



TELECOMUNICACIÓN

Campus Sur
POLITÉCNICA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

PROYECTO FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño e implementación del entorno de videojuego serio de rehabilitación del proyecto "Blexer"

AUTOR: Cristina Esteban González

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Sonido e Imagen

TUTOR: Martina Eckert

DEPARTAMENTO: Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

VºBº

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE: Javier Malagón

TUTOR: Martina Eckert

SECRETARIO: Enrique Rendón Angulo

Fecha de lectura: 21 de julio de 2017

Calificación:

El Secretario,

Resumen

El propósito general del proyecto “Blexer” (Blender Exergames), actualmente desarrollándose en el CITSEM (Centro de Investigación en Tecnologías del Software y Sistemas Multimedia para la Sostenibilidad) [1], es la creación de un *exergame* (*exercise game*, juego serio orientado a la realización de ejercicios físicos) mediante el uso de la cámara de captura de movimiento Kinect 360 de Microsoft en combinación con el software de animación Blender [2] y el *middleware* entre ambos, creado en el contexto de un proyecto fin de grado anterior [3].

En cooperación con otros dos proyectos de fin de grado se pretende diseñar el prototipo de un videojuego de aventura 3D en el que se integren los funcionamientos de cuatro mini-juegos. Estos mini-juegos se diseñaron y probaron también en el citado proyecto fin de grado [3]. Los objetivos principales de estos tres proyectos son: la mejora de la calibración inicial para el funcionamiento de los mini-juegos para personas con movilidad reducida; su integración en una historia entretenida y motivadora; y la creación de una plataforma web para médicos y terapeutas mediante la cual se pueden configurar los diferentes ejercicios de este juego y de otros que se crearán en un futuro.

La creación del videojuego de aventura tiene como objetivo conseguir que las personas con movilidad reducida realicen sus ejercicios de rehabilitación de una forma entretenida que rompe con la monotonía. De esta manera, mientras se divierten jugando pueden completar su rehabilitación en menor tiempo.

Para ello, se utiliza, por una parte, la cámara de captura de movimiento Kinect 360. Por otra parte, se emplea el software de animación y motor de juegos Blender que permite crear el videojuego de plataformas 3D y el *middleware* que comunica dicho software con distintos dispositivos de interfaz natural (en este caso con la cámara Kinect 360). Dicho juego será controlado por el usuario a través de sus movimientos.

El objetivo de la creación de la interfaz médica es poder configurar a distancia los juegos individualmente para cada jugador y después monitorizar y analizar sus progresos clínicos. Para ello, será necesario que el juego proporcione los datos de interés sobre los movimientos realizados (exactitud, velocidad, frecuencia, etc.) y que pueda comunicarse con dicha plataforma médica.

Los objetivos concretos que se buscan en este proyecto son: el desarrollo de una historia envolvente típica para un juego de aventura y redacción de su guion; el diseño del personaje principal del juego; el diseño de la mecánica y las reglas del juego basándose en teorías de gamificación [4] (la creación de distintos niveles, retos, puntuaciones, evolución del personaje principal, contadores de tiempo, etc.); el modelado del personaje principal en diferentes estados de desarrollo; y el modelado de objetos, personajes adicionales y dos escenas en las que tienen lugar dos de los cuatro mini-juegos: “Guacamole”, que incorpora movimientos verticales con un brazo, y “Barca”, que requiere movimientos de remo.

Abstract

The general purpose of the "Blexer" project (Blender Exergames), currently being developed at CITSEM (Center for Research in Software Technologies and Multimedia Systems for Sustainability) [1], is the creation of an exergame (exercise game, serious game for physical exercises) that makes use of the Microsoft Kinect 360 motion capture camera in combination with the Blender animation software [2] and the middleware between them, created in the context of a previous final degree project [3].

In cooperation with two other final degree projects, the aim is to design the prototype of a 3D adventure videogame in which four mini-games are integrated. These mini-games were also designed and tested in the above mentioned final degree project [3]. The main objectives of these three projects are: the improvement of the initial calibration of the mini-games for people with reduced mobility; their integration into an entertaining and motivating complete game with a compelling story; and the creation of a web platform for doctors and therapists, that allows them to configure the different exercises of this game and those to be added in the future.

The creation of the adventure videogame aims at animating people with reduced mobility to perform their rehabilitation exercises in an entertaining way, avoiding the usual monotony. In this way, while having fun with playing, they can complete their rehabilitation in less time.

As a solution, on the one hand, the Kinect 360 motion capture camera is used. On the other hand, the Blender animation software and game engine is employed, which allows to create the 3D videogame together with a middleware that transmits data from different devices (in this case the Kinect 360 camera) to the game. The game will be controlled by the user's movements.

The goal of creating a medical interface is to provide the possibility to configure the games remotely and individually for each player and then to monitor and analyze their clinical progress. To do this, it will be necessary that the game obtains the data of interest, e.g. accuracy, speed, frequency, etc., and communicates it to the medical platform.

The specific objectives of this project are: the development of a surrounding story, typical for an adventure game; the writing of the script; the design of the main character of the game; the design of game mechanics and rules based on gamification theories [4] (creation of different levels, challenges, scores, evolution of the main character, timers, etc.); the modelling of the main character in different stages of development; and the modelling of objects, additional characters and two scenes in which two of the four mini-games take place: "Guacamole", which incorporates vertical movements with one arm, and "Barca", which requires rowing movements.

Índice de contenidos

1	Introducción y objetivos	7
2	Marco tecnológico y antecedentes	9
2.1	Sistemas equiparables comerciales e investigados	9
2.2	Trabajo previo en el que se basa el proyecto.....	11
3	Descripción de la solución propuesta.....	19
3.1	Integración de cuatro mini-juegos en una historia.....	19
3.2	Diseño, modelado y animación	26
3.2.1	Diseño y modelado del escenario del juego	26
3.2.2	Diseño, modelado y animación del personaje	33
3.3	Creación y adaptación de los mini-juegos	42
3.3.1	Mini-juego “Talar”	42
3.3.2	Mini-juego “Remar”	46
4	Análisis de los resultados obtenidos.....	51
4.1	Evaluación por una experta en fisioterapia	51
4.2	Pruebas con personas con movilidad completa	52
5	Conclusiones	53
6	Trabajo futuro	55
7	Presupuesto	57
8	Referencias	59
	Anexo 1	61
	Anexo 2	69

1 Introducción y objetivos

El objetivo del proyecto “Blexer” es crear un conjunto de videojuegos serios para la realización de ejercicios físicos orientados a la rehabilitación de personas con movilidad reducida. Se pretende conseguir que estos videojuegos se adapten a distintas discapacidades que requieren una rehabilitación diferente. Para ello, se diseña una configuración inicial en la que se registra el alcance de los movimientos del paciente a fin de establecer qué actividades realizará y cuáles serán los parámetros más convenientes.

La intención es que el usuario pueda realizar sus ejercicios de rehabilitación sin necesidad de tener que desplazarse a un centro especializado, de manera que de una forma lúdica lleve a cabo las actividades que su médico o terapeuta le haya asignado.

Para definir los parámetros de los ejercicios, el terapeuta tendrá acceso a una plataforma web en la que estarán registrados los perfiles de sus pacientes y donde podrá realizar un seguimiento de sus progresos y establecer consecuentemente las actividades y su dificultad. Esta plataforma médica está siendo desarrollada en paralelo al presente proyecto por la alumna de fin de grado Mónica Jiménez.

El proyecto “Blexer” lo inició Ignacio Gómez-Martinho [3], quien en 2015 creó un *middleware* que comunica la cámara de captura de movimiento Microsoft Kinect (dispositivo compatible con la consola Xbox 360) con el software libre de animación Blender [2].

Con la ayuda de otros alumnos (Pablo Parra [5] y Yadira Peláez [6]) en prácticas en el CITSEM [4] se realizaron cuatro mini-juegos básicos que implementan distintos ejercicios corporales e incorporan la amplificación de movimientos débiles.

En este proyecto, con la colaboración de las alumnas de fin de grado Yadira Peláez y Mónica Jiménez, se pretende crear el primer prototipo de un juego completo que integrará los cuatro mini-juegos existentes en una historia. Se ha optado por un videojuego de aventuras de tipo plataformas 3D que intrigue al usuario y le anime a seguir jugando, solucionando tareas mediante ejercicios de rehabilitación, sin darse cuenta.

Los objetivos del presente trabajo, comunes a los proyectos de Yadira Peláez y Mónica Jiménez, son los siguientes:

- Crear una historia de aventura atractiva.
- Diseñar y modelar tanto el entorno en el que se desarrolla el juego como los distintos objetos y herramientas, además del personaje principal al que dará vida el usuario.
- Integrar los cuatro mini-juegos realizados en cursos anteriores y se adaptan el ejercicio físico desarrollado en ellos al nuevo contexto creado.
- Crear la plataforma web que permitirá al terapeuta configurar los ejercicios a distancia.

El presente proyecto fin de grado persigue los siguientes objetivos:

- Desarrollar una historia envolvente típica para un juego de aventura y redactar su guion.

- Diseñar y modelar el personaje principal del juego en distintos estados de desarrollo.
- Diseñar y modelar parte del escenario, objetos y personajes adicionales.¹
- Integrar y transformar las funcionalidades de dos mini-juegos existentes.
- Diseñar la mecánica y las reglas del juego basándose en teorías de gamificación.
- Crear distintos niveles, retos, puntuaciones, evolución del personaje principal, contadores de tiempo, etc.

¹Parte del modelado del escenario se realizó el semestre anterior durante una práctica externa [7] en el CITSEM en el Grupo de Aplicaciones Multimedia y Acústica (GAMMA) [1].

2 Marco tecnológico y antecedentes

2.1 Sistemas equiparables comerciales e investigados

Hoy en día existe una gran cantidad de videojuegos serios orientados a la rehabilitación física tanto por una lesión como por el tratamiento de padecimientos como por enfermedades osteoarticulares, trastornos musculoesqueléticos, parálisis cerebral, ataxias, paraplejias, etc. Muchos de estos videojuegos utilizan la cámara Microsoft Kinect para la captura del movimiento del jugador. Algunos ejemplos de estos juegos serios existentes son:

- MIRA – Rehab Limited [8]: Esta plataforma de software se formó en 2012, en Londres (UK). El objetivo de este programa es convertir los ejercicios de fisioterapia en un videojuego para que el proceso de rehabilitación sea divertido y conveniente para pacientes que se están recuperando de una lesión o cirugía.

Al igual que en nuestro proyecto “Blexer”, estos juegos registran parámetros importantes como la velocidad con la que el paciente ha realizado un movimiento mediante el dispositivo de captura de movimiento Microsoft Kinect 2.0. Además, el médico puede acceder a estos datos para evaluar el progreso del usuario y configurarlos en consecuencia. Hasta el momento MIRA Rehab Limited se ha aplicado a casos de síndrome de Down, trastornos musculoesqueléticos, ataxia, parálisis cerebral y hemiparesia, además de personas que necesitan fisioterapia tras una operación y personas de avanzada edad para mantener su movilidad y prevenir caídas y lesiones.

- TELEKIN – Sistema de telerehabilitación para discapacidades motoras y cognitivas [9]: Este proyecto lo ha desarrollado el Grupo de Telemática e Imagen (GTI) de la E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de Valladolid. El objetivo de este sistema es similar al de nuestro proyecto “Blexer”; pretende estimular a los pacientes a realizar la terapia y que ésta sea la indicada para sus patologías.

Está formado por cuatro módulos: el Módulo Web del Administrador, interfaz web donde se configura todo el sistema, se gestionan los usuarios del centro médico, se asignan pacientes a un médico y se modifican las terapias de un paciente; el Módulo del Terapeuta, orientado a que el terapeuta pueda crear sesiones a los pacientes que tiene asignados, observar sus progresos y configurar los parámetros de los juegos; el Módulo de Familiares, que permite que los familiares del paciente puedan observar su evolución en las distintas sesiones de rehabilitación; y el Módulo de Juego, al que accede el paciente y en el que se encuentran las distintas actividades de rehabilitación que se le han asignado y que están desarrolladas en un entorno 3D. Además, hay actividades de rehabilitación que hacen uso del dispositivo Microsoft Kinect 2.0 para capturar el movimiento del cuerpo entero y otras que utilizan Leap Motion para capturar el movimiento de las manos.

- La Isla EPIKa – Juego serio de Realidad Virtual para Rehabilitación de Ictus [10]: Proyecto desarrollado por el Grupo de Telemática e Imagen (GTI) de la E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de Valladolid junto con la participación de la fundación ASPAYM (Asociación Regional de Parapléjicos y Grandes Minusválidos) de Castilla y León. El objetivo de este sistema es complementar la rehabilitación de pacientes con

limitaciones motoras y/o cognitivas a causa de un accidente cerebrovascular de forma motivadora para el paciente y permitiendo que el terapeuta pueda controlar fácilmente la correcta ejecución de los movimientos.

Permite la adaptación a las distintas limitaciones de los pacientes mediante una calibración de sus alcances motores, determina una serie de parámetros de dificultad, diferencia entre sedestación y bipedestación, y ofrece un modo de juego guiado para pacientes con hemiplejias, ataxias o paraplejias muy severas. Al igual que el anterior sistema, emplea el dispositivo Microsoft Kinect 2.0 y posee una aplicación web orientada a que el terapeuta pueda configurar los juegos que debe realizar cada paciente y una aplicación de usuario donde éste realizará las actividades que se le han asignado. Han desarrollado distintos mini-juegos dentro del mismo contexto, y cada uno de ellos se centra en un tipo de rehabilitación, ya sea de las extremidades superiores, inferiores o del equilibrio, mediante inclinaciones laterales del tronco.

- EPIK (Estimulación para Promover la Independencia mediante Kinect) [11]: Este proyecto también ha sido desarrollado por el Grupo de Telemática e Imagen (GTI) de la E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de Valladolid junto con la participación de la fundación ASPAYM de Castilla y León y el CIDIF (Centro de Investigación en Discapacidad Física) de la misma fundación.

El objetivo de este proyecto es el entrenamiento del equilibrio de personas que han sufrido un accidente cerebrovascular, y al igual que en los proyectos anteriores, se utiliza la cámara de captura de movimientos Microsoft Kinect 2.0. El sistema EPIK está formado por varios módulos: módulo de perfil, que contiene la información básica del usuario; módulo de administrador, permite crear una base de datos con ejercicios y clasificarlos en niveles; módulo de evaluación, permite evaluar el rango de movimiento de las articulaciones del usuario; módulo de terapeuta, permite diseñar sesiones de juego específicas para cada paciente; módulo de resultados, muestra un análisis de la evolución del paciente; y el módulo de juego, donde el paciente realizará sus ejercicios mediante la repetición de posturas imitando las de la silueta del juego².

A diferencia de estos proyectos, “Blexer” tiene como principal objetivo crear un videojuego de aventura con la historia de un personaje, al que dará vida el usuario y con el que evolucionará al mismo tiempo que realiza sus ejercicios de rehabilitación. No se van a crear mini-juegos independientes y sin un objetivo común, ya que se busca que el videojuego integre los ejercicios en una historia que va desarrollándose.

Además, se pretende crear un videojuego cuyos ejercicios físicos puedan adaptarse a distintas discapacidades que requieren una rehabilitación diferente. Esto se conseguiría a través de una plataforma web médica en la cual el médico o fisioterapeuta puede asignar a sus pacientes los ejercicios más adecuados con la correspondiente configuración de los parámetros del juego.

Los juegos incorporan una herramienta que permite que personas con debilidad muscular tengan la misma experiencia que personas sanas mediante la amplificación de sus

²<http://gti.tel.uva.es/juegos-serios-para-rehabilitacion-fisica-yo-cognitiva/epik-estimulacion-para-promover-la-independencia-mediante-kinect/> [11]

movimientos. De este modo, el avatar del videojuego no solo copia los movimientos del jugador, sino que los reproduce amplificados.

Antes de comenzar a jugar, se calibran los amplificadores al rango de movimiento del jugador. De esta forma, los movimientos del personaje siempre serán igual de amplios sea cual sea el alcance de cada paciente. Para ello, se hace un reconocimiento de la amplitud de movimiento del jugador y se ajustan los valores de amplificación a través de un programa de calibración creado en Blender.

2.2 Trabajo previo en el que se basa el proyecto

A continuación, se resume el trabajo realizado durante los años anteriores en el proyecto “Blexer”, ya que constituye la base del presente proyecto.

El proyecto “Blexer” comenzó con la creación de un *middleware* (programa que actúa como intermediario) capaz de comunicarla cámara de captura de movimiento Microsoft Kinect 360 con el software libre de animación Blender.

El sensor Microsoft Kinect 360 permite reconocer la posición y la orientación en el espacio de hasta veinte puntos (o articulaciones) del cuerpo humano. Con esta información es posible reconstruir en un entorno 3D –como el software de animación y motor de juegos usado: Blender– una simulación esquematizada del esqueleto del jugador que imitará todos sus movimientos en tiempo real.

Para que la herramienta donde se desarrolla el videojuego (Blender Game Engine, BGE) pueda acceder a esta información recogida por la cámara de control de movimiento (Microsoft Kinect 360) se creó un código instalable en Blender (*add-on*) que recibe los datos de posición captados por el sensor y los integra en el sistema de control. Estos datos de posición los recibe del *middleware*, que es la clase KinectWindow, heredera del objeto gráfico tabPage (que representa una pestaña).

Este programa intermediario está codificado en lenguaje C#, ya que es el lenguaje de programación compatible con el kit de desarrollo oficial de Kinect. Dicho *middleware* es el encargado de guardar y actualizar la información sobre la posición del jugador, y de transmitir esos datos al videojuego creado en BGE.

De esta forma, en Blender se interpretan periódicamente los datos recibidos –que corresponden a los movimientos realizados por el jugador– mediante unos scripts codificados en lenguaje Python y se implementa un control de movimiento mediante el *add-on* instalado.

Para facilitar al usuario el uso de este programa intermediario, se decidió que este *middleware* operara como un módulo de un programa principal: “Chiro”. Chiro es básicamente una interfaz gráfica consistente en una ventana a la que se le van añadiendo distintas pestañas. Cada pestaña contiene el código y los controles de la comunicación entre Blender y un sensor.

Hasta el momento se han desarrollado programas intermediarios para *smartphones*, cascos de realidad virtual y la cámara Microsoft Kinect 360, que es el que se usa en este proyecto. Aparte, se crearon las herramientas necesarias para desarrollar otros similares en el futuro.

En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques que ilustra el funcionamiento de la comunicación entre los distintos dispositivos de interfaz natural y Blender.

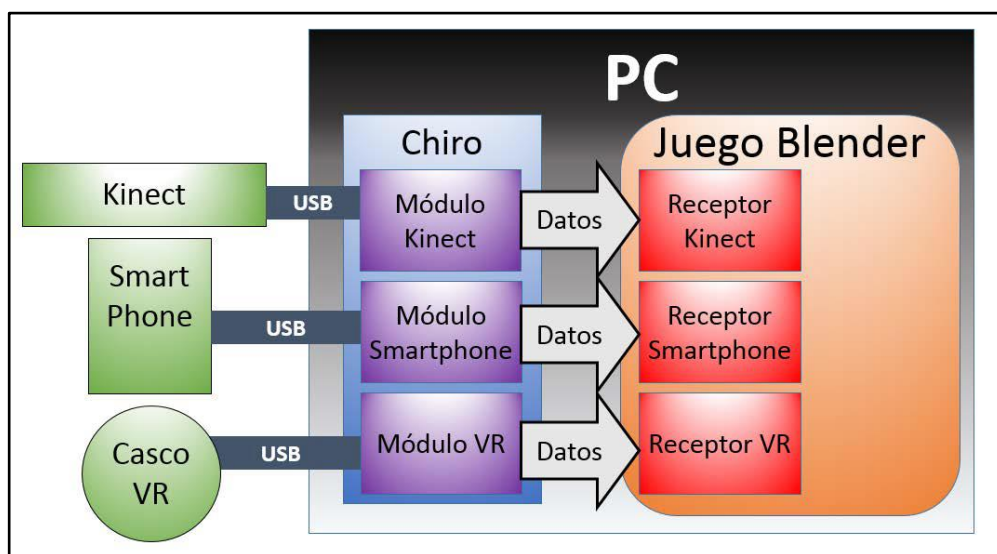


Figura 1: Diagrama de bloques de la comunicación entre dispositivos de interfaz natural y Blender

Con respecto al *add-on* mencionado, al instalarse en el propio Blender se incorporan nuevas funcionalidades de forma permanente y se modifica su interfaz gráfica para dar acceso al usuario a estas nuevas funciones. En la figura 2 se muestra una captura de la interfaz de Kinect creada en Blender por el *add-on*.

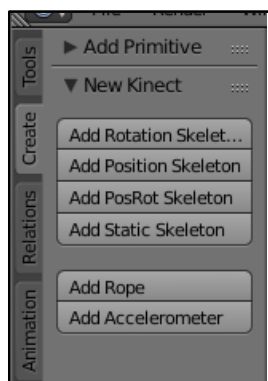


Figura 2: Interfaz de Kinect creada por el *add-on*

Los cuatro primeros botones que aparecen en la interfaz sirven para crear en Blender las distintas variantes del objeto receptor “esqueleto Kinect”. Los otros dos botones dan la opción de crear los objetos auxiliares “cuerda” y “acelerómetro”, cuyas funciones en los mini-juegos se explicarán más adelante.

La principal función del *add-on* es crear un objeto “armadura” en Blender que reciba e interprete los datos que envía el *middleware*. Para ello, la forma del objeto “armadura” tiene que coincidir con la del esqueleto básico detectado por el sensor Microsoft Kinect 360. En la figura 3 se muestra el aspecto del esqueleto Kinect de tipo “rotación”.

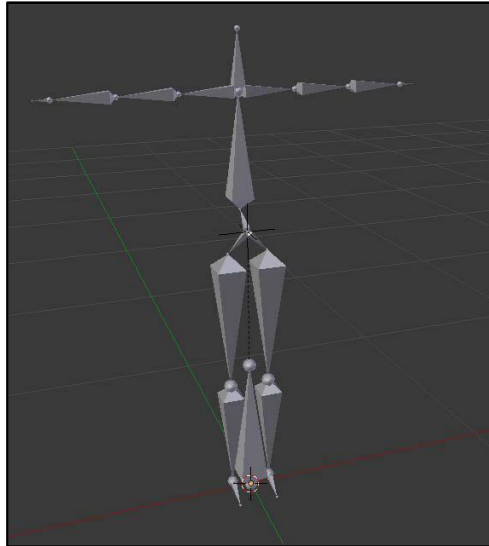


Figura 3: Esqueleto Kinect de tipo “rotación”

Al añadir este esqueleto receptor, la interfaz de Kinect varía, ofreciendo solo la posibilidad de crear otro receptor del mismo tipo al ya existente. También aparece la opción de guardar una animación, de añadir un amplificador a una articulación determinada y de editar las propiedades MiddlePort y BlenderPort. En la figura 4 se puede observar los cambios ocurridos en la interfaz de Kinect al crear un esqueleto Kinect.



Figura 4: Interfaz de Kinect con un receptor ya añadido a la escena

A continuación, se explica brevemente la función de los objetos auxiliares:

- **Cuerda:** Este objeto auxiliar mide distancias y está formado por dos pequeñas pirámides que conforman los extremos de una cuerda ficticia. A la pirámide de un extremo se le asigna una propiedad; por ejemplo, una de tipo booleana con el nombre “arriba”, y la del otro extremo tendrá, por ejemplo, una propiedad booleana llamada “cerca” y hará la función de detector: si se encuentra lo suficientemente cerca –una distancia configurable– de la pirámide con la propiedad “arriba” cambiará el valor de su propiedad “cerca” a True y actuará en consecuencia.
- **Acelerómetro:** Este objeto auxiliar consiste en un pequeño cubo que mide la velocidad a la que se mueve. Esto se ha conseguido dando al cubo una propiedad de tipo

booleana llamada “Work” que, al ponerse su valor a True, ejecuta periódicamente a 30 fps un script de Python. Este script accede a una función de la API de Blender que obtiene la velocidad a la que se mueve el objeto y a partir de la cual puede obtenerse su aceleración. Los valores obtenidos se guardan en las distintas propiedades del acelerómetro y se usan de la forma más conveniente en el contexto en el que se utilicen.

- Amplificador: Este objeto auxiliar solo se puede emplear en los esqueletos de tipo “estático”. Su función es detectar si el movimiento del hueso del esqueleto Kinect, en el que está situado el amplificador, es lo suficientemente amplio como para que el juego lo reconozca como comandos. Si el movimiento detectado es muy débil, se procede a ampliar dicho movimiento. Para ello, se mide la distancia que ha recorrido el hueso desde su punto de reposo y se señala el punto del espacio que equivale a ese desplazamiento multiplicado por un factor. Para que el amplificador alcance ese punto es necesario crear una cadena de huesos en la que cada hueso será hijo del anterior y copiará en su espacio local la posición local de su padre.³

Además, se parte de cuatro mini-juegos que implementan distintos ejercicios corporales. A continuación, se describe su funcionamiento:

- “Escalera”: El objetivo es conseguir que el personaje llegue hasta lo alto de una escalera de mano. Este mini-juego ejercita el movimiento vertical de los brazos, alzando alternativamente cada uno de ellos. El funcionamiento es simple: una de las manos del personaje se agarra a la escalera mientras la otra imita el movimiento realizado por el esqueleto receptor. Se utiliza el objeto auxiliar de la cuerda para detectar cuándo ha subido la mano lo suficiente, entonces se reproducirá una animación en la que el personaje sube un tramo de escalera y se liberará la otra mano con la que habrá que hacer el mismo ejercicio.

Para completar el juego hay que conseguir llegar a lo alto de la escalera. También se cronometra el tiempo empleado en subir.

- “Barca”: En este mini-juego el jugador tendrá que conseguir que el personaje avance remando hasta llegar a la meta. El ejercicio realizado por el usuario es estirar y flexionar ambos brazos hacia adelante y atrás a la vez. El personaje imita el movimiento del jugador y debe alcanzar los extremos delanteros de las dos cuerdas (una para cada brazo) y después los extremos traseros para que se active una animación que hace que la barca avance un tramo.

El objetivo del juego es recorrer una distancia determinada para llegar a la meta. Además, se cronometra el tiempo que se ha tardado en conseguirlo.

- “Guacamole”: El personaje de este juego debe golpear a los topes que salgan de los cuatro agujeros que le rodean. Para ello, empuña un martillo en su mano derecha. El ejercicio realizado por el jugador es flexionar el brazo derecho. Además, para derrotar a un topo es necesario que el martillo colisione con él y que el movimiento sea lo

³ Para profundizar en el funcionamiento de esta herramienta se aconseja la consulta del proyecto de fin de grado de Ignacio Gómez-Martinho [3].

suficientemente rápido. Para comprobar si la velocidad del martillo supera cierto valor, se ha colocado dentro de éste un acelerómetro.

Para superar el juego habrá que vencer a veintiún topos en menos de dos minutos.

- “Vuelo”: En este mini-juego el jugador controla la orientación de una especie de pájaro o avión que está en continuo movimiento. El usuario debe extender los brazos y dirigir con la inclinación de éstos y de su tronco la trayectoria del personaje para que pase a través de unos aros que hay en el escenario.

En este caso no hay ningún tipo de puntuación ni control de tiempo.

Los juegos “Escalera” y “Vuelo” serán adaptados por Yadira Peláez, y los juegos “Barca” y “Guacamole” serán adaptados por la autora del presente proyecto.

En la figura 5 se muestran capturas de pantalla de estos cuatro mini-juegos:

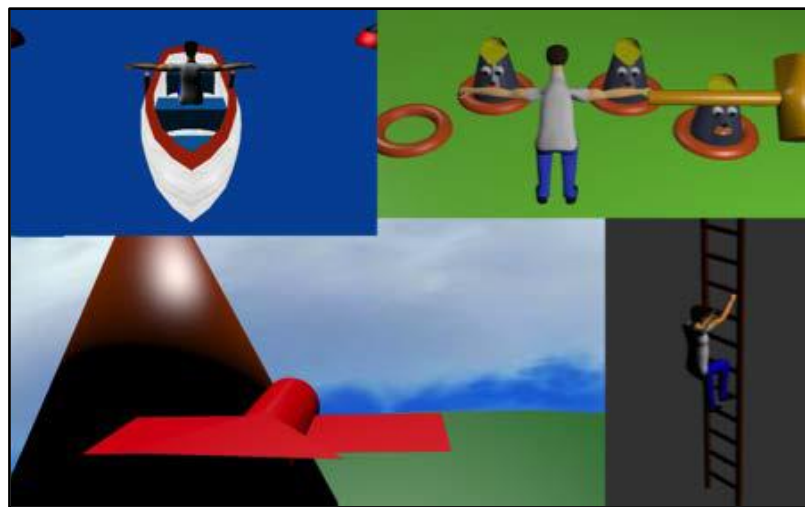


Figura 5: Los cuatro mini-juegos (desde arriba hacia abajo): “Barca”, “Guacamole”, “Vuelo” y “Escalera” [3]

En cuanto al planteamiento inicial de la narrativa del videojuego “Blexer”, se quería realizar un juego en 3D de tipo plataformas cuyo objetivo básico es avanzar a lo largo de una serie de niveles con obstáculos y personajes hostiles hasta alcanzar una meta. También habría zonas en las que el jugador tendría más libertad para explorar.

Se planteó crear un entorno de juego con siete grandes zonas habitadas tanto por personajes amigables como enemigos. El jugador tendría que guiar el personaje principal para recorrer y explorar estas zonas además de superar misiones que le darían nuevas habilidades para poder acceder a niveles superiores hasta completar la historia.

A continuación se muestra la sinopsis de la narrativa del videojuego:

“Un mundo poblado por animales inteligentes, que viven en pequeños poblados en una isla. El protagonista despierta en un lago, convertido en un diminuto renacuajo, sin recuerdos de quién es ni de cómo llegó allí. Con la ayuda de los habitantes del lugar, consigue salir del agua y desarrollar unas pequeñas extremidades. Investigando lo ocurrido, descubre que un misterioso villano está utilizando magia para robar los poderes evolutivos de todos los animales: la capacidad de salto de las ranas, la velocidad de los leopardos, el vuelo de los pájaros etc. El héroe debe emprender una aventura para rescatar a todos los animales en

apuros, conseguir nuevas habilidades con las que evolucionar y derrotar a quien esté detrás de todo.”

A continuación, en la figura 6 se puede observar el diseño que se realizó para las posibles evoluciones del personaje principal. También se hizo un boceto del posible escenario del juego, el cual se muestra en la figura 7, en la que están señaladas las siete zonas del videojuego que se han comentado antes.

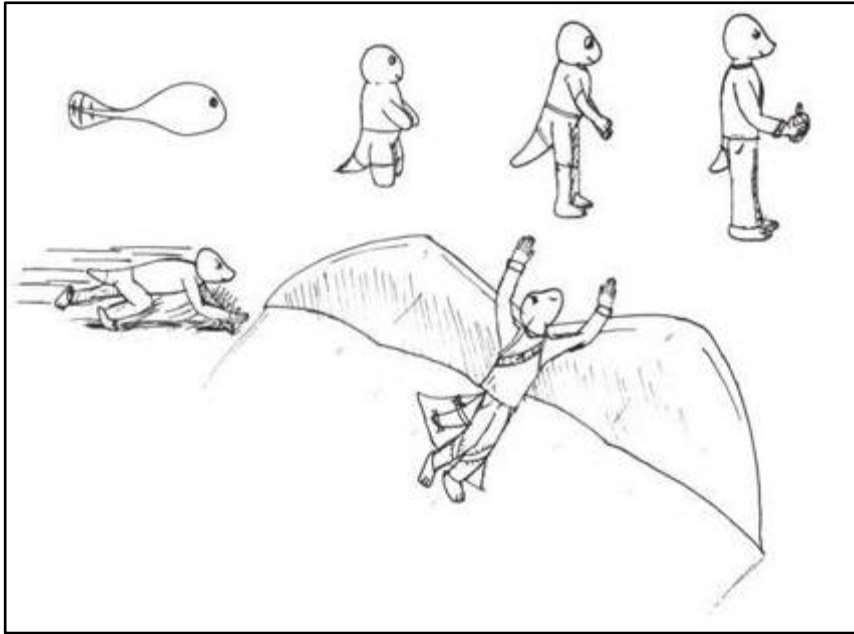


Figura 6: Boceto del personaje principal de Yadira Peláez [6]



Figura 7: Boceto del mapa del juego de Yadira Peláez [6]

Finalmente, en junio de 2016 se realizaron pruebas durante seis días en el CITSEM con los cuatro mini-juegos. Los jugadores eran tanto personas con movilidad reducida como con movilidad completa, para luego comparar resultados. Algunos voluntarios eran adultos, pero la mayoría eran niños entre 5 y 12 años. Los objetivos de estas pruebas eran evaluar el interés que los usuarios potenciales mostraban con un juego de estas características y comprobar que el control diseñado y la aplicación de los amplificadores funcionaban y se adaptaban correctamente.

Con los usuarios con movilidad completa se realizó sin problema la calibración inicial, los amplificadores se ajustaban correctamente a sus movimientos y no hubo complicaciones con los mini-juegos. En cambio, con los usuarios en sillas de ruedas, la cámara Microsoft Kinect 360 tenía problemas al detectar las extremidades del jugador: confundía los reposabrazos de la silla con las manos y las ruedas con las piernas (sobre todo en casos de niños pequeños con sillas grandes).

También hay que tener en cuenta que en la configuración de la amplitud de movimiento del usuario solo se registran los valores máximos. Por lo que durante el juego puede que no se superen algunas pruebas debido a que el jugador se canse y no pueda realizar los movimientos tan amplios y de manera repetida.

3 Descripción de la solución propuesta

Partiendo del trabajo descrito anteriormente, en este capítulo se expone la historia envolvente y el diseño del videojuego completo junto con la transformación y adaptación de los cuatro mini-juegos y las mecánicas de juego introducidas para conseguir la motivación del usuario.

También se informa del diseño y modelado tanto del entorno y los distintos objetos como del personaje principal y secundario. Asimismo, se explica cómo se crea el esqueleto del avatar y la forma en que se traspa el movimiento del esqueleto Kinect al esqueleto del personaje.

Además, se indica el procedimiento llevado a cabo para realizar la adaptación de dos de los mini-juegos al contexto creado.

3.1 Integración de cuatro mini-juegos en una historia

La razón por la que se quiere realizar un videojuego de aventura que integre los ejercicios de los mini-juegos existentes es introducir al jugador en una historia que le motive a jugar voluntariamente. Se busca crear una historia, un ambiente y un personaje que sean atractivos y que motiven al usuario a jugar sin pensar que la función principal del videojuego es conseguir su rehabilitación física.

Los cuatro mini-juegos existentes no daban al jugador una razón por la que debía completarlos. No existía un contexto que explicase el por qué de esas acciones. Sin embargo, al integrar los ejercicios de rehabilitación en un videojuego con una historia de aventura, el usuario sentirá una mayor motivación para realizar los mini-juegos. Querrá completar satisfactoriamente las actividades para ayudar al protagonista y seguir descubriendo la historia del juego.

El paciente encarnará al protagonista y permitirá que la historia avance al mismo tiempo que él avanza en su rehabilitación.

A la hora de crear la historia del videojuego no se utilizó la sinopsis elaborada por el anterior grupo de trabajo de “Blexer” porque resultaba violento que para realizar los ejercicios de rehabilitación hubiera que derrotar enemigos.

El avatar al que dará vida el paciente comienza siendo solo un huevo que viaja en una nave espacial –la cual está formada por distintos módulos– junto con su familia y otros seres de su misma raza. Cuando se aproximan a un planeta desconocido la nave pierde el control y acaban realizando un aterrizaje de emergencia que provoca que cada módulo aterrice en una región diferente. Afortunadamente, el huevo cayó en un lago y sobrevivió al accidente.

El primer mini-juego comienza al eclosionar el huevo, cuando aparece el protagonista en su primera fase de evolución: un renacuajo. El usuario tendrá que mover su tronco para dirigir al renacuajo hacia el plancton que hay en el lago. Al conseguir la cantidad necesaria, el renacuajo comienza a desarrollar extremidades y pasa a la segunda fase de su evolución: una especie de anfibio capaz de moverse por el medio terrestre (de ahí el nombre del personaje principal – Phiby– y del propio juego: “Phiby’s adventures”).

Este mini-juego se ha adaptado de “Vuelo”, pero se ha eliminado el control del movimiento del avatar con los brazos, ya que creaba mucha fatiga en los jugadores.

El anfibio, llamado Phiby, se irá dando cuenta poco a poco de que ese lugar no es al que pertenece. Existe un personaje secundario, una anciana anfibio, que le acoge en su niñez al verle desamparado. Le cuida hasta que Phiby decide salir en busca de su familia y descubrir la verdad sobre su procedencia.

A lo largo del juego, Phiby encontrará distintas pistas que le irán dando información sobre su especie y sobre la razón por la que se encuentra allí. Siguiendo estas pistas y superando distintas pruebas Phiby podrá finalmente encontrar el lugar donde se encuentra su familia y volver al planeta del que proceden.

En el anexo 1 se adjunta la historia más detallada y con descripciones de los distintos mini-juegos que se podrían desarrollar. Además, también se añaden los distintos motivadores que se activarían en cada momento.

Para el desarrollo de la historia y de los distintos mini-juegos, con sus retos y bonificaciones, se han aplicado los conocimientos adquiridos con el libro “Actionable Gamification” (2014) de Yu-kai Chou [4]. Este libro trata principalmente sobre cómo usar Octalysis –cuyo significado se explicará más adelante– para diseñar experiencias que sean divertidas, atractivas y gratificantes.

Según Yu-kai Chou, gamificación es “el arte de derivar elementos divertidos y atractivos encontrados típicamente en los juegos y aplicarlos con consideración a actividades reales o productivas”. Este libro pretende explicar cómo tener éxito en la aplicación de los principios y técnicas de gamificación a situaciones del mundo real. Ya que no por utilizar mecánicas de juego se consigue que el producto o experiencia sea divertido y atractivo. A la hora de aplicar estos elementos y mecánicas de juego es fundamental tener en cuenta el cómo, cuándo y por qué aparecen.

El principal objetivo es convertir los repetitivos ejercicios de rehabilitación en distintos retos que al ser superados permitirán que la historia avance. Al incorporar estos ejercicios de rehabilitación en un contexto de juego de aventura en el que los actos del paciente tienen consecuencias en la historia, se quiere conseguir que el usuario olvide el verdadero propósito del juego, que se rehabilite.

Con el objetivo de sistematizar y escalar los métodos de combinar la mecánica del juego con nuestros impulsos motivacionales, Yu-kai Chou creó un marco de diseño de gamificación llamado Octalysis (figura 8).

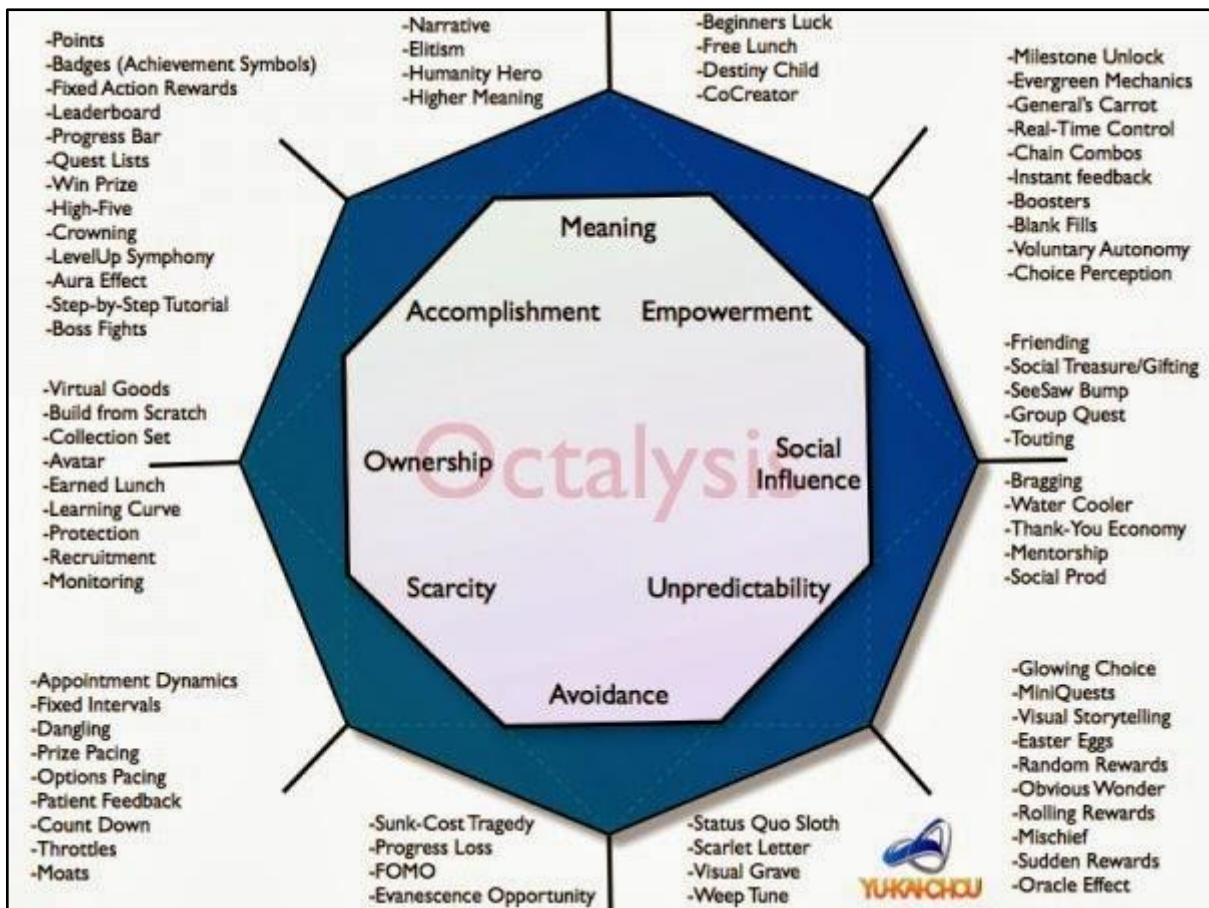


Figura 8: Marco de la Octalysis

Esta herramienta de diseño permite evaluar la fortaleza de los ocho principales factores que motivan la implicación del usuario en un determinado contexto. Estos ocho elementos impulsores de la gamificación (*Core Drives*, CD) son:

- Significado épico y sentido de llamada (*Epic Meaning & Calling*, CD 1): Este factor de motivación se activa cuando el usuario siente que ha sido elegido para hacer algo grande.
En este proyecto el principal elemento que activa este motivador es la narrativa del juego, que da al usuario un contexto sobre por qué debe jugar.
- Desarrollo y logro (*Development & Accomplishment*, CD 2): Este motivador hace que el jugador se sienta impulsado por un sentido de crecimiento y por la necesidad de alcanzar una meta específica. Orienta al usuario y le motiva al hacerle ver lo lejos que ha llegado y cuánto ha crecido.
En este videojuego este motivador se activa mediante distintos retos que el usuario debe superar para poder avanzar en la historia, subir de nivel, adquirir nuevas habilidades y permitir que el personaje evolucione.
- Potenciación de la creatividad y la retroalimentación (*Empowerment of Creativity & Feedback*, CD 3): Se expresa cuando se lleva a cabo un proceso creativo que da libertad al jugador para realizarlo de distintas formas y conseguir un resultado diferente cada vez.

En este proyecto el usuario no tiene total libertad para crear cosas personalizadas. Pero en una versión más avanzada del videojuego habrá momentos en los que el jugador pueda investigar con libertad determinadas zonas del mapa (para buscar las cajas negras). También se podría implementar en un futuro la personalización del avatar.

- Propiedad y posesión (*Ownership & Possession*, CD 4): Los usuarios se sienten motivados al ver que tienen posesión y control sobre algo y que además pueden aumentarlo o mejorarlo.

En este caso el jugador sentirá esta motivación al ver que su avatar puede evolucionar gracias a sus actos. En futuras versiones del juego también podrá sentir esta motivación en las “zonas de investigación”, cuando se le da el control de dirigir al personaje a donde quiera, o en la personalización de su avatar.

- Influencia social y relaciones (*Social Influence & Relatedness*, CD 5): Este motivador se activa cuando se dan factores como la mentoría, la aceptación social, el compañerismo e incluso la competencia y envidia.

Este motivador podría desarrollarse creando un registro de las puntuaciones obtenidas por otros jugadores en las distintas actividades. Aunque podría tener un resultado negativo.

- Escasez e impaciencia (*Scarcity & Impatience*, CD 6): En este caso la motivación del jugador surge al querer conseguir algo simplemente porque es exclusivo, raro o no se puede obtener inmediatamente.

En este videojuego este motivador se activará con el deseo del usuario de querer obtener todas las cajas negras para poder completar el puzle.

- Impredictibilidad y curiosidad (*Unpredictability & Curiosity*, CD 7): Cuando el jugador no se espera lo que ocurrirá a continuación siente la motivación de seguir jugando para descubrirlo.

En este proyecto se activa este motivador cuando el usuario ve que su avatar puede evolucionar y adquirir nuevas habilidades.

- Pérdida e impedimento (*Loss & Avoidance*, CD 8): Este motivador se activa al querer evitar que ocurra algo negativo.

En este videojuego se podría implementar que el guardado de la partida solo se hiciera si se llega a alguno de los puntos clave que se indiquen.

La posición de estos motivadores en el octógono del Octalysis, que se muestra en la figura 8, está determinada por la naturaleza de cada *Core Drive*. Yu-kai Chou clasifica estos motivadores en dos grupos: por un lado, los que se centran en la creatividad, la autoexpresión y la dinámica social se organizan en el lado derecho del octógono (*Right Brain* - motivación intrínseca). Por otro lado, aquellos que se relacionan más con la lógica, el pensamiento analítica y la posesión se encuentran en el lado izquierdo (*Left Brain* - motivación extrínseca).

Además, los *Core Drives* situados en la parte superior del octógono se consideran motivaciones muy positivas, mientras que los situados en la parte inferior se consideran más negativos. A las técnicas que usan en gran medida los motivadores superiores, Yu-kai Chou las denomina *White Hat Gamification*. Por el contrario, aquellas técnicas que emplean más los motivadores inferiores las llama *Black Hat Gamification*.

En la figura 9 se muestra una gráfica que pretende facilitar el entendimiento del Octalysis.

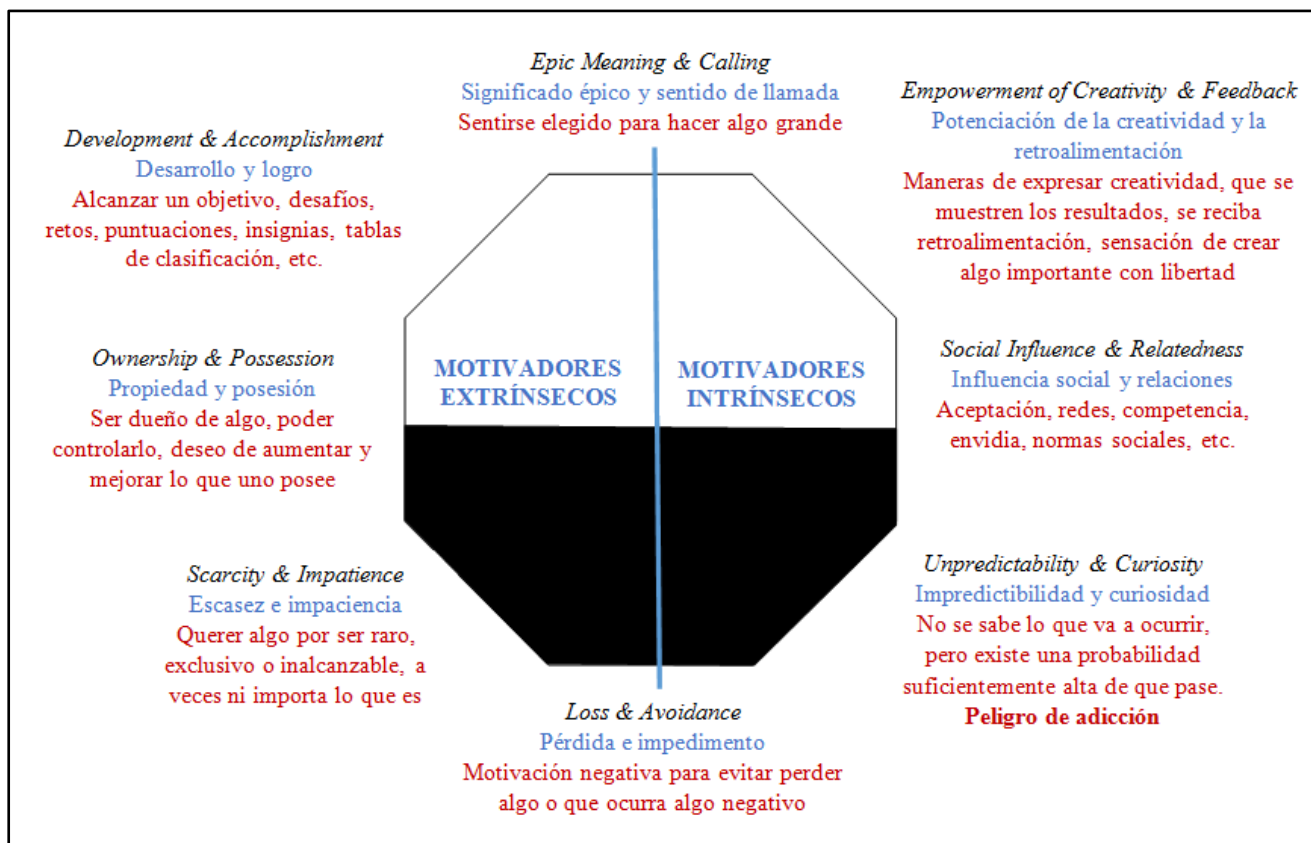


Figura 9: Explicación del gráfico Octalysis

Además, se ha realizado un gráfico del Octalysis para el videojuego que será de gran ayuda a la hora de desarrollar las distintas actividades del videojuego y su entorno.

Este gráfico se ha creado en la página web⁴ que ofrece su autor, Yu-kai Chou. El funcionamiento de esta página es sencillo e intuitivo: basta con determinar los distintos *Core Drives* –correspondientes al proyecto que se quiere analizar– y configurar la influencia de cada uno de ellos. De esta forma se obtiene el gráfico y una descripción del resultado obtenido.

En la figura 10 se muestra el Octalysis creado y a continuación se indica la configuración que se introdujo (donde los números indican la influencia de cada motivador) y el mensaje que se obtuvo:

Epic meaning and Calling: 8/10

Development and Accomplishment: 8/10

Empowerment of Creativity and Feedback: 4/10

Ownership and Possession: 4/10

Social Influence and Relatedness: 2/10

Scarcity and Impatience: 5/10

⁴El enlace para acceder a dicha página es el siguiente: <http://www.yukaichou.com/octalysis-tool/>

Curiosity and Unpredictability: 7/10

Loss and Avoidance: 3/10

Puntuación del Octalysis: 247/800

“Orgulloso de ti / buena motivación

Tu experiencia está bastante equilibrada entre los motivadores del White Hat y los motivadores del Black Hat. Estoy orgulloso de ti ;-)

Además, parece que tienes un buen equilibrio entre los Core Drives del Left Brain y los del Right Brain, lo que significa que tienes un buen equilibrio entre la motivación intrínseca y la motivación extrínseca. Solo debe ser muy cuidadoso porque la motivación extrínseca mal diseñada puede acabar con la motivación intrínseca.”⁵

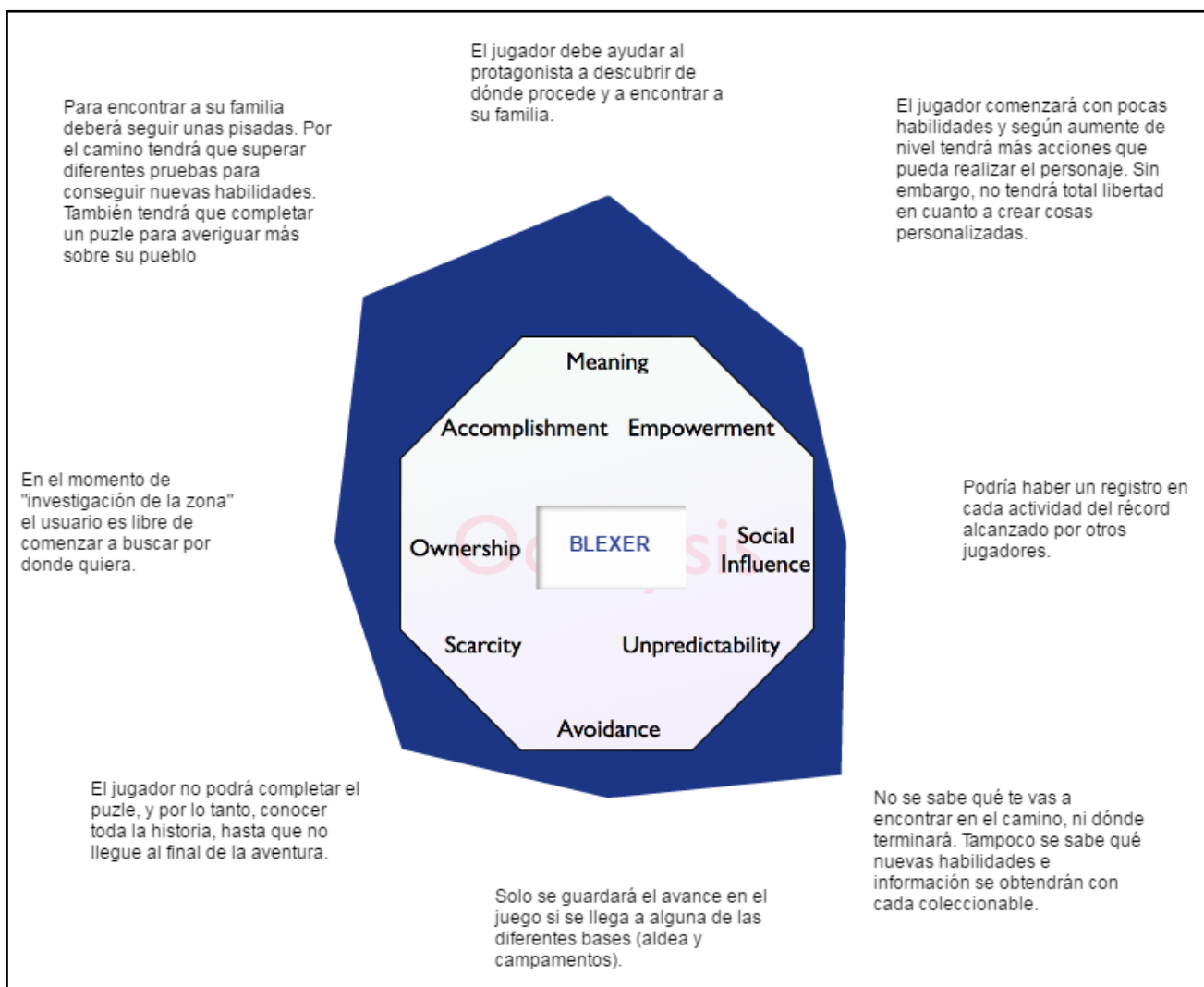


Figura 10: Gráfico Octalysis del videojuego

⁵Este texto ha sido traducido. El mensaje original es el siguiente: Proud of You / Good Motivation. Your experience is fairly balanced in both White Hat and Black Hat Core Drives. I'm proud of you ;-). Also, you seem to have a great balance between Left Brain and Right Brain Core Drives, which means you likely have a good balance between Intrinsic and Extrinsic Motivation. Just be very careful because Extrinsic Motivation designed badly can kill Intrinsic Motivation.

A lo largo del juego se activan –en mayor o menor medida– los distintos motivadores que se muestran en el Octalysis de la figura 10. En el primer mini-juego en el que el paciente tiene que dirigir al renacuajo –mediante movimientos del tronco– hacia el plancton que hay en el lago se activan los siguientes motivadores:

- CD 2 - Desarrollo y logro: el jugador tiene que conseguir que el personaje coma suficiente (una cantidad configurada por el médico).
- CD 4 - Propiedad y posesión: el crecimiento de las extremidades son como un premio ganado, el jugador se sentirá orgulloso de ellas y querrá conseguir más desarrollo corporal que le permita realizar nuevas acciones.
- CD 7 - Impredictibilidad y curiosidad: el crecimiento de las patas es una sorpresa. El jugador aprende que pueden pasar cosas inesperadas y le despierta la curiosidad, lo que le anima a seguir jugando para “ver qué más pasa con el personaje”.

Los motivadores que se activan en los dos mini-juegos que han sido adaptados de “Guacamole” y “Barca” en este proyecto (denominados “Talar” y “Remar”, respectivamente) se explican a continuación. En el mini-juego “Talar” se activan los *Core Drives* siguientes:

- CD 2 - Desarrollo y logro y CD 5 - Influencia social y relaciones: el jugador tiene que terminar de talar la cantidad de madera necesaria para contentar a la anciana.
- CD 6 - Escasez e impaciencia: el usuario quiere conseguir la madera rápido para contentar a la anciana que quiere calentar su casa, para que la anciana le traiga comida y para poder seguir su camino.
- CD 7 - Impredictibilidad y curiosidad: pueden ocurrir pequeños detalles, por ejemplo, cuando ya ha talado cierta cantidad de madera sale humo de la chimenea de la cabaña. Si lleva mucho tiempo jugando y no consigue talar muchos trozos, puede aparecer la anciana a su lado tiritando por el frío (pero sin desmotivar al jugador). La anciana podría decir, por ejemplo: “coge otro, ese es muy duro”, y se cambia el tronco por otro que sí se parte enseguida.

En el mini-juego “Remar” se activan los siguientes *Core Drives*:

- CD 2 - Desarrollo y logro: el jugador tiene que conseguir que el personaje llegue a la otra orilla del lago.
- CD 6 - Escasez e impaciencia: el jugador querrá llegar lo más rápido posible a la orilla del lago para poder descubrir qué le espera al otro lado, ¿habrá otro coleccionable?...

Un motivador esencial en el videojuego es su narrativa. El protagonista nace en un lugar desconocido al que no pertenece y el único que puede ayudarlo a descubrir su procedencia y encontrar a su familia es el jugador. El usuario sentirá que ha sido elegido para hacer algo grande y hará todo lo posible para lograrlo. De esta manera se activa el siguiente motivador: CD 1 - Significado épico y sentido de llamada.

Otro motivador muy importante en la historia del juego es la existencia de un puzle que solo podrá completar si llega al final del juego. El puzle consta de nueve piezas y se irá completando al encontrar las distintas cajas negras de cada uno de los módulos que formaban la nave. Estas cajas negras van introduciendo pequeñas historias sobre el planeta de origen de

Phiby, sus habitantes y lo ocurrido en la nave. Además, aumentan el nivel del personaje y desbloquean nuevas habilidades. De esta manera se activa el siguiente motivador: CD 6 - Escasez e impaciencia.

En el anexo 1 se indica la activación de los motivadores que tienen lugar en cada minijuego.

3.2 Diseño, modelado y animación

Para la realización del videojuego se necesita diseñar y modelar el entorno, el personaje y los distintos objetos y herramientas. El modelado se ha llevado a cabo mediante el software libre de animación 3D Blender [2].

En este proyecto se creará el escenario del bosque y el de la vivienda del personaje secundario que ayuda al protagonista al comienzo del videojuego (en el anexo 1 se introduce a este personaje: la anciana). El escenario del lago ha sido desarrollado por Yadira Peláez en paralelo a este proyecto.

A lo largo del videojuego, el personaje principal, Phiby, irá evolucionando físicamente según el paciente vaya superando distintos retos y niveles. En este proyecto se diseña la apariencia del personaje en sus distintas etapas así como la del personaje secundario.

También se ha modelado el personaje principal en su segunda etapa de desarrollo, además de los distintos objetos y herramientas para los mini-juegos.

La creación de los objetos busca ser lo más simple posible, es decir, que las figuras geométricas que los forman tengan pocas caras y vértices para permitir una mejor optimización del videojuego.

En los siguientes apartados se profundizará acerca de la creación tanto del escenario global como de los escenarios del mini-juego “Talar” y del mini-juego “Remar”, así como sobre el modelado y la creación del esqueleto del personaje principal para su posterior animación.

3.2.1 Diseño y modelado del escenario del juego

Se ha elegido como contexto de la historia un planeta desconocido para el protagonista. Los distintos escenarios serán parajes naturales, algunos serán más salvajes y otros estarán más adaptados al estilo de vida de sus habitantes.

Los posibles entornos que podrían desarrollarse para el juego se indican en el anexo 1. De ellos, el presente proyecto abarca el lago, el bosque y la casa del personaje secundario.

En primer lugar, se decidió la estética del videojuego. En un principio se pensó en escoger un estilo realista para el entorno del juego y se modeló un prototipo de árbol para la escena. Éste se muestra en la figura 11.



Figura 11: Modelado del prototipo de árbol realista

La malla que forma el árbol es bastante compleja, ya que la copa está constituida por muchos planos superpuestos y el tronco está formado por muchas caras para dar un aspecto real (ver imagen superior de la figura 12). Por eso, crear un bosque con árboles de este tipo implica un gran aumento de la carga computacional del juego, lo que es contraproducente para su adecuado funcionamiento.

Por otra parte, el personaje debe tener un estilo realista que encaje con el entorno, pero al tratarse un ser ficticio (una especie de anfibio y reptil inteligente), su diseño y modelado se complica.

Por estas dos razones se eligió un estilo similar al de un dibujo animado.

Como puede observarse en las dos imágenes de la parte inferior de la figura 12, las mallas que forman los árboles que finalmente se han utilizado son más simples que la primera opción que se planteó. Esto puede apreciarse fácilmente comparando el número de vértices, caras y aristas que forman las mallas.

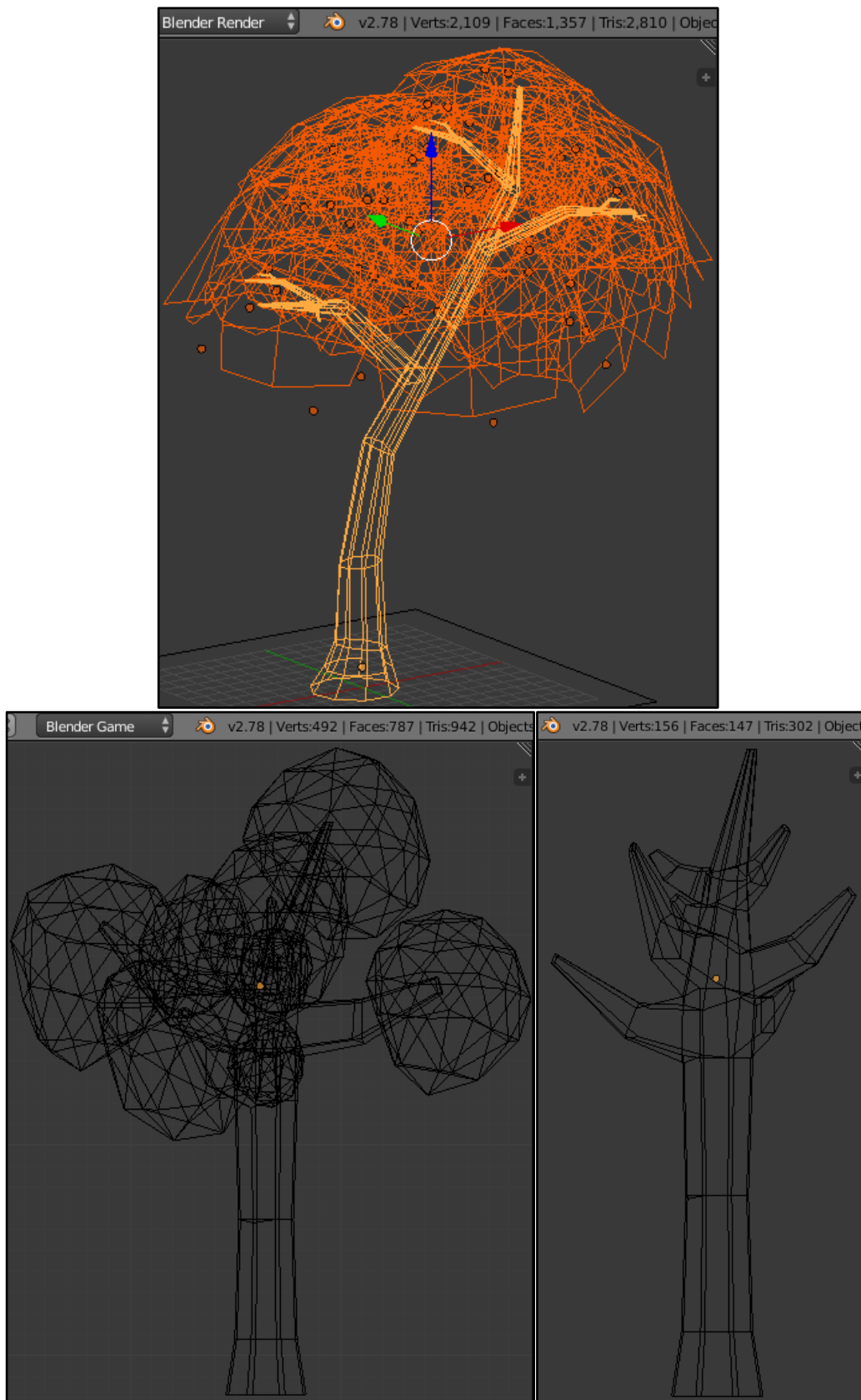


Figura 12: Malla que forma el árbol realista (imagen superior) y mallas que forman los árboles finalmente usados (imágenes inferiores)

En la figura 13 se reproduce el modelado de los distintos elementos que podrían formar parte del entorno del videojuego. Algunos de ellos se utilizan en este proyecto y otros podrían emplearse en trabajos futuros.

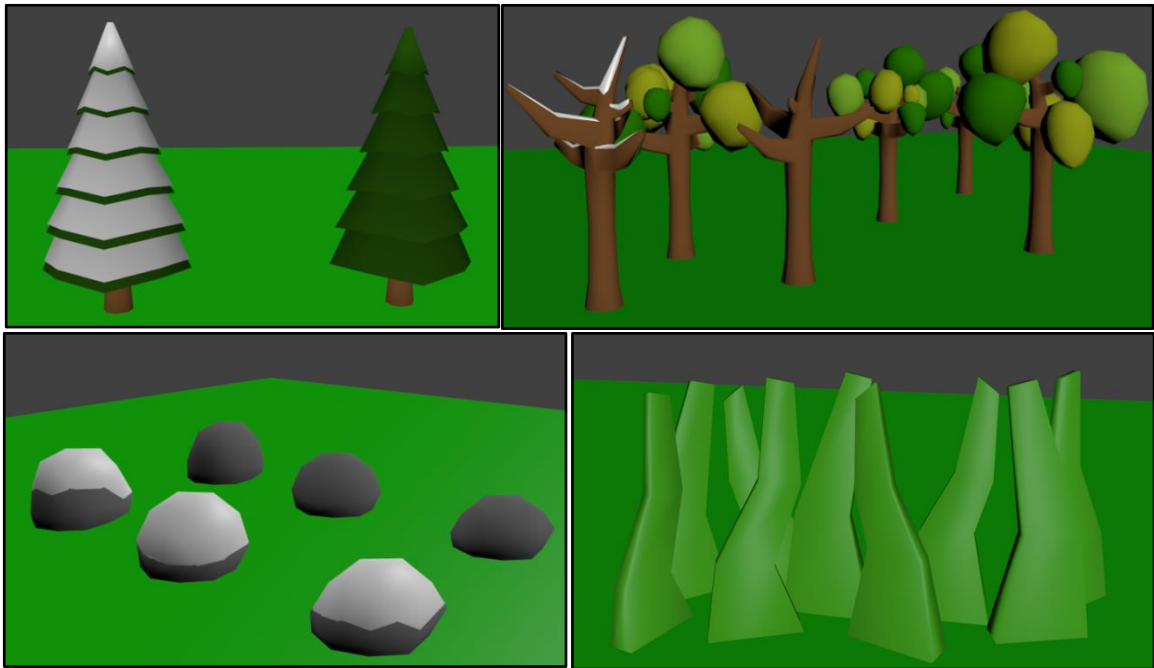


Figura 13: Elementos modelados para los escenarios del videojuego (desde arriba hacia abajo): pinos con y sin nieve; árboles con y sin hojas y con y sin nieve; piedras con y sin nieve y hierbajos

Los distintos objetos que constituyen los escenarios están modelados a partir de figuras geométricas lo más simples posibles, es decir, formadas por el menor número posible de caras. De esta forma, se contribuye a facilitar la optimización del juego.

Para dar un poco de credibilidad a los distintos objetos se utilizaron texturas para imitar la madera de los árboles, los troncos, el mango del hacha, la barca, los remos, los tablones de la casa. En un principio se crearon estas texturas utilizando el modo de Blender “Texture Paint”, pero el resultado no fue satisfactorio. Por ello se recurrió a la búsqueda de imágenes en distintas fuentes de Internet [12], [13], escogiéndose las que se recogen en la figura 14.



Figura 14: Imágenes utilizadas como texturas de los distintos objetos⁶

⁶ Las fuentes correspondientes a la primera, segunda y tercera imagen de la figura 14 son correspondientemente: <https://es.pinterest.com/pin/329818372684015852/>, <https://www.vecteezy.com/vector-art/101992-free-tree-rings-vectors> y <https://es.pinterest.com/pin/401242648036089058/> [12], [13]

Los resultados obtenidos al aplicar estas texturas a los objetos modelados se encuentran en la figura 15.



Figura 15: Resultado final de los objetos texturizados

En lo referente al escenario, surge el problema del fondo al tratarse de un entorno abierto, que requiere que haya un cielo y un horizonte para que parezca que no existen límites. En la figura 16 se muestra el escenario sin fondo para que se aprecie el problema.

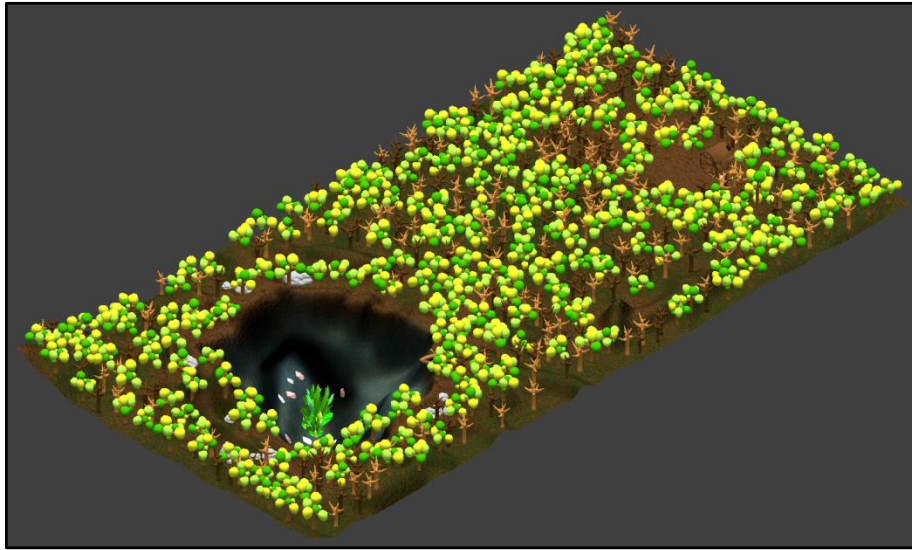


Figura 16: Escenario global sin fondo

Para solucionarlo sin tener que crear un bosque inmenso que provoque una gran carga computacional, se decidió meter el escenario en una caja cuyas paredes tuvieran una textura que imitara el cielo y la continuación del bosque.

Esta textura es una imagen que se ha creado mediante la técnica llamada *baking*⁷ de “Blender”.

Para ello hay que asignar a un objeto, en este caso la caja que contiene al escenario, un material de tipo espejo para que todo lo que esté a su alrededor se refleje en él. Después se procede a realizar el *baking*, que consiste en procesar el reflejo y guardarlo en una imagen que después la aplico como textura de la caja. En la figura 17 se muestra la imagen –que constituye el fondo del escenario– que se ha conseguido a través de esta técnica.

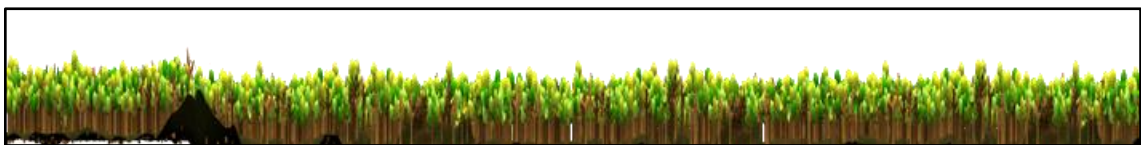


Figura 17: Imagen creada mediante la técnica *baking* para el fondo del escenario

De esta forma se ha conseguido dar la sensación de estar en un espacio ilimitado en el que el bosque continúa más allá del horizonte y disminuir la carga computacional mientras se juega.

A continuación, en la figura 18 se muestra el aspecto resultante del escenario global visto desde fuera y desde dentro, y de la caseta dentro de dicho escenario.

⁷Para aprender a aplicar esta técnica en Blender fue necesario recurrir al siguiente vídeo-tutorial del profesor Enrique Rendón Angulo: <https://www.youtube.com/watch?v=LhBPKB0iVd0&t=127s> [14]

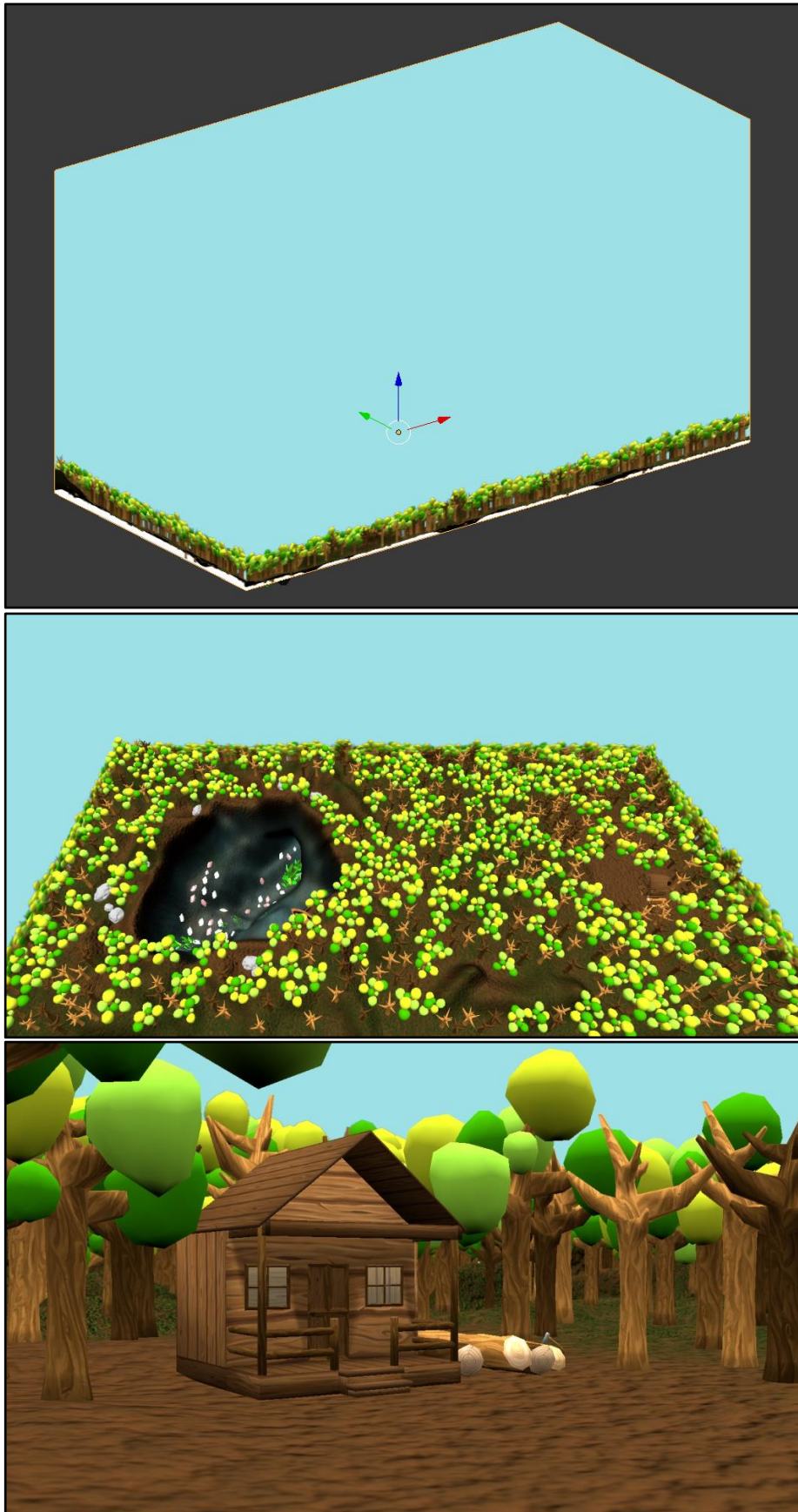


Figura 18: Escenario completo visto desde fuera (primera imagen), visto desde dentro y a falta del agua del lago (segunda imagen) y casa del personaje secundario dentro de este escenario (tercera imagen)

3.2.2 Diseño, modelado y animación del personaje

El boceto de la compañera Yadira Peláez [6] (que se muestra en la figura 6) sirvió de inspiración a la hora de diseñar el aspecto del personaje principal, Phiby.

Se decidió que el personaje principal pasaría por cuatro estados evolutivos –al superar distintos niveles– para que el usuario se sienta motivado y vea reflejados en el juego los resultados de sus ejercicios. El diseño de Phiby en sus distintas fases de evolución se muestra en la figura 19.

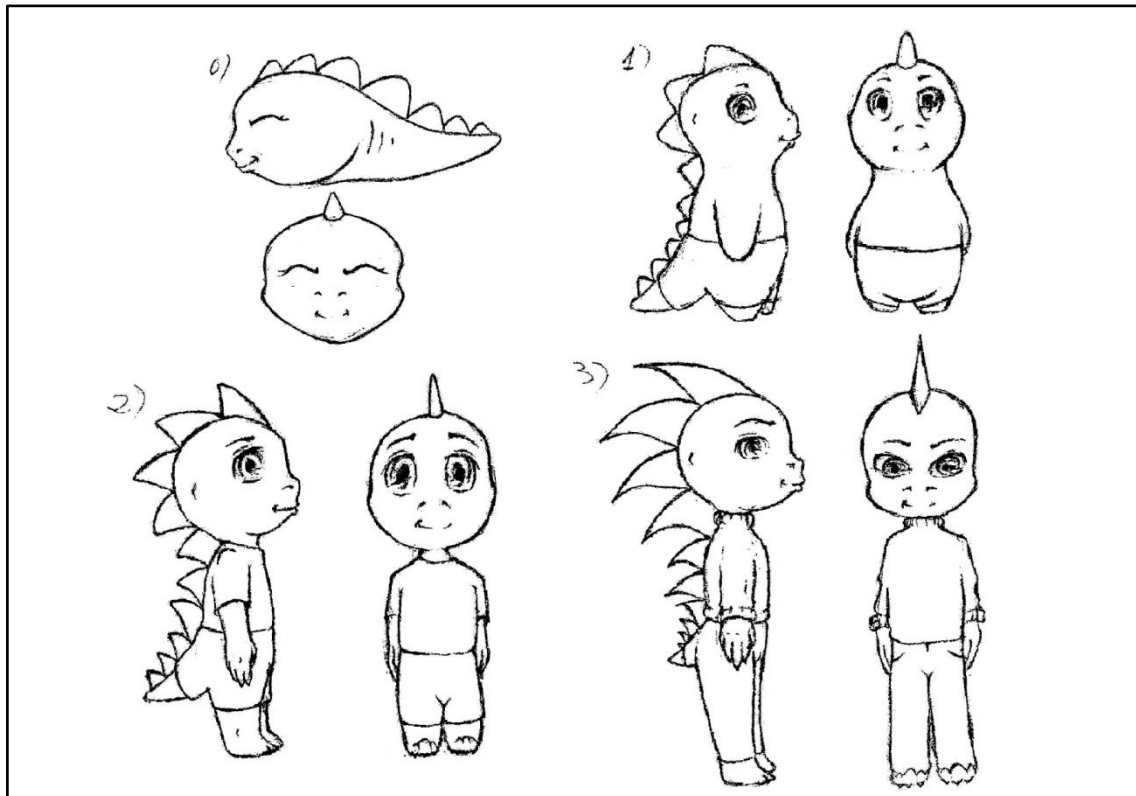


Figura 19: Perfiles del personaje principal en las distintas fases de evolución

También se creó un boceto del personaje secundario (la anciana), pero no se llegó a modelar. Aún así, este dibujo, que se muestra en la figura 20, puede servir de ayuda en un futuro cuando se modele en Blender.

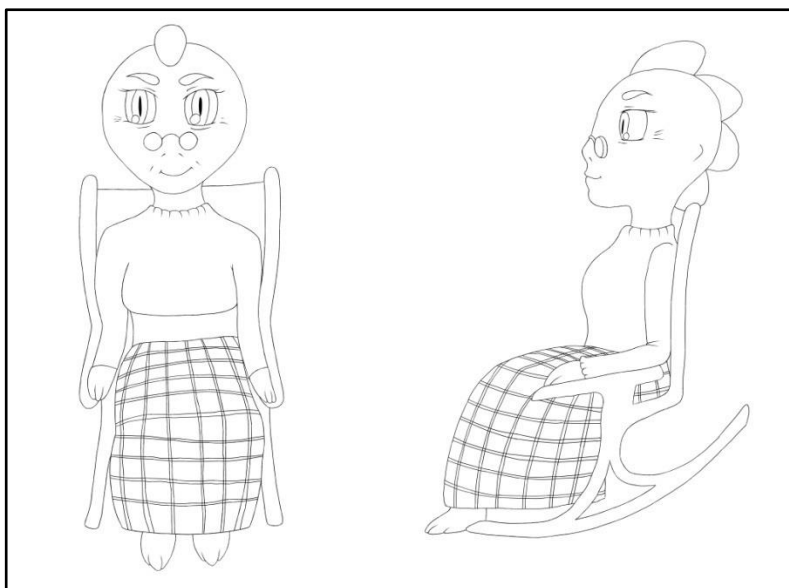


Figura 20: Boceto del personaje secundario

Yadira Peláez se encargó de modelar el personaje principal en su primera fase evolutiva (renacuajo). En este proyecto se modela a Phiby en la fase evolutiva 1 (según la figura 19) tanto con dedos como sin dedos (este hecho se explica en el anexo 1). En el modelado, se comenzó creando el cuerpo y la cabeza a partir de dos esferas independientes, que una vez esculpidas mediante la herramienta de Blender llamada *mirror*, se unieron con el objetivo de proporcionar un mejor acabado a la figura. Posteriormente, se añadieron las patas y la cola que también fueron desarrolladas partiendo de esferas. Estas extremidades no se unieron al cuerpo como se hizo con la cabeza sino que se dejaron como mallas independientes para facilitar sus movimientos.

Con respecto a las texturas utilizadas para dar vida al personaje, se utilizaron los dibujos creados como texturas para la cara y para el cuerpo se usó una imagen de unas escamas sacada de Internet.

Las imágenes usadas como textura de la cara se editaron en Blender para darles color. De esta forma se obtuvo el resultado que aparece en la figura 21.

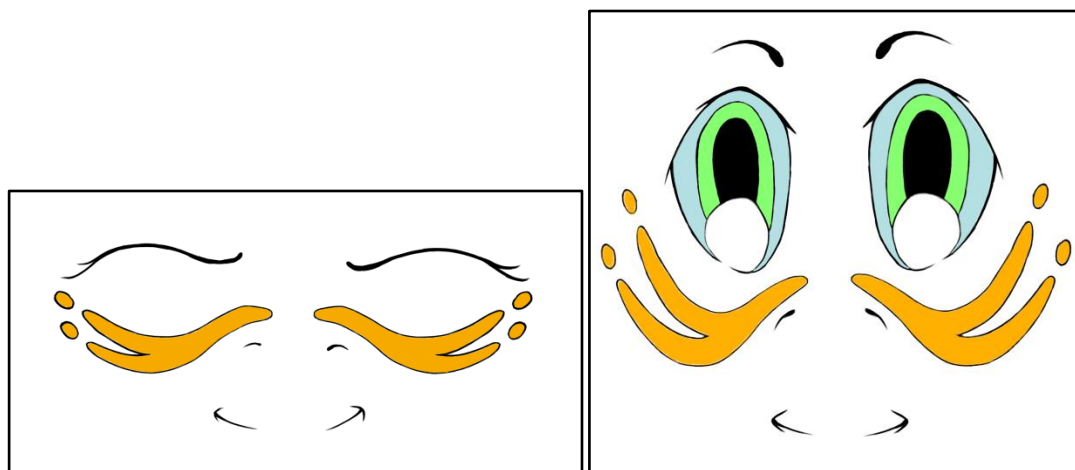


Figura 21: Imágenes utilizadas como texturas de la cara del personaje en su primera fase de evolución (imagen de la izquierda) y de la cara del personaje en su segunda fase de evolución (imagen de la derecha)

Para la textura del cuerpo se utiliza una imagen de escamas que se ha descargado de Internet⁸. Antes de usar esta imagen como textura se editó para cambiarle el color y se recortó de forma que al ser replicada muchas veces en el cuerpo del personaje pareciese una imagen continua. La transformación de esta imagen se puede observar en la figura 22.

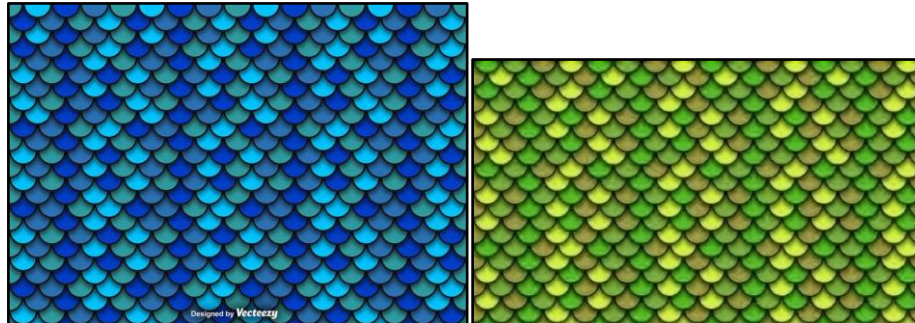


Figura 22: Imagen original (izquierda) y edición realizada (derecha) para la textura del cuerpo del personaje

Partiendo de estas texturas y del personaje ya modelado, se crearon unos personajes “extra” para representar a los habitantes del planeta, lo cuales podrían aparecer durante el juego en una futura versión. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 23.

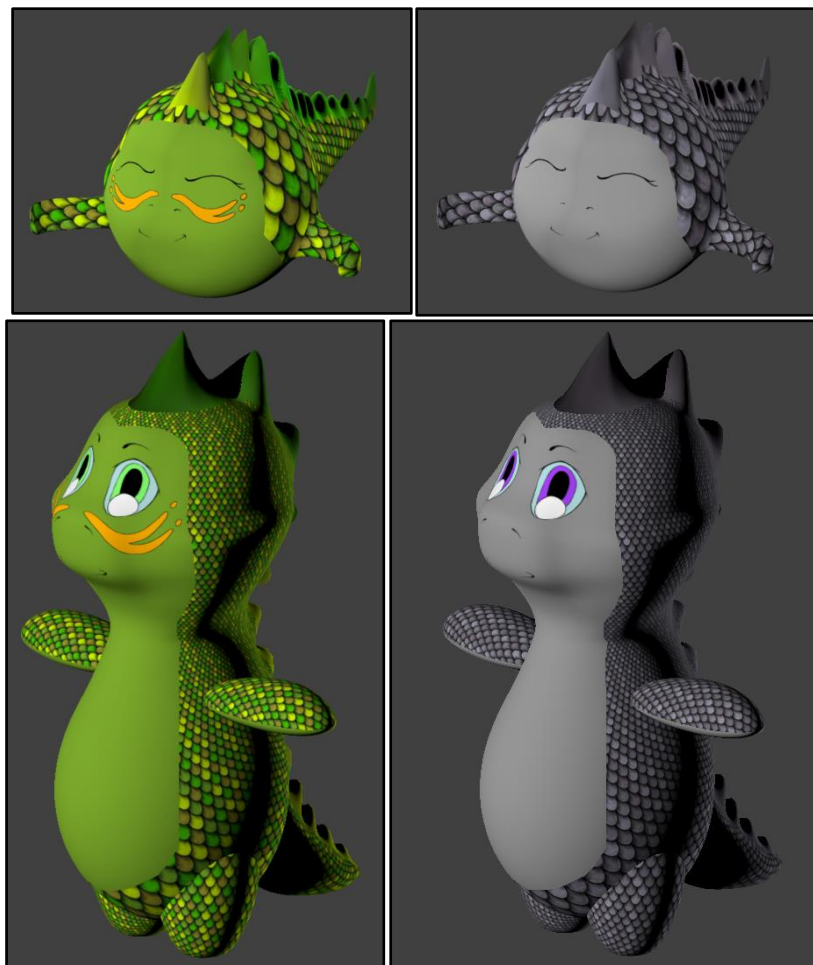


Figura 23: Personaje principal (izquierda) y personajes “extra” (derecha)

⁸ La fuente de donde se ha obtenido dicha imagen es: <https://es.vecteezy.com/vector-art/126490-modelo-azul-del-vector-de-escalas-de-peces/premium> [13]

Como se ha comentado antes, también se ha modelado el personaje principal en la fase evolutiva 1 (según la figura 19) con dedos. En la figura 24 se puede observar el resultado.



Figura 24: Modelado del personaje principal en la segunda fase de evolución con dedos

Una vez completado el modelado del personaje que protagonizará los mini-juegos que se desarrollan en este proyecto, se da paso a la creación de su esqueleto (denominado *armature* en Blender).

El esqueleto es una estructura jerárquica de huesos y articulaciones que sirve para animar un personaje articulado o, en general, cualquier estructura con partes que se mueven. En este caso se creará un esqueleto para el personaje principal con el objetivo de conseguir transmitir los movimientos del esqueleto Kinect (ya amplificados) a la malla del personaje.

Este proceso de preparar un esqueleto para animar la malla del personaje se denomina *rigging* y consiste en:

- crear y relacionar los huesos de la armadura estableciendo sus dependencias en el movimiento,
- establecer cómo el movimiento de los huesos va a deformar la malla del personaje
- e implantar restricciones en los posibles movimientos que puede realizar cada hueso.

En primer lugar se crean los distintos huesos y las relaciones entre ellos. Después se asigna a cada hueso creado la parte de malla que le corresponde. Por ejemplo, el hueso del brazo izquierdo tiene asignada la malla que forma el brazo izquierdo del personaje. Al ser las extremidades mallas independientes del cuerpo, su asignación es más sencilla. Sin embargo, el cuerpo y la cabeza forman parte de la misma malla, por lo que la asignación de cada uno de

ellos a su hueso correspondiente se realiza utilizando los llamados *vertex weight*⁹ o ‘peso de los vértices’. *Vertex weights* una opción que da Blender a la hora de asignar un esqueleto a una malla continua, de manera que permite deformar mallas continuas de manera progresiva. Esta opción permite configurar el grado de influencia de cada hueso sobre cada vértice de la malla del personaje.

De esta forma, se consigue que al mover el hueso de la cabeza la malla que forma el cuello del personaje se deforme con el movimiento. Lo mismo ocurre con el hueso del cuerpo, con lo que se obtiene un movimiento más natural.

En la figura 25 se muestran dos imágenes del esqueleto creado para el personaje, en la segunda se puede observar cómo se deforma la malla al mover los huesos del esqueleto.

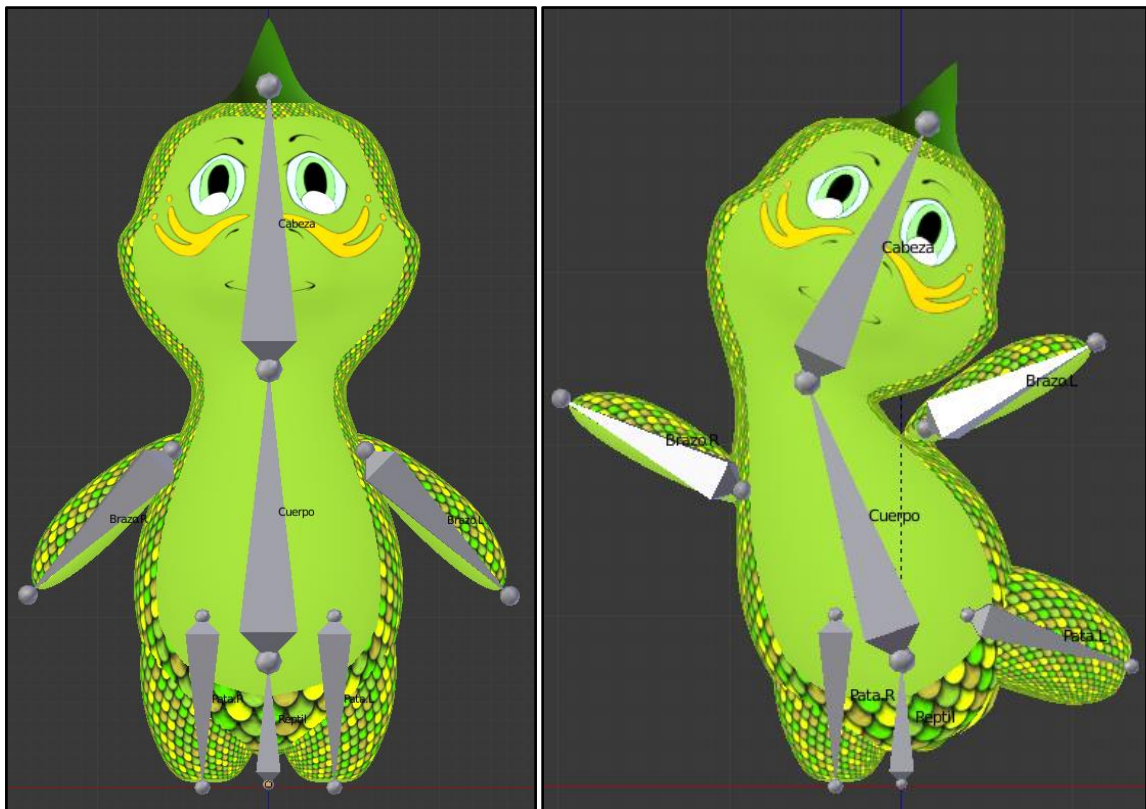


Figura 25: Personaje principal con su esqueleto

Una vez creado el esqueleto del personaje, el siguiente paso es añadir al esqueleto Kinect los amplificadores necesarios para los mini-juegos y hacer que el esqueleto del avatar imite los movimientos del jugador ya amplificados, lo que se explicará detalladamente a continuación.

En este proyecto solo será necesario un amplificador para cada brazo, ya que los mini-juegos que se desarrollan solo abarcan ejercicios de rehabilitación para los brazos. El movimiento que reproducirán los huesos de los brazos de Phiby es el movimiento amplificado de las manos del jugador. Sin embargo, se ha añadido también el amplificador del tronco para facilitar el trabajo futuro.

⁹Para la correcta aplicación de esta técnica se ha consultado el siguiente vídeo-tutorial del profesor Enrique Rendón Angulo: <https://www.youtube.com/watch?v=4l6RIKMODkI> [14]

En la figura 26 se muestran unas imágenes que pretenden facilitar el entendimiento de los pasos seguidos para amplificar los movimientos del esqueleto Kinect y, posteriormente, ser imitados por el esqueleto del personaje.

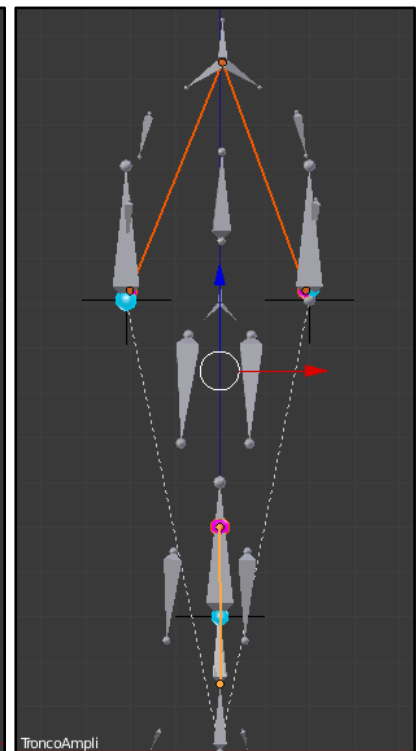
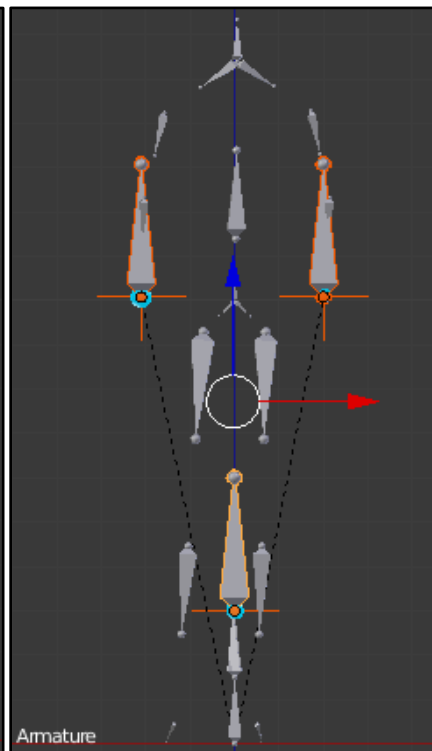
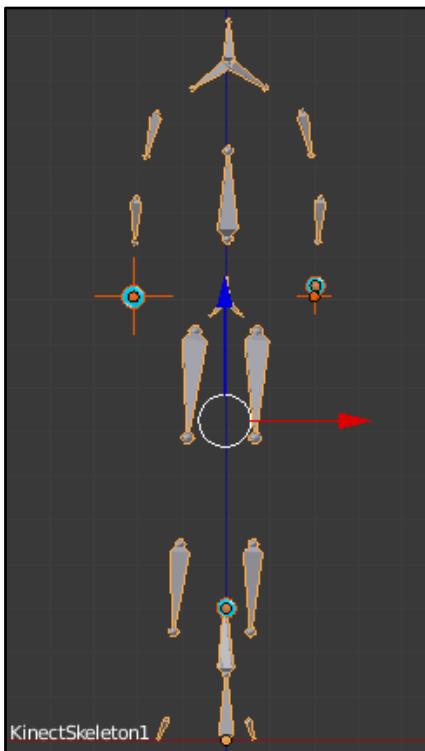
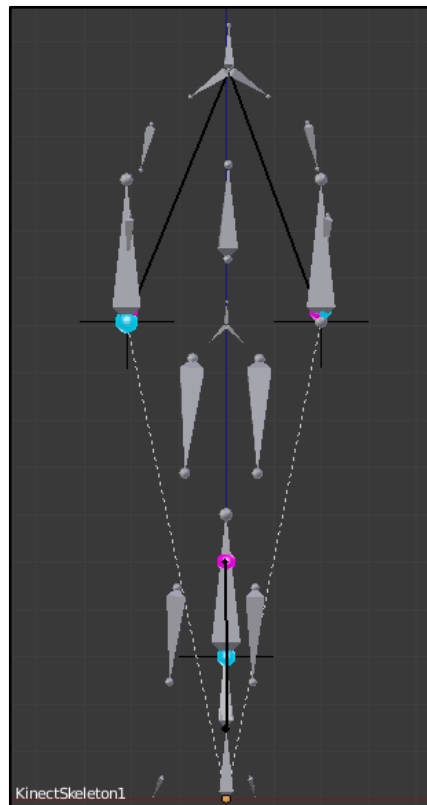


Figura 26: Resultado final del esqueleto Kinect con amplificadores y huesos auxiliares (imagen superior) y pasos seguidos para su creación: se añade el esqueleto Kinect, los primeros objetos empty y las esferas azules (primera imagen de la parte inferior); se añaden los amplificadores y los segundos objetos empty (segunda imagen de la parte inferior); y se añaden los huesos auxiliares y las esferas moradas (tercera imagen de la parte inferior)

La imagen que aparece en la parte superior de la figura 26 se corresponde con el resultado final obtenido una vez añadidos los amplificadores y los huesos necesarios para imitar el movimiento amplificado.

Las tres imágenes de la parte inferior de la figura 26 muestran los pasos ordenados que se han seguido para añadir los amplificadores y los objetos *empty* y huesos adicionales que permitirán la copia de los movimientos amplificados en el esqueleto del avatar. Los objetos añadidos en cada paso se señalan en color naranja.

En la primera imagen situada en la parte inferior de la figura 26 se puede observar que se ha creado el esqueleto Kinect de tipo “estático”, el cual reproduce fielmente los movimientos captados por la cámara Microsoft Kinect 360. También se han añadido unas esferas azules que imitan el movimiento real realizado por el jugador simplemente para comprobar el correcto funcionamiento durante el juego, ya que cuando el juego se está ejecutando no se ven los esqueletos. Además, se ha colocado en cada mano un objeto de tipo *empty* (las cruces naranjas) que sigue el movimiento de los huesos que representan cada mano del esqueleto Kinect y que permitirán al primer hueso de la cadena que constituye el amplificador que copie su localización.

Para que cada objeto *empty* siga a cada mano del esqueleto Kinect se crea una relación de “parentesco” entre ellos: siendo los objetos *empty* “hijos” de cada una de las manos. Para crear esta relación de “parentesco” se utiliza la opción de Blender “Set Parent To” “Bone”. Este mismo proceso se ha realizado con las esferas azules.

En la segunda imagen situada en la parte inferior de la figura 26 se han añadido los amplificadores de los brazos y del tronco que se encargan de amplificar los movimientos –de las manos y el tronco respectivamente– reproducidos por el esqueleto Kinect.

Los dos amplificadores situados en los brazos aumentan el movimiento realizado por cada mano del esqueleto Kinect. Al primer hueso de la cadena que forma cada amplificador se le añade una restricción ósea (opción denominada *bone constraint* en Blender) llamada “Copy Location” para que copie en todo momento la localización del objeto *empty* creado en el paso anterior.

El amplificador situado entre las piernas del esqueleto Kinect aumenta el movimiento del tronco. Al primer hueso de la cadena que forma el amplificador se le añade una restricción ósea del tipo “Copy Location” para que copie en todo momento la localización del hueso “Hip Center Rot” del esqueleto Kinect. Dicho hueso reproduce el movimiento realizado por el usuario con el tronco.

Además, se han creado otros objetos de tipo *empty* que marcan el movimiento aumentado por los amplificadores. Dichos objetos son esenciales para permitir que el esqueleto del personaje pueda reproducir los movimientos amplificados, ya que no pueden copiarse de los amplificadores.

Para que cada objeto *empty* siga el movimiento amplificado por la cadena de huesos se crea una relación de “parentesco” entre dicho objeto *empty* y el último hueso de la cadena que constituye cada amplificador.

Por último, en la tercera imagen situada en la parte inferior de la figura 26 se han añadido unos huesos auxiliares (las líneas de color naranja) que siguen el movimiento amplificado que realizan los objetos de tipo *empty* creados en el anterior paso. Además, se han creado unas esferas moradas que realizan el movimiento amplificado simplemente para comprobar que los amplificadores funcionan correctamente durante el juego, ya que cuando el juego se está ejecutando no se ven los esqueletos.

Se ha creado un hueso para el tronco –llamado “TroncoAmpli”– y otro para cada brazo –llamado a su conjunto “BrazosAmpli”–, todos marcados en color naranja.

Para que estos huesos auxiliares (“TroncoAmpli” y “BrazosAmpli”) sigan la trayectoria marcada por los objetos *empty* se les ha añadido una restricción ósea del tipo “Track To”.

Estos huesos que realizan el movimiento amplificado (“TroncoAmpli” y “BrazosAmpli”) se han creado para que los huesos del esqueleto del personaje imiten dicho recorrido amplificado. Para ello se ha aplicado a los huesos del personaje (los que forman cada brazo y el que forma el tronco) una restricción ósea denominada “Copy Rotation”. “TroncoAmpli” y “BrazosAmpli” son necesarios ya que no se puede copiar la rotación de un objeto *empty*.

El último paso para terminar el *rigging* del personaje es implantar restricciones en las posibles rotaciones que puede realizar cada hueso de su esqueleto. La restricción ósea empleada en este caso se denomina “Limit Rotation” y solo se aplica en brazos y tronco, ya que son los únicos huesos que se moverán en los mini-juegos.

En la figura 27 se puede observar el funcionamiento del esqueleto de Phiby obtenido del proceso de amplificación explicado. La imagen superior muestra el estado inactivo y la imagen inferior muestra el resultado que se obtiene cuando el jugador mueve su mano izquierda ligeramente hacia un lado.

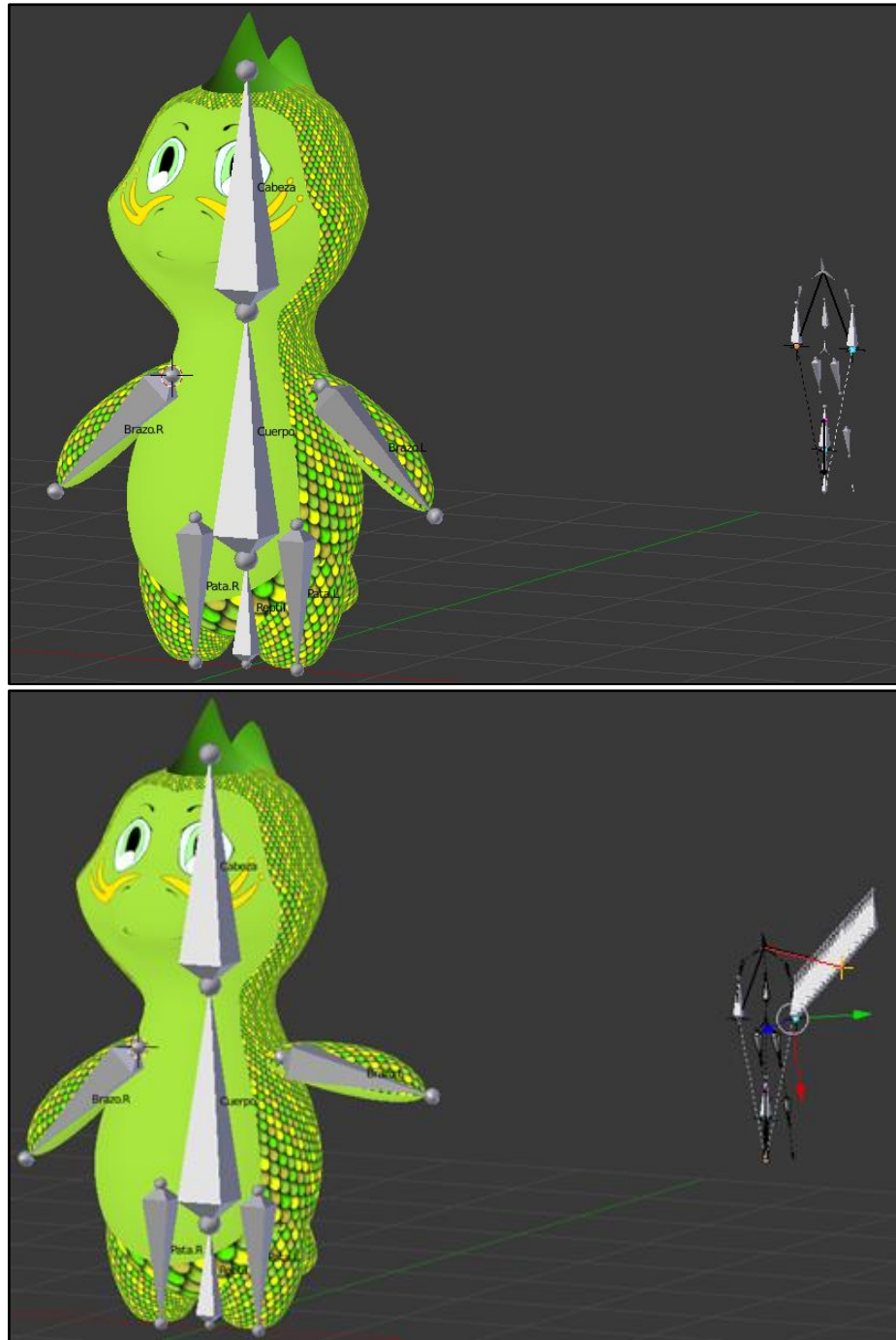


Figura 27: Funcionamiento del esqueleto del personaje en función del esqueleto Kinect con amplificadores en posición de reposo (imagen superior) y moviendo una mano (imagen inferior)

Como se puede ver en la imagen inferior de la figura 27, la esfera azul (que marca el movimiento real realizado por el usuario) apenas se ha desplazado. Sin embargo, el brazo de Phiby se ha elevado notablemente, ya que se ha activado el amplificador del brazo izquierdo, que es la cadena de huesos que se observa. También puede apreciarse que el objeto *empty* (señalado con la cruz naranja) sigue a esta cadena de huesos realizando el mismo recorrido amplificado. Como se explicó anteriormente, el hueso auxiliar del brazo izquierdo (marcado en rojo), que forma parte del conjunto “BrazosAmpli”, realiza el movimiento amplificado siguiendo la trayectoria que marca el objeto *empty*. Por último, el hueso que constituye el brazo izquierdo de Phiby realiza este mismo movimiento amplificado.

3.3 Creación y adaptación de los mini-juegos

En este apartado se describe la adaptación de los mini-juegos de “Guacamole” y “Barca” al nuevo contexto creado para el videojuego.

Los dos mini-juegos equivalentes que se desarrollan dentro de la historia creada son:

- “Talar”: Phiby debe talar varios troncos hasta conseguir la cantidad de madera que la anciana necesita para calentar su cabaña. En este juego se reutiliza parte de la lógica de “Guacamole”.
- “Remar”: Phiby necesita cruzar el lago y la manera más rápida de hacerlo es en barca, así que tendrá que remar hasta llegar a la otra orilla. Este juego es una adaptación de “Barca”.

En los siguientes apartados se explica el trabajo llevado a cabo para crear estos dos mini-juegos.

3.3.1 Mini-juego “Talar”

El mini-juego “Guacamole” consistía en golpear con un martillo gigante a los topos que salieran de los cuatro agujeros que le rodean. Al tener como objetivo golpear animales, resultó violento y no fue aceptado por la comisión ética de la Universidad para realizar ejercicios de rehabilitación con jóvenes o incluso niños.

Se busca adaptar el mismo ejercicio de rehabilitación (flexionar el brazo derecho) a una tarea lógica en el desarrollo de la historia. Por ello, se escogió la acción de talar troncos.

Este mini-juego, llamado “Talar”, se sitúa en el momento de la historia en el que la anciana acoge a Phiby en su casa y le pide que consiga madera para calentar su hogar. El objetivo de este juego es conseguir talar un número mínimo requerido de trozos de tronco. Este parámetro (el número de trozos de tronco que hay que talar) lo configuraría el médico a través de la plataforma web que realiza Mónica Jiménez en paralelo a este proyecto.

Con el objetivo de optimizar el mini-juego se ha pretendido que el escenario donde tiene lugar tenga el menor número de objetos posibles. Los objetos que se han utilizado en este juego son: el hacha, un tronco entero, un tronco partido en cinco trozos y unos cuantos árboles (estos elementos se muestran en la figura 15).

Para evitar la carga computacional que conlleva realizar el mini-juego en el escenario global (con la cabaña y todos los árboles que forman el bosque) y para dar la sensación al jugador de que se encuentra en dicha escena, se ha llevado a cabo el mismo proceso de *baking* que se realizó para el fondo de dicho escenario global. Se ha introducido al personaje con el hacha, el tronco y unos cuantos árboles en un cubo cuyas paredes tienen como textura una imagen de la cabaña y del bosque. En la figura 28 se muestra el escenario creado.

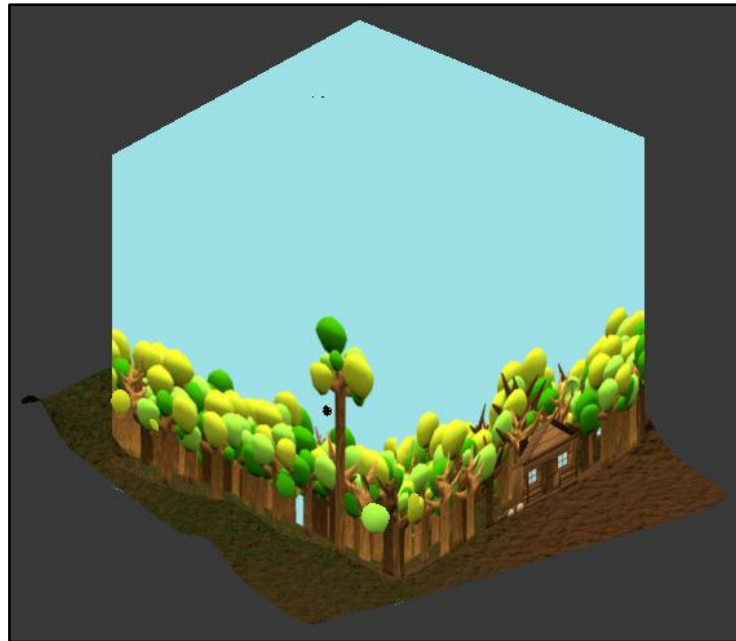


Figura 28: Escenario del minijuego “Talar” visto desde fuera

El personaje y los esqueletos (tanto el del avatar como el de la Kinect junto con los amplificadores y los huesos auxiliares) que se han utilizado son los que se muestran en la figura 27.

Del mini-juego “Guacamole” se ha reutilizado la lógica (implementada a partir de bloques lógicos) de las escenas correspondientes al marcador y a la pantalla que indica el fin del juego, pero se han editado los mensajes para adaptarlos al objetivo del juego “Talar”. En concreto, el marcador que hay durante el juego muestra el número de hachazos acertados. Cuando el jugador cumple el objetivo de talar el número de trozos de tronco establecido por el médico aparece la pantalla de fin del juego en la que se indica el resultado obtenido. Dicha pantalla se muestra en la figura 29.

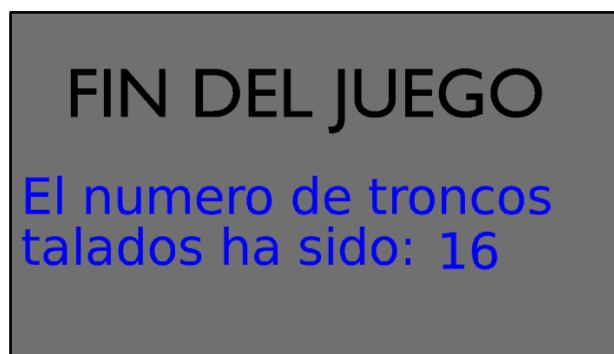


Figura 29: Pantalla de fin del juego de “Talar”

La lógica referente al funcionamiento del videojuego se ha cambiado por completo y se ha rehecho a partir de bloques lógicos.

La lógica clave para el funcionamiento del juego se encuentra en el tronco a talar. Este tronco es un objeto cuya física es de tipo “sensor”, es decir, la malla que forma el tronco detectará si el hacha ha colisionado con él y reaccionará en consecuencia.

Las condiciones que deben cumplirse para que se contabilice el hachazo son las siguientes:

- el hacha y el tronco deben colisionar,
- el tronco no debe estar siendo golpeado (su propiedad “golpeado” debe valer “False”),
- debe pasar más de un segundo desde la última vez que el tronco fue golpeado para evitar que cuente más de un hachazo por colisión (la propiedad del tronco llamada “tiempo” y de tipo temporizador debe valer más de 1) y
- el hacha debe ir a una velocidad mínima para evitar que si se deja el hacha en contacto con el tronco se cuente como hachazo (la propiedad “hachaRapida” debe tener el valor “True”).

El valor de la propiedad “hachaRapida” se obtiene a través de un mensaje que manda el acelerómetro (que se encuentra en el interior del hacha) si el movimiento realizado por el usuario tiene una velocidad mínima.

En una de las reuniones con la fisioterapeuta Maite Manzanose explicó que en los ejercicios de rehabilitación no se busca la rapidez con la que se realiza un movimiento, sino la definición de dicho movimiento. Por ello, se redujo la velocidad mínima (valor configurable desde los bloques lógicos del acelerómetro) requerida para poder contabilizar los aciertos, ya que el valor que tenía en “Guacamole” era muy exigente.

Si las condiciones anteriores se cumplen, tendrán lugar las siguientes acciones:

- se suma al contador un hachazo acertado,
- se reproduce una animación en la que el tronco se acorta una cantidad determinada y
- aparece el trozo de tronco en su posición correspondiente, la cual está indicada por un objeto *empty*.

En la figura 30 se muestra una captura de pantalla del escenario del juego en la que se puede observar el esqueleto del personaje, una malla esférica que envuelve el hacha y que corresponde a su malla de colisión, una cámara a la altura de los ojos del personaje que permite la visión del juego en primera persona y cinco ejes colocados en fila detrás del tronco.



Figura 30: Interior del escenario de “Talar” con todos los objetos que lo forman

Estos ejes son los objetos de tipo *empty* en los que aparecerán los trozos de tronco talados en su momento correspondiente. La lógica que rige la aparición de cada trozo de tronco se encuentra en cada uno de los objetos *empty*. Cuando se cumplen todas las condiciones que aseguran el acierto del hachazo se envía un mensaje al objeto *empty* que indica la posición del trozo de tronco que debe aparecer. El objeto *empty* que recibe el mensaje actúa en consecuencia añadiendo el trozo de tronco (que se encuentra en una capa oculta) correspondiente.

También se ha implementado la posibilidad de cambiar la vista del juego al pulsar la barra espaciadora. De esta forma, el usuario podrá escoger la tercera persona o la primera personamientras juega. Además, se ha introducido un sonido que se reproduce cada vez que tala.

En la figura 31 se muestran dos capturas de pantalla del minijuego en las que se puede observar cómo van apareciendo los trozos de tronco talados y cómo se ve el juego en las distintas vistas.



Figura 31: Capturas del juego “Talar” en ejecución visto en primera persona (imagen superior) y en tercera persona (imagen inferior)

3.3.2 Mini-juego “Remar”

El mini-juego “Barca” consistía en conseguir que el personaje reme hasta llegar a la meta. El ejercicio realizado por el usuario es estirar y flexionar ambos brazos hacia adelante y atrás a la vez.

La adaptación de este ejercicio de rehabilitación fue más sencilla ya que la acción es la misma: remar hasta llegar al destino.

Este juego “Remar” se sitúa en el momento de la historia en el que Phiby está siguiendo un rastro de huellas semejantes a las suyas para descubrir a dónde llevan. Siguiendo las pisadas acaba en el lago donde nació y decide atravesarlo para averiguar si el rastro continúa al otro lado. Ya no tiene la misma capacidad de nado que cuando era un renacuajo, así que opta por cruzarlo remando.

El objetivo de este mini-juego es conseguir que el personaje llegue hasta la otra orilla del lago. La distancia que hay que recorrer es un parámetro medido en metros que configuraría el médico a través de la plataforma web.

Con el objetivo de optimizar el mini-juego se ha creado un escenario nuevo exclusivo para este juego. Esta escena consiste en el mismo lago del escenario global, pero se ha alargado para permitir configurar la distancia que debe recorrer el paciente. El recorrido es lo suficientemente largo para cualquier usuario que necesite hacer este ejercicio de rehabilitación. De esta forma, cuando el médico quiera establecer la distancia que se pretende recorrer, no será necesario alargarlo más.

Los objetos que se han utilizado en este juego son: la barca que se muestra en la figura 15, unos nenúfares que se han colocado a lo largo del camino para apreciar el avance de la barca y las algas y piedras que modeló Yadira Peláez para el fondo del lago. Para imitar el aspecto del agua se ha creado un plano de color azul y ligeramente transparente. También se ha creado un plano invisible que indica el final del recorrido. La posición de este plano en el lago es el parámetro que configuraría el médico.

El personaje utilizado en este juego se corresponde con la fase evolutiva que ya tiene dedos (aparece en la figura 24). Los esqueletos que se han utilizado (tanto el del avatar como el de la Kinect junto con los amplificadores y los huesos auxiliares) son los que se muestran en la figura 27.

El escenario del mini-juego “Remar” se muestra en la figura 32.

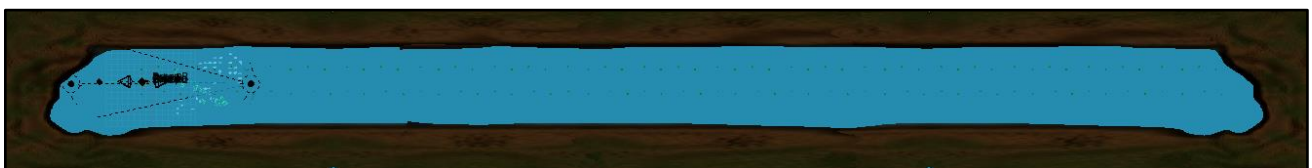


Figura 32: Escenario del juego “Remar” visto desde arriba

Del juego “Barca” se han reutilizado las escenas correspondientes al marcador y a la pantalla que indica el fin del juego y el script “distancia.py” (programado en lenguaje Python), pero se han editado los mensajes para adaptarlos al objetivo del juego.

La puntuación que se obtiene al finalizar es el tiempo (medido en segundos) que ha tardado en remar la distancia establecida por el médico y la velocidad (medida en metros por segundo) a la que lo ha hecho. El médico podría acceder a estos resultados para comprobar el progreso del paciente.

Dichos datos se obtienen mediante el script “distancia.py”, en el cual se ha realizado un pequeño cambio para que la velocidad calculada sea correcta. Antes, se calculaba operando el tiempo tardado y la distancia a la que se encontraba la meta. Sin embargo, esta distancia era un valor fijo, ya que no se valoró la idea de que el médico pudiera configurar este parámetro. Por ello, se ha sustituido ese valor fijo por la posición que ha sido determinada por el médico. Esta puntuación aparece en la pantalla de fin del juego que se muestra en la figura 33.

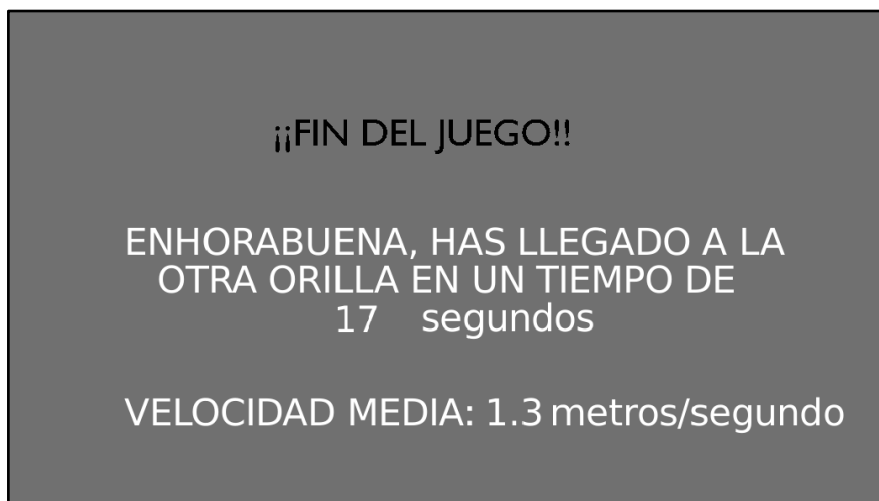


Figura 33: Pantalla de fin del juego de “Remar” (habiendo establecido una distancia a recorrer de 22 metros)

Con respecto a la lógica que permite el funcionamiento del mini-juego, solo se han reutilizado de “Barca” las cuerdas y una animación del avance de la barca.

Se ha simplificado mucho el proceso de transferir los movimientos amplificados al esqueleto del personaje. En el mini-juego “Barca” se utilizaban en total cuatro esqueletos distintos: el de la Kinect, el del avatar y dos más que hacían de intermediarios. Ahora, en “Remar”, sólo se utiliza el esqueleto del personaje (figura 25) y el esqueleto Kinect junto con los amplificadores y los huesos auxiliares (figura 26).

Para conseguir el avance de la barca se han empleado las cuerdas. Las cuerdas están formadas por una pareja de pirámides (cada pirámide está situada en cada extremo de las cuerdas): una pirámide se sitúa delante del personaje (en la posición donde tiene que llegar el brazo estirado) y otra detrás (en la posición donde tiene que llegar el brazo flexionado).

Se utiliza una cuerda para cada brazo además de otras dos pirámides más para cada mano. Estas últimas pirámides siguen el movimiento de la mano y determinan si se encuentra en la

posición correcta. En la figura 34 se señala la posición de estas pirámides para una mejor comprensión.

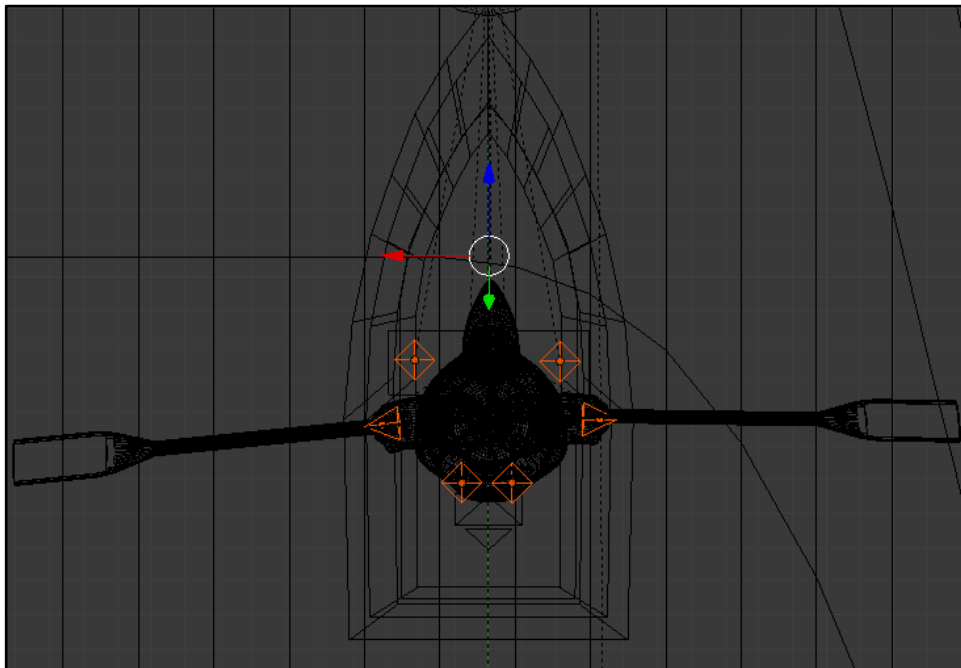


Figura 34: Vista desde arriba del personaje en la barca. Los objetos señalados en naranja son las pirámides que forman las cuerdas (téngase en cuenta que las dobles pirámides de las manos están superpuestas)

Para que esto funcione, las pirámides que delimitan las cuerdas tienen unas propiedades específicas que permiten ser detectadas por las pirámides de las manos cuando se encuentran cerca y, en consecuencia, envían un mensaje.

Una de las pirámides de las manos (tanto para la izquierda como para la derecha) se encarga de enviar un mensaje si está cerca del extremo delantero de la cuerda y la otra pirámide de la mano (tanto para la izquierda como para la derecha) envía otro mensaje distinto si está cerca del extremo trasero de la cuerda. Estos mensajes los recibe un cilindro invisible llamado “Avatar” cuya posición se ha fijado en la proa de la barca y en el cual se encuentra toda la lógica clave para el avance de la barca.

Si el objeto “Avatar” recibe los mensajes correspondientes a que tanto la mano izquierda como la derecha se encuentran cerca de los extremos delanteros de las cuerdas, entonces su propiedad “Adelante” tomará el valor “True”. Y si recibe los mensajes correspondientes a que tanto la mano izquierda como la derecha se encuentran cerca de los extremos traseros de las cuerdas y su propiedad “Adelante” tiene el valor “True”, se reproducirá la animación de avance de la barca (en la que recorre un tramo definido) y un sonido de los remos moviendo el agua.

En la figura 35 se muestra una captura de pantalla del escenario del juego en la que se puede observar el esqueleto del personaje, una malla cilíndrica en la proa de la barca que se corresponde con el objeto “Avatar”, las pirámides que forman las cuerdas, una cámara a la altura de los ojos del personaje que permite la visión del juego en primera persona y otra

cámara más grande delante del personaje que permite la visión del juego en tercera persona frontal.

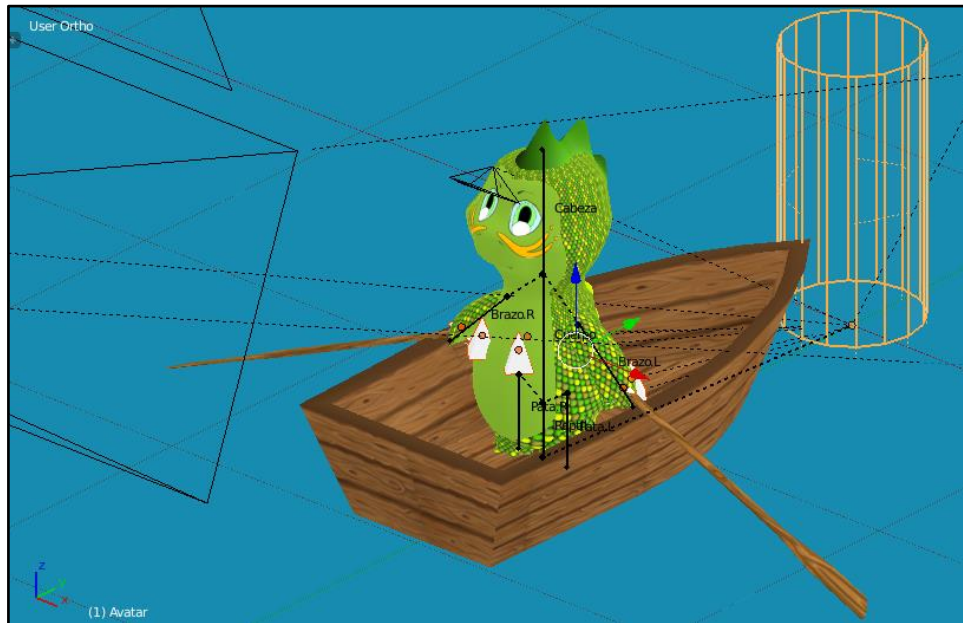


Figura 35: Escenario de “Remar” con todos los objetos que lo forman

Se ha implementado la posibilidad de cambiar la vista del juego al pulsar la barra espaciadora. De esta forma, el usuario podrá escoger la tercera persona frontal o trasera o la primera persona mientras juega. Además, se ha introducido un sonido constante de agua para recrear el ambiente.

En la figura 36 se recogen unas capturas de pantalla del mini-juego en las que se puede observar cómo se ve el juego en las distintas vistas. También se muestra el marcador que aparece durante el juego que indica la distancia pendiente de recorrer, la cual se calcula mediante el script “distancia.py” operando la distancia a recorrer (que fijaría el terapeuta) y la posición del objeto “Avatar”.



Figura 36: Capturas del juego “Remar” en ejecución visto en tercera persona trasera (primera imagen) y frontal (segunda imagen) y en primera persona (tercera y cuarta imagen)

4 Análisis de los resultados obtenidos

En este apartado se tratan las distintas pruebas que se han realizado con los mini-juegos “Talar” y “Remar” y los resultados obtenidos.

4.1 Evaluación por una experta en fisioterapia

A mediados de mayo se realizó una reunión en el CITSEM [4] con la fisioterapeuta Maite Manzano, quien dirige el Servicio de fisioterapia de la asociación ASEM Madrid (Asociación Madrileña de Enfermedades Neuromusculares) [15], para enseñarla el trabajo realizado hasta el momento. La fisioterapeuta probó los cuatro mini-juegos –con los amplificadores activos– y dio varios consejos para mejorarlos.

En la versión que se mostró a la fisioterapeuta del mini-juego “Talar” se tenía que realizar bastante rápido el movimiento de flexionar el brazo derecho para que se contaran los hachazos como aciertos. Maite Manzano explicó que en los ejercicios de rehabilitación no se busca la rapidez con la que se realiza un movimiento, sino la definición de dicho movimiento. Además, si es necesaria cierta rapidez en el ejercicio, los pacientes suelen dejar caer el brazo, lo que sería negativo para su rehabilitación. Por ello, se redujo la velocidad mínima necesaria para contabilizar los aciertos.

La versión del mini-juego “Remar” a la que jugó no tenía aún ninguna referencia en el agua que permitiera apreciar el avance de la barca. Tras la reunión se añadieron los nenúfares para que el jugador pudiera observar cómo avanzaba en cada remada.

Tanto en el mini-juego “Remar” como en “Talar” el tronco del personaje no tenía ninguna restricción de movimiento y llevaba amplificación. Por ello, aunque el movimiento del jugador fuera mínimo, el avatar se movía mucho y perjudicaba al usuario a la hora de realizar los ejercicios correctamente. Este problema se solucionó restringiendo el movimiento del tronco del personaje para que solo pudiera moverlo hacia delante y hacia atrás. No se dejó totalmente estático con la finalidad de dar la sensación de vida al avatar.

También, Maite Manzano explicó otros ejercicios de rehabilitación que sería interesante implementar en distintos mini-juegos: elevar rodillas, elevar piernas y juntar y separar rodillas en posición sedente. En estos dos últimos ejercicios habría que tener en cuenta cómo captaría mejor el movimiento la cámara Kinect: situándose el paciente de frente o de perfil.

Otro consejo consistía en elaborar los mini-juegos teniendo en cuenta la repetición de los ejercicios, el tiempo empleado, el número de intentos realizados (tanto acertados como fallidos) y el grado de avance en la rehabilitación (altura de levantamiento de brazo, grado de flexión y estiramiento de codo, etc.).

Debido a que se harán pruebas con voluntarios con diversas patologías, los mini-juegos deberán detenerse en función de la frecuencia de los fallos y no del tiempo jugado, para evitar la fatiga del paciente. Esto se debe a que con tantas personas de distintas edades y con distintas patologías resulta difícil establecer un tiempo promedio de aguante realizando un ejercicio de rehabilitación.

4.2 Pruebas con personas con movilidad completa

A finales de mayo se realizaron unas pruebas con alumnos de la asignatura SAI (“Síntesis y Animación de Imágenes”), quienes se ofrecieron voluntarios para probar los cuatro mini-juegos en personas sin limitaciones motoras.

Con el mini-juego “Talar”, una alumna que era zurda planteó la posibilidad de poder realizar el ejercicio con el brazo izquierdo, lo que se podrá tener en cuenta en versiones futuras.

En general, en este juego la mayoría de los voluntarios tuvieron problemas para superarlo realizando el ejercicio correctamente. Muchos de ellos encontraron atajos para cortar el tronco sin tener que flexionar el brazo. Algunos alumnos dejaban el brazo estirado y lo movían horizontalmente, consiguiendo de esta forma cortar el tronco con mayor facilidad.

Para impedir que se pueda superar el juego realizando un ejercicio que no es el que se busca en la rehabilitación, hay que obligar a que el brazo del personaje suba hasta un cierto punto para después permitir que baje y corte el tronco. Esta solución la está desarrollando actualmente Ignacio Gómez-Martinho.

También se propuso establecer una cuenta atrás, pero podría ser contraproducente ya que incita a los pacientes a realizar los ejercicios más rápidamente.

Con respecto al mini-juego “Remar”, un voluntario observó que la velocidad que se mostraba al final del juego era errónea. Por consiguiente, se procedió a su revisión y rectificación.

Asimismo, se propuso la idea de permitir remar con un solo brazo y que, en consecuencia, la barca cambiara su trayectoria. Sin embargo, esto podría ser desfavorable para personas con movilidad reducida al impedirles avanzar y terminar el juego.

5 Conclusiones

Una vez finalizado el trabajo del presente proyecto correspondiente a la creación de un prototipo de un videojuego serio orientado a la rehabilitación de personas con movilidad reducida, se han logrado los siguientes objetivos:

- Desarrollar una historia envolvente típica para un juego de aventura y redactar su guion.
- Diseñar la mecánica y las reglas del juego basándose en teorías de gamificación. [4]
- Diseñar distintos niveles, retos, puntuaciones, evolución del personaje principal, contadores de tiempo, etc.
- Diseñar y modelar el personaje principal del juego en distintos estados de desarrollo.
- Diseñar y modelar parte del escenario, objetos y personajes adicionales.
- Integrar y transformar las funcionalidades de dos mini-juegos existentes.

Por otra parte, se han detectado ciertos aspectos a mejorar (los cuales se han detallado en el apartado “Trabajo futuro”) que se solventarán en próximas actualizaciones.

Lo que se ha conseguido en el presente proyecto es desarrollar dos mini-juegos e integrarlos en la historia de aventura creada. Por el momento, estos juegos se pueden jugar desde Blender, pero Ignacio Gómez-Martinho ya está trabajando en la manera de enlazarlos con los otros dos que está desarrollando actualmente Yadira Peláez para poder crear un archivo ejecutable desde el que jugar.

Este archivo ejecutable no implica que sea una versión definitiva, ya que podrían añadirse ejercicios de rehabilitación en nuevos mini-juegos sin tener que variar el hilo conductor de la historia. Lo importante es que el paciente pueda tener en el ordenador de su casa un ejecutable del videojuego (junto con la cámara de captura de movimiento Microsoft Kinect 360) con el que seguir las orientaciones que le indica el médico desde la plataforma web. Además, el ejecutable podrá permitir que el paciente realice la calibración inicial de la amplitud de sus movimientos para establecer los parámetros adecuados de los amplificadores.

6 Trabajo futuro

El videojuego desarrollado hasta el momento deberá traspasarse al motor de juego Unity, al ser más potente que Blender, y a la cámara de captura de movimiento Microsoft Kinect 2.0. Dicha cámara es la nueva versión del sensor Kinect, comercializada a finales de 2013 como accesorio para la consola Xbox One, sucesora de la Xbox 360.

Realizando este cambio se solventarán muchos de los problemas que se tienen actualmente con el funcionamiento de los mini-juegos y la detección de los movimientos del jugador. En Unity se simplifica considerablemente el paso de los movimientos al esqueleto del personaje y la implementación de los juegos. Asimismo, con la cámara Microsoft Kinect 2.0 la detección del esqueleto es más exacta, ya que incluye cinco articulaciones adicionales: una en el cuello y dos en cada mano, que son precisamente las zonas que peor relación precisión/importancia tienen en el modelo original de Kinect.

También es importante conseguir la integración entre los mini-juegos y la plataforma médica para el traspaso de los parámetros de configuración de cada actividad así como de los resultados. Esta tarea está llevándose actualmente a cabo en un proyecto paralelo.

A más largo plazo, el proyecto “Blexer” busca desarrollar el videojuego completo, es decir, se busca crear un archivo ejecutable del juego acabado y que su historia, la cual está formada por distintos mini-juegos, tenga implementado su principio y su fin.

7 Presupuesto

Para la realización de este proyecto se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Investigación de otros sistemas existentes equiparables al del presente estudio y de teorías de gamificación [4].
- Desarrollo de una historia envolvente típica para un juego de aventura y redacción de su guion.
- Diseño del personaje principal y de la mecánica y las reglas del juego.
- Modelado en Blender de los distintos objetos, herramientas, escenarios y personajes del videojuego.
- Adaptación e implementación de dos mini-juegos existentes en el nuevo contexto creado.

Las tareas mencionadas se han desarrollado durante el curso 2016-2017 en un periodo aproximado de diez meses. Calculando que se han empleado 25 horas por semana, en total se han invertido en el proyecto alrededor de 1075 horas de trabajo.

Para el desarrollo del proyecto se ha empleado la siguiente tecnología:

- Blender: software de libre distribución que permite la creación de modelos en 3D y su animación. Cuenta con un motor de juegos que le permite añadir lógica a los objetos de manera sencilla mediante bloques lógicos o scripts en lenguaje Python.
- Sensor Kinect 360 comercializado por Microsoft: es un dispositivo que consta de diversos sensores. Cuenta con dos cámaras, una de ellas IR, y, la otra, un emisor IR que detecta profundidad.
- *Addon* y *middleware* proporcionado por su creador y compañero Ignacio Gómez-Martinho [3].
- PC del laboratorio del CITSEM [1].

En el anexo 2 se realiza un cálculo aproximado de los costes generales del presente proyecto.

8 Referencias

- [1] UPM, «Centro de Investigación en Tecnologías Software y Sistemas Multimedia para la Sostenibilidad (CITSEM)», 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.citsem.upm.es>.
- [2] «blender.org», 2017. [En línea]. Available: <https://www.blender.org> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [3] I. Gómez-Martinho González, «Desarrollo e implementación de middleware entre Blender, Kinect y otros dispositivos», Proyecto Fin de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, UPM, Madrid, Julio 2016.
- [4] Yu-Kai Chou, «Actionable Gamificación. Beyond Points, Badges, and Leaderboards», Octalysis Media, April 16, 2015.
- [5] P. Parra Iglesias, «Memoria de práctica externa», Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, UPM, Madrid, Julio 2016.
- [6] J. Y. Peláez Castro, «Memoria de prácticas externas», Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, UPM, Madrid, Julio 2016.
- [7] C. Esteban González, «Memoria de Práctica Externa», Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, UPM, Madrid, Enero 2017.
- [8] «mirarehab.com», 2017. [En línea]. Available: <http://blog.mirarehab.com> y <http://www.mirarehab.com/product> [Último acceso: 2 Julio 2017].
- [9] «gti.tel.uva.es», 2017. [En línea]. Available: <http://gti.tel.uva.es/juegos-serios-para-rehabilitacion-fisica-yo-cognitiva/telekin-sistema-de-terehabilitacion-para-discapacidades-motoras-y-cognitivas> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [10] «gti.tel.uva.es», 2017. [En línea]. Available: <http://gti.tel.uva.es/juegos-serios-para-rehabilitacion-fisica-yo-cognitiva/la-isla-epika-juego-serio-de-realidad-virtual-para-rehabilitacion-de-ictus> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [11] «gti.tel.uva.es», 2017. [En línea]. Available: <http://gti.tel.uva.es/juegos-serios-para-rehabilitacion-fisica-yo-cognitiva/epik-estimulacion-para-promover-la-independencia-mediante-kinect> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [12] «es.pinterest.com», 2017. [En línea]. Available: <https://es.pinterest.com> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [13] «vecteezy.com», 2017. [En línea]. Available: <https://www.vecteezy.com> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [14] «youtube.com», 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/user/enriqueblender> [Último acceso: 2 de julio de 2017].
- [15] «asemmadrid», 2017. [En línea]. Available: <http://www.asemmadrid.org> [Último acceso: 2 de julio de 2017].

Anexo 1

Historia de “Blexer” (“Phiby’sadventures”) - Juego de rehabilitación

Un día en el espacio exterior una nave espacial gobernada por una raza inteligente de anfibios perdió el rumbo al ser atraído por la gravedad de un enorme planeta que se encontraba en su camino. Según avanzaban, perdían aún más el control de la nave. Sin poder evitarlo, comenzaron a atravesar la atmósfera del enorme planeta. En el interior de la nave todo era caos, no había manera de redirigir la trayectoria de la nave y comenzaba a destruirse y a perder piezas según se adentraban en el planeta.

A pocos kilómetros de la superficie se activó el aterrizaje de emergencia. De esta forma lo que quedaba de nave se dividió en los distintos módulos de pasajeros y la cabina de la tripulación. Cada una de ellas consiguió aterrizar en un lugar de ese nuevo mundo que acababan de descubrir y en el cual parecía haber vida inteligente. Nadie sufrió ningún daño, salvo la nave, la cual estaba totalmente destrozada y cuyas piezas se habían dispersado por todo el terreno.

Sin embargo, el comandante y su mujer, que se encontraban en la cabina de la tripulación, se habían separado de su futuro hijo, que aún era un huevo. Él viajaba en el módulo de las incubadoras y aterrizó en un pequeño lago.

[Se podría mostrar con un clip introductorio]

Escenario 1 – debajo del agua

A los pocos días el huevo eclosionó y salió de él un pequeño renacuajo de un color verde muy llamativo y con una especie de dibujos en la piel. En la charca se encontró con otros seres muy parecidos a él; también eran renacuajos pero tenían un color grisáceo.

El renacuajo no paró de nadar y de comer el plancton que se encontraba en el agua; estaba muy hambriento. Poco a poco notaba cómo aumentaba de peso, su cola perdía fuerza y ¡le estaban creciendo patas!

Minijuego: el jugador debe dirigir la trayectoria del renacuajo en el agua de manera que se coma el plancton que hay flotando en ella. (Este minijuego lo desarrolla Yadira Peláez.)

Movimientos corporales: El renacuajo avanza automáticamente por el agua (animado) y el jugador le dirige con el tronco hacia izquierda, derecha, arriba y abajo. Al acercarse suficientemente a un plancton, el personaje abre la boca y lo come (posible animación).

Puntuación: número de plancton comidos. Mostrar con un contador cuántos ha comido o cuántos hace falta comer para avanzar. Añadir efecto de sonido cuando come un plancton con éxito.

Parámetros de intercambio con la interfaz médica:

- El médico ajusta la cantidad de plancton a comer y la frecuencia de aparición (misma duración y velocidad del movimiento).
- La puntuación obtenida se guarda para que el médico la pueda consultar.

Se activan los siguientes motivadores:

- CD 2 - Desarrollo y logro: el jugador tiene que conseguir que el personaje coma suficiente (una cantidad configurada por el médico).
- CD 4 - Propiedad y posesión: el desarrollo de las patas son como un premio ganado, el jugador se sentirá orgulloso de ellas y querrá conseguir más desarrollo corporal.
- CD 7 - Impredictibilidad y curiosidad: el crecimiento de las extremidades es una sorpresa. El jugador aprende que pueden pasar cosas inesperadas y le despierta la curiosidad, lo que le anima a seguir “para ver qué más pasa con el personaje”.

Elementos a implementar: paisaje debajo del agua (plantas, rocas, peces, plancton...), sonido del agua, sonido a comerse un plancton.

El renacuajo estaba perdiendo fuerza debajo del agua, su cola ya no tenía tanta fuerza y su cuerpo y patas cada vez eran más grandes. Entonces llegó a la superficie y consiguió salir de la charca. Ahora tenía extremidades y podía andar sobre la superficie (PRIMERA EVOLUCIÓN). Vio que había muchos otros como él, dando sus primeros pasos, y había otros que ya se desenvolvían perfectamente en la superficie, los cuales parecían más mayores. Cuando el pequeño anfibio se acercó a unos que estaban ayudando a salir de la charca a otro chiquitín, éstos le miraron extrañados, pues nunca habían visto a ningún anfibio con ese color y esas marcas en la piel.

Escenario 2 – camino por el bosque

El pequeño anfibio caminó solo hacia una aldea (marca [2] de la figura 2) a la que se dirigían todos los demás. Miraba hacia todos lados buscando a alguien que se le pareciera, pero no encontraba a nadie como él.

Minijuego: el jugador debe controlar la trayectoria de Phiby con el tronco para que siga el camino por el bosque mientras esquiva obstáculos (árboles, rocas, hoyos...).

Llegó a una cabaña apartada del resto de la aldea. Allí en la puerta se encontraba una anciana que, sin extrañarse por la rareza del pequeño anfibio, le preguntó por qué estaba solo y dónde estaban sus padres. A lo cual el pequeño no tenía respuesta. No sabía dónde estaba ni cómo había llegado hasta allí, solo comprendía que ese no parecía ser su hogar.

La anciana le acogió en su casa y le dio alimento y cobijo.

Escenario 3 – casa de la anciana

Pasaban los días y el pequeño anfibio iba creciendo y cada vez podía ayudar en más tareas a la anciana. Solía jugar con los demás niños, pero, aunque se sentía acogido notaba un vacío dentro, como si no perteneciera a ese mundo.

Minijuego: el jugador debe ayudar en el huerto (sembrar, recoger...), buscar y cortar leña, construir herramientas... El primer minijuego que se desarrolla en este proyecto es el de cortar leña, llamado “Talar”.

Movimientos corporales: flexionar el brazo. Debe acertar al centro del tronco con el hacha para cortarlo. Los trozos talados se irán acumulando detrás del tronco que está talando.

Puntuación: Número de hachazos acertados y la cantidad de trozos del tronco talado. También se puede calcular el tiempo que ha invertido para completar el minijuego.

Parámetros de intercambio con la interfaz médica:

- El médico ajusta el número de trozos del tronco que debe conseguir talando.

Se activan los siguientes motivadores:

- CD 2 - Desarrollo y logro y CD 5 - Influencia social y relaciones: el jugador tiene que terminar el montón y contentar a la anciana.
- CD 6 - Escasez e impaciencia: el usuario quiere conseguir la madera rápido para contentar a la anciana que quiere calentar su casa, para que la anciana le traiga comida y para poder seguir su camino.
- CD 7 - Impredictibilidad y curiosidad: pueden ocurrir pequeños detalles, por ejemplo, cuando ya ha talado cierta cantidad sale humo de la chimenea de la cabaña. Si lleva mucho tiempo jugando y no consigue talar muchos trozos, puede aparecer la anciana a su lado tiritando por el frío (pero sin desmotivar al jugador). La anciana podría decir, por ejemplo: “coge otro, ese es muy duro”, y se cambia el tronco por otro que sí se parte enseguida.

Elementos a implementar: árboles, cabaña, trozos de madera grandes y partidos, hacha, anciana, sonidos de dar a la madera sin cortar y cortándola, habla de la anciana, animación de la anciana, animación de talar el tronco...

Cada vez era más diferente a los demás; le habían crecido los dedos de las manos y los pies, y tenía cinco en vez de tres como todos. (DESARROLLO DE LOS DEDOS)

Un día que estaba en el bosque buscando ramitas secas para hacer una hoguera, descubrió algo nuevo. Había unas pisadas que le resultaron familiares. Se veía perfectamente la huella de un pie con cinco dedos. ¡Alguien como él había estado por ahí! Entusiasmado fue corriendo a la cabaña a contárselo a la anciana. Ella le dijo que siguiera las huellas y buscara a su familia. Y así lo hizo: le dio las gracias a la anciana por haberle cuidado y se puso en marcha.

Escenario 4 – trepar un árbol

Phiby observa que las huellas se adentran en el bosque y para ver hacia dónde se dirigen decide subir al árbol más alto que encuentra.

Minijuego: el jugador debe trepar el árbol para poder ver el camino que marcan las huellas. (Este minijuego lo desarrolla Yadira Peláez.)

Movimientos corporales: subir y bajar ambos brazos alternativamente imitando el movimiento de escalar. Debe alzar los brazos a una altura determinada para conseguir que el personaje se mueva.

Puntuación: Se calcula el tiempo que ha invertido para trepar un árbol de altura X en el que es necesario realizar X veces el movimiento mencionado.

Parámetros de intercambio con la interfaz médica:

- El médico ajusta el ángulo de levantamiento de los brazos que equivale a alzar los brazos hasta una cierta altura. También podría indicar el número de veces que debe realizar el paciente este movimiento, lo que correspondería con trepar un árbol de cierta altura.
- El tiempo que se ha tardado en completar el minijuego se puede guardar para que la consulte el médico.

Se activan los siguientes motivadores:

- CD 2 - Desarrollo y logro: el jugador tiene que conseguir que el personaje llegue a la cima del árbol.
- CD 4 - Propiedad y posesión: el desarrollo de los dedos de sus patas son como un premio ganado que le ha dado nuevas habilidades (trepar, remar, construir herramientas...). El jugador se sentirá orgulloso y querrá conseguir más desarrollo corporal.
- CD 6 - Escasez e impaciencia: el usuario quiere llegar lo antes posible a la cima para descubrir hacia dónde se dirige esta vez.
- CD 7 - Impredictibilidad y curiosidad: cuanto más trepa y más se aleja del suelo, más terreno alcanza a ver. El jugador querrá llegar lo más alto posible para poder descubrir nuevas partes del mapa y saber a dónde llevan las pisadas.

Escenario 2 – camino por el bosque

Una vez Fibi vislumbra el camino que marcan las huellas y ve que se dirigen hacia el lago, se adentra en el bosque siguiendo las pisadas. Y tras un buen rato caminando por un sinuoso tramo llegó hasta lo que parecía un pequeño campamento. Allí encontró una hoguera ya apagada, restos de frutos y una cabaña hecha con hojas. Estaba claro: ¡los dueños de las huellas habían estado ahí! Y parecía que solo estaban de paso... Debían de dirigirse a algún lado porque las pisadas continuaban adentrándose en el bosque hacia el lago.

Minijuego: el jugador debe controlar la trayectoria de Phiby con el tronco para que siga las huellas por el bosque mientras esquiva obstáculos (árboles, rocas, hoyos...).

Escenario 5 – campamento

Pero antes de continuar el rastro Phiby decidió investigar la zona y buscar ramas para la hoguera y algo de comida.

Minijuego: el jugador tendrá que buscar X ramas y tendrá que volver al campamento para encender el fuego, luego tendrá que trepar por los árboles de la zona para conseguir X frutos. La zona de investigación estará limitada y en ella se encontrará un coleccionable (1/9 cajas negras) que servirá para aumentar el nivel del personaje y desbloquear habilidades (aprender a crear ropa, herramientas...).

Tras encender una hoguera, fue a recoger unos cuantos frutos y por el camino vio algo con un color muy llamativo entre unos arbustos. Se acercó para ver qué era eso... Era una caja roja muy extraña. En cuanto la cogió con sus manos la caja comenzó a reproducir un holograma de un ser muy parecido a él que hablaba sobre una nave y sobre otros seres cómo él.

[Las cajas negras van introduciendo pequeñas historias –que podrían mostrarse a través de videoclips– sobre el planeta de origen de Phiby, sus habitantes y lo ocurrido en la nave. De esta manera se motiva al paciente a continuar jugando para conseguir todos los coleccionables y descubrir toda la historia.]

Ya lo entendía: esa caja era una caja negra (1/9) de uno de los módulos de una gran nave que, al parecer, se había estrellado en ese planeta. Quizás él viajaba en esa nave, eso explicaría su parecido con esos seres y su sensación de no encajar en este mundo. Además, eso quería decir que había más gente como él perdidos en este planeta. ¡No estaba solo! Y se dirigía por el camino correcto para reencontrarse con ellos y terminar de comprenderlo todo.

Escenario 2 – camino por el bosque

Continuó caminando por el bosque siguiendo el rastro de las pisadas hasta que llegó a otro pequeño campamento. Él estaba en lo cierto: había más seres como él y se dirigían a algún sitio.

Minijuego: el jugador debe controlar la trayectoria de Phiby con el tronco para que siga las huellas por el bosque mientras esquivo obstáculos (árboles, rocas, hoyos...).

Escenario 6 – remar para atravesar el lago

Por fin llega a la orilla del lago en el que nació, pero ya no tiene la misma habilidad que antes para atravesarlo a nado. Así que decide construirse una barca y remar hasta el otro lado. [Posible minijuego de construir la barca que activaría el motivador CD 3 – Fuerza por creatividad y realimentación: el jugador ha desarrollado la habilidad de construir una barca y según aumente de nivel, el personaje evolucionará y desarrollará nuevas habilidades.]

Minijuego: el jugador debe remar para conseguir llegar hasta la otra orilla del lago. Este minijuego se desarrolla en este proyecto y se llama “Remar”.

Movimientos corporales: el jugador debe estirar y flexionar ambos brazos hacia adelantey a la vez (imitando el movimiento de remar) para conseguir que la barca avance X distancia hasta la otra orilla del lago.

Puntuación: Se calcula el tiempo que ha invertido en recorrer X distancia para llegar a la otra orilla

Parámetros de intercambio con la interfaz médica:

- El médico configura la distancia que hay que recorrer remando.
- El tiempo que se ha tardado en completar el minijuego se puede guardar para que la consulte el médico.

Se activan los siguientes motivadores:

- CD 2 - Desarrollo y logro: el jugador tiene que conseguir que el personaje llegue a la otra orilla del lago.
- CD 6 - Escasez e impaciencia: el jugador querrá llegar lo más rápido posible a la orilla del lago para poder descubrir qué le espera al otro lado, ¿habrá otro coleccionable?...

Al llegar a la otra orilla encontró la continuación del rastro de las pisadas y decidió seguirlo. Se adentraba en un entorno selvático, muy distinto al bosque al que estaba acostumbrado, y con nuevos recursos que podía aprovechar.

Mientras seguía las huellas iba recogiendo hojas y lianas para hacerse algo de ropa. También cogió ramas y piedras para crear un hacha y talar algo de madera para hacer una buena hoguera.

Minijuego: el jugador aumentó de nivel al encontrar el primer coleccionable (1/9), ahora tendrá que buscar ramas y piedras para construir un hacha y talar un árbol. Además ya es capaz de construir una camiseta, así que buscará hojas grandes y lianas en los árboles para hacerse una. En este minijuego se ejercitaría el estiramiento de los brazos a los lados. El entorno se correspondería con el escenario 8, pero el ejercicio a realizar varía.

Escenario 7 – agujero

Mientras caminaba por la zona encontró un enorme agujero y una cuerda atada en el borde y que descendía hasta el fondo. Sin pensárselo dos veces, comenzó a descender por la cuerda.

Minijuego: el jugador tiene que descender por la cuerda mientras esquiva salientes de la pared hasta llegar al fondo del agujero. Tendría el mismo funcionamiento que el minijuego de “trepar el árbol” del escenario 4, pero descendiendo (los movimientos serían al revés).

Cuando llegó al fondo encontró restos de lo que parecía ser uno de los módulos de la nave y entre ellos encontró otra caja negra (2/9). En cuanto la tuvo en sus manos apareció un holograma de uno de estos seres relatando de qué cabina se trataba, en qué posición de la nave iba y quiénes iban a bordo. También hablaba del destino al que se dirigían en un principio antes de estrellarse: su planeta.

Phiby estaba entusiasmado con toda esa información, pues cada vez tenía más ganas de reencontrarse con los suyos.

Minijuego: el jugador tiene que ascender por la cuerda hasta llegar a la superficie. Este minijuego tendría un funcionamiento semejante al del minijuego de “trepar el árbol” del escenario 4.

Escenario 8 – camino por la selva

Volvió a su base a descansar y al día siguiente continuó la ruta que marcaban las huellas.

Minijuego: al igual que en el minijuego de “camino por el bosque” del escenario 2, el jugador debe controlar la trayectoria del anfibio con el tronco para que siga las huellas mientras esquiva obstáculos (árboles, rocas, hoyos...), pero esta vez en un entorno diferente.

Escenario 5 – campamento

Llegó a un campamento mucho más grande que los anteriores, pero en él tampoco había nadie; ya se habían ido.

Investigando la zona encontró un pozo, así que decidió coger algo de agua para hidratarse.

Minijuego: el jugador tiene que tirar de la cuerda del pozo para sacar el cubo de agua.

Después subió a un árbol para recoger unas cuantas hojas y lianas para hacerse unos pantalones.

Minijuego: con el anterior coleccionable (2/9) subió de nivel y aprendió a hacerse unos pantalones, el jugador tiene que trepar un árbol para recoger los materiales necesarios.

Ya vestido, fue a talar un árbol para hacer una hoguera con la madera.

Minijuego: el jugador tiene que usar el hacha que fabricó para talar un árbol

Phiby reanudó la marcha siguiendo las huellas que habían dejado sus compañeros; cada vez había más.

...

Podría pasar a una zona de campo con distintos árboles y cultivos de zanahorias (minijuego para ejercitar los brazos y coleccionable 3/9 – aprende a fabricar una caña de pescar). Con el tercer coleccionable podría evolucionar (SEGUNDA EVOLUCIÓN) y luego ir a una zona cerca del río donde podría pescar peces (minijuego para ejercitar los brazos).

Pasar al otro lado saltando de roca a roca (minijuego para ejercitar las piernas) y encontrar otra caja negra en la ladera de una montaña (minijuego para ejercitar los brazos de recoger zanahorias o maíz y coleccionable 4/9 – aprende nueva habilidad).

Escenario 7 – agujero

Continúa por la montaña (minijuego para ejercitar el tronco de controlar la trayectoria del personaje para que siga las huellas por la montaña mientras esquiva obstáculos (árboles, rocas, hoyos...)) y descubre un profundo agujero, desciende (minijuego) y encuentra dos cajas negras (coleccionables 5/9 y 6/9 – aprende a fabricar un martillo y un ala delta). Con el sexto coleccionable podría tener lugar la última evolución de Phiby (TERCERA Y ÚLTIMA EVOLUCIÓN).

Sube la montaña (minijuego) y arriba busca lianas y madera (minijuego) para fabricar un ala delta. Desciende la montaña por el otro lado (hacia la costa) desde lo alto en ala delta (minijuego volar).

Llega a la costa y camina hasta un campamento. Recorrerá la playa investigando la zona (minijuego, a lo largo de la playa hay cocoteros, deberá trepar a ellos y coger sus cocos). Al final de la playa encontrará dos módulos estrellados y sus respectivas cajas negras (coleccionables 7/9 y 8/9 – aprende a fabricar un sombrero).

Trepa a una palmera para coger hojas y se fabrica un sombrero (minijuego). También tala algunos árboles para poder construir una barca con la madera (minijuego).

Cuando ya tiene la barca sube a ella y comienza a remar hasta la isla del volcán (minijuego).

Cuando llega la isla la encuentra desierta. Esperaba verla llena de anfibios como él, pero no hay nadie. Encuentra un rastro de huellas y lo sigue ansioso. Las pisadas le llevan hasta donde se estrelló la cabina de la tripulación de la nave y allí encuentra su caja negra (coleccionable

9/9 – completa el puzle que forman los coleccionables, es el símbolo que le caracteriza (marca de nacimiento)).

Esta caja le desvela imágenes de la tripulación y reconoce a sus padres por tener la misma marca que él en la cara. Decide ir en su búsqueda y se adentra en un pequeño bosque siguiendo muchas pisadas (minijuego).

Las huellas le llevan hasta la entrada de una cueva que continúa hasta el interior del volcán. El camino que sigue desemboca en una gran sala donde encuentra anfibios como él. Los había mayores y más jóvenes y de un color verdoso como él. Cada uno tenía una marca en la piel que les caracterizaba. Comienza a buscar a dos anfibios con el mismo símbolo que el suyo, a sus padres.

Les encuentra cerca de una gran nave que todos los anfibios están ayudando a construir. Sus padres le reconocen y corren a reencontrarse.

El último minijuego sería ayudar a terminar de construir la nave.

Todos los anfibios suben a la nave y vuelven a su planeta.

Anexo 2

Presupuesto

A continuación, se elabora un presupuesto de los costes generales del presente proyecto, donde se ha tenido en cuenta tanto la tecnología empleada, como las horas de trabajo dedicadas al desarrollo y redacción del proyecto.

El coste del material utilizado es:

- Sensor Kinect 360 comercializado por Microsoft: 120 €
- Adaptador de Microsoft Kinect 360 para PC Windows: 20 €
- Ordenador del CITSEM con las siguientes características:
 - Dell Precision Tower 3620 Ci7 (1195 €):
 - Intel Core i7-7700 (Quad Core 3.6GHz, 4.2Ghz Turbo, 8MB, w/ HD)
 - Memoria de 16 GB (1x16Gb) 2400MHz DDR4
 - Discos: 512GB SSD 2.5 inch SATA 6Gb/s + Controladora SATA 6Gb/s RAID 0/1/5 (4 puertos)
 - Controlador Grafico: HD Graphics 530 + 4GB NVIDIA Quadro K1200, (4 mDP) (4 adaptadores de mDP a DP)
 - Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
 - Windows 10 Pro 64-bit Edition
 - Fuente alimentación 365 W
 - Dell Optical Mouse-MS116
 - Teclado multimedia Dell-KB216 - español (QWERTY) - negro
 - Windows 10 Pro OS Recovery 64bit
 - 3 Años de Garantía Next Business Day Service
 - Monitor ACER 24"K240HQ (123 €):
 - Led 24" 1920 x1080 FHD 6ms. 300 cd/m2 100000:1

El coste total del material empleado es: 1458 €

El coste del personal es:

Teniendo en cuenta que el coste medio aproximado de un jefe de proyecto recién graduado en ingeniería de telecomunicación es de 40 €/hora, y que la realización de este proyecto ha supuesto una dedicación de alrededor de 1075 horas. El coste del personal es aproximadamente de 43000 €.

Por lo tanto, el coste total del proyecto es de 44458 €.