requisito Funcional 01

RF-<02>					
<b>Descripción</b>	El menú principal debe permitir iniciar la ejecución del juego a través del botón INICIAR.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 4: Requisito funcional 02

RF-<03>					
<b>Descripción</b>	El menú principal debe permitir salir de la aplicación a través del botón SALIR.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 5: Requisito funcional 03





RF-<04>					
<b>Descripción</b>	El controlador del jugador permitirá al usuario mover la cámara moviendo la cabeza con las gafas de Realidad Virtual <b>Oculus Rift</b> .				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 6: Requisito funcional 04

RF-<05>					
<b>Descripción</b>	El usuario podrá iniciar el movimiento inclinándose en la dirección del sentido del movimiento (del juego).				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 7: Requisito funcional 05

RF-<06>					
<b>Descripción</b>	El usuario podrá realizar giros mediante la tabla distribuyendo el peso cómo se haría practicando Snowboard en la realidad.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 8: Requisito funcional 06

RF-<07>					
<b>Descripción</b>	El usuario podrá incrementar más su velocidad inclinándose en el sentido del recorrido.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input checked="" type="radio"/> Baja

Tabla 9: Requisito funcional 07



RF-<08>					
<b>Descripción</b>	El usuario podrá decrementar su velocidad inclinándose en el sentido contrario al recorrido.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input checked="" type="radio"/> Baja

Tabla 10: Requisito funcional 08

RF-<09>					
<b>Descripción</b>	Al llegar al final del recorrido se debe volver automáticamente al menú principal.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 11: Requisito funcional 09

RF-<10>					
<b>Descripción</b>	El terreno del escenario debe asemejarse a un terreno montañoso nevado.				
<b>Necesidad</b>	<input type="radio"/> Esencial <input checked="" type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 12: Requisito funcional 10

RF-<11>					
<b>Descripción</b>	El recorrido deberá contener y mostrar árboles durante el recorrido.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 13: Requisito funcional 11



RF-<12>					
<b>Descripción</b>	El recorrido deberá contener pendientes descendentes y ascendentes.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 14: Requisito funcional 12

RF-<13>					
<b>Descripción</b>	La cámara debe estar montada sobre el personaje jugable.				
<b>Necesidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 15: Requisito funcional 13

RF-<14>					
<b>Descripción</b>	El movimiento de la cámara debe permitir visualizar el cuerpo del personaje.				
<b>Necesidad</b>	<input type="radio"/> Esencial <input checked="" type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	<b>Prioridad</b>	<input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	<b>Verificabilidad</b>	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 16: Requisito funcional 14

### 3.1.2. REQUISITOS NO FUNCIONALES

A continuación se van a mostrar los requisitos no funcionales para la aplicación (de la tabla 18 a la tabla 26):



RNF-<01>					
Descripción	EL ordenador deberá poder trabajar con DirectX 11.				
Necesidad	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	Prioridad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	Verificabilidad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 17: Requisito no funcional 01

RNF-<02>					
Descripción	Las <b>Oculus Rift</b> deben estar integradas y reconocidas en el ordenador.				
Necesidad	<input type="radio"/> Esencial <input checked="" type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	Prioridad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	Verificabilidad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 18: Requisito no funcional 02

RNF-<03>					
Descripción	La <b>Wii Balance Board</b> deberá estar sincronizada con el ordenador a través de <i>Bluetooth</i> .				
Necesidad	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	Prioridad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	Verificabilidad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 19: Requisito no funcional 03

RNF-<04>					
Descripción	El ordenador debe poder ejecutar la aplicación <b>GlovePie</b> .				
Necesidad	<input checked="" type="radio"/> Esencial <input type="radio"/> Deseable <input type="radio"/> Opcional	Prioridad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja	Verificabilidad	<input checked="" type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja

Tabla 20: Requisito no funcional 04



RNF-<05>					
<b>Descripción</b>	El script traductor de pesos-movimiento deberá ejecutarse con <b>GlovePie</b> .				
<b>Necesidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Esencial</li> <li><input type="radio"/> Deseable</li> <li><input type="radio"/> Opcional</li> </ul>	<b>Prioridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Alta</li> <li><input type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>	<b>Verificabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Alta</li> <li><input type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>

Tabla 21: Requisito no funcional 05

RNF-<06>					
<b>Descripción</b>	El arranque de la aplicación no debe durar más de 5 segundos.				
<b>Necesidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Esencial</li> <li><input checked="" type="radio"/> Deseable</li> <li><input type="radio"/> Opcional</li> </ul>	<b>Prioridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Alta</li> <li><input checked="" type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>	<b>Verificabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Alta</li> <li><input checked="" type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>

Tabla 22: Requisito no funcional 06

RNF-<07>					
<b>Descripción</b>	La carga del escenario y su contenido no debe durar más de 2 segundos.				
<b>Necesidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Esencial</li> <li><input checked="" type="radio"/> Deseable</li> <li><input type="radio"/> Opcional</li> </ul>	<b>Prioridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Alta</li> <li><input checked="" type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>	<b>Verificabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Alta</li> <li><input checked="" type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>

Tabla 23: Requisito no funcional 07

RNF-<08>					
<b>Descripción</b>	La aplicación podrá ejecutarse en Windows.				
<b>Necesidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Esencial</li> <li><input type="radio"/> Deseable</li> <li><input type="radio"/> Opcional</li> </ul>	<b>Prioridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Alta</li> <li><input type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>	<b>Verificabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Alta</li> <li><input type="radio"/> Media</li> <li><input type="radio"/> Baja</li> </ul>

Tabla 24: Requisito no funcional 08



RNF-<09>					
Descripción	La aplicación podrá ejecutarse en otros sistemas operativos.				
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial	Prioridad	<input type="checkbox"/> Alta	Verificabilidad	<input type="checkbox"/> Alta
	<input type="checkbox"/> Deseable		<input type="checkbox"/> Media		<input checked="" type="checkbox"/> Media
	<input checked="" type="checkbox"/> Opcional		<input checked="" type="checkbox"/> Baja		<input type="checkbox"/> Baja

Tabla 25: Requisito no funcional 09

### 3.1. VIABILIDAD DEL PROYECTO

En esta sección se tratará de analizar la viabilidad del proyecto mediante el estudio de la situación actual para este tipo de desarrollos, del marco regulador y el entorno socioeconómico en el que se desenvolverá el proyecto, además se establecerá una planificación para el desarrollo del proyecto y por último se establecerá un presupuesto y se analizará la viabilidad de este.

#### 3.1.1. SITUACIÓN ACTUAL, MARCO REGULADOR Y ENTORNO SOCIOECONÓMICO

Antes de analizar la situación actual, el marco regulador y el entorno socioeconómico es necesario identificar a los *stakeholders*.

#### IDENTIFICACIÓN DE STAKEHOLDERS

Los *stakeholders* son los conjuntos de personas que en alguno momento del diseño o desarrollo del proyecto han estado involucrados, también se incluyen en uno de los conjuntos a los usuarios finales de la aplicación.

A continuación se muestran los colectivos o conjuntos de personas que han estado involucrados en la realización del proyecto:

- **Equipo de desarrollo:** El equipo de desarrollo está formado por dos personas, el alumno que ha participado en todas las fases del desarrollo (estudio, análisis, diseño, desarrollo e implementación), y un amigo del alumno con nociones de ilustración y modelado en 3D (al que se le ha encargado el diseño y modelado del personaje principal). Ambos han trabajado en las fases de pruebas durante el desarrollo.
- **Competencia:** En el mercado actual existe alguna pequeña aplicación de simulación de snowboard pero que requiere de un sofisticado sistema para simular la tabla, esta aplicación ha sido desarrollada por **Skytechsport**.
- **Usuario final:** El usuario final al que está destinado el producto es cualquier persona que adquiera el dispositivo **Oculus Rift** tras su lanzamiento y disponga de una **Wii Balance Board**.

---

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Mediante este análisis se va a analizar la situación en la que se encuentra el producto frente a la competencia y los requisitos que los usuarios finales deben cumplir para adquirir el producto.

Actualmente al solo existir dispositivos de desarrollo en el mundo de la realidad virtual no se ha demostrado la existencia de empresas desarrolladoras de videojuegos que estén tratando de desarrollar un simulador de *snowboard*. Hay que destacar que existen empresas que poseen simuladores de snowboard en diferentes países, una de ellas es **SkyTechSport**. Esta empresa dispone de 4 simuladores ubicados en Estados Unidos, Alemania, Rusia, y China, pero estos simuladores no cuentan con dispositivos de realidad virtual sino con grandes pantallas y un complejo *hardware* que simula los movimientos y comportamiento de la tabla de *snowboard*. Así pues se puede calificar el producto como novedoso, que ofrece una experiencia inmersiva e interactiva destinada al entretenimiento.

Los requisitos que debe cumplir un usuario no son elevados, necesitaría de un ordenador de gama media con cierta capacidad de computación gráfica (NVIDIA GTX 630) y actualmente en el mercado se pueden encontrar equipos que cumplen estas especificaciones con precios entre 600 y 800 €. En la mayoría de los hogares se pueden encontrar equipos con estas características ya que existe un gran mercado en la industria de los videojuegos que requieren dichos componentes. Además el usuario deberá disponer de una **Wii Balance Board**, no todos los hogares que disponen del ordenador necesario cuentan con la consola **Wii** y menos con la **Wii Balance Board**, por lo que se reduce el número de usuarios que pueden disfrutar de la aplicación; aunque se puede adquirir la **Wii Balance Board** en **Amazon** por un precio de 50\$, algo que está al alcance de muchos usuarios. Por último el usuario deberá de disponer de las **Oculus Rift**, se comercializarán a finales de 2015. Al ser un dispositivo novedoso que se está popularizando mucho se espera un gran número de ventas de este y con un amplio abanico de aplicaciones y entornos de entrenamiento, es muy posible que bastante hogares que cumplen los requisitos anteriores las adquieran, a un precio de 350\$.

---

## MARCO REGULADOR Y ENTORNO SOCIOECONÓMICO

Para que la aplicación tenga un correcto proceso de desarrollo e implementación y no incurrir en problemas legales, el proceso completo se acata a la legislación vigente español y se intentará acatar a la legislación europea.

Hay que destacar que el desarrollo de la aplicación ha sido realizado por el alumno en toda su extensión, salvo el diseño y modelado del personaje jugable, para el cual se ha requerido de una persona ajena, y el modelado de los árboles que aparecen en la aplicación se han tomado de la **Asset Store** de **Unity** de manera gratuita.

La aplicación se ha desarrollado con el motor gráfico y SDK de **Unity 3D**, de libre distribución, y utilizando la versión Pro del mismo para ciertas funcionalidades, como la compatibilidad con el dispositivo de realidad virtual **Oculus Rift**, cuyo kit de desarrollo fue adquirido por la Universidad Carlos III de Madrid. Además para la integración de la **Wii Balance Board** se ha requerido de un *hombre* gratuito y de libre acceso llamado **GlovePie**.

Por lo tanto, se considera que este trabajo de fin de grado se ajusta a la normativa vigente.

Con respecto al entorno socioeconómico en el que se encuentra el producto se ha definido en el análisis de la situación actual en los requisitos del usuario, además el autor se ciñe al presupuesto que se expone en este mismo capítulo, tras la planificación.



### 3.1.2. PLANIFICACIÓN

Para planificar el trabajo que se va a realizar en este proyecto de fin de grado lo primero que se tiene que establecer son una serie de tareas o fases en las que se va a dividir el trabajo. Estas fases son las siguientes:

- **Estudio inicial:** Durante esta fase de debe realizar un estudio de la documentación de **Unity** y un primer acercamiento al entorno para familiarizarse con la herramienta, además se concretarán las herramientas con las que se va a trabajar.
- **Desarrollo y diseño:** En esta fase el trabajo que se deberá realizar será el desarrollo de la aplicación y el diseño y modelado de los diferentes elementos que contendrá la aplicación.
- **Pruebas:** Esta fase se centrará en realizar las pruebas pertinentes para comprobar el funcionamiento de los elementos desarrollados en la fase de desarrollo y diseño.
- **Evaluación:** Esta fase se dedicará a los test finales de funcionamiento con un pequeño conjunto de usuarios.
- **Documentación:** En esta fase el trabajo a realizar será la redacción de la documentación relativa al desarrollo del proyecto final de grado.

Tras establecer las diferentes fases con las que contará el desarrollo del proyecto se debe establecer la duración del trabajo y el número de días y horas que se debe dedicar al esfuerzo de cada fase. Se ha establecido un periodo de trabajo de 180 días (6 meses) y un esfuerzo de 360 horas. A continuación se muestra una tabla (*tabla 17*) que recoge el número de días y horas que se deben dedicar a cada fase:

	Día de inicio	Día de fin	Duración (en días)	Horas de trabajo
Estudio inicial	0	30	30	30
Desarrollo y diseño	30	165	135	180
Pruebas	55	165	110	45
Evaluación	165	175	10	15
Documentación	150	180	30	90

Tabla 26: Planificación inicial de trabajo

En la tabla anterior (*tabla 17*) se incluye la distribución de los días de trabajo a lo largo de los 180 días establecidos, algunas de las fases coinciden en período de trabajo ya que se requieren entre sí, como es el caso de la fase de desarrollo y de la de pruebas, y otra como la documentación requiere que se dedique su esfuerzo correspondiente en el tiempo final durante el transcurso de las fases de diseño, pruebas y evaluación, para su redacción.

Para una mejor visualización se incluye, a continuación, un gráfico (diagrama de Gantt) que contiene las fases de realización del proyecto con su duración ubicada en el periodo de tiempo de 180 días:



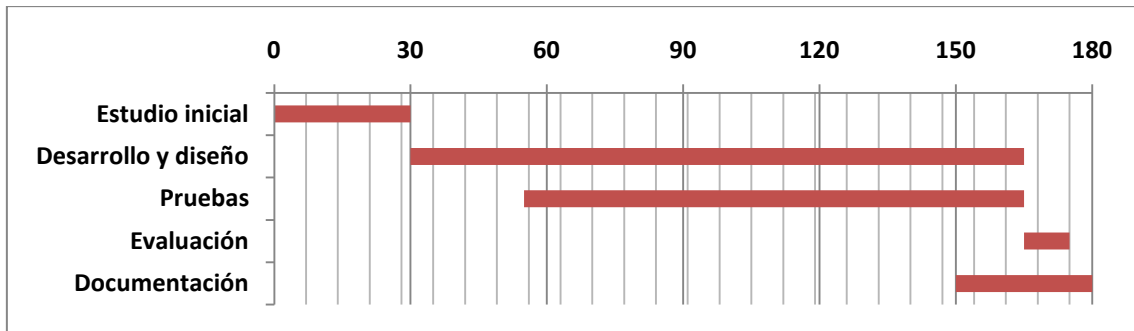


Ilustración 24: Diagrama de Gantt de la planificación inicial

### 3.1.3. PRESUPUESTO

Esta subsección tiene como objetivo realizar una estimación del presupuesto que se va a requerir para la realización del proyecto.

El objetivo final de la aplicación va a ser su comercialización por lo que se deberá crear un presupuesto que permita conocer los gastos que va a generar el desarrollo. Dentro de los gastos se deben diferenciar dos tipos: costes asociados al personal y costes asociados al material.

#### COSTES ASOCIADOS DE PERSONAL

En los costes asociados de personal se describirán los costes de personal formando un equipo compuesto por los siguientes empleados:

- **Jefe de proyecto:** El jefe de proyecto realizará tareas de dirección y coordinación además de convocar reuniones para evaluar el progreso de trabajo. Se le va a asignar un salario de 40 € la hora.
- **Desarrollador:** El desarrollador se encargará de las tareas de diseño y desarrollo de la aplicación. Se le va a asignar un salario de 25 € la hora.
- **Analista:** El analista llevará a cabo todas las pruebas que se requieran durante la fase de diseño y desarrollo. Se le va a asignar un salario de 30 € la hora.
- **Diseñador gráfico:** El trabajo de diseño gráfico se va a encargar a un estudio externo que establece unos costes de 60€ la hora trabajada en la que se incluye el equipo y el software necesario para las labores de diseño.

A continuación se va a mostrar una tabla (*tabla 28*) que recoge las horas que va a invertir cada empleado en función de las tareas establecidas en la planificación y se estimarán las horas necesarias del personal que no dispone de una tarea establecida en la planificación.



Costes de personal			
Empleado	Horas de trabajo	Salario €/Hora	Costes total del salario
Jefe de proyecto	40	40	1.600 €
Desarrollador	180	25	4.500 €
Analista	45	30	1.350 €
Diseñador gráfico	20	60	1.200 €
<b>COSTES SALARIALES TOTALES:</b>			<b>8.650 €</b>

Tabla 27: Costes en personal

### COSTES ASOCIADOS DE MATERIAL

Los costes asociados de material se deben dividir en dos tipos: *Hardware* y *Software*.

En los costes de Hardware se incluye el equipo y los dispositivos que se van a emplear en la realización del proyecto. A continuación se describirá cada uno de los elementos materiales necesarios:

- **Ordenador de sobremesa:** El ordenador se va a destinar al desarrollo, las pruebas que se requieran en la realización del proyecto y en elaborar la documentación. El ordenador debe disponer de un procesador con un mínimo de 4 núcleos a 3,2 GHz, un mínimo de 8 GB de memoria RAM y una tarjeta gráfica de al menos 2GB de memoria. El coste de dicho ordenador con el resto de componentes (incluidos los periféricos) será de 1.000 €.
- **Ordenador portátil:** El ordenador portátil se va a destinar a realizar los test de evaluación y debe disponer de un procesador con un mínimo de 2 núcleos a 2,8GHz, un mínimo de 4GB de memoria RAM y una tarjeta gráfica de al menos 1GB de memoria. El coste de dicho ordenador con el resto de componentes será de 750 €.
- **Oculus Rift DK2:** Las **Oculus Rift DK2** se van a tener un coste de 350€.
- **Wii Balance Board:** La **Wii Balance Board** tiene un coste en el mercado de unos 60€.

Los dispositivos Hardware empleados cuentan con una amortización definida en meses y un período de uso también definido en meses. La amortización y el período de uso van a influir en el coste final del proyecto y se incluirán en la tabla que se encuentra a continuación (*tabla 29*).



Costes en Hardware					
Artículo	Precio	Amortización (en meses)	Amortización (€/mes)	Período de uso (en meses)	Coste final en el proyecto
Ordenador de sobremesa	1.000 €	12	83,33	6	500,00 €
Ordenador portátil	800 €	24	33,33	1	33,33 €
Oculus Rift DK2	350 €	12	29,17	6	175,00 €
Wii Balance Board	60 €	36	1,67	6	10,00 €
<b>COSTES DE HARDWARE TOTALES:</b>					<b>718,33 €</b>

Tabla 28: Costes en Hardware

En los costes de *Software* se incluyen los costes de las licencias de los programas que se van a emplear en la realización del proyecto. A continuación se van a describir los programas que se van a emplear en la realización del proyecto:

- **Unity 3D Pro:** Este programa se va a emplear en el desarrollo de la aplicación y su licencia tiene un coste de 67€ mensuales y se debe adquirir por un período mínimo de 12 meses, con un coste total de 804 €.
- **3ds Max:** Este programa se va a emplear en el modelado de ciertos elementos que requiere el producto. Su licencia tiene un coste mensual de 242 €.
- **Zbrush:** Este programa se va a emplear en el modelado del personaje y su licencia tiene un coste de 710 €, pero su coste va a ser 0 ya que se incluye en el salario del diseñador.
- **Microsoft Office 2016:** este conjunto de programas se van a emplear en la realización de la documentación y su licencia tiene un coste de 149€.
- **GlovePie:** Este programa se va a emplear para realizar la traducción de la tabla al ordenador, es un *homebrew* casero y gratuito por lo que su coste es de 0€.

A continuación se incluye una tabla en la que se calcula el coste total en las licencias de *software* que se requieren para la realización del proyecto (*tabla 30*).



Costes en Software			
Programa	Precio licencia mensual	Meses requeridos	Precio total de la licencia
Unity 3D Pro	67 €	12	804 €
3ds Max	242 €	5	1.210 €
Zbrush	0 €	0	0 €
Microsoft Office 2016	0 €	0	149 €
GlovePie	0 €	0	0 €
<b>COSTES TOTALES EN LICENCIAS</b>			<b>2.163 €</b>

Tabla 29: Costes en Software

## COSTE TOTAL

A continuación se va a incluir en un tabla (*tabla 31*) los diferentes costes de personal, de *hardware* y se *software* para calcular el coste total del desarrollo de la aplicación.

	COSTE
<b>COSTES EN PERSONAL</b>	8.650,00 €
<b>COSTES EN HARDWARE</b>	718,33 €
<b>COSTES EN LICENCIAS</b>	2.163,00 €
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>11.531,33 €</b>

Tabla 30: Coste Total

Cómo se puede ver el coste total de desarrollo va a suponer 11.531,33 €, este es el coste estimado para el desarrollo de la aplicación final y comercial.



## 4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN TÉCNICA

En este capítulo se describirá la idea inicial del videojuego, cómo se espera que sea su diseño y los elementos visuales y técnicos que lo formarán. También se hablará sobre los distintos programas que se van a emplear para su desarrollo.

Además se plantearán distintas alternativas de desarrollo que definirán el videojuego, en ellas se explicarán qué elementos se conservarán o se cambiarán respecto a la idea inicial. Las alternativas se analizarán y se expondrán sus alternativas e inconvenientes para finalmente elegir una alternativa final que será la que se vaya a implementar.

Finalmente se resumirá todo el proceso llevado a cabo en esta sección.

### 4.1. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN INICIAL

A continuación se van a describir las ideas básicas y cómo se espera que sea el videojuego, qué elementos contendrá y que programas y técnicas se pretenden emplear para su desarrollo.

#### 4.1.1. IDEAS BÁSICAS: ¿CÓMO SERÁ EL VIDEOJUEGO?

El objetivo de este trabajo es desarrollar un simulador inmersivo de *Snowboard* con **Oculus Rift** y **Wii Balance Board** con un aspecto realista que permita al usuario imaginarse que está practicando *Snowboard* realmente. El destino final está principalmente más enfocado al ocio que al propio realismo que pudiera ofrecer un simulador profesional u orientado al entrenamiento de un *snowboarder* profesional.

Se quiere mostrar un ambiente montañoso y nevado que ofrezca una sensación invernal al jugador y que gracias a las **Oculus Rift** y la **Wii Balance Board** le haga pensar que está practicando el deporte del *Snowboard* sin moverse de su casa y a escasos metros de su ordenador.

#### 4.1.2. ELEMENTOS QUE PUEDE CONTENER UN NIVEL

Cada nivel del videojuego debe y puede contener los siguientes elementos: escenografía, fauna y flora, un personaje, elementos ambientales, partículas, sonidos y animaciones.

### ESCENOGRAFÍA

La escenografía es la base para que el videojuego comience a dar sensación de realismo y debe poseer principalmente un terreno sobre el que el personaje se pueda desplazar. Este terreno debe asemejarse a una zona nevada y montañosa, puede ser más rocosa o más nevada, en él se debe incluir una zona que forme el recorrido (ya sea recto y llano, abrupto o con curvas), el recorrido debe estar integrado dentro del terreno para que no se vea fuera de lugar con respecto a este.

## FAUNA Y FLORA

La fauna y la flora son elementos que ayudarán a dar realismo al terreno y a favorecer la simulación. Con respecto a la fauna se pueden incluir cierto tipo de aves de alta montaña en la lejanía o en el horizonte, para ayudar a la integración del jugador en el ambiente y favorecer el realismo de este. En cuanto a la flora se pueden incluir especies de árboles o monte bajo (arbustos) que puedan sobrevivir a las duras condiciones de las montañas y que, además, interactúen con el personaje entorpecidiéndole o impidiéndole el avance a través del recorrido.



Ilustración 25: Ejemplo de flora

## PERSONAJE

El personaje es una parte fundamental del videojuego, como es obvio, y aunque la visión las otorgue las **Oculus Rift** en primera persona y no sea necesario poseer un cuerpo en el videojuego, es recomendable incluir un cuerpo sobre el que se pose la cámara que permita ver las diferentes partes del cuerpo y la tabla en la que se desplaza el personaje sobre el recorrido. El incluir el cuerpo va a favorecer mucho a que el jugador se sienta integrado en el entorno y a que su sensación de realismo se vea aumentada.



Ilustración 26: Ejemplo de personaje



---

## ELEMENTOS AMBIENTALES

Los elementos ambientales favorecerán mucho la sensación de realismo que puede ofrecer el videojuego. Algunos de estos elementos pueden ser:

- La iluminación natural respecto a la hora del día (que se pueda jugar en diferentes momentos del día con distintas posiciones del sol) ya sea de día o de noche (con la luna).
- Las condiciones climatológicas: días soleados, nublados, con lluvia, nieve o niebla, con viento de distintas fuerzas.

---

## PARTÍCULAS

Las partículas van ligadas a otros elementos como serían el personaje o las condiciones meteorológicas, con respecto al personaje se podrían incluir estelas de nieve a su paso y sobre todo en los giros para que el jugador gracias a las **Oculus Rift** pueda ver el nivel de realismo que se ha logrado; y con respecto a las condiciones meteorológicas se pueden incluir partículas para simular la lluvia o la nieve que cae en días de lluvias o de nevadas, aunque en la vida real con días con tales dificultades meteorológicas no se practique dicho deporte debido a los riesgos que presentan.

---

## SONIDOS

Se pueden incluir sonidos ambientales para dar más realismo a la fauna y a los elementos ambientales y a la manera de interactuar que tendrán con el entorno, además incluir el sonido del viento en función de la velocidad favorecerá la experiencia del jugador. También se puede incluir música de fondo configurable e intercambiable para ayudar al entretenimiento del jugador (como incluyen muchos juegos, como los de carreras).

---

## ANIMACIONES

Las animaciones irán ligadas a los diferentes elementos descritos anteriormente para favorecer su realismo y la experiencia del jugador. Elementos como el personaje y la fauna podrá incluir animaciones de movimiento, en el caso de la flora se dispondrá de animaciones de movimiento influido por el viento, y por último las partículas deberán contener animaciones para su movimiento ya sea de dispersión como las estelas o de caída para el caso de la lluvia y la nieve.

---

### 4.1.3. SOFTWARE, TÉCNICAS Y MÉTODOS PLANTEADOS

---

## SOFTWARE

En cuanto al *software* que se va a emplear va a ser básicamente **Unity** para el montaje y desarrollo del videojuego y su herramienta **MonoDevelop** para el *scripting* requerido por este. Se intentará emplear lo máximo posible los elementos que **Unity** pueda ofrecer y contenido vinculado a este.

Aparte para el modelado de algunos elementos que requiera el videojuego se emplearán herramientas como **Blender** o **3ds Max**, ya que el modelado es **Unity** es relativamente escaso. Además para ciertos elementos se utilizará **Zbrush** (siempre y cuando se consiga incluir en el equipo un diseñador gráfico).



Por último para poder utilizar la **Wii Balance Board** se utilizará un software externo no oficial (*homebrew*) llamado **GlovePie** que servirá de traductor (a través de un *script*) de las señales que emiten los sensores de pesos de la **Wii Balance Board** a teclas para poder sintetizar el movimiento. Este software a través de un *script* reconoce la presión que se ejerce en los sensores para luego interpretar dicha presión como si se pulsaran teclas en un teclado.

### 4.2. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En esta sección se va a tratar de explicar las distintas alternativas de diseño que se pueden desarrollar, empezando por la más ambiciosa, la que se espera que cada nivel contenga la mayoría de los elementos descritos anteriormente, simplificándola alternativa a alternativa, hasta llegar a una alternativa más puramente funcional y simple, suficiente para una prueba de concepto como la que se busca al desarrollar este trabajo.

#### 4.2.1. ALTERNATIVA 1

La primera alternativa es la más ambiciosa y se pretende crear un videojuego que contenga un menú principal en el que se pueda seleccionar diferentes tipos de pista o recorridos con distintos niveles de dificultad. Algunos de estos niveles serían pistas reales mapeadas, como las que podrías disfrutar en cualquier estación de esquí. Además se pretende que el personaje que realizará las acciones del jugador se pueda modificar, que se disponga de distintos tipos de cuerpo y tablas intercambiables para configurar dicho personaje.

Por otro lado cada nivel deberá disponer de todos los elementos descritos con anterioridad, un escenario montañoso lo más realista posible que contenga una pista nevada con distintos tipos de fauna de alta montaña y que las condiciones climatológicas sean variables y modifiquen la dificultad del juego. También deberá mostrar distintos tipos de fauna de alta montaña que interactúen con el personaje, pudiendo entorpecer el movimiento o actuando en reacción al movimiento del personaje. Se espera también que la hora del día, la posición del sol o de la luz, se vaya modificando con relación al tiempo jugado o con la aplicación activa.

Por último incluirá distintos tipos de sonido ambiente, como puede ser el ruido del viento al desplazarse, y de sonidos vinculados a distintos elementos y al movimiento, como pueden ser sonidos de los animales incluidos y el sonido que produce una tabla al deslizarse por la nieve. Además se va a disponer de un hilo musical con distintos tipos de canciones que favorezcan la experiencia del usuario y aumenten su nivel de entretenimiento.

#### 4.2.2. ALTERNATIVA 2

En la segunda alternativa se suprimirán ciertos elementos que precisan de un equipo de desarrollo compuesto por varias personas, sobre todo de los elementos de los que se necesita el trabajo de un diseñador gráfico y experto en modelado y animación. Los elementos suprimidos serían los distintos tipos de personajes y tablas y su configuración, y la fauna de alta montaña.

Tras suprimir dichos elementos se espera un videojuego que conste de un menú en el que se pueda seleccionar distintos tipos de pistas con mayor o menor grado de dificultad que contengan distintos tipos de flora y variabilidad climática, además que el sol y la luz que emite vaya cambiando durante el transcurso del juego.





Para favorecer la experiencia inmersiva también se seguirá contando con diversos sonidos ambientales, como el viento y el sonido de deslizamiento junto también a sonido de aves aunque estas ya formen parte de cada nivel. También se mantendrá del hilo musical con distintos tipos de canciones.

### 4.2.3. ALTERNATIVA 3

Para la alternativa 3, se suprimirán los elementos acústicos debido a razones como el *Copyright* o la calidad de los sonidos libres de derechos de autor. Puesto a que se debe pagar una suma considerable de derechos de autor en los sonidos y música que se quieren introducir, se suprimen para centrarse en el desarrollo puro y base del producto, pero se espera que para una versión final y comercial de él, se pueda llegar a algún acuerdo con diversos estudios y poder incluir los sonidos y la música.

Tras la supresión de los sonidos y la música el videojuego queda físicamente igual que en la Alternativa 2, será un videojuego con un menú en el que se pueda seleccionar distintos tipos de pistas con mayor o menor grado de dificultad que contengan distintos tipos de flora y variabilidad climática, además que el sol y la luz que emite vaya cambiando durante el transcurso del juego.

### 4.2.4. ALTERNATIVA 4

En la última alternativa se van a eliminar tanto el movimiento de la luz, la posición solar, la variabilidad climática y la posibilidad de seleccionar diferentes tipos de pista. Se va a centrar el desarrollo en una única pista con elementos básicos de flora, árboles diseñados por **Unity** (en el caso de encontrar elementos ya desarrollados gratuitos), para simplificar el trabajo y poder centrarse en la funcionalidad básica y la simulación simple. La aplicación también dispondrá de un menú principal en el que se podrá disponer de la información básica para controlar al personaje, iniciar la aplicación y salir de esta.

## 4.3. ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS.

A continuación se van a analizar las ventajas y los inconvenientes de cada una de las alternativas, para posteriormente realizar un análisis.

### 4.3.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES

#### ALTERNATIVA 1

La alternativa 1 es la más completa, se describe como un videojuego real, con mucho contenido pero por el contrario necesita de demasiado esfuerzo de una sola persona, sobre todo en el estudio de todas las tecnologías necesarias y sería más viable si se empleara un equipo o un grupo de trabajo con diferentes roles basados en los conocimientos necesarios.

#### ALTERNATIVA 2

En la alternativa 2 se suprime el trabajo que requeriría un grupo de varias personas, facilitando así el trabajo para una sola. Al suprimirse elementos de diseño y modelado, así como animaciones, la aplicación pasa de ser completa a convertirse en un prototipo bastante completo que puede empezar a comercializarse. Pero aún presenta un grave problema para su comercialización, y es el tema del *Copyright* y los derechos de propiedad que posee la música, que pueden disparar el coste del proyecto al tratarse de un prototipo.



---

### ALTERNATIVA 3

En la alternativa 3 se solventa los problemas de *Copyright* suprimiendo todo elemento sonoro y la aplicación e convierte en un prototipo puro. Más sencillo de implementar pero que aún posee cierta complejidad de desarrollo con algunos elementos, ya que requieren de funcionalidades complejas de **Unity**, estos elementos son: la posición solar, la variabilidad climática y los distintos tipos de pista.

---

### ALTERNATIVA 4

La alternativa 4 es un prototipo básico que trata la funcionalidad esencial que necesita el juego, el movimiento del jugador y los escenarios básicos. Al poseer solo un nivel se reducen las posibilidades de que el movimiento no interactúe de la misma forma en cada nivel y que se encuentren problemas de reacción a nuevos elementos. Al ser un prototipo básico la simulación no tan completa, pero que deberá contar los elementos básicos para generar una experiencia inmersiva y agradable al usuario, puesto a que sería una versión no comercializable y suficiente para la prueba de concepto que se pretende desarrollar en este trabajo.

---

#### 4.3.2. ELECCIÓN DEL DISEÑO FINAL

Como se ha podido apreciar a través de las descripciones y las ventajas e inconvenientes de cada alternativa, se puede concluir que se escogerá la “alternativa 4” puesto a que es la más asequible parece y completa los objetivos básicos del proyecto. Tampoco se quiere ignorar el resto de alternativas y si es posible en la medida en al que avance el proyecto se intentarán incluir elementos de otras alternativas para asemejarse lo máximo posible a la alternativa 1.

#### 4.4. CONCLUSIONES SOBRE EL DISEÑO

En cuanto al diseño se puede concluir que existen grandes problemas a la hora de desarrollar una aplicación completa y comercial ya que se necesita de un equipo de expertos, que cada uno lleve a cabo funciones específicas, y que para una persona sola sin conocimientos de animación y con conocimientos básicos de modelado es demasiado ambicioso. También existen ciertos problemas con temas de *Copyright* y de derechos de autor con la música y con elementos de **Unity** que encarecen el presupuesto del proyecto para un pequeño bolsillo autónomo. Viendo estos problemas y el tiempo del que se dispone finalmente se escoge una alternativa humilde que abarque los objetivos básicos de la aplicación, suficientes para realizar una prueba de concepto, y generen cierta ambición para continuar y completar el desarrollo de la aplicación y transformar el prototipo en una aplicación real.



## 5. DESARROLLO

### 5.1. FASES DE DESARROLLO

#### 5.1.1. ESTUDIO DE LA DOCUMENTACIÓN DE UNITY

Durante esta tarea o período de tiempo se realiza un estudio sobre la documentación de **Unity** para adaptarse a las herramientas que proporciona el motor. Se comienza a familiarizarse con el sistema, los botones y opciones que **Unity** posee.

También se hizo un estudio exhaustivo de la **API** que posee para *scripting* para determinar que funciones de las ya implementadas pueden favorecer y facilitar el trabajo de *scripting* del proyecto. Esta **API** se estudió a través de:

- Manual de **Unity** <sup>[21]</sup>.
- Tutorial de *scripts* básicos para **Unity 3D** <sup>[22]</sup>.

#### 5.1.2. BÚSQUEDA DE CONTROLADORES DE WII BALANCE BOARD

Durante esta tarea o período de tiempo se realiza una búsqueda de las herramientas o programas que se pueden emplear para sincronizar **Wii Balance Board** con un ordenador de sobremesa. Se descubre que no existen drivers específicos de Nintendo para sincronizar la tabla con otros dispositivos ajenos a **Wii**, pero existe una herramienta casera llamada **GlovePie** <sup>[23], [24]</sup> que permite comunicarse con los distintos controles inalámbricos de **Wii** e interpretar sus señales como si fueran señales de teclado o ratón. Para probar esta herramienta se debe conectar la tabla con el PC mediante de **Bluetooth**.

#### 5.1.3. PRUEBAS DE MODELADO 3D DE TERRENOS

En este período de tiempo se empieza a trabajar en diferentes ejemplos de terreno intentando darle un aspecto montañoso a través de diferentes texturas y probando las diferentes herramientas que **Unity** posee para la edición de terrenos.

#### 5.1.4. INTEGRACIÓN DE OCLUS RIFT EN TERRENO DE PRUEBA

Durante este tiempo se realizaron varias pruebas para integrar las **Oculus Rift** en los terrenos de prueba creado en el período anterior. En estas pruebas se modifican parámetros y se incluyen *assets* necesarios; se instalan drivers y controladores necesarios para emplear **Oculus Rift**. Durante este trabajo no se consigue realizar la integración ni generar ningún ejemplo de prueba viable con los terrenos de prueba debido a que se necesita una versión de pago de **Unity 4.6**.

#### 5.1.5. DESARROLLO DE SCRIPTS TRADUCTORES BÁSICOS

En este período se trabaja con la herramienta **GlovePie** y se crean dos *scripts* básicos en formato “.PIE” y con **Javascript** como lenguaje empleado.

Uno de los *script* creados, es una báscula que sirve para calcular el peso total del usuario y como se distribuye entre los diferentes sensores.



El otro *script* es un simple traductor de peso, según se distribuya el peso en los diferentes sensores realizará un impulso como si de una tecla del teclado se pulsara. Se traducen los pesos en los sensores por pulsos en las teclas: W, A, S, D. La traducción consiste en que si un sensor recibe mayor presión que el resto, significará que se ha pulsado la tecla correspondiente; Sensor frontal-W, Sensor trasero-S, Sensor izquierdo-A, Sensor derecho-D.

### 5.1.6. DESARROLLO DE SCRIPTS DE MOVIMIENTO BÁSICOS PARA UNITY

En esta tarea se estudia el funcionamiento de los *scripts* de movimiento que ofrece **Unity** a través de los *Character Controller* y se trabaja en conseguir versiones más simples para que pueda ser compatible con el traductor básico de movimiento. Debido a la complejidad que poseen los *script* proporcionados se desarrolla un *script* propio basado en las funcionalidades básicas de los *scripts* que emplea **Unity**. El *script* es simple y tan solo hace que el controlador se desplace en la dirección que le marcas las teclas: W, A, S, D; W-hacia delante, A- hacia la izquierda, S- hacia atrás, D- hacia la derecha.

### 5.1.7. PRUEBAS DE SCRIPTS DE MOVIMIENTO BÁSICO EN TERRENOS PRUEBA

Durante este tiempo se realizan pruebas para ver cómo reacciona el *script* traductor de pesos, si pulsa el tiempo justo las teclas a las que se traducen sus sensores. También se realizan pruebas del *script* básico de movimiento en los terrenos de prueba para asegurarse que todo funciona de manera prevista. Finalmente se realizan numerosas pruebas para comprobar que existe sincronía entre el *script* traductor de pesos y el *script* básico de movimiento y que este responde rápidamente a los cambios de presión y a presiones combinadas realizando movimientos diagonales.

### 5.1.8. DESARROLLO DE SCRIPTS DE MOVIMIENTO ACELERADO PARA UNITY

El desarrollo de los *scripts* de movimiento acelerado para **Unity** es la tarea que más tiempo ha llevado y que más problemas y complicaciones ha tenido. Es la parte más compleja del proyecto debido a que es el núcleo de la simulación, sin un movimiento lo más real posible por muy inmersivo que sea el videojuego no dará sensación de simulación y no se alcanzará una inmersión de gran calidad.

En esta tarea se han probado numerosas variaciones y se ha intentado resolver de varias maneras y a través de varios intentos y *scripts*.

En primer lugar se intentó realizar una adaptación del *script* principal de movimiento del elemento *Character Controller* (que es el que contiene el jugador o personaje). Se trabajó en acelerar o decelerar la velocidad del movimiento, en función del tiempo de presión de las teclas que realizaban la función de avanzar y retroceder (W y S), y en realizar giros en vez de desplazamientos laterales (con las teclas A y D). Se encontraron numerosos conflictos con elementos que ya contenía el *script* y se decidió desestimar esta opción.



En segundo lugar, como consecuencia de los conflictos que se generaban en el *script* de movimiento del *Character Controller*, se decidió generar un *script* propio de movimiento. Este *script* era más simple ya que eliminaba elementos contenidos en los controladores propios de **Unity** y se trabajó con la propiedad *Rigidbody*. Esta propiedad es la que otorga físicas a los objetos, como la gravedad. En este *script* se atribuía un valor constante a la fuerza de rozamiento y se calculaba la fuerza gravitatoria ejercida dependiendo de la inclinación del terreno y la masa del objeto en cada instante de tiempo. El *script* contenía una función que aplicaba el movimiento en cada instante de tiempo. En esta función cuando el personaje no estaba en movimiento y se pulsaba la tecla **W**, se le atribuía una velocidad inicial que se iba modificando en función de la aceleración que poseyera la entidad. La aceleración se calculaba a través de la fuerza gravitatoria, que se ejercía a cada instante sobre la entidad, la fuerza de rozamiento y la aceleración que ya poseía anteriormente la entidad. También se incluía una función para realizar la rotación del personaje en función de las teclas **A** y **D**. Este segundo *script*, durante las pruebas en los diferentes terrenos de prueba, no se comportaba de la manera esperada, ya que el personaje aceleraba y deceleraba muy drásticamente y salía volando o se desplazaba marcha atrás cuando se encontraba con desniveles muy pronunciados. Debido a esto se decidió crear algunos terrenos con pendientes más suaves en otras herramientas como **3ds Max** para estudiar su comportamiento, pero aun así seguía acelerando y decelerando en grandes cantidades aumentando su velocidad muy rápidamente y generando comportamientos extraños. Analizando estas situaciones se decidió generar un nuevo *script* buscando maneras para trabajar con velocidades más suaves y reales.

En tercer y último lugar se desarrolló un *script* que simplificase la manera en la que se aplicaba la aceleración al movimiento, siendo este el *script* final de movimiento de la aplicación. Este *script* trabaja de la siguiente manera:

- En primer lugar, en cada instante de tiempo, toma valores discretos (-1, 0 o 1) en los ejes de entrada: en el eje vertical, 1 para **W** y -1 para **S**, y en el eje horizontal (-1 para **A** y 1 para **D**). Además llama a las funciones *Mover* y *Girar* que son las que realizan los movimiento en función a los valores en los ejes
- En la función *Mover* se comprueba en primer lugar si la entidad está en movimiento, sino es así y el eje vertical posee un valor positivo (se presiona **W**) se le asigna una velocidad inicial para iniciar el movimiento. En el caso de que la entidad esté en movimiento, cada dos instantes de tiempo se calcula la fuerza gravitatoria a través de la función *Graved* y se le asigna a la aceleración. Con esta aceleración se comprueba qué valor tiene el eje vertical y que signo tiene la aceleración, y en función de sendos valores se incrementa o decrementa un 10% el valor de la aceleración: si la pendiente es descendente (la aceleración es positiva) y se pulsa **W** la aceleración equivale a un 110% de la aceleración real y si se pulsa **S** la aceleración equivale a un 90% de la aceleración real, por el contrario, si la pendiente es ascendente (la aceleración es negativa) y se pulsa **W** la aceleración equivale a un 90% de la aceleración real y si se pulsa **S** la aceleración equivale a un 110% de la aceleración real. A continuación se incrementa la velocidad con la aceleración obtenida por instante de tiempo y se desplaza la entidad una distancia igual a la velocidad por instante de tiempo.
- La función *Girar* obtiene el valor discreto del eje horizontal y realiza una rotación en el sentido determinado por el valor del eje horizontal.
- La función *Graved* realiza un cálculo de la componente de la fuerza gravitatoria paralela al plano de desplazamiento en función de la masa de la entidad, y devuelve este valor para ser empleado en la función *mover*.

Este *script* dio buenos resultados en las pruebas iniciales de funcionamiento.

### 5.1.9. DESARROLLO DE TERRENOS ÚTILES CON 3DS MAX

A consecuencia de los problemas acontecidos durante el desarrollo de los *scripts* de movimiento, se decidió trabajar en la creación de terrenos rectos con diferentes pendientes. Estos terrenos no son más que poliedros no regulares obtenidos a través de modificaciones de un poliedro rectangular. El poliedro rectangular se dividió en numerosas secciones en sus caras con mayor medida longitudinal. En una de las caras, a las aristas de cada sección se les modificó la altura para crear diferentes pendientes, con mayor o menos grado de inclinación. Para poder realizar esta tarea se tuvo que dedicar cierto tiempo al estudio de la herramienta **3ds Max** y a familiarizarse con el entorno gracias a una serie de tutoriales visuales.

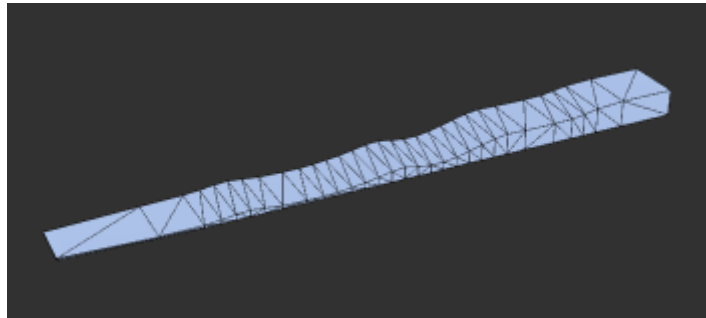


Ilustración 27: Recorrido diseñado

### 5.1.10. PRUEBAS DE SCRIPTS DE MOVIMIENTO EN TERRENOS ÚTILES

En estas pruebas solo se probó con dos de los tres *script* que se desarrollaron en la etapa anterior, por lo que se analizarán las pruebas de cada *script* independientemente:

- Con el segundo *script*, como se ha indicado en su desarrollo, se encontraron graves problemas de aceleración con las pendientes, ya que se aceleraba en exceso y en las pequeñas elevaciones salía volando la entidad, además cuando había que decelerar, en las pendientes ascendentes, la reacción llegaba demasiado tarde, y la entidad se encontraba en un terreno con una pendiente totalmente distinta. Se realizaron modificaciones en el *script* durante las pruebas, pero no se consiguieron buenos resultados.
- Con el tercer *script*, las pruebas resultaron muy satisfactorias, ya que el comportamiento de la entidad se asemejaba a lo esperado, cierto es que durante las pruebas se detectaron pequeños fallos como la velocidad inicial, que era muy lenta y no como se esperaba, y que al entidad deceleraba muy lentamente y no se paraba al finalizar el recorrido. Estos pequeños inconvenientes se modificaron tras estas pruebas y se obtuvo un resultado óptimo.

### 5.1.11. OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PESOS

Esta tarea se centro en obtener la distribución del peso de una persona, en función del peso total, de cada sensor según posiciones de giro reales de *Snowboard*. Para ello se contactó con una persona que practicaba el deporte de *Snowboard* y se tomó su peso y la distribución de este a través del *script* traductor que servía de báscula. Una vez obtenidos su peso y su distribución, se tomaron los mismos datos de una persona que nunca había practicado el deporte del *Snowboard* (en este caso el desarrollador).



Sujeto 1: Practica Snowboard						
	Sensor izquierdo	Sensor derecho	Sensor frontal	Sensor trasero	Peso total	Peso medio total
Estático	42,16	41,4	33,48	50,08	83,56	84,28
Giro a la derecha	28,13	56,53	56,99	26,67	84,67	
Giro a la izquierda	52,09	32,52	24,04	60,57	84,61	

Tabla 31: Distribución de pesos del sujeto 1

Sujeto 2: No practica Snowboard						
	Sensor izquierdo	Sensor derecho	Sensor frontal	Sensor trasero	Peso total	Peso medio total
Estático	35,21	39,74	25,12	49,83	74,95	75,20
Giro a la derecha	27,55	49,21	58,25	18,51	76,76	
Giro a la izquierda	49,33	24,55	18,46	55,42	73,88	

Tabla 32: Distribución de pesos del sujeto 2

### 5.1.12. DESARROLLO DE SCRIPT TRADUCTOR DE PESOS-MOVIMIENTO

Para desarrollar el *script* traductor de pesos-movimiento se tomó, como referencia, los valores medios de las distribuciones de pesos obtenidas anteriormente, se les añadió un margen de error y se procedió a su codificación en el *script*.

	Sujeto 1: Practica Snowboard				Sujeto 2: No practica Snowboard			
	Sensor izquierdo	Sensor derecho	Sensor frontal	Sensor trasero	Sensor izquierdo	Sensor derecho	Sensor frontal	Sensor trasero
Estático	50,02%	49,12%	39,72%	59,42%	41,78%	47,15%	29,81%	59,12%
Giro a la derecha	33,38%	67,07%	67,62%	31,64%	32,69%	58,39%	69,11%	21,96%
Giro a la izquierda	61,81%	38,59%	28,52%	71,87%	58,53%	29,13%	21,90%	65,76%

Tabla 33: Distribución de pesos de los sujetos 1 y 2



Distribución media de pesos					
		Sensor izquierdo	Sensor derecho	Sensor frontal	Sensor trasero
Giro a la derecha	Margen superior	43,03%	72,73%	78,37%	36,80%
	Normal	33,03%	62,73%	68,37%	26,80%
	Margen inferior	23,03%	52,73%	58,37%	16,80%
Giro a la izquierda	Margen superior	70,17%	43,86%	35,21%	78,81%
	Normal	60,17%	33,86%	25,21%	68,81%
	Margen inferior	50,17%	23,86%	15,21%	58,81%

Tabla 34: Distribución media de pesos

La codificación del *script* se dividió en dos partes:

- **Eje de desplazamiento vertical:** El eje vertical se codificará de tal manera que si la presión en el sensor izquierdo es mayor que en el derecho se pulsará la tecla **W**, y que en caso contrario se pulsará **S**.
- **Eje de desplazamiento horizontal:** El eje horizontal se codificará en función de la distribución del peso entre los 4 sensores simultáneamente, comparando el peso que detecta cada sensor entre los valores de error. De la siguiente manera:
  - Para girar a la derecha:
    - El sensor izquierdo debe captar entre el 23,03% y el 43,03% del peso total.
    - El sensor derecho debe captar entre el 52,73% y el 72,73% del peso total.
    - El sensor frontal debe captar entre el 58,37% y el 78,37% del peso total.
    - El sensor trasero debe captar entre el 36,8% y el 56,8% del peso total.
  - Para girar a la izquierda:
    - El sensor izquierdo debe captar entre el 50,17% y el 70,17% del peso total.
    - El sensor derecho debe captar entre el 23,86% y el 43,86% del peso total.
    - El sensor frontal debe captar entre el 15,21% y el 35,21% del peso total.
    - El sensor trasero debe captar entre el 58,81% y el 78,81% del peso total.

### 5.1.13. PRUEBAS DE MOVIMIENTO CON LA TABLA

Para realizar estas pruebas se requirió de la persona que ya había practicado *Snowboard* y que se tomó como referencia para la obtención de pesos. Estas pruebas se centraron en el nivel de realismo de los giros y gracias a ellas se delimitaron con mayor exactitud los márgenes de error, también se estableció el nivel de rotación óptimo en el *script* de movimientos.

### 5.1.14. DESARROLLO DE PERSONAJE JUGABLE

El desarrollo del personaje se subcontrató a un diseñador gráfico que realizase el modelado del cuerpo sin cabeza de una persona sobre una tabla, y que estuviera en una posición natural en la práctica del *Snowboard*. El modelado se realizó con la herramienta **Zbrush**, que es una herramienta de ilustración que permite el modelado en 3D.



### 5.1.15. INTEGRACIÓN DE PERSONAJE JUGABLE

Como primera medida hasta que se obtuviera el modelado del personaje final, se obtuvo un personaje (gratuito) de unos tutoriales sobre **Zbrush**. Este personaje era un pequeño dragón de color turquesa sobre dos patas de un aspecto humanoide (*ilustración 30 e ilustración 31*).

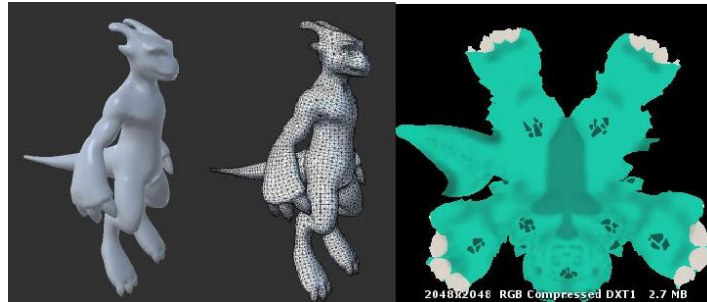


Ilustración 28: Modelado, malla y textura del personaje gratuito.

Con este dragón se probó que se podía realizar la exportación de **Zbrush** a **Unity** directamente, para ello había que incluir en el proyecto la malla o *mesh*, que representaba el personaje, y luego aplicarle la textura correspondiente al personaje.



Ilustración 29: Personaje gratuito montado e integrado a Unity

Tras esto, cuando se recibió el trabajo del diseñador se procedió a realizar los mismos pasos, que con el personaje de prueba, para el personaje final (*ilustración 34*). Pero en este caso el personaje estaba dividido en dos, por una parte el cuerpo (*ilustración 32*) y por otra parte la tabla (*ilustración 33*).

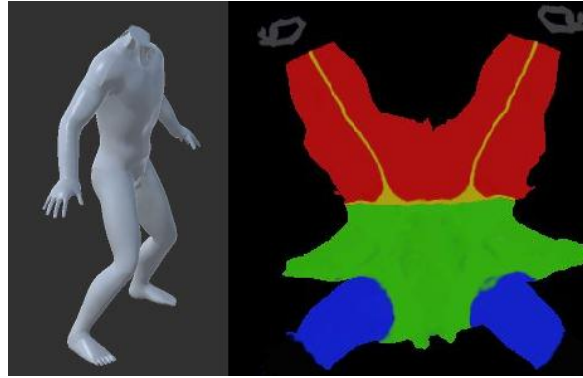


Ilustración 30: Modelado y texturas del personaje final

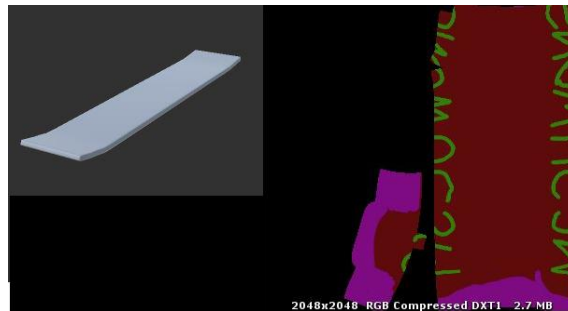


Ilustración 31: Modelado y texturas de la tabla final



Ilustración 32: Integración de personaje final en Unity

---

#### 5.1.16. INTEGRACIÓN DE OCULUS RIFT EN PROTOTIPO

Para la integración de Oculus se ha requerido de la instalación del *Runtime (drivers)* apropiado para la versión de **Unity 5.1** ya que al estar en desarrollo las **Oculus Rift**, el *Runtime* se actualiza cada poco tiempo con nuevas versiones *beta*.



A la hora de compilar **Unity** modifica la cámara principal y la convierte en la doble cámara necesaria para visualizar el entorno con las **Oculus Rift**. Mediante la compilación se generaron 2 ejecutables que permiten la ejecución de la aplicación con **Oculus Rift**. Una de las aplicaciones extiende la visión de las **Oculus** a la pantalla del ordenador para que se pueda visualizar a la vez las dos cámaras que conforman la imagen. La otra aplicación se llama "*directtoRift*" y ejecuta la aplicación directamente en las gafas de realidad virtual sin duplicar la imagen en la pantalla.

### 5.2. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Durante el proceso de desarrollo se han encontrado diferentes problemas que se han tratado de solucionar en la medida de lo posible. A continuación se van a enumerar las distintas tareas realizadas en el desarrollo que se han visto afectadas, y se va a describir los problemas que las han afectados y las soluciones encontradas.

- **Integración de Oculus Rift en terreno de prueba.** En esta fase se encontró un problema para realizar la integración de **Oculus** debido a que se trabajaba en las versiones de **Unity 4.5** y **4.6** y requerían de una versión de pago de **Unity**. Se decidió dejar a un lado y trabajar en el desarrollo de la aplicación para que en caso de tener que pagar la versión *Premium* se pagase el menor tiempo posible.
- **Desarrollo de scripts de movimiento acelerado para Unity y Pruebas de scripts de movimiento en terrenos útiles.** Como estas dos fases están relacionadas, se van a tratar los problemas en conjunto. Los problemas que se encontraron en la fase de desarrollo aparecieron durante las pruebas de los scripts, estos problemas se han comentado en el desarrollo de los scripts, y se han tratado de solucionar con resultados negativos por lo que la única solución que ha sido viable ha sido la más radical, comenzar de nuevo simplificando su contenido.
- **Desarrollo de terrenos útiles con 3ds Max.** En esta fase surgieron algunos pequeños problemas pero todos relacionados con el entorno de **3ds Max**, ya que se desconocían las opciones y las herramientas con las que se debía trabajar, se solucionó estudiando un poco el entorno y gracias a unos tutoriales visuales.
- **Pruebas de movimiento con la tabla.** En esta fase surgieron algunos problemas de poca importancia ya que estaban relacionados con los ajustes de los parámetros de los scripts pesos-movimiento y del movimiento del jugador. Tan solo había que ajustar los parámetros para mejorar la simulación.
- **Integración de personaje jugable.** En esta fase surgieron problemas con la aplicación de **Zbrush** ya que requería que se redujera la cantidad de polígonos que presenta el modelado final del personaje, y a su vez suavizar la calidad de las texturas ya que el propio programa generaba errores en los que exigía estos criterios para su exportación.
- **Integración de Oculus Rift en prototipo.** En esta fase han surgido muchos problemas a la hora de generar los ejecutables de prueba de integración de **Oculus** y el ejecutable del prototipo final. Estos problemas se han generado debido a las versiones del *Runtime* ya que al estar las **Oculus Rift** aun en desarrollo, todas las versiones del *Runtime* son *beta*. Además los problemas con las versiones del *Runtime* generaban un error que no se podía cargar una librería de **Oculus** llamada **libOVR**, y se generaba un ejecutable normal sin contener la doble cámara que genera el entorno de realidad virtual.



### 5.3. PLANIFICACIÓN FINAL (REAL)

En esta sección se van a mostrar las diferentes tareas o fases del desarrollo y el tiempo y esfuerzo dedicado. En comparación a la planificación inicial definida en el capítulo 3, subsección 3.1.2, hay un número superior de tareas, pero estas tareas se pueden compactar en las 5 planificadas inicialmente de la siguiente manera:

- **Estudio inicial.** El estudio inicial consta de las siguientes fases:
  - (1) Estudio documentación de **Unity**.
  - (2) Búsqueda de controladores de **Wii Balance Board**.
  - (3) Pruebas de modelado 3D de terrenos.
  - (4) Integración de **Oculus Rift** en terreno de prueba.
- **Desarrollo y diseño.** El desarrollo y diseño consta de las siguientes fases:
  - (5) Desarrollo de scripts traductores básicos.
  - (6) Desarrollo de scripts de movimiento básicos para **Unity**.
  - (8) Desarrollo de scripts movimiento acelerado para **Unity**.
  - (9) Desarrollo de terrenos útiles con **3ds Max**.
  - (11) Obtención de distribución de pesos.
  - (12) Desarrollo script traductor de pesos-movimiento.
  - (14) Desarrollo de personaje jugable.
  - (15) Integración de personaje jugable.
  - (16) Integración de **Oculus Rift** en prototipo.
- **Pruebas.** La fase de pruebas consta de las siguientes tareas:
  - (7) Pruebas de scripts de movimiento básicos en terrenos prueba.
  - (10) Pruebas scripts de movimientos acelerados.
  - (13) Pruebas de movimiento con la tabla.
- **Evaluación.** Equivale a la fase (17) Evaluación.
- **Documentación.** Equivale a la fase (18) Desarrollo de la documentación.

A través de la tabla, situada en la página siguiente (*tabla 32*), se muestran los períodos de trabajo de cada una de las fases, su duración en días, los días festivos y fines de semana que ha habido durante el período de trabajo, los días dedicados al trabajo en cada uno de los períodos y las horas trabajadas en cada fase. En cuanto al esfuerzo en horas dedicado, en la primera parte de la realización del trabajo (de las fases 1 a la 7) se ha dedicado una media de hora al día a trabajar, y en la segunda parte de la realización del trabajo (de las tarea 8 a la 18) se ha dedicado una media de 2 horas y media cada día. Se va a mostrar a través de un gráfico que representa un diagrama de Gantt la repartición de los períodos de trabajo durante la realización del proyecto (*Gráfico 2*).

Tareas	Fecha de inicio	Días	Fecha de fin	Festivos (días)	Días sin festivos	Horas trabajadas
(1) Estudio documentación de Unity	12/01/2015	18	30/01/2015	4		
(2) Búsqueda de controladores de Wii Balance Board	19/01/2015	11	30/01/2015	2		



SISTEMA DE SIMULACIÓN INMERSIVA CON OCLUS RIFT Y WIIFIT

(3) Pruebas de modelado 3D de terrenos	19/01/2015	32	20/02/2015	8	39	39
(4) Integración de Oculus Rift en terreno de prueba	09/02/2015	11	20/02/2015	2		
(5) Desarrollo de scripts traductores básicos	23/02/2015	11	06/03/2015	2		
(6) Desarrollo de scripts de movimiento básicos para Unity	09/03/2015	32	10/04/2015	11	21	21
(7) Pruebas de scripts de movimiento básicos en terrenos prueba	30/03/2015	11	10/04/2015	3	8	8
(8) Desarrollo de scripts movimiento acelerado para Unity	13/04/2015	139	30/08/2015	41	127	317,5
(9) Desarrollo de terrenos útiles con 3ds Max	01/06/2015	29	30/06/2015	9		
(10) Pruebas scripts de movimientos acelerados	22/05/2015	78	08/08/2015	23		
(11) Obtención de distribución de pesos	01/06/2015	1	02/06/2015	0		
(12) Desarrollo script traductor de pesos-movimiento	02/06/2015	59	31/07/2015	17		
(13) Pruebas de movimiento con la tabla	15/07/2015	46	30/08/2015	12		
(14) Desarrollo de personaje jugable	17/08/2015	41	27/09/2015	10		
(15) Integración de personaje jugable	01/09/2015	13	14/09/2015	4		
(16) Integración de Oculus Rift en prototipo	14/09/2015	8	22/09/2015	2		
(17) Evaluación	23/09/2015	4	27/09/2015	0		
(18) Desarrollo de la documentación	20/04/2015	160	27/09/2015	29	195	385,5
<b>TOTAL DE DÍAS Y HORAS</b>						

Tabla 35: Planificación final

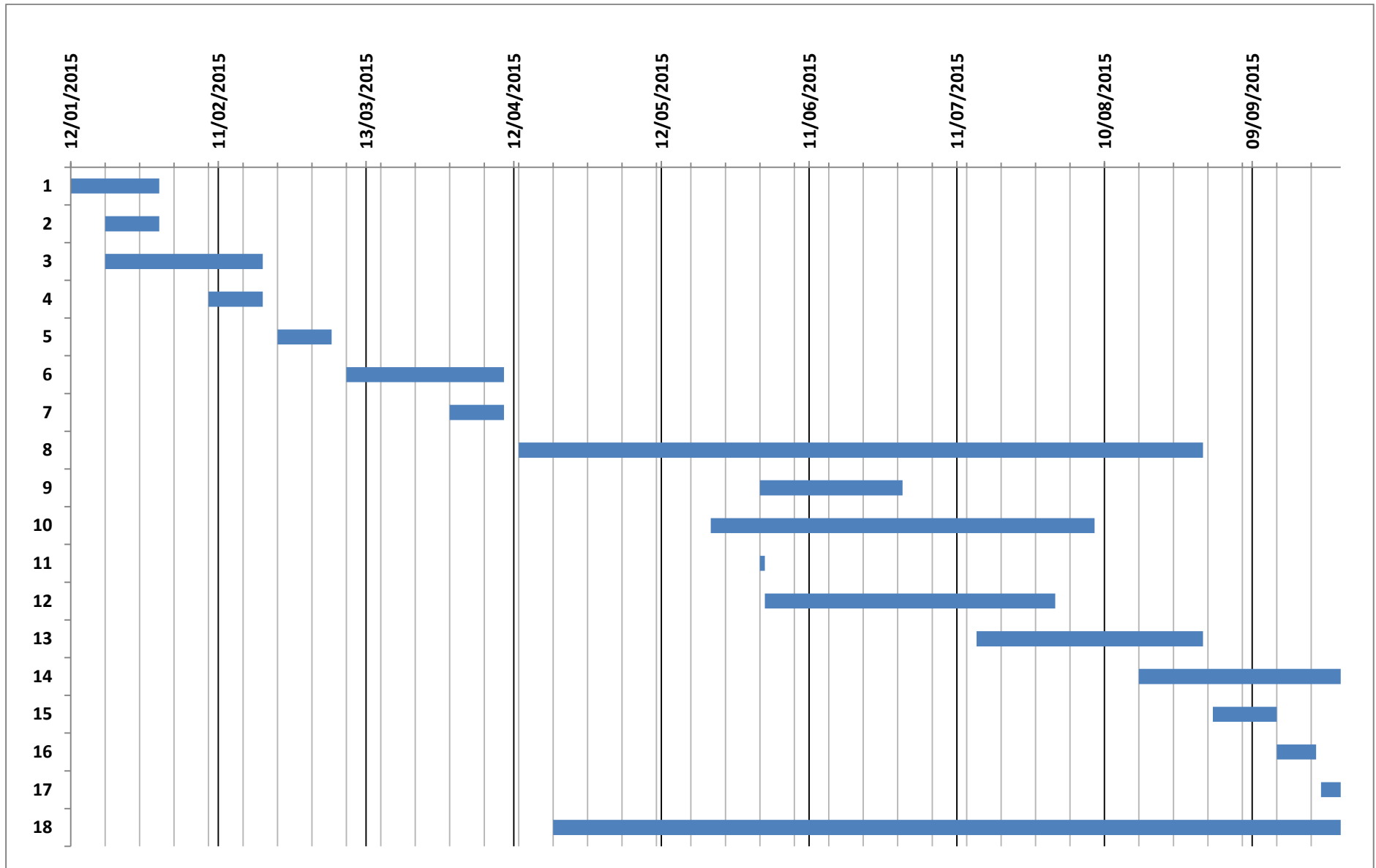


Ilustración 33: Diagrama de Gantt de la planificación final

## 5.2. COMPARATIVA DE PLANIFICACIÓN INICIAL Y REAL

La comparación entre ambas planificaciones es un poco complicada, debido a que la planificación final contiene muchas tareas y, aunque se hayan compactado para resumirlas en las iniciales no se puede calcular con exactitud el esfuerzo dedicado a cada una de ellas porque se ha trabajado prácticamente en paralelo con algunas entre sí. Lo que sí se puede comparar es el esfuerzo total (en días y horas) dedicados a la realización del proyecto y que desviación tiene respecto a la planificación inicial.

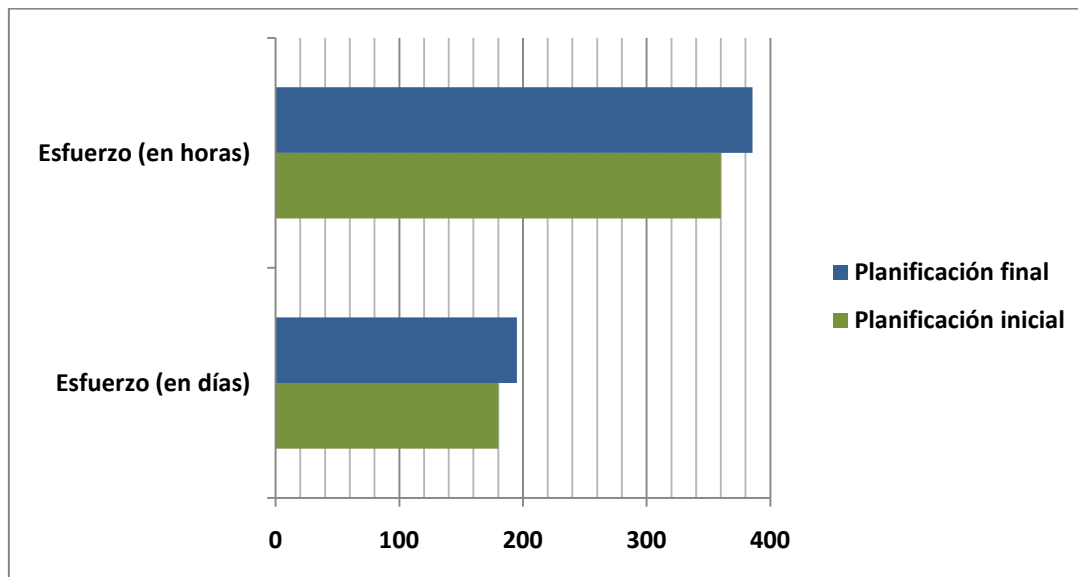


Ilustración 34: Comparación del esfuerzo total

En el gráfico anterior (gráfico 3) se puede ver que la realización del proyecto ha llevado un poco más de lo esperado, con una desviación de un 8,33% en el caso de los días establecidos y de un 7,08% en el caso de las horas establecidas.

Estas desviaciones afectan al coste final del trabajo respecto al presupuesto establecido, debido a que, al haber una desviación del 7,08% en las horas trabajadas, los empleados van a cobrar algo más de lo presupuestado, y a que, al haber una desviación del 8,33% en los días establecidos, la amortización del hardware será mayor y su valor residual tras el proyecto será menor, además pueden afectar a alguna de las licencias de software aumentando el coste material con respecto a lo presupuestado. Aún así la desviación no es crítica, por lo que no aumenta gravemente el presupuesto (en unos 1000 € más o menos) y es un coste asumible.



## 6. EVALUACIÓN

En este capítulo se va a plantear el método de evaluación inicial, por parte de un conjunto de usuarios, del prototipo de la aplicación. Tras definir el método se va tratar de especificar una serie de expectativas sobre las valoraciones de los usuarios.

Una vez realizadas las evaluaciones se resumirán los datos obtenidos y se analizarán los resultados para comprobar el grado de satisfacción del prototipo.

### 6.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN

En primer lugar para realizar una evaluación del prototipo se deben definir unos grupos de usuarios que compartan características similares. Un usuario puede estar en varios grupos a la vez, pero su evaluación será analizada con cada uno de los grupos a los que pertenece por separado. Estos grupos serán separados a través de los siguientes criterios:

- **Edad:** Se establecerán 3 grupos diferentes en función de la edad, adolescentes (con edades comprendidas entre los 13 y 19 años), jóvenes (con edades comprendidas entre los 20 y 29 años) y adultos (a partir de 30 años).
- **Sexo:** Se establecerán dos grupos, sexo masculino y femenino.
- **Practicar deportes de invierno:** se establecerán tres grupos, los usuarios que nunca hayan practicado un deporte de invierno, los que hayan practicado Esquí y los que hayan practicado *Snowboard*.
- **Experiencias previas de realidad virtual:** se establecerán dos grupos, los usuarios que no hayan experimentado nunca una experiencia en realidad virtual y los que si la hayan experimentado.

A continuación se muestra una imagen de la encuesta con la que los usuarios han valorado la aplicación.





## ENCUESTA DE SATISFACCION DEL SIMULADOR

INFORMACIÓN PERSONAL	
Edad:	Sexo:
EXPERIENCIA VIRTUAL	
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.	
<input type="checkbox"/>	1-. Esquí
<input type="checkbox"/>	2-. Snowboard
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?	
<input type="checkbox"/>	1-.Sí
<input type="checkbox"/>	2-.No
Dispositivo:	
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?	
1-. Muy Mala    2-.Mala    3-.Normal    4-.Buena    5-.Muy buena	
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?	
1-. Muy Malo    2-.Malo    3-.Normal    4-. Bueno    5-.Muy bueno	
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?	
1-. Muy Bajo    2-.Bajo    3-.Normal    4-. Alto    5-.Muy alto	
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?	
1-. Muy Fácil    2-. Fácil    3-.Normal    4-. Dificil    5-.Muy Dificil	
CONTENIDO ADICIONAL	
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.	
<input type="checkbox"/>	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).
<input type="checkbox"/>	Flora y fauna.
<input type="checkbox"/>	Animaciones del personaje <u>jugable</u> .
<input type="checkbox"/>	Animaciones de la flora y la fauna.
<input type="checkbox"/>	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).
<input type="checkbox"/>	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).
<input type="checkbox"/>	Incluir más pistas y escenarios <u>jugables</u> .
<input type="checkbox"/>	Poder escoger distintos trajes o personaje <u>jugables</u> .
<input type="checkbox"/>	Poder escoger distintas tablas para el personaje.
<input type="checkbox"/>	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).
<input type="checkbox"/>	Hilo musical (música variable y/o personalizable).
VALORACIÓN GENERAL	
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.	
Explique brevemente que elementos incluiría y/o modificaría:	

Ilustración 35: Plantilla de la encuesta de evaluación



### 6.3. EXPECTATIVAS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN

Para comentar las expectativas que se tiene sobre los resultados de la encuesta se deben tratar cada una de las partes de la encuesta por separado, con cada una de sus preguntas.

En primer lugar se hablará de que se espera en la sección sobre la experiencia virtual:

- Al menos un 50% de los encuestados haya practicado algún deporte de invierno y que un tercio de estos haya practicado Snowboard.
- Al menos un 20% de los encuestados haya tenido alguna experiencia previa con dispositivos de realidad virtual.
- En cuanto a la opinión sobre la experiencia con el simulado se espera obtener una nota de 3 o 4 sobre 5.
- En cuanto a la calidad del simulador (el realismo) se espera obtener una nota de 4 o 5 sobre 5.
- En cuanto al nivel de realismo en los movimientos con la tabla se espera obtener una nota alta, de 5 sobre 5.
- En cuanto a la dificultad que ha presentado la tabla en los movimientos se espera obtener una puntuación de 3 o 4 sobre 5.

En segundo lugar se hablará de la prioridad que se espera obtener en los elementos que forman parte del contenido adicional:

- Escenografía: prioridad muy alta (5).
- Flora y fauna: prioridad media (3).
- Animaciones del personaje: prioridad alta (4).
- Animaciones flora y fauna: prioridad media (3).
- Diversidad climatológica: prioridad media-alta (3-4).
- Cambios horarios: prioridad media-baja (2-3).
- Diversidad de escenarios: prioridad alta-muy alta (4-5).
- Diversidad de trajes del personaje: prioridad media-alta (3-4).
- Diversidad de modelos de tabla: prioridad media-alta (3-4).
- Sonidos ambientales: prioridad media-baja (2-3).
- Música: prioridad muy baja (1).

Por último en la sección de valoración general se espera obtener una nota media de 8 y que se puedan obtener algunas ideas en la que no se había pensado durante la fase de diseño.

### 6.4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Se ha encuestado a un total de 6 personas, todos varones con edades comprendidas entre los 21 y 27 años. A continuación se van a mostrar 3 tablas (*tablas 33, 34 y 35*) que contienen las respuestas de los encuestados. Además se incluirán las encuestas en el anexo 9.3 Encuestas.



EXPERIENCIA VIRTUAL						
USUARIO	U1	U2	U3	U4	U5	U6
¿Ha practicado Snowboard?	No	No	Sí	No	No	Sí
¿Ha practicado Esquí?	No	No	No	No	Sí	No
¿Ha tenido una experiencia previa con VR?	Sí	No	No	No	No	No
Experiencia VR son el simulador	4	4	3	4	4	4
Realismo del simulador	4	4	2	3	4	3
Realismo de movimientos	5	3	3	3	4	4
Dificultad en los movimientos	3	3	2	2	5	3

Tabla 36: Resultados de la encuesta. EXPERIENCIA VIRTUAL

CONTENIDO ADICIONAL						
USUARIO	U1	U2	U3	U4	U5	U6
Escenografía	3	2	4	4	1	2
Flora y Fauna	3	4	2	3	1	1
Animaciones personaje	4	3	5	4	5	3
Animaciones flora y fauna	3	4	2	2	2	1
Diversidad climatológica	5	4	3	3	1	1
Cambios horarios	5	2	2	3	1	1
Diversidad de escenarios	5	4	5	5	5	4
Diversidad de trajes	3	1	1	3	3	4
Diversidad de tablas	4	2	1	3	4	3
Sonidos ambiente	2	3	4	5	5	3
Música	3	2	2	3	3	3

Tabla 37: Resultados de la encuesta. CONTENIDO ADICIONAL

VALORACIÓN GENERAL						
USUARIO	U1	U2	U3	U4	U5	U6
NOTA	8	8	7	8	9	7

Tabla 38: Resultados de la encuesta. VALORACIÓN GENERAL



Además se han obtenido los siguientes comentarios:

- “Incluir un minimapa en el recorrido”.
- “Buena sensación de inmersión en el deporte de invierno”.
- “Me parece que se ha sacado mucho partido a los medios de los que se disponía. Preveo un gran éxito en el producto final”.
- “Realizar las pistas más anchas. Añadir la opción de agacharse. Partículas de nieve y lluvia”.
- “Provocar caídas y movimientos en el aire”.
- “Podría incluirse elementos como rampas y barandillas para poder saltar y *grindar*”.

### 6.5. ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN

Para analizar la evaluación primero se debe comparar la media de los resultados con las expectativas esperadas.

En primer lugar el 50% de los encuestados han practicado algún deporte de invierno y un 30% de estos ha practicado *Snowboard*. Concuera con lo esperado.

En segundo lugar un 16,66% de los encuestados ha tenido alguna experiencia previa con algún dispositivo de realidad virtual. Se aproxima al 20% esperado.

A continuación se van a mostrar una tabla que compara la valoración obtenida sobre la experiencia virtual y la no general con los valores esperados.

EXPERIENCIA VIRTUAL					VALORACIÓN GENERAL
	Experiencia VR con el simulador	Realismo del simulador	Realismo de movimientos	Dificultad en los movimientos	NOTA
<b>Esperado</b>	3-4	4-5	5	3-4	8
<b>Obtenido</b>	3,83	3,33	3,67	3	7,83

Tabla 39: Comparación expectativas-resultados: EXPERIENCIA VIRTUAL Y NOTA

Como se puede observar la valoración sobre la experiencia virtual con el simulador ha obtenido una puntuación muy próxima a máximo valor esperado. En el realismo del simulador y en el realismo de los movimientos se han obtenido unas puntuaciones un poco bajas en comparación con la valoración esperada. En cuanto a la dificultad en los movimientos se ha obtenido una puntuación que entra dentro del valor esperado. Y finalmente sobre la nota general se ha obtenido una nota muy próxima a la esperada.

Esta valoración pese a tener algunas notas bajas en comparación con las que se esperaba ha resultado muy positiva se han obtenido valores que demuestran que el prototipo tiene cierta calidad.



CONTENIDO ADICIONAL						
	Escenografía	Flora y Fauna	Animaciones personaje	Animaciones flora y fauna	Diversidad climatológica	Cambios horarios
Esperado	5	3	4	3	3-4	2-3
Obtenido	2,67	2,33	4	2,33	2,83	2,33
	Cambios horarios	Diversidad de escenarios	Diversidad de trajes	Diversidad de tablas	Sonidos ambiente	Música
Esperado	2-3	4-5	3-4	3-4	2-3	1
Obtenido	2,33	4,67	2,5	2,83	3,67	2,67

Tabla 40: Comparación expectativas-resultados: CONTENIDO ADICIONAL

Sorprendentemente los usuarios han dado una alta prioridad a elementos que no se estimaba que fueran muy prioritarios (el sonido ambiente), en los elementos como las animaciones del personaje y la diversidad de escenarios se ha obtenido un índice de prioridad como se espera y pensaban el desarrollador. Cabe destacar que los usuarios no han dado una prioridad alta a la aparición de otros elementos de escenografía, como el desarrollador esperaba, sino que le han otorgado una prioridad media-baja como al resto de elementos enumerados en la encuesta.

Por último los comentarios contienen buenas ideas, que contribuyen a mejorar el diseño de la aplicación comercial, algunas son muy difíciles o imposibles de implementar como saltar o *grindar* (deslizar la tabla por bordillos o barandillas en *skate* o *snowboard*) ya que la **Wii Balance Board** limita los movimientos y puede estropearse realizando estos movimientos, otras ideas no parecen muy complicadas de implementar como incluir un minimapa, agacharse, o diseñar pistas más anchas, además ayudarán a mejorar la funcionalidad y la experiencia que ofrece la aplicación.



## 7. CONCLUSIONES GENERALES

Este capítulo se va a centrar en recopilar todas las situaciones e ideas que han ido surgiendo al alumno durante la realización del proyecto. En primer lugar se comentarán las impresiones sobre el cumplimiento de los objetivos del trabajo. En segundo lugar se hablará sobre los problemas que se han encontrado durante la realización del proyecto. Y finalmente se analizarán las diversas líneas futuras que tiene la aplicación desarrolla.

### 7.1. OBJETIVOS CUMPLIDOS

En general, podemos concluir que se han alcanzado los objetivos que se requerían en esta prueba de concepto. Se ha aprendido a diseñar y desarrollar un videojuego con un motor gráfico actual del mercado, en el desarrollo, el alumno se ha enfrentado a la creación de las funcionalidades que requiere un videojuego, además el trabajo realizado ha servido para conocer de primera mano el personal y el esfuerzo que se requiere en el desarrollo de un videojuego, ya que es una de las motivaciones personales del alumno.

También se ha aprendido a integrar una tecnología nueva con grandes expectativas de futuro como es la Realidad Virtual, se ha aprendido a trabajar con dispositivos externos, ajenos a un ordenador, que complementan y mejoran la experiencia que los videojuegos ofrecen. Se han podido analizar las limitaciones que poseen las tecnologías elegidas y conocer de qué manera se pueden solventar. En concreto se han visto las limitaciones que presenta la **Wii Balance Board** para orientar la aplicación a un entorno más profesional.

Finalmente el alumno ha aprendido todos los pasos necesarios para desarrollar una aplicación. También ha aprendido a realizar un estudio del marco que la aplicación tiene como destino, un estudio de los costes y la elaboración de un presupuesto, a realizar un análisis para diseñar una aplicación, a desarrollar un prototipo de una aplicación novedosa, con tecnología puntera, y a evaluar los resultados y la aceptación de esta.

### 7.2. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Durante la realización del trabajo, el alumno se ha encontrado con numerosos problemas, a nivel técnico los problemas están descritos en el capítulo 5. Desarrollo sección 5.2. Problemas encontrados, por este se va a hablar de los problemas personales que se han tenido debido a la realización del proyecto.

El problema fundamental que ha tenido el alumno ha sido la desmotivación y la desmoralización ante los numerosos problemas que se han tenido en la fase de desarrollo. Estos problemas han frustrado mucho al alumno y lo han desmotivado durante ciertos períodos de tiempo, pero con un poco de voluntad y esfuerzo se ha recuperado la motivación al ir cumpliendo ciertos hitos durante el desarrollo, esto ha hecho que cumpla una de las motivaciones que tenía en la realización del proyecto, el desarrollo de un videojuego, que es una de las razones principales por las que el alumno decidió estudiar el grado de Ingeniería Informática.

### 7.3. LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

A continuación se va a intentar comentar y analizar algunas de las líneas futuras que tiene la realización del trabajo.



Con respecto al Software, se puede trabajar en el desarrollo de la calidad gráfica e incluir los elementos de los que se habló en el capítulo sobre el diseño, para finalmente desarrollar una aplicación comercial, esta aplicación puede tener dos fines:

- uno relacionado con la industria del entretenimiento electrónico, por lo que se deberán centrar las mejoras en el entorno y la experiencia de simulación.
- Otro relacionado con la industria profesional, enfocada más al entorno de simulación para ayudar a entrenar y mejorar a los *snowboarders* profesionales. Este enfoque probablemente requiera de asociarse con una empresa diseñadora de hardware que pueda crear un hardware más interactivo y funcional que la Wii Balance Board ya si mejorar la experiencia del usuario y la simulación de la aplicación.

Además gracias a esta aplicación se pueden desarrollar otras aplicaciones de deportes relacionados, como el Esquí en el ámbito de la montaña, y el *Skate* en el ámbito del empleo de tablas para su ejecución.

Con respecto al Hardware todas las líneas futuras están enfocadas en el desarrollo de una base que simule mejor el comportamiento de la tabla y se pueda tomar valores discretos de esta para realizar una mejor simulación de los movimientos.



## 8. REFERENCIAS

- [1]Página principal del campeonato mundial de Lol de 2015. [http://worlds.lolesports.com/en\\_US/worlds](http://worlds.lolesports.com/en_US/worlds)
- [2]Página principal de los campeonatos de de Call of Duty. <https://www.callofduty.com/es/esports>
- [3]González, Saúl, (07/01/2015). Otra universidad de Estados Unidos ofrecerá becas a los jugadores de LoL. Meristation. <http://www.meristation.com/pc/noticias/otra-universidad-de-estados-unidos-ofrecera-becas-a-los-jugadores-de-lol/1526971/2032917>
- [4] pgswardow, (26/08/2014). Mercado de fichajes, jugadores de e-sports con costes millonarios. Gaming E-SPORTS. <http://www.gamingsports.com/mercado-de-fichajes-jugadores-de-esports-con-costes-millonarios/>
- [5]Definición de realidad aumentada que proporciona la RAE. <http://lema.rae.es/drae/?val=realidad>
- [6]Historia de la Realidad Virtual. <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Realidad%20Virtual/web/historia.html>
- [7]Sánchez, J.M. (05/03/2015) Project Morpheus, el casco de realidad virtual de Sony, llegará en 2016. ABC. <http://www.abc.es/tecnologia/videojuegos-ps4/20150304/abci-sony-project-morpheus-201503041508.html>
- [8]Stein, Scott. (20/03/2014). Así funciona Project Morpheus: las gafas de realidad virtual de Sony. CNET. <http://www.cnet.com/es/analisis/sony-playstation-vr/>
- [9]Serrano Acosta, Francisco Serrano. (08/05/2014). Project Morpheus, impresiones. Meristation. <http://www.meristation.com/playstation-4/reportaje/project-morpheus-impresiones/1976667/44672>
- [10]Martínez, David. (07/01/2015). Comparativa Oculus Rift vs Sony PS4 Morpheus vs OSVR Razer. Hobby Consolas. <http://www.hobbyconsolas.com/reportajes/comparativa-oculus-rift-vs-sony-ps4-morpheus-65750>
- [11]Rebato, Carlos. (03/07/2015). He probado la realidad virtual del HTC Vive, y ahora ya no quiero volver. <http://es.gizmodo.com/he-probado-la-realidad-virtual-del-htc-vive-y-ahora-ya-1689906269>
- [12]HTC Vive. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/HTC\\_Vive](https://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive)
- [13]González Juan Carlos. (26/02/2015). Samsung Gear VR, análisis: esperanzador comienzo de la realidad virtual. Xataka. <http://www.xataka.com/analisis/samsung-gear-vr-analisis>
- [14]Shanklin, Will. (11/01/2015). Avegant Glyph hands-on (2015): Fascinating tech, but prepare for stares. Gizmag. <http://www.gizmag.com/avegant-glyph-hands-on-ces-2015/35552/>
- [15]Stein, Scott. (06/01/2015). OVR Hacker Dev Kit de Razer: gafas de realidad virtual de código abierto. CNET. <http://www.cnet.com/es/analisis/razer-osvr/>
- [16]González Juan Carlos. (25/03/2015). Leap Motion pone el reconocimiento de manos al casco de realidad virtual de Razer: OSVR. Xataka. <http://www.xataka.com/otros/leap-motion-pone-el-reconocimiento-de-manos-al-casco-de-realidad-virtual-de-razer-osvr>
- [17]Oculus Rift. Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Rift](https://es.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift)





[18]González, Juan Carlos. (18/06/2015). Hemos probado Oculus Rift, el rey de la realidad virtual en el E3, hasta aquí han llegado. Xataka. <http://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/hemos-probado-la-version-final-de-oculus-rift-la-madurez-de-la-realidad-virtual>

[19]Unity (software). Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(software))

[20]Rodríguez, David. (16/08/2013). Unity 3D, El motor Indie. Des Ex Machina. <http://deusexmachina.es/unity-3d-el-motor-indie/>

[21]Documentación y Manual de Unity. Unity 3D.<http://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

[22]Tutorial de scripts de Unity. <http://unityscripts.blogspot.com.es/>

[23]Página principal de GlovePie. <http://glovepie.org/>

[24]Mairena, Javier. (09/03/2011). Balance Board como un gran pulsador y controlador de ratón. <http://www.videojuegosaccesibles.es/2011/03/balance-board-como-gran-pulsador-y.html>

## 9. ANEXOS

En este capítulo se crearán un par de guías o manuales para saber cómo se debe iniciar la aplicación y cómo se debe interactuar con ella. Además se incluirá el conjunto de encuestas rellenas por los usuarios que han evaluado el prototipo. Finalmente se incluirá una galería con algunas imágenes de la aplicación que no se han mostrado hasta ese punto.

### 9.1. MANUAL DE INSTALACIÓN

En primer lugar se debe descomprimir el fichero “SnowUC3M.zip”. Este *zip* contiene:

- Una carpeta, llamada “SnowUC3M\_Data”, que contiene todos los elementos necesarios para ejecutar la aplicación.
- Los ejecutables de la aplicación, SnowUC3M.exe y directtoRift.exe.
- Una carpeta, llamada **GlovePie** que contiene el programa interprete de la **Wii Balance Board**.
- Un acceso directo a la aplicación **GlovePie**.
- Un script, llamado “traductor\_pesos\_movimiento.PIE”, que servirá para interpretar las señales de la **Wii Balance Board**.
- Un manual de instalación en formato PDF.
- Un manual de usuario en formato PDF.

Tras esto hay que asegurarse de que está instalado el *Runtime* de **Oculus Rift** y reconoce las gafas.

Se debe disponer de un sensor Bluetooth instalado en el equipo.

### 9.2. MANUAL DE USUARIO

- Lo primero que hay que hacer es conectar la **Wii Balance Board** con el ordenador, para ello hay que ir a configuración de dispositivos Bluetooth a través del icono:

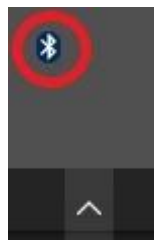


Ilustración 36: Icono de sensor Bluetooth

Tras esto se debe levantar la tapa que cubre las pilas de la **Wii Balance Board** y pulsar el botón rojo en el que pone SYNC. (Se debe tener el sensor Bluetooth activado).

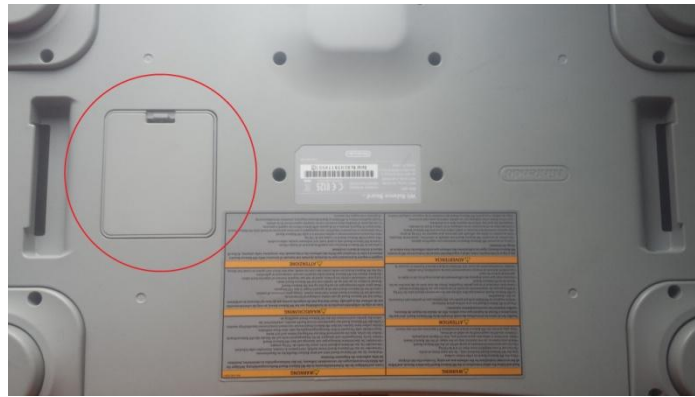


Ilustración 37: Ubicación de las pilas en Wii balance Board



Ilustración 38: Ubicación del botón SYNC

El sensor Bluetooth detectará la **Wii Balance Board** y habrá que pulsar el botón en Listo para emparejar y después en Emparejar, y cuando pida introducir código de emparejamiento habrá que ignorarlo y dar a siguiente.

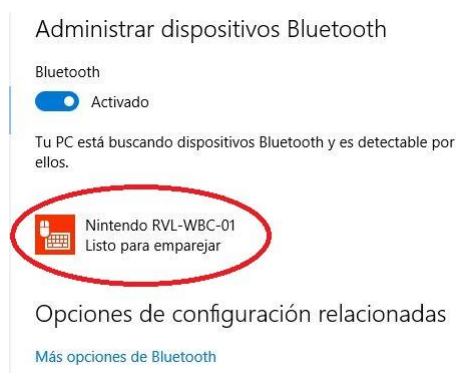
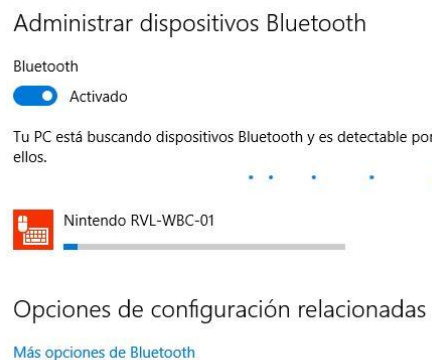


Ilustración 39: Dispositivo detectado y listo para emparejar

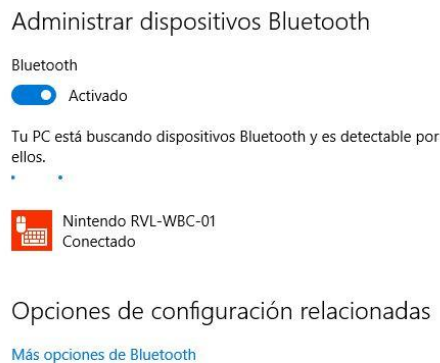


**Ilustración 40: Código de emparejamiento**

Tras esto se realizará un proceso de emparejamiento, y cuando esté finalizado estará la conexión terminada y la **Wii Balance Board** estará sincronizada con el ordenador.



**Ilustración 41: Dispositivo emparejándose**



**Ilustración 42: Dispositivo conectado**

- Una vez conectada la **Wii Balance Board**, se debe proceder a iniciar la aplicación **GlovePIE**, e insertar el script traductor mediante File/Open...



Ilustración 43: Abrir fichero en GlovePie

Se deberá seleccionar el fichero “traductor\_pesos\_movimiento.PIE” ubicado en la carpeta SnowUC3M.

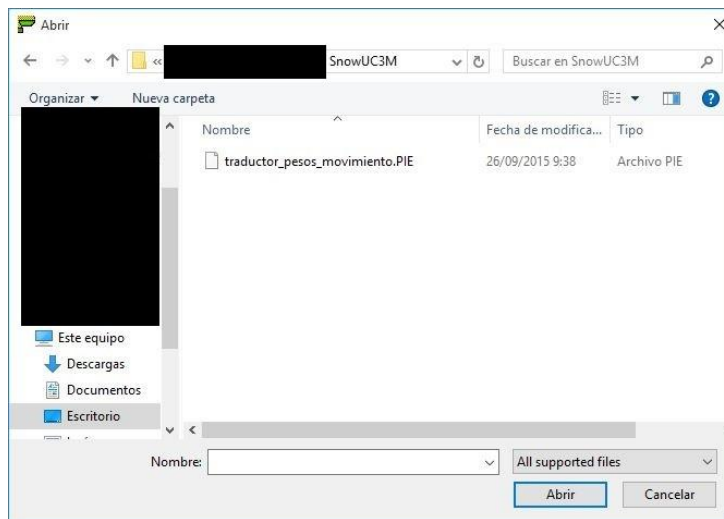


Ilustración 44: Abrir SnowUC3M/traductor\_pesos\_movimiento.PIE

Una vez abierto se debe pulsar el botón RUN.

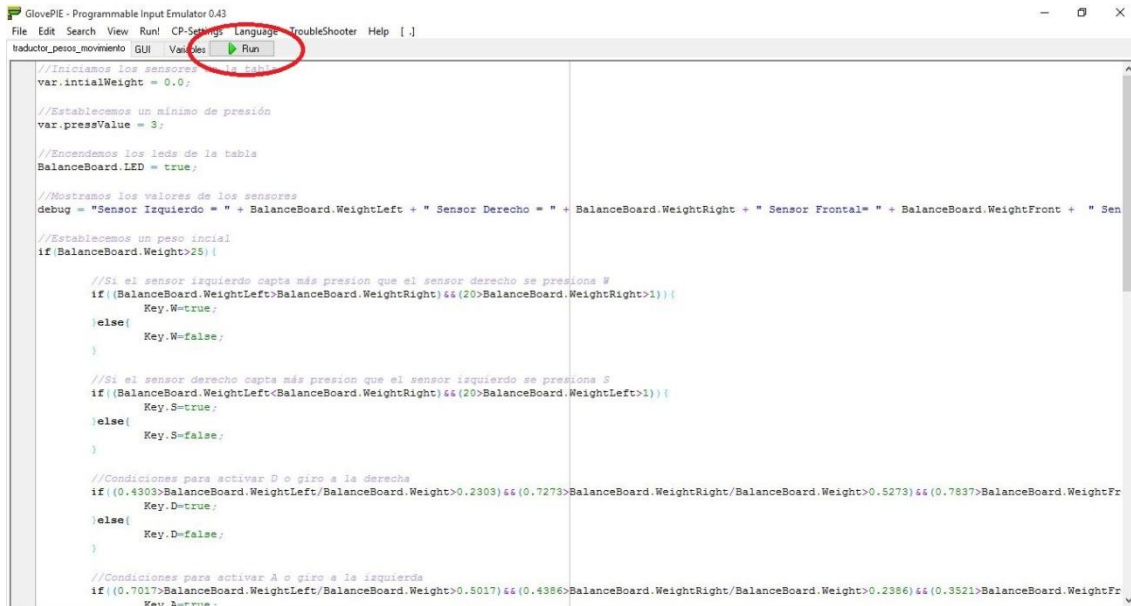


Ilustración 45: Botón Run de GlovePie

Cuando en el cuadro de texto que hay a continuación del botón STOP aparezcan los valores de los sensores y estos estén modificando sus valores con número muy bajos ya estará el script integrado y podremos iniciar nuestra aplicación.

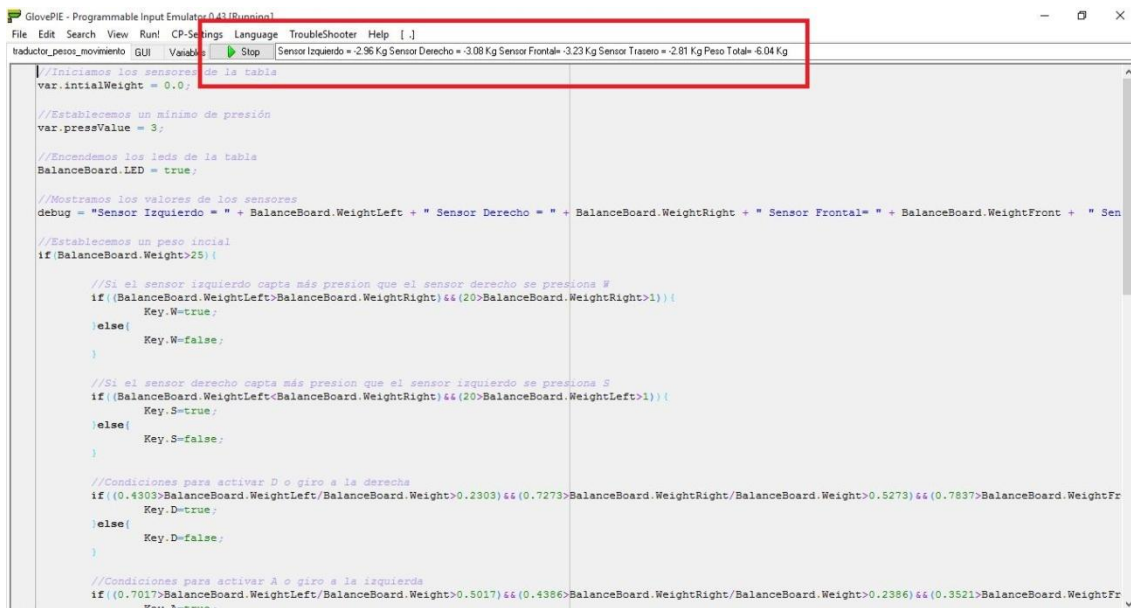


Ilustración 46: Sensores en funcionamiento

- Una vez iniciado el script se debe lanzar la aplicación SNOWUC3M y colocarse las gafas de realidad virtual.
- Se cargará un menú principal en el que habrá que clicar en el botón “Play” cargar el recorrido.
- A través del botón “esc” se puede volver al menú principal en cualquier momento.
- El usuario deberá colocarse en la tabla siguiendo este esquema:

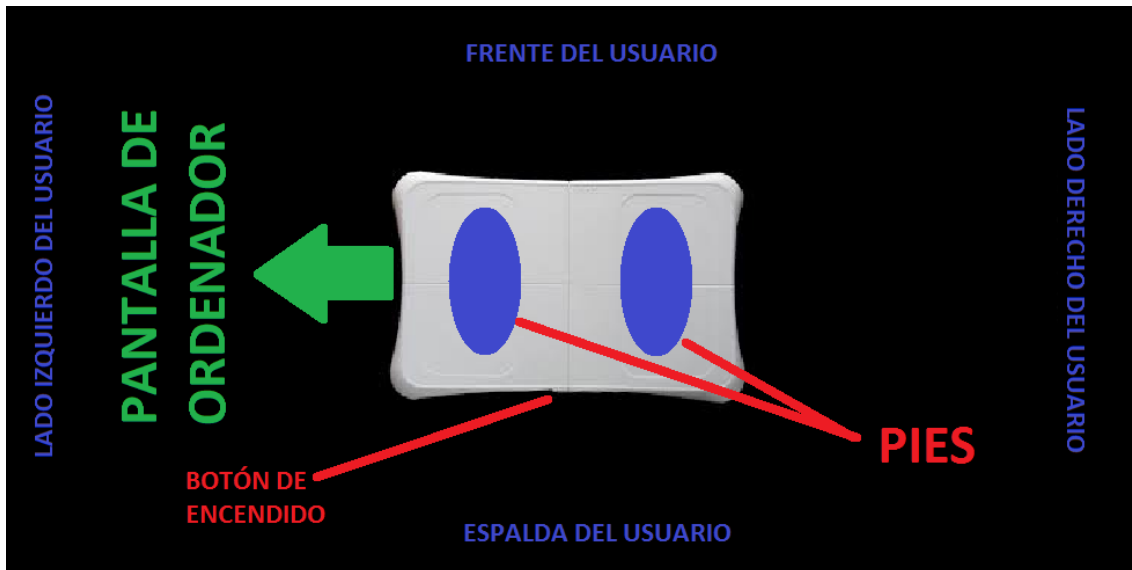



Ilustración 47: Esquema de posición en la tabla

- Para iniciar el movimiento el usuario deberá inclinarse hacia su izquierda.
- Incliniéndose a la izquierda o a la derecha el usuario podrá aumentar o reducir la aceleración.
- Para girar a la derecha el jugador deberá desplazar su peso a la esquina izquierda y trasera de la tabla sin dejar de hacer presión en la parte derecha o superior de la tabla, no deberá mover los pies con respecto a la posición inicial.
- Para girar a la izquierda el jugador deberá desplazar su peso a la esquina derecha y frontal de la tabla sin dejar de hacer presión en la parte izquierda o trasera de la tabla, no deberá mover los pies con respecto a la posición inicial.
- Cuando se llegue al final del recorrido se retornará al menú principal.
- Para salir de la aplicación se deberá pulsar el botón "Exit"

9.3. ENCUESTAS



### ENCUESTA DE SATISFACCION DEL SIMULADOR

INFORMACIÓN PERSONAL	
Edad: 27	Sexo: H
EXPERIENCIA VIRTUAL	
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.	
<input checked="" type="checkbox"/> 1-. Esquí	
<input type="checkbox"/> 2-. Snowboard	
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?	
<input type="checkbox"/> 1-.Sí	Dispositivo:
<input checked="" type="checkbox"/> 2-.No	
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?	
1-. Muy Mala 2-.Mala 3-.Normal 4-.Buena 5-.Muy buena	4
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?	
1-. Muy Malo 2-.Malo 3-.Normal 4-. Bueno 5-.Muy bueno	3
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?	
1-. Muy Bajo 2-.Bajo 3-.Normal 4-. Alto 5-.Muy alto	4
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?	
1-. Muy Fácil 2-. Fácil 3-.Normal 4-. Difícil 5-.Muy Difícil	3
CONTENIDO ADICIONAL	
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.	
2	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).
1	Flora y fauna.
3	Animaciones del personaje jugable.
1	Animaciones de la flora y la fauna.
1	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).
1	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).
4	Incluir más pistas y escenarios jugables.
4	Poder escoger distintos trajes o personaje jugables.
3	Poder escoger distintas tablas para el personaje.
3	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).
3	Hilo musical (música variable y/o personalizable).
VALORACIÓN GENERAL	
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.	
7	
Explique brevemente que le ha parecido la experiencia con la aplicación:	
- Incluir un minimapa del recorrido.	
-	

Ilustración 48: Encuesta Usuario 1



U2

## ENCUESTA DE SATISFACCION DEL SIMULADOR

INFORMACIÓN PERSONAL	
Edad: 27	Sexo: HOMBRE
EXPERIENCIA VIRTUAL	
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.	
<input type="checkbox"/> 1-. Esquí	
<input type="checkbox"/> 2-. Snowboard	
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?	
<input checked="" type="checkbox"/> 1-.Sí	Dispositivo: Google Cardboard
<input type="checkbox"/> 2-.No	
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?	
1-. Muy Mala   2-.Mala   3-.Normal   ④.Buena   5-.Muy buena	4
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?	
1-. Muy Malo   2-.Malo   3-.Normal   ④. Bueno   5-.Muy bueno	4
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?	
1-. Muy Bajo   2-.Bajo   3-.Normal   4-. Alto   ⑤-.Muy alto	5
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?	
1-. Muy Fácil   2-. Fácil   ③-.Normal   4-. Difícil   5-.Muy Difícil	3
CONTENIDO ADICIONAL	
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.	
3	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).
3	Flora y fauna.
4	Animaciones del personaje jugable.
3	Animaciones de la flora y la fauna.
5	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).
5	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).
5	Incluir más pistas y escenarios jugables.
3	Poder escoger distintos trajes o personaje jugables.
4	Poder escoger distintas tablas para el personaje.
2	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).
3	Hilo musical (música variable y/o personalizable).
VALORACIÓN GENERAL	
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.	
8	
Explique brevemente que le ha parecido la experiencia con la aplicación:	
Buena sensación de inmersión en el deporte de invierno	

Ilustración 49: Encuesta Usuario 2

U3

### ENCUESTA DE SATISFACCION DEL SIMULADOR

INFORMACIÓN PERSONAL					
Edad:	25	Sexo:	VARÓN		
EXPERIENCIA VIRTUAL					
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.					
<input type="checkbox"/>	1-. Esquí				
<input type="checkbox"/>	2-. Snowboard				
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?					
<input type="checkbox"/>	1-. Sí		Dispositivo:		
<input checked="" type="checkbox"/>	2-. No				
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?					4
1-. Muy Mala	2-. Mala	3-. Normal	4-. Buena	5-. Muy buena	
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?					4
1-. Muy Malo	2-. Malo	3-. Normal	4-. Bueno	5-. Muy bueno	
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?					3
1-. Muy Bajo	2-. Bajo	3-. Normal	4-. Alto	5-. Muy alto	
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?					3
1-. Muy Fácil	2-. Fácil	3-. Normal	4-. Difícil	5-. Muy Difícil	
CONTENIDO ADICIONAL					
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.					
2	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).				
4	Flora y fauna.				
3	Animaciones del personaje jugable.				
4	Animaciones de la flora y la fauna.				
4	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).				
2	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).				
4	Incluir más pistas y escenarios jugables.				
1	Poder escoger distintos trajes o personaje jugables.				
2	Poder escoger distintas tablas para el personaje.				
3	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).				
2	Hilo musical (música variable y/o personalizable).				
VALORACIÓN GENERAL					
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.					8
Explique brevemente que le ha parecido la experiencia con la aplicación:					
Me parece que se ha sacado mucho partido a los medios de los que se disponía. Preveo un gran éxito en el producto final.					

Ilustración 50: Encuesta Usuario 3

**ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL SIMULADOR**

INFORMACIÓN PERSONAL	
Edad:	22
Sexo:	H
EXPERIENCIA VIRTUAL	
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.	
<input checked="" type="checkbox"/>	1-. Esquí
<input type="checkbox"/>	2-. Snowboard
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?	
<input type="checkbox"/>	1-.Sí
<input checked="" type="checkbox"/>	2-.No
Dispositivo:	
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?	
1-. Muy Mala	2-.Mala
3-.Normal	4-.Buena
5-.Muy buena	
3	
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?	
1-. Muy Malo	2-.Malo
3-.Normal	4-. Bueno
5-.Muy bueno	
2	
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?	
1-. Muy Bajo	2-.Bajo
3-.Normal	4-. Alto
5-.Muy alto	
3	
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?	
1-. Muy Fácil	2-. Fácil
3-.Normal	4-. Dificil
5-.Muy Dificil	
2	
CONTENIDO ADICIONAL	
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.	
4	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).
2	Flora y fauna.
5	Animaciones del personaje jugable.
2	Animaciones de la flora y la fauna.
3	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).
2	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).
5	Incluir más pistas y escenarios jugables.
4	Poder escoger distintos trajes o personaje jugables.
1	Poder escoger distintas tablas para el personaje.
4	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).
2	Hilo musical (música variable y/o personalizable).
VALORACIÓN GENERAL	
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.	
7	
Explique brevemente que le ha parecido la experiencia con la aplicación:	
Realizar las pistas más anchas. Añadir opción de agacharse. Partículas de nieve y lluvia	

Ilustración 51: Encuesta Usuario 4

U5

## ENCUESTA DE SATISFACCION DEL SIMULADOR

INFORMACIÓN PERSONAL	
Edad:	27
Sexo:	Masculino
EXPERIENCIA VIRTUAL	
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.	
1-. Esquí	
2-. Snowboard	
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?	
1-.Sí	Dispositivo:
<input checked="" type="checkbox"/> 2-.No	
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?	
1-. Muy Mala 2-.Mala 3-.Normal 4-.Buena 5-.Muy buena	4
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?	
1-. Muy Malo 2-.Malo 3-.Normal 4-. Bueno 5-.Muy bueno	3
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?	
1-. Muy Bajo 2-.Bajo 3-.Normal 4-. Alto 5-.Muy alto	3
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?	
1-. Muy Fácil 2-. Fácil 3-.Normal 4-. Difícil 5-.Muy Difícil	2
CONTENIDO ADICIONAL	
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.	
4	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).
3	Flora y fauna.
4	Animaciones del personaje jugable.
2	Animaciones de la flora y la fauna.
3	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).
3	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).
5	Incluir más pistas y escenarios jugables.
3	Poder escoger distintos trajes o personaje jugables.
3	Poder escoger distintas tablas para el personaje.
5	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).
3	Hilo musical (música variable y/o personalizable).
VALORACIÓN GENERAL	
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.	8
Explique brevemente que le ha parecido la experiencia con la aplicación:	
Provocar caídas y movimientos en el aire.	

Ilustración 52: Encuesta Usuario 6



**ENCUESTA DE SATISFACCION DEL SIMULADOR**

INFORMACIÓN PERSONAL				
Edad:	21	Sexo:	H	
EXPERIENCIA VIRTUAL				
Marca los deportes de invierno que alguna vez has practicado.				
<input type="checkbox"/>	1-. Esquí			
<input checked="" type="checkbox"/>	2-. Snowboard			
¿Ha tenido alguna experiencia previa en Realidad Virtual? En caso afirmativo indique con que dispositivo?				
<input type="checkbox"/>	1-.Sí	Dispositivo:		
<input checked="" type="checkbox"/>	2-.No			
¿Qué le ha parecido la experiencia de Realidad Virtual con el simulador?				4
1-. Muy Mala 2-.Mala 3-.Normal 4-.Buena 5-.Muy buena				
¿Qué le ha parecido el realismo del simulador?				4
1-. Muy Malo 2-.Malo 3-.Normal 4-. Bueno 5-.Muy bueno				
¿Qué nivel de realismo en los movimientos le ha ofrecido la tabla?				4
1-. Muy Bajo 2-.Bajo 3-.Normal 4-. Alto 5-.Muy alto				
¿Qué nivel de dificultad ha experimentado con los movimientos?				5
1-. Muy Fácil 2-. Fácil 3-.Normal 4-. Difícil 5-.Muy Difícil				
CONTENIDO ADICIONAL				
¿Qué elementos desearía encontrarse en la versión final (comercial) de aplicación? Indique del 1 al 5 el nivel de prioridad que le daría a la aparición del elemento, siendo 1 Muy baja y 5 Muy alta.				
1	Elementos de escenografía (como construcciones, banderas, paneles, público...).			
1	Flora y fauna.			
5	Animaciones del personaje jugable.			
2	Animaciones de la flora y la fauna.			
1	Diversidad climatológica (que se pueda jugar con clima nevado o lluvioso).			
1	Cambios horarios (que la iluminación dependa de la hora del día y varíe durante el transcurso de la aplicación).			
5	Incluir más pistas y escenarios jugables.			
3	Poder escoger distintos trajes o personaje jugables.			
4	Poder escoger distintas tablas para el personaje.			
5	Sonidos ambientales (de la flora, fauna, condición climatológica, movimiento del jugador).			
3	Hilo musical (música variable y/o personalizable).			
VALORACIÓN GENERAL				
Valore del 1 al 10 que le ha parecido la aplicación.				9
Explique brevemente que le ha parecido la experiencia con la aplicación:				
Podría incluirse elementos como rampas y barandillas para poder saltar y girar				

Ilustración 53: Encuesta Usuario 6

9.4. GALERÍA



Ilustración 54: Menú principal



Ilustración 55: Vista en primera persona del recorrido con una cámara estática



Ilustración 56: Vista en primera persona del personaje con cámara estática



Ilustración 57: Integración del personaje en el terreno



Ilustración 58: Integración de un árbol en el terreno



Ilustración 59: Vista aérea del recorrido del recorrido final desde el inicio.



Ilustración 60: Vista aérea del recorrido final desde el final