



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**VIDEOJUEGO EDUCATIVO PARA DESARROLLAR CONCIENCIA
ECOLÓGICA EN JÓVENES NO VIDENTES**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

MATÍAS IGNACIO APOLONIO LORENZO

**PROFESOR GUÍA:
JAIME SÁNCHEZ ILABACA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
SERGIO OCHOA DELORENZI
BÁRBARA POBLETE LABRA**

SANTIAGO DE CHILE

2015

Resumen

El mundo actual está marcado por el impacto que la actividad del ser humano causa en el planeta. El ritmo y estilo de vida que llevan las personas no puede continuar en el tiempo y a la vez asegurar un futuro de calidad para las generaciones futuras.

Es importante apoyar los movimientos educacionales que busquen generar conciencia sobre el cuidado del medio ambiente y cambios en los hábitos de las personas que favorezcan un futuro sustentable. Esta acción debe involucrar a la humanidad como un todo, ya que es un problema global.

Las personas ciegas se encuentran tras una barrera en este sentido. Desde un punto de vista inclusivo, es relevante y de responsabilidad social acercar a esta minoría a la información y educación medio ambiental, con el fin de hacerla parte del movimiento.

Para ello, el autor propuso como solución un videojuego educativo diseñado especialmente para jóvenes con ceguera total o parcial. La decisión de desarrollar un videojuego educativo yace en el potencial de aprendizaje existente al generar una experiencia lúdica e inmersiva en los usuarios finales.

El software cuenta con interfaces basadas en audio, el cual es entregado como retroalimentación para cada acción realizada, con un sistema de navegación de escenarios tridimensionales apoyado en audio espacial y un sistema de orientación y movimiento construido sobre casilleros que el jugador puede visitar en el mundo virtual.

Para la interfaz de entrada se seleccionó la utilización de un gamepad con el fin de evitar errores por parte del usuario al buscar o asociar botones con acciones del juego.

Se validó el sistema mediante un estudio de impacto cognitivo y una evaluación de usabilidad con una muestra de usuarios finales. Ambos arrojaron resultados positivos: el videojuego fue capaz de desarrollar conciencia medioambiental en los jugadores, aportar conocimientos y afectar la apreciación de este grupo sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, además de generar una experiencia satisfactoria para ellos.

Junto a lo anterior se identificaron puntos a tener en cuenta para realizar mejoras en el software en un trabajo futuro, como las interfaces visuales, nivel de desafío, interfaz de entrada, entre otras, y surgieron propuestas de investigación interesantes referentes a otros usos del sistema, ya sea para educar respecto a otras áreas de conocimiento o para mejorar habilidades de orientación y movilidad en personas ciegas.

Tabla de Contenido

Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Problema.....	1
1.3. Motivación	2
1.4. Alternativas analizadas, alternativa escogida.....	2
1.5. Descripción general de la solución	4
1.6. Resultados de la solución implementada para resolver el problema.....	5
Capítulo 2: Marco Teórico	6
2.1. Soluciones existentes	6
2.1.1. Tecnología y educación medioambiental	6
2.1.2. Tecnología y educación en personas ciegas	9
2.2. Prácticas sustentables	12
2.3. Metodología de desarrollo	13
Capítulo 3: Especificación del Problema	15
3.1. Descripción detallada del problema a resolver.....	15
3.2. Relevancia de contar con una solución.....	16
3.3. Requisitos específicos	17
3.3.1. Requisitos de usuario	17
3.3.2. Requisitos de software.....	18
3.4. Características de calidad.....	20
3.5. Criterios de aceptación.....	20
Capítulo 4: Descripción de la Solución	22
4.1. Metáfora	22
4.1.1. Argumento.....	22
4.2. Plataforma de desarrollo	25
4.3. Arquitectura del software	25
4.3.1. Árbol de decisión.....	25
4.3.2. Mecánica del videojuego.....	27
4.3.3. Arquitectura lógica.....	28
4.4. Arquitectura de sistema	33

4.5.	Diseño de la interfaz usuaria	34
4.5.1.	Interfaz de entrada	34
4.5.2.	Interfaz de salida.....	36
4.6.	Justificación del diseño	38
Capítulo 5: Validación y Evaluación de Usabilidad		42
5.1.	Muestra.....	42
5.2.	Instrumentos.....	42
5.3.	Tareas	44
5.4.	Equipos.....	45
5.5.	Procedimiento	46
5.6.	Resultados y análisis	47
5.6.1.	Impacto cognitivo	47
5.6.2.	Usabilidad	52
Capítulo 6: Conclusiones		57
6.1.	Lecciones aprendidas.....	59
6.2.	Trabajo futuro	61
Capítulo 7: Bibliografía		62
Capítulo 8: Anexos		67
Anexo A:	Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua	67
Anexo B:	Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental	69
Anexo C:	Cuestionario de evaluación de usabilidad	71
Anexo D:	Lista de participantes	75
Anexo E:	Tabla de indicadores de preguntas del cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua	75
Anexo F:	Resultados del cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua en el pretest..	75
Anexo G:	Resultados del cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua en el post test	78
Anexo H:	Tabla de indicadores de aseveraciones del cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental	80
Anexo I:	Resultados del cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental en el pretest ...	81
Anexo J:	Resultados del cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental en el post test	82
Anexo K:	Resultados de la evaluación de usabilidad	83

Índice de Tablas

TABLA 1: INDICADORES PARA CADA ACCIÓN EN LA INTERFAZ DE ENTRADA	35
TABLA 2: PARTICIPANTES DEL ESTUDIO	75
TABLA 3: PREGUNTAS DEL "CUESTIONARIO DE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL Y CUIDADO DEL AGUA"	75
TABLA 4: RESULTADOS DEL "CUESTIONARIO DE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL Y CUIDADO DEL AGUA" EN EL PRETEST	77
TABLA 5: RESULTADOS DEL "CUESTIONARIO DE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL Y CUIDADO DEL AGUA" EN EL POST TEST	79
TABLA 6: PREGUNTAS DEL "CUESTIONARIO DE APRECIACIÓN SOBRE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL"	80
TABLA 7: RESULTADOS DEL "CUESTIONARIO DE APRECIACIÓN SOBRE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL" EN EL PRETEST	81
TABLA 8: RESULTADOS DEL "CUESTIONARIO DE APRECIACIÓN SOBRE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL" EN EL POST TEST	82
TABLA 9: INDICADORES DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD	83
TABLA 10: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD	84
TABLA 11: INDICADORES DE PREGUNTAS ABIERTAS DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD	84
TABLA 12: RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS ABIERTAS DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD	86

Índice de Ilustraciones

FIGURA 1: CAPTURAS DE ENERCITIES, CLIM'WAY, ENERGY CITY Y WINDFALL.....	7
FIGURA 2: PROCESOS PRINCIPALES EN EL CICLO DE DESARROLLO.....	13
FIGURA 3: DIAGRAMA RESUMEN DE ÁREA DE LA SOLUCIÓN	15
FIGURA 4: ÁRBOL DE DECISIÓN DEL VIDEOJUEGO	26
FIGURA 5: ARQUITECTURA LÓGICA	32
FIGURA 6: ARQUITECTURA DE HARDWARE.....	33
FIGURA 7: OPCIONES DE INPUT	35
FIGURA 8: MAPEO ENTRE ACCIONES DEL JUEGO Y BOTONES DEL GAMEPAD	36
FIGURA 9: CAPTURA DEL VIDEOJUEGO	37
FIGURA 10: CAPTURA DEL MENÚ DE MOCHILA EN EL VIDEOJUEGO.....	38
FIGURA 11: ESCENARIO NAVEGABLE VOXELS VISIBLES.....	40
FIGURA 12: INFO-VOXELS DEL ESCENARIO	41
FIGURA 13: PARTICIPANTE DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD	45
FIGURA 14: CAPTURA DE ESCENA TUTORIAL.....	47
FIGURA 15: PRIMERA MITAD DE LOS RESULTADOS DE APRECIACIÓN SOBRE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL.....	51
FIGURA 16: SEGUNDA MITAD DE LOS RESULTADOS DE APRECIACIÓN SOBRE CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL.....	51
FIGURA 17: PRIMER TERCIO DE LOS RESULTADOS DE USABILIDAD.....	53
FIGURA 18: SEGUNDO TERCIO DE LOS RESULTADOS DE USABILIDAD	53
FIGURA 19: TERCER TERCIO DE LOS RESULTADOS DE USABILIDAD.....	53

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

Hoy en día vivimos en un mundo en el que la actividad humana ha alcanzado niveles muy altos de impacto en el planeta. El crecimiento que ha tenido la población mundial en el último par de siglos [1], junto con el interés comercial que trae consigo, ha provocado tal demanda de recursos naturales que se ha superado el punto de renovación de los mismos, es decir, la tierra regenera sus recursos a un ritmo inferior al que son explotados [5]. Además, la explotación de recursos produce efectos nocivos para el planeta, como son la disminución de biodiversidad en algunas zonas, muerte de arrecifes de coral, calentamiento global y alteraciones en el ciclo de nitrógeno [2][3].

Estos efectos tienen diversas causas, todas relacionadas a la actividad humana en la tierra, como por ejemplo el avance tecnológico, la agricultura, las industrias energéticas, elaboración de ciertos productos, minería, transporte y guerras [2]. Una gran parte de la población es consumidora de servicios relacionados a las actividades mencionadas, más que estar involucrada directamente en su producción.

Considerando lo anterior, las personas pueden realizar un importante aporte a la meta de contrarrestar el impacto de la actividad humana y disminuir la demanda de servicios responsables de la explotación de recursos. Esto es posible mediante la adquisición de conciencia medioambiental y la adopción de comportamientos ecológicamente sustentables, ambos puntos considerados pilares fundamentales en el camino hacia construcción de un futuro sustentable para el planeta. No basta con tener conocimiento del daño provocado y cómo evitarlo, es necesario cambiar el comportamiento de las personas [4].

Es por ello que en las últimas décadas se ha puesto en boga la difusión de información y enseñanza de hábitos eco-amigables, junto con la proliferación y crecimiento de movimientos ambientalistas. Estos movimientos buscan cambiar la mentalidad de las personas, generar interés en el medio ambiente y su futuro, y, en general, llevar al mundo a un funcionamiento sustentable [7].

Una potente herramienta para la difusión de ideas y conocimientos, y en general como herramienta educativa, ha sido la tecnología. Respecto a esto, el uso de videojuegos ha formado parte del cumplimiento de este objetivo en los niños, ya que genera interés en ellos y les facilitan la construcción de conocimientos a través de una experiencia lúdica [6][34].

1.2. Problema

A pesar de lo anterior, existe un grupo de personas que ha estado alejado de los puntos de foco de dichos movimientos: el de la población con ceguera total o parcial, dado el alto grado de dependencia que tienen los medios de difusión tecnológicos con la capacidad visual los receptores.

En este trabajo de memoria se propone una herramienta de software educativo, en particular un videojuego, diseñado para personas con discapacidad visual, que genere en los usuarios finales conciencia medioambiental y refuerce o provoque cambios en el comportamiento de las personas de manera que adquieran hábitos amigables con el medio ambiente, acordes a un desarrollo sustentable.

1.3.Motivación

Como se ha mencionado, el planeta tierra ha sido afectado negativamente por la actividad humana, de manera creciente, a través de su historia y esto sigue ocurriendo actualmente. Existen movimientos de cambio que buscan contrarrestar este efecto y así poder asegurar un futuro viable para las siguientes generaciones.

La educación medioambiental es un instrumento fundamental en la construcción de un futuro amigable y equilibrado entre el ser humano y el planeta, para el cual se busca como fin último que el hombre logre habitar la tierra de manera sustentable, con un consumo de recursos naturales por debajo del límite en el que alcanzan a renovarse y con un impacto mínimo en la naturaleza.

En este aspecto, es de vital importancia que todas las personas sean educadas con respecto a la ecología y los recursos naturales, de manera que comprendan las consecuencias de sus acciones y puedan tomar decisiones informadas, adquiriendo un comportamiento que favorezca al medio ambiente y la prevalencia del ser humano en la tierra.

Es en ese contexto que no se puede dejar de lado a todos los componentes de la sociedad, incluyendo a los individuos con ceguera total o parcial, quienes deben ser incorporados e incluidos al movimiento. La meta de construir un futuro sustentable para la humanidad es tan importante que es necesario integrar a la población como un todo, incluyendo a las minorías.

Lamentablemente, hoy en día esto no se cumple. Las personas con discapacidades visuales no forman parte del público objetivo al que se dirigen las propagandas a favor del cuidado medioambiental, lo mismo ocurre con la mayoría de los medios masivos de comunicación.

La motivación de este trabajo de memoria es paliar este problema utilizando la tecnología como un medio para generar aprendizajes y comportamientos a favor del medio ambiente, en el marco de la educación medioambiental, para niños con ceguera total o parcial. Con tal fin, se construyó un videojuego educativo basado en audio especialmente diseñado para personas con estas características.

1.4.Alternativas analizadas, alternativa escogida

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una investigación respecto a las soluciones existentes para el problema planteado, así como también otras alternativas que pudieran cumplir con el objetivo.

Básicamente existen dos grandes áreas de interés en este respecto: tecnología utilizada para generar aprendizajes y comportamientos a favor del cuidado del medio ambiente, y tecnología diseñada para usuarios ciegos.

Dentro de la primera área mencionada existe otra subdivisión que debió ser considerada: la tecnología usada con fines educativos, es decir, con el objetivo de generar aprendizajes, y la tecnología ubicua y persuasiva, que busca generar cambios en el comportamiento de los usuarios.

Las alternativas analizadas relativas a tecnología educativa, centrada en la creación de conocimientos para el cuidado del medio ambiente, consistieron principalmente en videojuegos del género “simuladores de dios”, en el cual el usuario interpreta a una fuerza superior que controla diversos aspectos y toma de decisiones sobre el desarrollo de ciudades, pueblos u hogares, sin tomar el papel de un personaje en particular, como por ejemplo *Sims 2*, *SimCity 4*, *Energycities*, *ClimWay*, *Energy City*, *Windfall*, *Dumpton* y *The Power House* [22][23][24][25][26][27][28][10]. En este tipo de videojuegos se añade la componente ambiental, de manera que las decisiones tomadas tienen un impacto sobre el medio ambiente, buscando así hacer que el usuario asocie su propio estilo de vida o su propio entorno con lo que le sucede al medio ambiente y al planeta.

Otras alternativas pertenecen al género de estrategia, como por ejemplo *The Fish Game*, *Climate Challenge* y *BioHarmonious* [30][31][33] en las que es requerido que el usuario satisfaga las necesidades de personajes virtuales, cuyo cumplimiento afecta al medio ambiente, sin romper el equilibrio con la naturaleza.

Por último, existen otras pocas alternativas pertenecientes a géneros diversos, como *Waste Busters* o *Enviro Boarder* [29][32], donde el jugador debe cumplir objetivos dentro de un guión presentado, y, a través del desarrollo de la historia, el jugador adquiere conocimientos.

Dentro de las alternativas pertenecientes a tecnología ubicua y persuasiva se encontró un grupo de videojuegos y aplicaciones muy similares en su mecánica: los usuarios deben alimentar el software con información real referente a las acciones que realizan en sus vidas cotidianas, como medios de transportes usados, energía eléctrica consumida, uso de agua, etc., para luego recibir un feedback por parte del software que aliente o disuada sus acciones. Ejemplos de esto son *Power Agent*, *EcoIsland*, *Power House*, *Polar Bear*, *Makahiki* y *MatkaHupi* [47][9][48][8][49][51].

En lo que respecta a las alternativas analizadas en tecnología diseñada para personas ciegas, fueron encontrados diversos tipos de software, tanto en contenido y finalidad como en interfaces de interacción.

Existen aquellos cuya finalidad es generar aprendizajes espacio temporales en los usuarios, como *Audio Doom*, *AbES*, *MOVA3D*, *MOVAWII* y *Audio Haptic Maze* [15] [36] [17] [41] [39]. Estos software tienen en común la utilización de audio espacial como parte de la interfaz de salida, incluido a ello presentan una mecánica que permite al usuario navegar por espacios virtuales conociendo su orientación y la recepción de feedback indicando la posición de otros objetos.

Otra línea es la de videojuegos adaptados para personas ciegas, como *Audio Space Invaders*, *Finger Dance*, *Blind Hero*, *Haptic Sudoku*, *AudioQuake* [37][62][54][58][60], o en el caso de [45], un motor que permite adaptar juegos del género point-and-click para ser usados por personas ciegas. Estos sistemas se diferencian de los primeros en su finalidad, ya que no buscan generar aprendizajes, sino más bien causar satisfacción en el usuario.

Similar a lo anterior aparecen alternativas que buscan integrar usuarios videntes con usuarios ciegos, por lo que sus interfaces intentan satisfacer a ambos grupos de usuarios. Ejemplos son *Viaje a Anatomía* y *AudiOdyssey* [14][59].

Otras habilidades que se busca desarrollar en los usuarios ciegos son, por ejemplo, la de resolución de problemas, matemáticas o incluso mejora del estado físico. Ejemplos de esto son *AudioChile*, *AudioMath* y *Eyes-Free Yoga* [13][44][56].

En las interfaces utilizadas en los ejemplos mencionados se utiliza como salida el audio, principalmente espacial, acompañado opcionalmente en conjunto con háptica ya sea en forma de vibración, force feedback o diferencias de textura. Como entrada aparece el uso de teclado, mouse, joysticks, pantalla táctil, Wii Remote, Microsoft Kinect, Novint Falcon, entre otros.

Dados los datos obtenidos de las alternativas analizadas, se escogió desarrollar un videojuego educativo de tipo similar al género RPG, en el cual se desenvuelve una historia del que el jugador debe formar parte tomando control de un protagonista. Este personaje deberá recorrer distintos escenarios tridimensionales e interactuar con personajes y objetos con el fin de resolver un problema central en el guión.

Como interfaz de interacción se escogió como entrada el uso de un gamepad (tipo de joystick), mientras que para la salida se utilizó audio espacial a través de audífonos, lo que permite al jugador ubicarse a sí mismo y a los demás objetos y personajes dentro del escenario virtual. A esto se suma la entrega de feedback auditivo para cada acción realizable dentro de los menús del software.

1.5. Descripción general de la solución

Se desarrolló un videojuego educativo para PC usando el motor Unity 3D. Este videojuego comparte ciertas características con videojuegos pertenecientes al género RPG. Se presenta un mundo tridimensional en el cual existen personajes y objetos con los cuales deberá interactuar el protagonista, y así desenvolver una historia centrada en resolver un problema principal: salvar a un grupo de pudúes que se encuentran débiles y enfermos.

El software fue diseñado pensando en usuarios finales con ceguera parcial o total, por lo que se puso énfasis en generar interacciones que no dependieran del canal visual. Es por ello que tanto los menús como las conversaciones o cualquier tipo de texto presentado en el videojuego son convertidos a salida de audio a través de un sistema *text to speech* [16]. Junto a esto último, se incluye una mecánica de juego que permite al usuario conocer dónde está el protagonista, qué tiene a su alrededor, qué hay más adelante, a qué distancia está lo que se encuentra más adelante y hacia dónde está mirando. Esto gracias

a un sistema de “sonar” que fue desarrollado basándose en la investigación realizada a trabajos anteriores.

El control del protagonista se realiza a través de un gamepad, alternativa seleccionada debido al mayor grado de prevención de errores en el input que ofrece en comparación al teclado de PC. Aun siendo posible jugar utilizando sólo el teclado.

En cuanto al contenido del videojuego, es importante mencionar que la historia se desenvuelve teniendo como tema central el cuidado del medio ambiente. Comienza cuando el protagonista descubre, al interior de un bosque, a un grupo de pudúes enfermos y en peligro debido a la contaminación y explotación de recursos ejercida para satisfacer las necesidades de una ciudad vecina. El protagonista deberá convencer a los habitantes de la ciudad para que cambien sus hábitos y lleven así una vida más sustentable. Las mismas acciones del protagonista pueden afectar al medio ambiente, por lo que el jugador debe comprender los problemas atacados y cómo solucionarlos para poder terminar el juego.

1.6.Resultados de la solución implementada para resolver el problema

Para validar la solución de software desarrollada se realizó un estudio de impacto cognitivo y una evaluación de usabilidad con usuarios finales. Con el primero se obtuvo una medición sobre los aprendizajes y cambios en la apreciación de los jugadores producto de la interacción con el videojuego, mientras que la segunda midió la satisfacción de los usuarios, en varias dimensiones, al utilizar el videojuego.

De los resultados se concluyó que efectivamente es posible generar aprendizajes relativos al cuidado del medio ambiente y cambios en la apreciación que tienen los usuarios respecto a la importancia de proteger la naturaleza. Junto a esto, el videojuego obtuvo una alta aceptación y estima por parte de los usuarios, quienes se sintieron muy satisfechos con el videojuego, su mecánica, sus sonidos y en general con su diseño orientado especialmente para ellos.

Entre las lecciones aprendidas gracias a los resultados se encuentran, por ejemplo, la necesidad de incluir un nivel apropiado de desafío para mejorar la inmersión de los jugadores, ofrecer distintos niveles de dificultad, utilizar una interfaz de entrada especialmente diseñada para personas ciegas y dedicar tiempo y recursos a la interfaz visual, a pesar de la condición de los usuarios.

De todas maneras, el videojuego se considera validado como solución al problema y presenta un punto de partida para nuevas investigaciones y desarrollos tanto enfocados en la ecología como en otras áreas del conocimiento o incluso para la mejora de habilidades de orientación y movilidad. El trabajo marca un precedente para futuros estudios.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Soluciones existentes

Dado que el interés de este trabajo de memoria es combinar dos áreas en las que se ha usado la tecnología, como son el uso de software para construir conocimientos y/o generar comportamientos, y desarrollo de habilidades en personas ciegas a través de videojuegos, la investigación bibliográfica se ha centrado en ambos aspectos.

2.1.1. Tecnología y educación medioambiental

En el área de uso de la tecnología para construir un futuro sustentable se pueden encontrar dos variantes principales: la educación medioambiental, entendida como la construcción de conocimientos en el usuario, y la computación persuasiva y ubicua [19], que busca generar cambios en el comportamiento de los usuarios.

2.1.1.1. Educación medioambiental

Dentro de lo que es construcción de conocimientos se puede encontrar, por ejemplo, estudios realizados sobre juegos comerciales como Sims 2 [22] y SimsCity 4 [23]. En el primero [20], se pide a estudiantes que satisfagan las necesidades de avatares que habitan en un hogar, intentando consumir el mínimo de energía posible y adquiriendo para ello los productos que mejor concuerden con un desarrollo sustentable, esto acompañado de reflexiones y enseñanzas guiadas por tutores. En el segundo [21], estudiantes utilizan el videojuego con el objetivo de construir y desarrollar una ciudad sustentable y posteriormente exponen sus aprendizajes, estrategias utilizadas, ideas, resultados, críticas, etc., en sesiones guiadas por tutores.

Otros ejemplos consisten en juegos simuladores de Dios, en los que el usuario controla ciudades o vidas de personajes virtuales, como Enercities, Clim'Way, Energy City o Windfall [24][25][26][27], en los que se debe construir y desarrollar ciudades (o una granja en el caso de Windfall) con recursos limitados, intentando causar el menor impacto en el ambiente, evitar la contaminación, establecer políticas sustentables o administrar fuentes de energía. Así, el jugador aprende la complejidad y equilibrio que debe existir entre desarrollo y sustentabilidad.



Figura 1: Capturas de EnerCities, Clim'Way, Energy City y Windfall

Dumpton [28] es un videojuego del mismo tipo, con la diferencia que está enfocado en el reciclaje. El jugador debe controlar las políticas de reciclaje de un pueblo y tomar acciones que la promuevan para lograr salvarlo.

En Waste Busters [29] el jugador toma control de un personaje que convive con su familia, el cual debe realizar distintas tareas dentro de su hogar con la meta de disminuir el consumo de agua en la casa. A través de esta dinámica el usuario adquiere conocimientos relevantes frente al tema.

Dentro de otros estilos está The Fish Game [30], en el que el jugador debe pescar en un lago, manteniendo un balance entre cantidad de peces a sacar y ganancias monetarias, considerando que hay más pescadores en el lago y que los peces pueden acabarse.

En Climate Challenge [31], el usuario asume el rol de presidente de las naciones europeas y debe administrar las políticas nacionales, de comercio, de industria, locales o de vivienda intentando regular las emisiones de CO₂.

Enviro Boarder [32] es un videojuego que combina el skateboard con reciclaje, y enseña al usuario sobre cómo clasificar la basura a la hora de reciclar mientras se controla a un personaje caricaturizado que puede hacer trucos sobre su tabla de skate.

BioHarmonious [33] presenta un universo en que dos planetas hermanos, uno manufacturado y otro natural, están en peligro de ser destruidos. El jugador debe

adoptar una estrategia en la que incorpore elementos de un planeta en el otro antes de que se acabe el tiempo. El videojuego busca, a través de esta metáfora, hace que el usuario comprenda el delicado equilibrio que debe existir entre estos dos mundos, el desarrollo y el de la naturaleza.

En *The Power House* [10] el usuario debe satisfacer las necesidades de 7 personajes, cada uno con una personalidad particular, que conviven en una casa. Las acciones realizadas por los personajes consumen energía y dinero, el cual puede ser usado para comprar artefactos menos gastadores y más efectivos para satisfacer a los personajes. Todo esto acompañado por tips entregados en el juego que enseñan prácticas sustentables, como por ejemplo tomar duchas cortas. El ánimo de los personajes depende de qué tan cómodos se encuentren, pudiendo abandonar el lugar en caso de encontrarse en mal estado. Así, el juego genera aprendizajes sobre hábitos y técnicas sustentables en los usuarios, quienes las utilizan para cumplir con la finalidad de mantener a los personajes contentos.

2.1.1.2. Tecnología persuasiva y ubicua sobre medio ambiente

En el contexto de los videojuegos persuasivos o ubicuos se encuentra, por ejemplo *Power Agent* [47], videojuego diseñado para celulares en el que los usuarios simulan ser agentes que trabajan para una organización y reciben misiones, de entrenamiento o reales, que deben cumplir. Las misiones de entrenamiento se juegan en el dispositivo, y consisten en mini juegos de tipo saltar y escalar plataformas. Dentro de estas misiones se dan sugerencias para un consumo eficiente de energía o sobre cómo influenciar a otros miembros de su familia. Las misiones en el mundo real deben realizarse en el hogar y ser documentadas por los usuarios, ya sea con fotografías u otros medios, para ser validadas. Unido a lo anterior, se realizan mediciones de consumo reales sobre la casa, cuya información es transferida a un sistema central. El juego se ejecuta en equipos para generar competitividad.

Polar Bear [8], consiste en la utilización de una mascota virtual, en este caso un oso polar, para persuadir a los usuarios de adquirir comportamientos sustentables, de lo contrario el hielo bajo el oso se derrite. Aquí el foco está en recurrir a la empatía y conexión que los animales pueden generar entre los humanos y la naturaleza como fuerza para producir cambio.

Otro ejemplo es *EcoIsland* [9], aplicación dirigida a familias, en la que cada miembro es representado por un avatar que vive en una isla junto con los avatares de los demás miembros. Este software se apoya en dispositivos móviles, a través de los cuales cada miembro de la familia debe registrar sus actividades, ya sea elegir tomar el tren en lugar del automóvil, para al final del día ingresarlas al sistema. Según el nivel de CO₂ producido, el nivel del mar sube o baja en la isla. Esta aplicación hace uso de psicología social para persuadir a los miembros de la familia y generar cambios en sus hábitos.

Power House [48] (no confundir con *The Power House*) es un juego online que conecta medidores de energía para hogares instalados en el mundo real con cuentas personales en el mundo virtual. De esta manera, los usuarios ven su consumo de energía reflejado en el videojuego, lo que tiene consecuencias en las opciones del jugador, recompensas y reputación. El jugador tiene acceso a una tabla en la que puede ver el avance de su vecindario, lo que genera competitividad, y además existen mini juegos en los que se

debe completar tareas para miembros de una familia dentro de un hogar, intentando consumir el mínimo de energía, y de paso aprendiendo sobre el uso responsable de la misma.

Similar a lo anterior, se encuentra el motor *Makahiki* [49] que fue desarrollado para apoyar una competencia a favor del desarrollo sustentable dentro de una universidad. En la competencia existieron 4 grandes grupos de estudiantes que tenían acceso al sistema a través de internet. En este, cada estudiante podía ver información relevante al estado de la competencia, inscribirse en eventos eco amigables, referir a nuevos estudiantes o canjear sus puntos por tickets con los cuales participar en sorteos de ciertos premios. Es un claro ejemplo de ludificación [50] aplicada por medio de la tecnología a un evento que busca potenciar comportamientos ambientalistas a través de la competencia y la premiación.

Siguiendo la línea de software ubicuo y persuasivo que incluye ludificación, está *MatkaHupi* [51], que consiste en una aplicación diseñada para teléfonos móviles, la cual lleva un registro de los medios de transporte que ha utilizado el usuario y la consecuente emisión de CO₂. Junto a esto, la aplicación ofrece desafíos al usuario, que pretenden motivarlo a cambiar sus maneras de transportarse para así emitir un menor nivel de CO₂.

2.1.2. Tecnología y educación en personas ciegas

Por otro lado, en el aspecto de diseño de videojuegos educativos orientados a niños y jóvenes con ceguera parcial o total, se encuentra por ejemplo *Audio Doom* [36], videojuego en el que el jugador toma control sobre un personaje que recorre pasillos, abre puertas, encuentra objetos y dispara a enemigos, diseñado para personas ciegas de manera que su interfaz de salida consiste en audio espacial. El estudio demostró que niños con tales discapacidades pueden generar un modelo mental tridimensional del escenario a partir de la interacción con el videojuego gracias al sonido espacial.

Otro ejemplo de videojuego en esta línea es *Audio Space Invaders* [37], en el que el jugador tiene control sobre una torreta que puede girar y disparar a diferentes alturas. Así, posicionado en la torreta, el jugador percibe a través de audio espacial a las naves enemigas que se aproximan, que deben ser derribadas. Se complementa la interacción con una interfaz de entrada a través de un joystick de tipo *force feedback* [38] u opcionalmente teclado.

AudioChile [13], es un videojuego que busca ayudar a desarrollar habilidades de resolución de problemas. En este ejemplo, los usuarios deben navegar por 3 escenarios tridimensionales, utilizando sonido 3D, en los cuales se les presentan distintos problemas. Los jugadores deben encontrar objetos, que pueden almacenar en un bolso, o cumplir ciertas metas mientras aprenden sobre cultura y geografía chilena. El sonido 3D es la clave en este videojuego para orientar y entregar feedback a los usuarios.

En *Viaje a Anatomía* [14], los usuarios finales son tanto no videntes como videntes y se buscaba generar una instancia de integración entre ambos tipos de usuario. El videojuego presentaba una interfaz en 2 dimensiones en la cual los usuarios controlan un avatar y recorren escenarios que representan sistemas del cuerpo humano. Todas las

acciones realizadas presentan feedback auditivo a través de un sistema de sonido espacial, así como también el desplazamiento y selección de opciones en los menús.

AbES [15] es un videojuego cuya finalidad es enseñar y desarrollar habilidades de navegación a personas con discapacidades visuales. Usando teclado como interfaz de entrada y audífonos como salida, los usuarios deben recorrer un escenario y encontrar gemas en diversas habitaciones, evitando enemigos que pueden quitárselas. El escenario virtual corresponde a un escenario real, con lo que se busca que la información obtenida por los usuarios durante la experiencia sea de utilidad al navegar el escenario real. El videojuego entrega feedback espacial y situacional mediante audio y además utiliza *text to speech* [16] para entregar información respecto a la locación del personaje, orientación, etc.

MOVA3D [17] es similar al videojuego anterior, los jugadores recorren un laberinto o escenario en busca de objetos valiosos que pueden perder a manos de enemigos. Su diferencia principal radica en que el diseño se vio complementado con el uso de una alfombra háptica que permite a los usuarios utilizar sus pies para girar e indicar la dirección en la que quieren avanzar (siguiendo la metáfora de estar parados sobre un reloj: norte = 12, este = 3, sur = 6, oeste = 9, etc.), estando parados al centro. Esto sumado a una fuente de audio espacial, capaz de entregar feedback auditivo respecto a la localización y cercanía de los objetos.

MOVAWII [41] ofrece una interacción distinta a *MOVA3D*, a través de la utilización de mandos de Nintendo Wii [42] como interfaz de entrada y como complemento al audio en la interfaz de salida. Los usuarios se paran dentro de una circunferencia de manera que el sistema pueda detectar sus orientaciones, y utilizan el mando como una bastón blanco [43], de manera que al chocar con algo en el videojuego, este vibra. Así, los jugadores deben encontrar una joya ubicada dentro de una plaza virtual que representa a una plaza real. El estudio se completa al llevar a los jugadores a la plaza real y comparar su desempeño al intentar encontrar la joya.

Una versión diferente es la de *Audio Haptic Maze* [39], que combina el sonido espacial (a través de audífonos) con háptica mediante un Novint Falcon [40], dispositivo de *force feedback* que permite al usuario controlar un cursor 3D dentro del laberinto. Este dispositivo entrega información sobre formas, texturas o acciones del usuario al “tocar” objetos o paredes dentro del videojuego o al avanzar o girar.

En cuanto a interfaces y menús por los cuales un usuario deba desplazarse o ejecutar acciones, se tiene, por ejemplo, *AudioMath* [44], software diseñado con la finalidad de mejorar las habilidades matemáticas de niños ciegos o de visión parcial. Las interfaces principales presentan una grilla por la que los usuarios deben desplazarse, de manera que al seleccionar las diferentes posiciones, una nota musical particular es emitida. Cada botón o texto tiene asociado un sonido particular, además de presentar colores altamente contrastantes, dirigidos a niños con visión parcial.

Un videojuego simple y especialmente diseñado para no videntes es *Finger Dance* [62], que consiste en seguir un ritmo oprimiendo teclas específicas en los momentos que corresponda. Cada momento en que se debe presionar una tecla es precedido por un redoble de tambor, es decir, terminado el redoble se espera un input del usuario. La

rapidez del redoble y el parlante por el cual se emita (izquierdo o derecho) indican al jugador qué tecla oprimir.

En la misma línea se encuentra *Blind Hero* [54], que es una adaptación del conocido videojuego *Guitar Hero* [55], en el cual los usuarios simulan tocar una guitarra utilizando un control especial con la forma del instrumento. El juego consiste en lograr seguir diversas canciones y tocar las notas adecuadas en el momento que corresponda, para ello el control cuenta con 5 botones que deben presionarse según se indique en la pantalla. En *Blind Hero* se reemplaza la interfaz visual con la utilización de un guante que tiene pequeños motores vibradores conectados a cada dedo, así, al sentir una vibración sobre un dedo en particular, el usuario sabe que debe presionar el botón correspondiente.

Otro ejemplo de videojuego musical es *AudiOdyssey* [59], donde el jugador toma el rol de un DJ que debe mezclar pistas para crear canciones que emocionen a la audiencia. En este juego el usuario puede utilizar el teclado del PC o un Wii Remote [42] como mando de entrada. Una característica destacable es que el videojuego fue diseñado para ofrecer una experiencia lo más similar posible a los usuarios videntes como no videntes, sin verse afectado el nivel de satisfacción o de desafío. Además, el juego incluye un modo multijugador en línea, en el cual es transparente para el usuario el hecho de que los demás jugadores sean o no ciegos, de esta manera se busca una integración entre ambos grupos.

En *Eyes-Free Yoga* [56], se busca promover el ejercicio físico entre personas ciegas mediante el uso de tecnología. Aquí, los jugadores reciben instrucciones mediante audio que les indica cómo lograr ciertas posiciones de yoga. Se utiliza un dispositivo *Microsoft Kinect* [57] para captar las poses de los jugadores y realizar correcciones según corresponda. Tanto la interfaz de salida como de entrada del videojuego están basadas en audio, a lo que se suma la entrada provista por el dispositivo *Microsoft Kinect*.

Una versión háptica del conocido juego *Sudoku*, *Haptic Sudoku* [58], fue desarrollada para ser especialmente utilizada en conjunto con un dispositivo llamado *BrailleDis 9000*, que consiste en un tablero con filas y columnas de puntos que pueden hundirse, levantarse o vibrar. Además, el tablero tiene la capacidad de detectar la posición de toques realizados por los usuarios. Así, el tablero del juego es “dibujado” en relieve en el dispositivo y permite al jugador tocar una posición en la que quiera ingresar un número, seleccionar el número de entrada y ponerlo en el casillero. También se pueden ingresar anotaciones, marcadas con puntos que vibran, y leer de manera háptica el estado del juego, los números ya ingresados, etc. Se incluye salida de audio para entregar feedback respecto a validez de un movimiento u otras utilidades de menús.

AudioQuake [60] es una adaptación del videojuego *Quake* [61] especialmente diseñada para ser usada tanto por jugadores videntes como no videntes. Posee una arquitectura que permite establecer niveles de carga en términos de renderización, es decir, el juego es personalizable respecto a la cantidad de feedback auditivo que entrega. Así, un jugador novato tiene la posibilidad de captar a través de audio una gran cantidad de detalles del ambiente 3D y de las acciones que ocurren, mientras que otro avanzado puede suprimir algunos sonidos con el fin de no recargar el audio y concentrarse más en su estrategia. El videojuego utiliza “*earcons*”, que son sonidos especiales utilizados para

entregar información, cuya característica es que no suenan como lo haría el objeto o acción en el mundo real.

En [45] se menciona una herramienta de software para compatibilizar juegos de tipo point-and-click [46] con usuarios ciegos o de visión parcial. Se habla de tres mecanismos principales: generar un recorrido circular a través de las opciones y menús, emitiendo en cada alternativa un feedback auditivo, otra manera es aplicar un sistema de “sonar” al cursor del mouse, según el cual el usuario escuchará sonidos espaciales que le den pistas respecto a la cercanía y posición de los botones u opciones seleccionables desde la localización del cursor, por último, se menciona un lector de comandos que entienda lenguaje natural, así, el usuario puede dar órdenes al videojuego a través de un teclado, las que serán interpretadas y acatada (o no) según exista una acción coherente en el contexto de juego.

En la literatura no se encontró referencias a videojuegos orientados a personas con cualquier nivel de ceguera que involucren educación medioambiental, incluso puede apreciarse una inexistencia de software de este tipo orientado a personas con discapacidades [34]. Es por ello que interesa suplir esta falta y necesidad a través del diseño de un videojuego para educación medioambiental del niño con discapacidad visual, y realizar un estudio del impacto cognitivo que tendría una herramienta de software con dichas características.

2.2. Prácticas sustentables

También es pertinente una revisión respecto a prácticas o hábitos que pueden adquirirse en la vida cotidiana y que signifiquen un aporte al desarrollo sustentable [52][53]. Dentro de esta categoría, se ha hecho una selección de aquellos comportamientos coherentes de ser aplicados por niños de ceguera parcial o total de edades entre 12 y 14 años:

- Apagar o desconectar equipos electrónicos que no están siendo usados.
- Utilización de bolsas propias en lugar de bolsas plásticas al realizar compras.
- Reducir, reutilizar y reciclar.
- Preferir duchas antes que baños de tinas y mantener cortos los tiempos de utilización de agua.
- Cuidado de las pertenencias personales con la finalidad de prolongar su vida útil al máximo.
- Elegir caminar de un lugar a otro siempre que sea posible.
- Pedir prestado antes de comprar, disminuyendo así el impacto existente detrás de la producción y transporte de productos nuevos.
- Preferir transporte público: buses, metro, tren.
- Usar baterías recargables antes que desechables.
- Mantener una mentalidad de consumir sólo lo necesario en todos los ámbitos de la vida.
- Cerrar la llave de agua mientras se enjabona lo que se lavará, o durante el cepillado de los dientes.
- No desechar químicos en el desagüe.
- Cerrar bien las llaves de agua, evitando goteras.

- No utilizar el inodoro como basurero.
- Evitar consumo de agua embotellada.
- Cargar teléfonos móviles u otros elementos recargables sólo hasta que su carga se complete, luego desconectar.
- Abrir el refrigerador el menor tiempo posible.
- Preferir uso de escaleras al ascensor.
- Reducir lo mayor posible el consumo de carne.
- Preferir productos con envase de vidrio, y reciclar sus envases.
- Preferir regalar lo que no se usa antes que desecharlo.
- No arrojar basura en la vía pública o en lugares inadecuados.

2.3. Metodología de desarrollo

El desarrollo de esta memoria fue dividido en etapas, basado en un modelo de desarrollo de videojuegos para personas con discapacidad visual [35]. El modelo considera tres procesos principales que se aplican cíclicamente, como se puede ver en la siguiente figura:

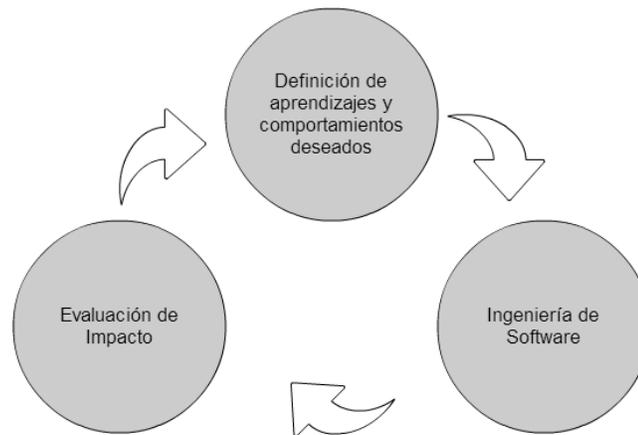


Figura 2: Procesos principales en el ciclo de desarrollo

Dada la duración del proyecto, se ejecutó un solo ciclo.

Definición de aprendizajes y comportamientos esperados: Este proceso consiste en investigar, definir y acotar aquellos conceptos, ideas y fundamentos que se desea sean aprendidos por los usuarios de la herramienta de software al participar de una sesión de interacción con el sistema. Se incluyen también los comportamientos que se busca generar. En este caso la meta fue promover una conciencia ecológica y una actitud acorde a un desarrollo sustentable en los usuarios finales, las cuales estarían basadas y provocadas por la adquisición de conocimientos sobre causas y consecuencias de la actividad humana sobre la naturaleza, y sobre hábitos que apoyan este fin y que los usuarios son capaces de desarrollar.

Ingeniería de Software: Como está propuesto en la literatura [35], se siguió un modelo de desarrollo de sistemas basado en 5 fases: Apresto, Análisis, Diseño, Implementación y Evaluación. Este modelo, a diferencia de un modelo tradicional,

incorpora los procesos cognitivos que se busca generar en los usuarios finales, así como también las discapacidades de los mismos:

- **Apresto:** a partir de la definición de aprendizajes y comportamientos esperados en el usuario final se determinan los elementos factibles de emplear para el desarrollo del videojuego.
- **Análisis:** se busca comprender el problema a solucionar, considerando a los usuarios finales, contexto de uso y restricciones.
- **Diseño:** se diseña la solución que mejor se acomode al problema definido.
- **Implementación:** se implementa el videojuego siguiendo el diseño de la fase anterior.
- **Evaluación:** se realizan pruebas de usabilidad y funcionalidad, corrigiendo errores o problemas que puedan surgir.

Evaluación de Impacto: Este proceso consiste en la medición de aspectos relevantes a los puntos planteados en el proceso de definición de aprendizajes y comportamientos esperados, considerando la interacción con el videojuego como la variable dependiente entre un estado anterior y uno posterior en los modelos mentales de los usuarios, es decir, se busca obtener el valor de aumento, disminución o mantención (en caso de no haber variación) del nivel de conocimientos sobre ecología y de hábitos sustentables en los usuarios finales, provocados por el uso del videojuego.

Capítulo 3

Especificación del Problema

3.1. Descripción detallada del problema a resolver

Lo que se busca es generar aprendizajes relacionados con el cuidado del medio ambiente en niños de entre 12 y 14 años con ceguera total o parcial, de manera que sus conocimientos y emociones asociadas a ellos los induzcan a llevar hábitos alineados a una vida y desarrollo sustentable.

El contenido del videojuego debe centrarse en el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sustentable. La información contenida debe ser transmitida al jugador de manera que éste genere aprendizajes e incorpore esos conocimientos.

Incluido a lo anterior, la información debe presentarse de manera atractiva, de modo que la interacción con el sistema provoque la integración de conocimientos en el jugador sin que pierda el interés. Esto considerando las edades a las que se está apuntando.

Además, es necesario que el software presente interfaces amigables para el usuario final y genere interacciones adecuadas a las restricciones visuales de éste.

El problema planteado abarca tres áreas de interés: desarrollo de videojuegos, software educativo y software para personas con discapacidad. En la intersección de ellas se encuentra la solución.

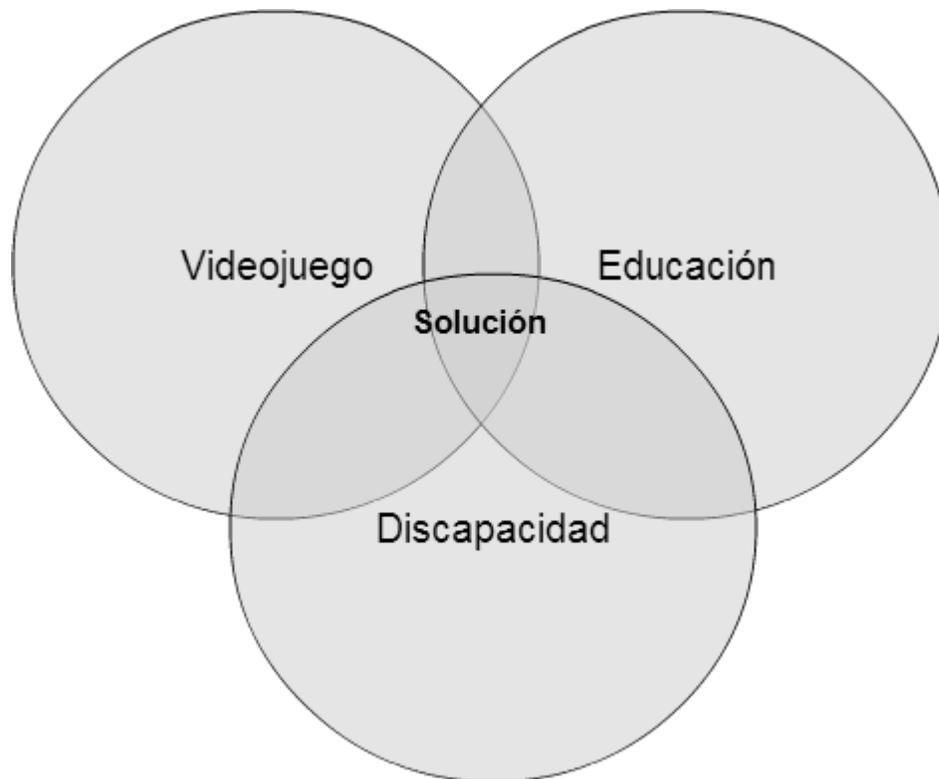


Figura 3: Diagrama que resume área de la solución

3.2. Relevancia de contar con una solución

Tal como se ha mencionado anteriormente, el ser humano ha adquirido un ritmo y estilo de vida no compatible con un desarrollo sustentable, es decir, que permita una subsistencia equilibrada entre el consumo y la renovación de recursos en la Tierra [5].

Por otra parte, la contaminación y daños en el medio ambiente producto de la actividad humana ya son un tema preocupante, y con el pasar de los años será cada vez peor [2][3], provocando no sólo una disminución en la calidad de vida de las generaciones futuras, sino que también una disminución en las probabilidades de sobrevivir, ya que el planeta presentará un ambiente cada vez más hostil.

Otro gran problema que ha surgido es el de la extinción de especies. Junto con el crecimiento de la población humana en el planeta, se ha detectado un aumento en el ritmo de extinción de especies, lo que significa directamente una disminución de la biodiversidad. Esto implica enfrentar un futuro en el que los suministros alimenticios serán más vulnerables a pestes y enfermedades, y el suministro de agua potable será irregular o escaso [63].

El momento para tomar acción y enfrentar estos problemas y sus causas es ahora. El daño está hecho y sigue creciendo. Es por ello importante que las personas adquieran conocimientos respecto al estado del planeta y las consecuencias de desenvolver sus vidas como lo hacen. Es indispensable que los miembros de la sociedad adopten comportamientos ecológicamente sustentables. No basta con tener conocimiento del daño provocado y cómo evitarlo, es necesario cambiar el comportamiento de las personas [4].

La situación es global, el impacto provocado sobre la Tierra es tan grande que sus consecuencias sobre el medio ambiente y los organismos que lo habitan tienen una escala mundial. Es una responsabilidad de la humanidad en su totalidad velar por un futuro en el que las futuras generaciones puedan prevalecer. Teniendo en cuenta esta idea, queda de manifiesto que educar a toda la sociedad es de interés para el fin común.

Según la Encuesta Nacional de Salud (ENS 2010) [64], en Chile el entre el 1,5% y 2,6% de la población padece algún tipo de discapacidad visual. A pesar de que esta proporción de individuos no es altamente relevante en términos de capacidad de provocar cambios globales, sí es relevante que exista una acción integradora y educativa respecto a los temas de sustentabilidad y futuro del planeta.

Independiente del tamaño que tenga un grupo de la sociedad, no es consecuente con el fin de generar cambios globales en la visión y comportamiento de las personas dejar a dicho grupo de lado. Las personas con ceguera total o parcial forman parte de la sociedad y por lo tanto tienen el derecho de recibir la misma educación y ser informadas sobre los mismos temas que el resto de los integrantes de la comunidad. A su vez, es deber de la sociedad en su conjunto velar por que la educación y concientización sobre estos temas alcance a cada integrante. Es así como se considera relevante desarrollar una solución como la planteada en este trabajo de memoria.

3.3. Requisitos específicos

El software a desarrollar debe cumplir con los siguientes requisitos:

3.3.1. Requisitos de usuario

- El usuario debe poder controlar los movimientos e interacciones de un personaje protagonista. Pudiendo éste moverse en línea recta hacia su frente, girar 90 grados a la izquierda o derecha, e interactuar con otros personajes u objetos.
- El usuario debe poder saber a través de audio si el protagonista está girando a la izquierda, girando a la derecha o avanzando. También debe poder reconocer cuándo no es posible avanzar.
- El sistema debe poder informar auditivamente al usuario respecto a la dirección en que está mirando el protagonista.
- El sistema debe poder informar auditivamente al usuario respecto a dónde se encuentra el protagonista, es decir, en qué zona del mundo virtual.
- Cada zona del videojuego debe tener sus propios sonidos característicos, permitiendo al usuario generar una asociación entre audio y locación.
- El sistema debe proveer feedback auditivo al usuario que le permita conocer hacia dónde se encuentran otros personajes u objetos interactivos, además de entregar una noción de la distancia a la que están.
- El usuario debe poder conocer a través de audio qué personajes, objetos o caminos se encuentran a su alrededor inmediato.
- El jugador debe poder comprender qué elementos se encuentran frente a él y a qué distancia están.
- Al interactuar con objetos u otros personajes, el usuario debe poder comprender los diálogos o textos presentados a través de audio.
- El usuario debe poder distinguir el momento en que una interacción ha finalizado.
- Se debe notificar al usuario auditivamente cuando éste reciba objetos u ocurran acciones que debieran ser descritas por un narrador. Junto a esto, el usuario debe poder comprender qué es lo que le ha sido entregado o ha sucedido.
- El usuario debe poder conocer a través de audio el estado del medio ambiente en el mundo virtual.
- El jugador debe poder reconocer auditivamente la acción de abrir o cerrar un menú de selección.
- Dentro de un menú de selección, el usuario debe poder recorrer las opciones disponibles, recibiendo feedback auditivo que le permita reconocer cada opción.
- El sistema debe entregar feedback auditivo al usuario que le permita reconocer cuándo una opción ha sido seleccionada dentro de un menú, y qué opción fue esa.
- El contenido del videojuego, es decir, tanto su guión como trama principal debe tratar temas relacionados al cuidado del medio ambiente, los problemas en éste provocados por la actividad del ser humano y cómo el hecho de adquirir ciertos hábitos puede contribuir a frenar el daño sobre el planeta.

3.3.2.Requisitos de software

- A través de la interfaz de entrada, el usuario controlará las acciones del protagonista. Se deberá contar con un botón para avanzar, otro para girar 90 grados a la izquierda, otro para girar 90 grados a la derecha y otro para interactuar con personajes u objetos.
- Cada paso dado por el protagonista debe emitir un sonido acorde a la acción, de forma que el usuario pueda identificar que el personaje está avanzando.
- Cuando el protagonista intente avanzar en una dirección no permitida por el escenario, éste debe quedarse en el lugar, emitiendo el sistema un sonido de “error”, indicando que la acción no es posible de realizarse.
- Se debe emitir un sonido coherente para la acción de girar del protagonista, habiendo una diferencia perceptible entre el sonido de girar a la derecha y el de girar a la izquierda.
- El videojuego debe contar con un sistema de orientación basado en las direcciones Norte, Sur, Este y Oeste. De manera que todos los caminos que pueda tomar el protagonista tengan dirección Norte-Sur o Este-Oeste.
- Los caminos habilitados para ser recorridos por el protagonista deben estar subdivididos en unidades o casilleros. El protagonista sólo puede estar parado en un casillero a la vez y pasar de un casillero a otro debe representar avanzar un paso.
- A través de la interfaz de entrada el usuario debe poder gatillar una voz *text to speech* que le indique en qué dirección está mirando el protagonista. La voz indicará “Norte”, “Sur”, “Este” u “Oeste”.
- El mundo virtual debe estar dividido en 5 zonas: Ciudad Norte, Ciudad Sur, Ciudad Este, Ciudad Oeste y Bosque.
- El usuario debe poder gatillar a través de un botón de la interfaz de entrada una acción que le indique mediante *text to speech* el lugar en el que se encuentra. La voz expresará en cuál de las 5 zonas principales está parado el protagonista.
- Cada zona principal debe tener un sonido ambiental único y coherente. Las 4 zonas urbanas deben poseer sonidos de ciudad, mientras que el bosque debe poseer un sonido acorde con estar al aire libre, considerando las características de un bosque.
- El sistema debe proveer audio espacial, que permita al usuario comprender en qué dirección se encuentran otros personajes u objetos interactivos, esto implica percibir un mayor volumen de audio en el parlante o audífono que se encuentre virtualmente más cerca del elemento, escuchándose un volumen equilibrado si el personaje está mirando de frente al elemento. De igual manera, el volumen de audio debe aumentar a medida que el protagonista se acerca al elemento interactivo.
- A través de la interfaz de entrada, el usuario debe poder activar un mecanismo que le permita conocer a través de audio qué objetos, personajes u otros casilleros se encuentran en los casilleros más próximos en las cuatro direcciones, es decir, un casillero al Norte, uno al Sur, uno al Este y uno al Oeste.
- A través de la interfaz de entrada, el usuario debe poder activar un mecanismo que le permita conocer a través de audio qué elementos alcanzables tiene el protagonista frente a él, y a qué distancia, en pasos, se encuentran. Se consideran

alcanzables aquellos elementos que el personaje podrá encontrar si avanza en línea recta hacia el frente, sin necesidad de hacer giros.

- La acción de interactuar con otros personajes u objetos debe poder ejecutarse solamente si el protagonista se encuentra en un casillero vecino al personaje u objeto y además está mirando en la dirección en la que se encuentra dicho elemento.
- Al gatillar un diálogo, acción provocada por la interacción del protagonista con otros personajes u objetos, se debe mostrar en la pantalla el texto de la conversación. Este texto debe además ser transformado en audio usando *text to speech*, cuando el audio haya terminado, se emitirá un sonido que indique el fin de esa porción de diálogo. A través de la interfaz de entrada, el usuario indicará al sistema que el dialogo continúe, lo que provocará que sea mostrada la siguiente pantalla de diálogo, repitiendo la mecánica.
- Durante un diálogo el jugador no debe poder controlar al personaje, solamente tendrá control sobre la conversación.
- El sistema debe emitir un sonido particular cuando se termine la última pantalla de diálogo, permitiendo al jugador identificar que la conversación ha acabado. Este sonido será llamado en adelante “sonido de cierre”.
- Al recibir objetos u ocurrir eventos que deben ser descritos por un narrador, se debe mostrar en pantalla una notificación que explique el evento. Esto deberá ejecutarse a través de texto mostrado en la pantalla. El texto será a la vez leído por el mecanismo de *text to speech*. Cuando el audio haya acabado, se deberá reproducir un sonido que indique el fin de la notificación, es decir, que nada más será dicho al respecto. El texto se mantendrá en pantalla.
- Durante una notificación, el jugador debe perder el control sobre el personaje y sólo podrá escuchar la notificación misma para luego cerrarla.
- Al haber sido indicado el fin de la notificación, el usuario deberá utilizar la interfaz de entrada para cerrar la notificación y recuperar el control sobre el protagonista. En ese momento deberá reproducirse el “sonido de cierre”, desapareciendo el texto en pantalla.
- El medio ambiente virtual debe poseer tres niveles que representen su estado: “Nivel de uso del agua”, “Nivel de CO₂” y “Nivel de reciclaje de papel”. Cada nivel debe poder estar en uno de los siguientes estados: “Crítico”, “Muy malo”, “Malo”, “Regular” y “En equilibrio”.
- Mediante la interfaz de entrada el usuario debe poder gatillar una acción que le dé a conocer auditivamente el estado del medio ambiente virtual. Dicha acción se ejecutará a través del mecanismo de *text to speech*, que deberá describir el estado del medio ambiente. La descripción consistirá en mencionar cada nivel de estado y luego su estado. Durante la descripción, el usuario perderá el control sobre el protagonista. De la misma manera, sólo al tener el control del protagonista es que podrá ser gatillada esta acción.
- Cada nivel de estado del medio ambiente debe iniciar en “Crítico”, de manera que al ir completando el juego los estados mejoren hasta llegar a estar “En equilibrio”.
- Un nivel de estado mejora cuando el protagonista del juego convence a un personaje de que cambie sus hábitos por otros más sustentables.
- El juego debe terminar cuando todos los estados llegan a estar “En equilibrio”. El usuario debe ser informado auditivamente de que ha terminado.

- Todos los menús deben presentar una interfaz basada en audio. El usuario debe poder identificar en qué momento se encuentra frente a un menú de selección y qué opciones tiene a su disposición.
- Cada opción presente en un menú debe entregar un feedback auditivo a través de *text to speech*, de manera que la opción destacada sea descrita por una voz automáticamente.
- Las opciones de un menú de selección deben recorrerse circularmente, es decir, al avanzar por las opciones, luego de la última se regresa a la primera, de la misma manera al ir retrocediendo vendrá la última luego de la primera.
- Se debe entregar feedback auditivo al jugador a través de *text to speech* cuando una opción de un menú ha sido seleccionada, así el usuario podrá reconocer que ha realizado una selección. Además se debe describir qué opción fue seleccionada.
- Al salir de un menú se debe entregar feedback auditivo que indique al jugador que la pantalla de menú ha sido cerrada. En particular se debe usar el “sonido de cierre”.

3.4. Características de calidad

Al tratarse de un videojuego educativo, la solución propuesta debe cumplir con características de calidad muy ligadas a la experiencia del usuario y a la pregnancia que ésta genera. Es por ello que se definen los siguientes puntos a considerar en la calidad exigida:

- El usuario debe mantener el interés en el videojuego y el contenido presentado un tiempo suficiente como para verse inmerso en el guión y tener aprendizajes.
- El usuario debe poder desenvolverse en la interfaz sin requerir ayuda, habiendo recibido la instrucción e información necesaria al inicio de la sesión.
- La experiencia del usuario al utilizar el sistema debe ser satisfactoria para éste.
- El usuario debe experimentar aprendizajes reconocibles respecto a cómo cuidar el medio ambiente y hábitos que se puede adquirir para dicho fin.

3.5. Criterios de aceptación

Para validar la solución propuesta fue necesario establecer criterios de aceptación coherentes con la finalidad del proyecto. Como se mencionó en el punto anterior, los resultados obtenidos están ligados a la experiencia del usuario: su aprendizaje y satisfacción al utilizar el videojuego.

Con esto en consideración y en consecuencia con la metodología de desarrollo señalada en el punto 2.3, el autor de este documento confeccionó 3 cuestionarios destinados a medir aprendizajes, apreciación y satisfacción del usuario:

- **Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua:** posee 6 preguntas abiertas orientadas a obtener conocimientos y aprendizajes del usuario, como por ejemplo “Si te das una ducha de 30 minutos, ¿Cuántos litros de agua habrás usado?”. Las preguntas están basadas en la dimensión cognitiva de la Taxonomía de Bloom [65], representando cada pregunta un nivel distinto de esta dimensión.

- **Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental:** este cuestionario busca obtener una medida sobre la apreciación que tienen los usuarios respecto a la importancia de cuidar el medio ambiente y también su disposición a hacerlo. Está compuesto de 14 aseveraciones referentes al tema (Por ejemplo: “Soy una persona a la que le importa el medio ambiente”, “Creo que mi conducta cotidiana afecta el medio ambiente”), donde se espera que para cada afirmación el usuario establezca su nivel de afinidad, eligiendo una opción según una escala de Likert (Muy de acuerdo, de acuerdo, neutro, en desacuerdo o muy en desacuerdo).
- **Cuestionario de usabilidad:** busca medir el grado de satisfacción del usuario al utilizar el videojuego. Se compone de 20 afirmaciones referentes a la satisfacción percibida por el usuario (Por ejemplo: “Me gusta el videojuego”, “El videojuego es entretenido”). Para cada una de ellas se espera que el usuario asigne una calificación de 1 a 7 (siguiendo la escala de calificación utilizada en el sistema de educación chileno), entendiéndose 1 como “poco” y 7 como “mucho”.

Seguendo la metodología de evaluación, los primeros dos cuestionarios deben aplicarse previo a la utilización del videojuego. Luego, y no inmediatamente, los usuarios deben participar de una sesión de uso del videojuego en la que deben cumplir con tareas específicas. Posteriormente los usuarios responden nuevamente los dos primeros cuestionarios y esta vez se agrega el tercero.

Se considera válida la solución propuesta si en el “Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua” es posible apreciar un aumento en la correctitud de las respuestas dadas por los usuarios, o también un aumento en la complejidad o cantidad de conceptos incorporados en ellas, al comparar los resultados de la aplicación previa al uso del videojuego con los de la aplicación posterior.

Junto a esto, al comparar ambas aplicaciones del “Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental” se debe apreciar un aumento de afinidad con las aseveraciones vinculadas al cuidado del medio ambiente, lo que puede o no estar acompañado de una disminución en las que estén alineadas con un modo de vida irresponsable o inconsciente respecto a las consecuencias que dichos hábitos traen al planeta.

Por último, el “Cuestionario de usabilidad” debe presentar resultados cuyo promedio se encuentre por sobre la nota 4 para considerar que el software produce una interacción satisfactoria con el usuario.

Capítulo 4

Descripción de la Solución

4.1. Metáfora

El videojuego busca tanto generar aprendizajes respecto al cuidado del medio ambiente y el desarrollo sustentable, como también provocar cambios en la apreciación que los usuarios finales tienen sobre estos temas, apuntando a un cambio futuro en sus hábitos. Sin embargo, no se utilizaron elementos de ubicuidad.

La idea para el diseño de la herramienta consiste en una híper historia [36], creada por el autor de este documento, que tomó la forma de un videojuego tipo RPG [12] en el cual el usuario tendrá que resolver un problema central, que consistirá en salvar a un grupo de ejemplares de animales en peligro de extinción, pudúes en este caso, quienes se encuentran débiles y enfermos debido a la contaminación ambiental y daños en su hábitat producto de la actividad del hombre. Para lograrlo, el usuario tomará control de un protagonista que deberá visitar distintos lugares (zonas de una ciudad, oficinas, un bosque) en los cuales irá descubriendo las causas del malestar de los animales e irá resolviendo pequeñas tareas que habilitarán nuevas opciones y lugares por visitar, para finalmente terminar con los problemas que están afectando a los animales.

Algunas tareas podrán resolverse de distintas maneras y, según como decida hacerlo el usuario, cambiará el estado del medio ambiente (por ejemplo, ir de un lugar a otro a pie, en transporte público o en automóvil). El jugador será instruido respecto a qué acciones son más dañinas.

El protagonista contará con una mochila en la que guardará ítems que adquirirá y utilizará durante el juego. En cualquier momento se podrá consultar a un personaje guía que apoyará e informará al jugador según el estado del juego.

4.1.1. Argumento

El protagonista es un niño que vive en una pequeña ciudad en el sur de Chile. Él acostumbra pasear por los bosques cercanos a la cordillera. Un día, en uno de sus paseos, encuentra un pudú necesitado de ayuda en medio de un sendero. Al acercarse, nota que parece estar enfermo. Junto a él hay otros ejemplares en similares condiciones.

El protagonista investiga el bosque y descubre tres problemas que están afectando a los pudúes de la zona: el río del que suelen beber agua está casi seco, gran parte del bosque está siendo talado y las plantas de las que ellos se alimentan son escasas debido a la falta de lluvia. Las causas de estos problemas son el mal uso del agua en la ciudad, que ha llevado a la empresa Aqua Sur a utilizar el río como fuente de emergencia, la sobre explotación de los bosques, por parte de la empresa celulosa Alerce Tech debido a la demanda de papel y derivados de la celulosa, y el cambio climático debido a las altas emanaciones de CO₂ provenientes de la ciudad y de la central hidro eléctrica Andes Power.

Con la meta de solucionar estos problemas, el protagonista emprende una aventura en la que debe lograr que el bosque deje de ser talado, el río vuelva a la normalidad y el clima se recupere.

El protagonista se dirige a Aqua Sur y habla con el gerente general, quien le explica que las personas en la ciudad desperdician mucha agua, por lo que ellos se ven obligados a utilizar más fuentes de las necesarias. Todo ello podría cambiar si las personas modificaran su comportamiento. El gerente le da una lista con buenos hábitos respecto al uso del agua al protagonista. Este último debe encontrar personas que estén desperdiciando agua y convencerlos de que cambien sus costumbres y de paso ellos mismos convencen a otras personas. Una vez que todos los elementos de la lista han sido puestos en marcha en la ciudad, el río vuelve a la normalidad.

Luego, el protagonista va a Alerce Tech y repite un proceso similar, pero esta vez los problemas vienen de la falta de reciclaje. El personaje debe convencer a varias personas de que reciclen o cambien sus comportamientos relevantes a esa área. Una vez cumplida la lista, la tala de árboles es frenada y nuevos árboles son plantados.

Finalmente, el protagonista repite una secuencia similar con la empresa Andes Power, donde se entera de que el mal uso de la energía eléctrica combinado con alto tránsito vehicular está generando demasiado CO₂. El protagonista completa una lista de pequeñas misiones relativas a esta problemática, lo que produce, después de mucho tiempo, el regreso de la lluvia, y consecuentemente, la aparición de las plantas que alimentan a los pudúes.

Habiendo cumplido estas tres grandes misiones, los pudúes y toda su población vuelve a la normalidad y además, la ciudad logra un estado de equilibrio y paz con la naturaleza gracias a las acciones del protagonista.

4.1.2. Modalidad de Juego

El juego se desarrolla en dos zonas principales:

- El bosque de los pudúes: en este lugar comenzará el juego, justo antes de que el protagonista encuentre a los pudúes. El jugador podrá recorrer el bosque, donde encontrará los tres problemas causantes de la enfermedad de los animales. Además, podrá interactuar con un guardabosque, quien mantendrá informado al protagonista del estado de los pudúes cada vez que lo necesite.
- La ciudad que habita el protagonista: se encuentra alejada del bosque, al oeste. Está dividida en cuatro grandes zonas: norte, sur, este, zona en la que se encuentra el hogar del personaje, y oeste. Las oficinas de las empresas están repartidas en distintas áreas: Aqua Sur, en la zona sur, Alerce Tech en la zona Norte, y Andes Power en la zona oeste. Esta información será entregada por el guardabosque al protagonista, de manera que el jugador podrá elegir hacia dónde ir y con qué empresa continuar la historia. Cada zona tiene una conformación de caminos, casas y edificios distinta, además de diversos habitantes, con los que podrá y deberá interactuar el jugador para completar las listas de acciones sustentables que le serán entregadas por los gerentes de cada empresa.

El protagonista cuenta con un bolso en el cual almacenará objetos que usará durante el juego. El bolso será accesible en todo momento a través de un menú especial. Los objetos almacenables son los siguientes:

- Teléfono celular: será el primer objeto que el protagonista tendrá en su bolso. Con él podrá llamar a distintas personas que irá conociendo durante el juego. Al comienzo sólo podrá llamar a su madre, luego será añadido el guardabosque, quién podrá ser llamado en todo momento para así conocer el estado de los pudúes. El teléfono también puede sonar y ser contestado, según se gatillen eventos en el juego.
- Lista de acciones sustentables referentes al uso del agua: esta lista será obtenida luego de hablar con el gerente de Aqua Sur. Al seleccionar una lista se puede recorrer sus elementos y saber qué ítems de ella han sido completados o no.
- Lista de acciones sustentables referentes al reciclaje del papel: misma mecánica que la lista anterior, excepto que es obtenida luego de hablar con el gerente de Alerce Tech.
- Lista de acciones sustentables referentes a la emisión de CO₂: misma mecánica que las dos listas anteriores. Se obtiene luego de hablar con el gerente de Andes Power.

El juego también cuenta con niveles de estado. Estos son niveles que reflejan el estado de sustentabilidad de la ciudad y son consultables en cualquier momento:

- Nivel de uso del agua: comenzará en estado “dañino”, es decir, se estará haciendo mal uso del recurso hídrico en la ciudad. Con cada personaje que el protagonista adoctrine respecto a un buen uso del agua, siendo que por cada elemento de la “Lista de acciones sustentables referentes al uso del agua” habrá un personaje correspondiente, el nivel de uso disminuirá, de manera que al completar la lista, el nivel llegará al punto de “equilibrio con la naturaleza”. En ese momento el protagonista recibirá una llamada a su teléfono de parte del guardabosque, quién le indicará que el río ha vuelto a la normalidad, y los pudúes se están recuperando.
- Nivel de reciclaje de papel: al igual que el anterior, comienza en estado crítico, es decir, no se está reciclando. Al ir completando las misiones de la “Lista de acciones sustentables referentes al reciclaje del papel” el nivel irá aumentando, hasta llegar al punto de “equilibrio con la naturaleza”, lo que gatillará otra llamada del guardabosque, indicando que la tala de árboles se ha detenido, incluso Alerce Tech ha comenzado a reforestar.
- Nivel de emisión de CO₂: comienza en estado crítico, y, al igual que los anteriores, mejora al ir completando la “Lista de acciones sustentables referentes a la emisión de CO₂”, con la correspondiente llamada al terminarla.

Para movilizarse de un lugar a otro, el protagonista camina por los “senderos” habilitados en el juego. Cada lugar o personaje con el que se pueda interactuar estará interconectado mediante senderos rectos por los que el protagonista puede caminar. Los caminos siempre tendrán dirección norte-sur o este-oeste, de manera que el mapa de caminos puede verse como múltiples intersecciones de pasillos perpendiculares entre sí.

Ir de una zona mayor a otra, por ejemplo de la parte Norte de la ciudad a la parte Este, o de cualquier punto de la ciudad al Bosque y viceversa, permite seleccionar el medio de transporte, que puede ser caminar, ir en bus o en taxi, ordenados en forma creciente según el tiempo que demoran, con la consideración de que el uso de bus produce un cierto nivel de CO₂, y el taxi uno aún mayor, lo que se refleja en el “Nivel de emisión de CO₂”, mientras que caminar es completamente limpio.

Otras acciones del jugador pueden mejorar o empeorar cualquiera de los tres niveles mencionados anteriormente, de todas formas siempre habrá un mecanismo disponible para contrarrestar el daño causado por el jugador, pero a la vez de impedirá alcanzar el nivel óptimo ejecutando solamente dicho mecanismo, así se obligará a completar las listas.

4.2. Plataforma de desarrollo

La implementación del videojuego se ve favorecida al utilizar un motor de desarrollo especial para este fin, que facilite la creación de objetos y ambientes tridimensionales, incluya librerías para utilizar audio espacial y configuración de dispositivos de entrada, y que ofrezca soporte a usuarios y tutoriales de acceso público respaldados en comunidades de desarrollo.

Unity 3D [11] cumple con dichas características. Es un motor de videojuego multiplataforma con un IDE incorporado desarrollado por Unity Technologies. Soporta dispositivos móviles, navegadores web, computadores de escritorio y consolas de videojuegos. Permite programar en JavaScript, C# o Boo. Posee una comunidad de desarrolladores de aproximadamente 2 millones de personas e incluye tutoriales, proyectos y contenido de ejemplo, soporte vía foros web y acceso a un wiki.

Unity 3D ofrece una licencia gratuita a organizaciones no comerciales o a entidades educacionales y académicas, por lo que se ajusta muy bien a los requisitos de este proyecto.

4.3. Arquitectura del software

4.3.1. Árbol de decisión

El flujo de acciones del videojuego puede resumirse de la siguiente manera:

- Se comienza el juego con el protagonista localizado en el bosque de los pudúes. El jugador puede recorrer la zona pero no abandonarla hasta encontrar a los pudúes enfermos.
- Una vez descubierto el hecho de que los pudúes están enfermos, el protagonista debe recorrer la zona e investigar las causas del problema, las que serán tres: el río está seco, la deforestación y la falta de alimento. Una vez descubierta cualquiera de ellas (o todas), el jugador puede abandonar el bosque e ir a la ciudad.
- Ya en la ciudad, el primer paso que deberá completar el jugador será hablar con los gerentes de cada empresa responsable de los problemas encontrados en el bosque. Esto sólo será posible si el jugador ha descubierto el problema y ha logrado asociar su causa con una determinada empresa, por ejemplo, si el

jugador no ha investigado el río, no podrá hablar con el gerente de Aqua Sur, lo mismo para las otras dos empresas y los problemas respectivos.

- Cada conversación con un gerente gatilla un evento especial, en el cual al jugador le es entregada una lista de acciones necesarias de ser aplicadas en la ciudad. El gerente de Aqua Sur entrega la “Lista de acciones sustentables referentes al uso del agua”, el de Alerce Tech la “Lista de acciones sustentables referentes al reciclaje del papel” y el de Power Andes la “Lista de acciones sustentables referentes a la emisión de CO₂”
- Cada lista de acciones contendrá tres ítems a completar, lo que será posible de lograr hablando con personas particulares en la ciudad, donde para cada acción en cada lista habrá sólo un personaje que permita cumplirla.
- Cuando el jugador complete las tres listas, el juego estará terminado.

Este flujo obliga al usuario a investigar el bosque y descubrir las tres causas de los problemas de los pudúes, hablar con los tres gerentes y completar las tres listas. El siguiente diagrama representa el árbol de decisión:

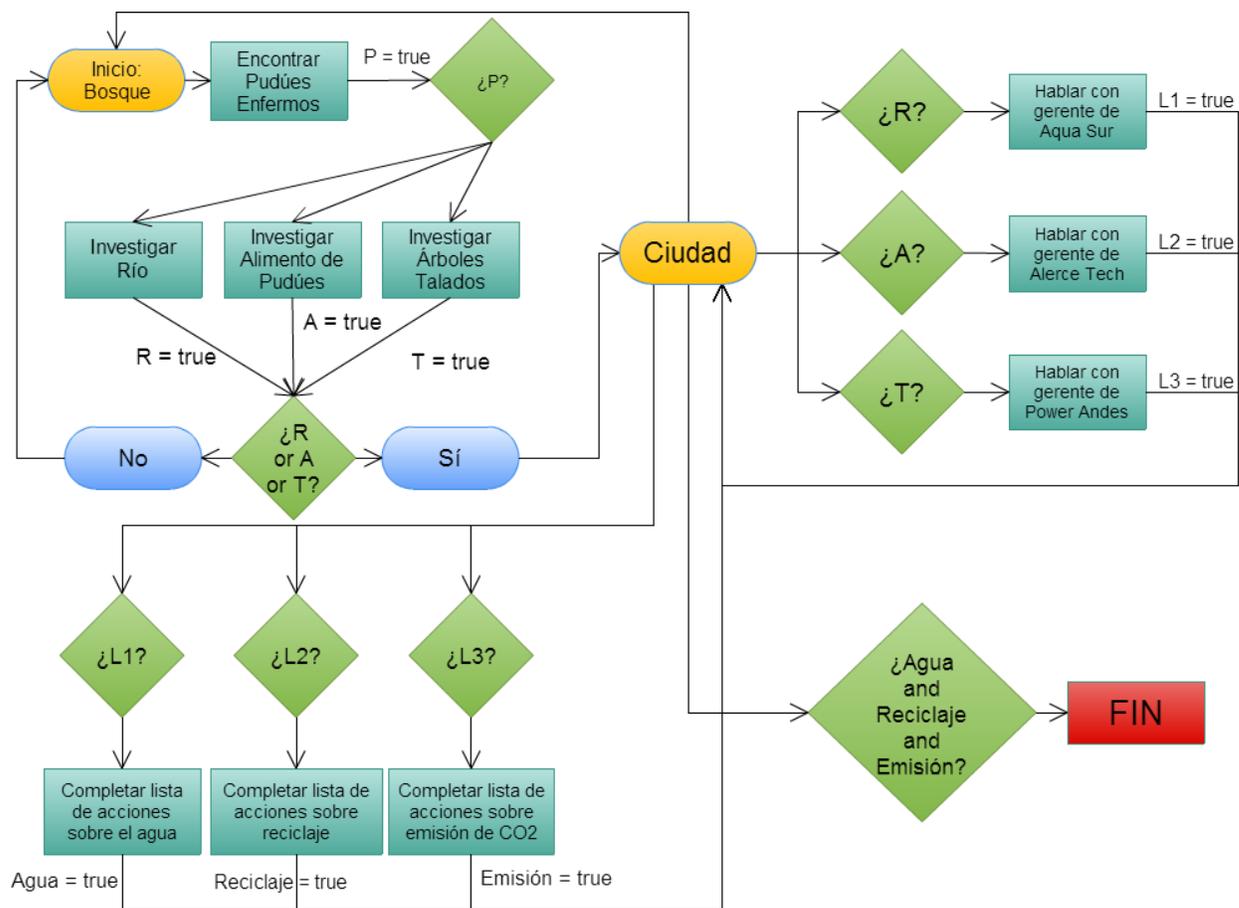


Figura 4: Árbol de decisión del videojuego

Por simplicidad se omitieron las acciones particulares de cada lista.

4.3.2.Mecánica del videojuego

Todo el mapa del juego está subdividido en Voxels [36], que es la unidad mínima de superficie en el mundo virtual. Un Voxel puede estar lleno o vacío y el personaje sólo puede moverse a través de Voxels vacíos. El personaje en sí llena un Voxel al estar parado sobre él, en este sentido, los Voxels deben pensarse como casilleros en un juego de mesa. Cada vez que el personaje visita un nuevo Voxel, el juego emite un sonido de “paso”, así, el usuario puede interpretar la cantidad de Voxels visitados en un camino como la cantidad de “pasos” dados por el personaje.

Existen Voxels especiales llamados Info-Voxels que se ubican estratégicamente en las intersecciones de caminos y junto a objetos y personajes interactivos. Estos Info-Voxels proveen al jugador con información sobre lo que se encuentra más adelante, permitiéndole decidir si continuar en esa dirección o investigar otra, además de cuántos pasos debe dar para llegar a lo que tiene en frente.

Se incluye un mecanismo de “sonar” [45] en el personaje, que podrá ser activado por el jugador en cualquier momento. Al activar el sonar, el juego emitirá información de audio indicando qué elementos hay al norte, sur, este y oeste del Voxel que está pisando el personaje. El sonar se complementa con una funcionalidad aparte para conocer la información que proveen los Info-Voxels.

En ocasiones habrá Voxels ocupados por personajes o elementos con los que el protagonista puede interactuar, para los que el sonar dará una indicación especial. El personaje puede interactuar con dichos elementos sólo si está parado en un Voxel contiguo a ellos.

Una interacción siempre gatillará un evento en el cual aparecerá texto informativo para el jugador, ya sea en forma de una conversación o una descripción. Este texto será transmitido también por audio a través del mecanismo de *text to speech*.

Hay objetos interactivos especiales, llamados “transportadores”, ubicados en las fronteras de cada zona. Si el jugador interactúa con estos objetos, se asume que está intentando ir de una zona a otra. Así, si el jugador está en la zona Este de la ciudad y camina hasta llegar al límite oeste, encontrará un “transportador” que al ser activado gatillará un menú especial, en el que se ofrecerá al usuario elegir un modo de transporte para llegar a la zona oeste. El jugador puede también descartar el menú y seguir navegando por la zona Este.

El acceso al bolso del personaje se hace a través de un menú especial para ello. Al abrirlo, el juego queda en “pausa” y la interfaz cambia por la del contenido del bolso. Los elementos en su interior pueden recorrerse de manera circular. Seleccionar algún elemento permite interactuar con él y así ejecutar acciones coherentes al objeto, como llamar a alguien a través del teléfono celular o revisar el estado de completitud de alguna lista, que a su vez también se hará mediante un menú circular.

4.3.3.Arquitectura lógica

En Unity 3D se trabaja definiendo el comportamiento de los objetos de juego a través de scripts. Estos pueden desarrollarse en C#, Javascript o Boo. Particularmente para este trabajo se utiliza Javascript y C#.

Un objeto de juego de Unity es una entidad que posee coordenadas (en tres dimensiones) dentro del mundo virtual, y puede contener diversos componentes, ya sean scripts, redes poligonales, componentes de física, emisión de luz, emisión de sonido, detectores de colisión, etc. Un componente de juego se caracteriza por “existir” dentro de una escena.

Por otro lado están las clases, que se utilizan para modelar objetos e interacciones para las que no se necesita crear objetos de juego, es decir, las clases no se encuentran en la escena y no poseen coordenadas u otros componentes. Son esencialmente más abstractas.

A continuación se describen los componentes del sistema:

Protagonista: es el objeto de juego controlado por el usuario. Posee un script principal que define su comportamiento y le permite moverse por el escenario e interactuar con otros personajes u objetos. Contiene un componente para poder escuchar los sonidos del escenario lo que hace al usuario oír lo que escucharía el protagonista desde su posición en el mundo virtual. Contiene *Emisores de Sonido* para cada acción: dar un paso al norte, al sur, al este, al oeste, girar a la izquierda, girar a la derecha y chocar con algo. Contiene también un *Objeto Mochila*.

Emisor de Sonido: es un objeto de juego simple que sólo es posible de encontrar en el *Protagonista*. Posee una fuente de audio y un script controlador, que se encarga de reproducir el sonido cuando le es indicado.

Objeto Mochila: es otro objeto de juego contenido en el protagonista. Modela parte del funcionamiento de su mochila. Posee scripts para mostrar y manejar el menú, con el respectivo audio asociado, y también para ejecutar ciertas acciones sobre los *Contactos* del juego, es decir, una las funcionalidades de la clase estática “*Contactos*”, que al no ser objeto de juego carece de funcionalidades sobre la escena, con las funcionalidades del juego.

Interactivo: representa cualquier objeto o personaje con el cual puede interactuar el *Protagonista*. Un *Interactivo* debe estar contenido en un *Voxel*. Posee dos scripts principales: uno genérico que comparten todos los objetos interactivos y otro particular a cada objeto, donde se define el comportamiento específico de cada personaje. Este último posee arreglos de strings que definen sus diálogos y le nombre de una voz para ser utilizada por el sistema de *text to speech*. Además tiene una componente de audio, necesaria para que el jugador encuentre y distinga a los objetos de juego *Interactivos*.

Transportador: es un objeto de juego que hereda parte del comportamiento de un *Interactivo* y se usa para modelar objetos especiales ubicados en *Voxels* específicos de cada *Zona*. Su función es llevar al *Protagonista* de una *Zona* a otra, por lo que se ubican normalmente en los límites de una *Zona*. Al interactuar con uno de ellos aparece un

menú de selección de *Medios de Transporte*. Es por ello que contiene un script para la interfaz del menú, tanto gráfica como auditiva.

Voxel: es la unidad mínima de mapa en el juego. Un *Voxel* es un elemento de volumen que puede contener máximo a un objeto *Interactivo*. El *Protagonista* puede estar parado sólo en un *Voxel* a la vez, y cada vez que se mueve de un *Voxel* a otro se considera que el *Protagonista* da un paso. El *Protagonista* sólo puede caminar por zonas compuestas de *Voxels* vacíos. Posee un script que modela su comportamiento, lo que permite al jugador ejecutar el sonar y otras acciones sobre él, y una etiqueta que permite saber si debe ser tratado como un Info-Voxel o no.

Zona: es un objeto de juego que modela las macro zonas visitables por el *Protagonista*, es decir, el Bosque, y las cuatro zonas de la Ciudad. Cada *Zona* posee un script que define un comportamiento genérico para ellas, a esto se suma otro script que se encarga de inicializar la escena correspondiente a la *Zona*, es decir, poner al *Protagonista* en el *Voxel* correspondiente y establecer los diversos parámetros particulares de cada escenario. Además, cada zona posee un sonido ambiental particular.

Habitación Interior: este objeto de juego define lugares dentro de algunas *Zonas* que corresponden a habitaciones separadas del exterior. Posee un script que maneja los sonidos del interior y del exterior de la habitación, de esta manera cuando el *Protagonista* entra a una *Habitación Interior*, deja de oír el sonido ambiental exterior de la *Zona* y comienza a escuchar sonidos del interior. Por ejemplo, al pasar de la calle a una oficina.

Cámara: objeto que muestra las imágenes del juego. Posee scripts para controlar las interfaces de los menús de diálogos, niveles de estado y notificaciones. Además se define en su comportamiento que siga al *Protagonista*, lo que se ejecuta en su script “Unir_a_objeto”. Junto a lo anterior, maneja la inicialización del mecanismo de *text to speech*.

Sonidos de Diálogo: es un objeto de juego que contiene los sonidos utilizados en los diálogos. Por ejemplo, al terminar una porción de diálogo o la conversación completa. Éstos también son usados al mostrar notificaciones y en ciertas funcionalidades de los menús de selección.

Fader: objeto de juego que se encarga de hacer fundidos a negro y desde negro al cargar una escena. Se activa principalmente al ir de una *Zona* a otra.

GUI Controlador de Mensajes: clase estática que maneja el estado de la interfaz del menú de diálogos. Permite saber si se está mostrando un diálogo, gatillar una ventana de diálogo o cerrarla.

GUI Controlador de Notificaciones: clase estática similar a la anterior. Maneja el estado de las notificaciones, que son mensajes mostrados al usuario, distintos de los diálogos, ya que no provienen de la interacción con otro personaje u objeto.

Manejador de Eventos: es una clase estática, cuya función es gatillar eventos según el *Estado* del juego. Así, si el *Protagonista* completa una *Lista de Acciones*, por ejemplo, se gatilla una llamada telefónica de un *Contacto* al *Personaje*. Posee gran cantidad de datos

respecto al *Estado* de avance del juego, *Niveles De Estado* del mundo virtual, *Medios De Transporte* disponibles, último lugar visitado por el *Protagonista*, etc., por lo que se diseñó accesible para cualquier otra clase o script. Posee funciones que permiten determinar, dado el *Estado* del juego, si se ha solucionado alguno de los tres grandes problemas del juego o si el juego está terminado. Además, entrega strings en lenguaje natural con información sobre los *Niveles de Estado* del juego, para su posterior uso mediante *text to speech*.

Contactos: es una clase estática que contiene la lista de contactos del teléfono celular. Posee funcionalidades para retornar los contactos deseados y manejar los comportamientos propios de cada *Contacto*. Es aquí donde se asignan las funciones para cada uno de ellos, estableciendo qué deben decir según el estado del juego y qué debe suceder luego de que hablen con el *Protagonista*.

Estados: clase estática que permite manejar toda la lista de *Estados* posibles de alcanzar en el juego.

Listas: esta clase estática se utiliza para construir y controlar las *Listas de Acciones* que existen en el juego. Posee la funcionalidad necesaria para obtener y consultar las listas existentes.

Mochila: es una clase estática que modela la mochila del protagonista. Su función es la de contener los *Objetos* del *Protagonista*, por ello tiene una referencia a un arreglo de *Objetos*. Sus acciones principales son agregar y quitar *Objetos* de la mochila y retornar *Objetos* buscados dentro de ella.

TTS: clase estática que se utiliza para traducir en audio los mensajes de texto. Participa en todas las ocasiones en que sea necesario comunicar un mensaje o información al usuario a través de audio. Posee un arreglo con los nombres de las voces instaladas en el computador y un indicador de la velocidad con que las voces deben leer el texto. Incluye funcionalidades para seleccionar la voz y decir los mensajes entregados como parámetro.

Objeto: es una clase utilizada para cualquier elemento que el protagonista puede almacenar en su *Mochila*. Un objeto puede ser entregado o recibido y posee un nombre y una descripción. Todo objeto posee una función “*actionOn*” que se ejecuta al ser seleccionado dentro de un menú. Esta función debe ser implementada por sus herederos.

Lista de Acciones: es una clase que hereda de *Objeto* y que se utiliza para representar las listas de acciones que debe completar el jugador. Contiene referencias a un arreglo de *Acciones* y posee un campo booleano utilizado para indicar si la lista ha sido completada o no. Además posee una variable “nivel” que indica cuál *Nivel de Estado* se ve afectado al completar la lista. Sus acciones principales son *ver la lista* y *completar* una *Acción* que se encuentre dentro del arreglo. La lista se marca como completada sólo cuando todas las *Acciones* están completadas.

Acción: representa a cualquier acción perteneciente a alguna de las *Listas de Acciones*, las cuales deben ser cumplidas para terminar el juego. Posee un nombre, una descripción, que corresponde a un texto que explique en qué consiste la acción y un

campo booleano que indica si la acción ha sido completada o no. Su principal funcionalidad es “completar”, lo que significa marcar la acción como cumplida.

Teléfono Celular: clase utilizada para modelar el teléfono móvil del *Protagonista*. Hereda de *Objeto*, por lo que puede ser almacenado en la *Mochila*. El *Protagonista* tiene en su posesión este objeto desde el inicio del juego. Es utilizado para hacer o recibir llamadas, por lo que tiene una referencia a un arreglo de *Contactos* disponibles. Sus acciones principales son *recibir llamadas* y *llamar* a otros *Contactos* (a través de *actionOn*), además de retornar los *Contactos* ya almacenados en un arreglo de strings para así poder mostrarlos en un menú.

Contacto: modela a los contactos que pueden llamar o ser llamados por el *Protagonista* a través de su *Teléfono Celular*. Posee una variable correspondiente a una definición de función. Esta función es asignada por la clase estática *Contactos*. Así, el comportamiento particular de cada *Contacto* es manejado desde el exterior. Su principal acción es retornar la función asignada para que otro componente adquiera el control sobre la ejecución, por ejemplo, un menú.

Nivel de Estado: se utiliza para representar los niveles de determinados estados en la ciudad, por ejemplo, el “Nivel de uso del agua” o el “Nivel de reciclaje de papel”. Contiene valores enteros que representan el nivel actual del estado, el nivel máximo y mínimo que puede alcanzar, un nombre identificativo y una descripción. Las acciones que se pueden ejecutar sobre un *Nivel de Estado* son *aumentar* y *disminuir* el nivel en un valor determinado.

Estado: corresponde al estado de avance del juego, es decir, se utiliza para conocer en qué punto se encuentra el jugador, qué acciones ha completado. Posee un ID representado por un número y una descripción en formato de texto, así, por ejemplo al inicio del juego el *Estado* será “ID = 0” y “Descripción: Pudúes no encontrados”.

Medio de Transporte: clase que se utiliza para modelar una forma de transporte entre una *Zona* y otra, por ejemplo “caminar”, “taxi” o “bus”. Posee valores enteros utilizados para indicar la demora que toma en tiempo ir de una *Zona* a otra, para indicar la contaminación generada, un nombre descriptivo y un contador para conocer las veces que ha sido usado cada *Medio de Transporte*.

El siguiente diagrama muestra los componentes mencionados, diferenciando entre clases estáticas (amarillas), clases (blancas) y objetos de juego (azules). Se aprecian las principales interacciones y relaciones. Sin embargo, por simplicidad se omitieron las interacciones entre las clases estáticas y los demás componentes, así como también entre clases y scripts específicos de los objetos de juego.

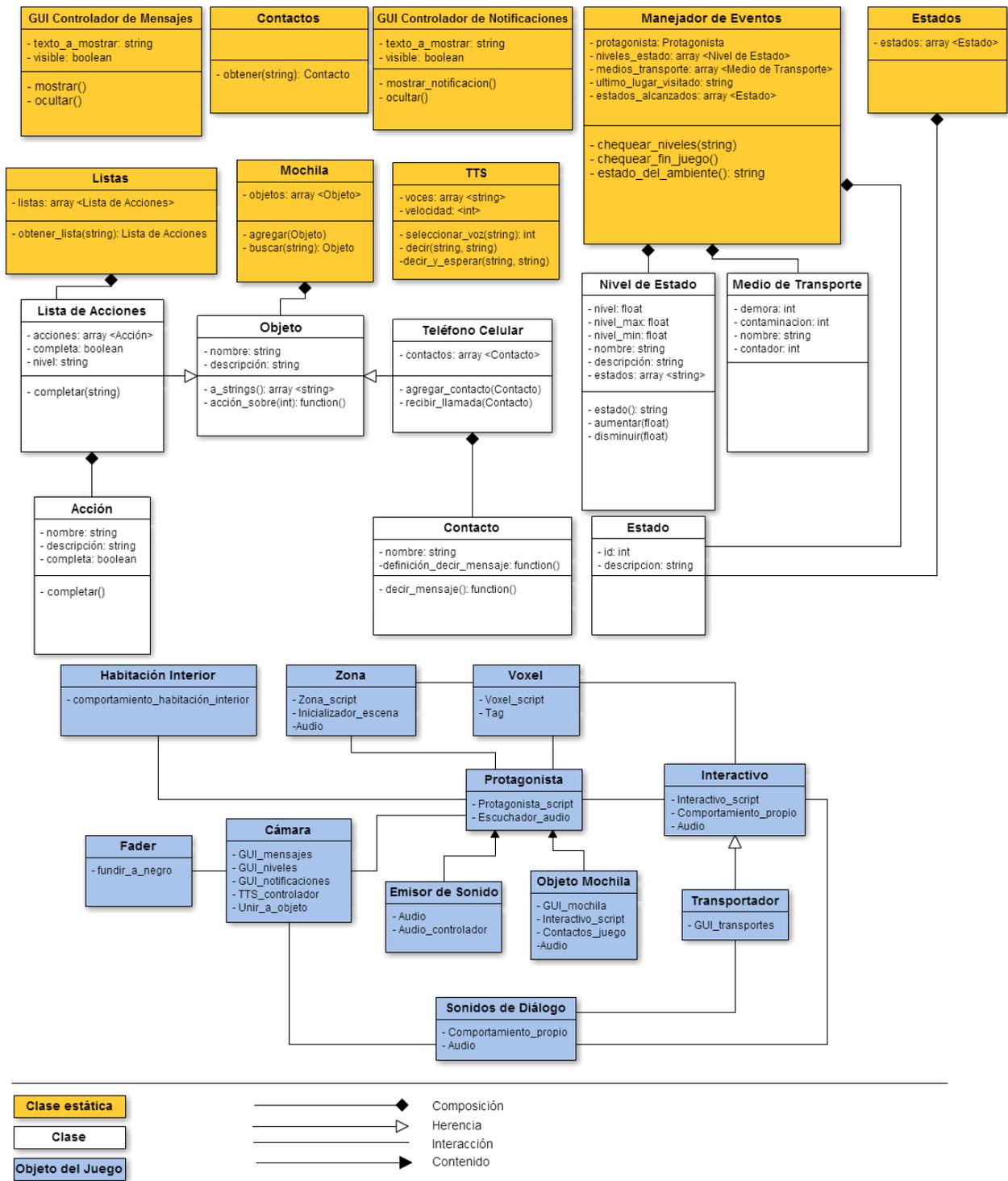


Figura 5: Arquitectura Lógica

4.4. Arquitectura de sistema

El sistema está diseñado para ser utilizado de manera personal, lo que implica que se entiende una sesión de juego como un uso del software por parte de una persona particular, aunque no necesariamente en solitario.

No se requiere de comunicación con otras máquinas o conexión a Internet, ya que los recursos utilizados están disponibles en la máquina con la que interactúa el usuario.

En concreto, el sistema se sostiene en una arquitectura de hardware simple. Básicamente se necesita una sola máquina con el videojuego instalado para correr el sistema. Adicionalmente, para garantizar que la experiencia de usuario satisfaga los requerimientos del proyecto, es necesario cumplir con las interfaces de entrada y salida.

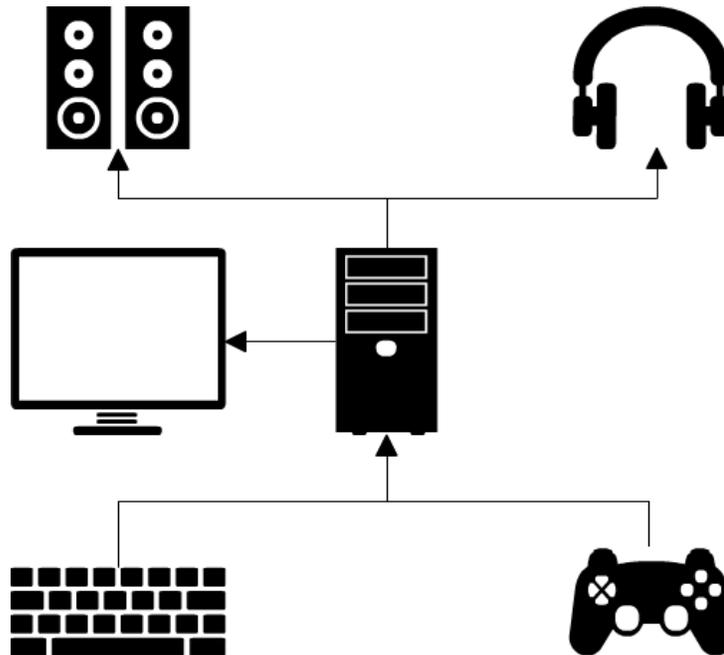


Figura 6: Arquitectura de Hardware

El sistema corre en un computador cuya interfaz de salida se compone de una pantalla y audio, ya sea a través de parlantes estéreo o audífonos (recomendados para una mejor experiencia). Para la interfaz de entrada se utiliza un teclado o un joystick (recomendado para personas con muy baja o nula capacidad visual).

4.5. Diseño de la interfaz usuaria

4.5.1. Interfaz de entrada

Como se ha visto en la literatura, existen diversas opciones a la hora de elegir una interfaz de entrada para sistemas de software dirigidos a personas con ceguera total o parcial, entre las cuales se encuentran:

- **Teclado de PC**
- **Mouse de PC**
- **Pantalla táctil**
- **Joystick**
- **Wii Remote**
- **Microsoft Kinect**
- **Novint Falcon**

El sistema de software propuesto está pensado para ser presentado como una hiper historia [36] lúdica, que a través de su desarrollo provoque interés en el usuario y genere aprendizajes referentes al cuidado del medio ambiente y conductas apropiadas para un desarrollo sustentable.

Es por ello que ciertos dispositivos de entrada pueden descartarse ya que no significan un aporte práctico al uso del software, como por ejemplo Wii Remote, Microsoft Kinect o Novint Falcon. Estos últimos adquieren valor cuando se busca incentivar, estudiar o mejorar aspectos de movilidad en los usuarios. Novint Falcon, particularmente, se vuelve de gran utilidad cuando se desea crear o reforzar modelos mentales tridimensionales o navegación de ambientes virtuales de dichas características.

Por otro lado, una pantalla táctil es de gran utilidad cuando se busca una interacción simplificada en el uso de teclas o botones, ya que la gran mayoría de funcionalidades se accionan al tocar la pantalla, valiéndose de las interfaces gráficas del software que apoyan la interacción. Es en este último punto dónde la aplicación para no videntes se ve perjudicada, ya que la pantalla táctil será percibida sólo como una superficie lisa al no complementarse con las interfaces gráficas del sistema. Esto podría solucionarse diseñando el software de manera que zonas específicas de la pantalla emulen el uso de botones, pero en ese caso es mucho mejor utilizar un teclado o joystick derechamente.

El mouse ofrece dos botones, una rueda (que también puede ser presionada) y la capacidad de mover un cursor por la pantalla. La funcionalidad usualmente utilizada es gatillar acciones distintas según el contexto que se genera al colocar el cursor sobre elementos distintos, así, hacer click sobre un enemigo puede significar “atacar” y sobre un habitante puede ser “hablar”. Es por ello que la pequeña cantidad de botones no significa un problema en la interacción, sino que, en el caso de personas no videntes, lo hace la falta de feedback respecto a dónde se encuentra el cursor y qué elemento está apuntando. Esto es solucionable con el uso de un sistema de sonar [45], pero aun así se ve complejizada innecesariamente la utilización del software.

Dado lo anterior, se ha decidido utilizar como interfaz de entrada un joystick, específicamente un *gamepad*, compatible con Unity 3D y opcionalmente el teclado del PC.



Figura 7: opciones de input. Joystick (izquierda) y teclado (derecha)

El joystick tiene la ventaja de presentar todos los botones de forma cómoda y ergonómica, previniendo errores de oprimir teclas no deseadas o dificultades para encontrar algún botón en particular, a diferencia del teclado. Este último presenta teclas distinguibles (flechas arriba, abajo, izquierda, derecha, Intro, espacio, Esc, etc.) que serán utilizadas para la interacción, dado que son más fáciles de reconocer y encontrar. La ventaja de incluir el teclado como método de entrada es que su amplia utilización lo hace más conocido entre los usuarios, y estará muy probablemente presente siempre junto a un computador, además de utilizarse para el desarrollo y testeo.

Descripción de la Interfaz de Entrada

A continuación se enumeran las acciones que el usuario puede realizar a través de la interfaz de entrada y los botones o teclas asignadas para cada una:

Indicador	Acción
North	Caminar al frente / Subir en menú
South	Bajar en menú
East	Girar a la derecha / Bajar en menú
West	Girar a la izquierda / Subir en menú
Action	Interactuar / Seleccionar en menú / Avanzar en diálogo
Bag	Abrir mochila / Cerrar mochila
Back	Cerrar menú / Atrás en menú
Sonar	Sonar a distancia
Short Sonar	Sonar para Voxels vecinos
States	Oír niveles de estado del juego
Compass	Oír dirección en la que mira el protagonista
Info	Oír descripción de la Zona visitada

Tabla 1: Indicadores para cada acción en la interfaz de entrada

Teclado

- **North:** flecha arriba
- **South:** flecha abajo
- **East:** flecha derecha
- **West:** flecha izquierda
- **Action:** barra espaciadora
- **Bag:** tecla Enter
- **Back:** tecla Esc
- **Sonar:** tecla S
- **Short Sonar:** tecla D
- **States:** tecla E
- **Compass:** tecla B
- **Info:** tecla I

Gamepad



Figura 8: mapeo entre acciones del juego y botones del gamepad

4.5.2. Interfaz de salida

El videojuego está dirigido a niños de entre 12 y 14 años de edad con ceguera total o parcial, por lo que la interfaz para el usuario final está compuesta por audio, principalmente, y gráfica. Como se ha visto en la literatura, la utilización de audio es fundamental en la interacción entre no videntes y sistemas de software, por lo que el videojuego está basado en audio espacial, sin embargo también contará con una interfaz visual, para complementar el audio en el caso de los usuarios con visión parcial.

Para aprovechar el uso de audio espacial, éste puede ser emitido a través de un sistema de parlantes, sin embargo, el uso de auriculares permite apreciarlo con mayor nivel de

detalle en términos de la proximidad y dirección de las fuentes emisoras de sonido en el mundo virtual. Por otro lado, la experiencia no se ve perjudicada [37] al utilizar auriculares en lugar de parlantes.

Toda acción del usuario tiene un feedback auditivo emitido utilizando un sistema de audio espacial: cada paso que da el personaje, tonos distintos según la dirección en que se da un paso, uso de medios de transporte para ir de una zona a otra, sonidos ambientales, voces, selección de elementos en un menú, sistema de sonar, acciones, etc. Además los menús de opciones se recorren de forma circular, entregándose feedback auditivo (*text to speech*) que describe la opción que está seleccionada, o el paso de una opción a otra.

La interfaz visual es simple. Los personajes son figuras geométricas grises o modelos gratuitos obtenidos en la web. Los elementos relevantes son el protagonista, los caminos que puede recorrer y los objetos con los que puede interactuar.

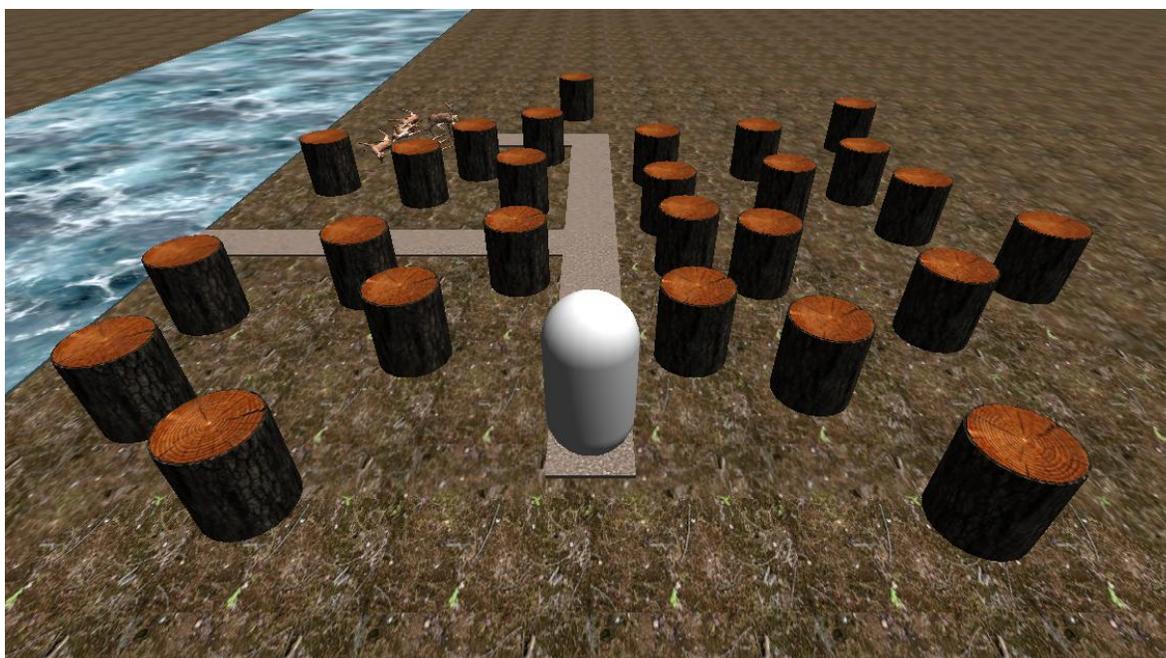


Figura 9: captura del videojuego

Los menús de opciones se muestran sobre la pantalla de juego. Presentan un título que es expresado mediante *text to speech* al ser mostrados y opciones que pueden ser recorridas de manera circular. La opción seleccionada se destaca del resto y es también expresada mediante *text to speech*.



Figura 10: captura del menú de mochila en el videojuego

4.6. Justificación del diseño

Como ya se describió anteriormente, el problema planteado abarca tres grandes áreas de interés, que son: software, educación y discapacidad. Es por ello que el sistema aquí descrito, diseñado por el autor de este documento, debe satisfacer las necesidades de cada una de estas áreas para poder considerar que la solución resuelve el problema.

En términos de lo referente al área de software, se especificó que la solución debe generar interés en los usuarios finales, más aún, debe generar una experiencia satisfactoria, con el fin de promover la acción educativa. Así es como se definió que la solución sería específicamente un videojuego, considerando que los usuarios finales tendrán edades entre los 12 y 14 años, y que este tipo de sistemas apuntan a cumplir con dichas metas de usabilidad.

La solución planteada cumple con estas características ya que se presenta al usuario ofreciendo una interacción lúdica. Específicamente, el software plantea un problema central al usuario, quien debe realizar una serie de acciones para poder resolverlo. El giro está en que se le da libertad al jugador, es él quien decide hacia dónde ir, con qué objetos interactuar y en qué orden completar las sub-tareas necesarias para resolver el problema final. El software se sustenta sobre una narrativa que dirige las acciones ocurridas en el mundo virtual y dan coherencia e incentivan al usuario a continuar utilizando el sistema hasta resolver el problema ficticio.

El software da al usuario la capacidad de mover a un personaje protagonista, investigar diferentes zonas virtuales, conversar con otros personajes e interactuar con objetos, todo ello con una libertad enmarcada dentro de reglas y una lógica coherente dentro del mundo de fantasía planteado en el videojuego.

Esto último da paso a la finalidad educativa del sistema. Como ya ha sido descrito, se busca generar aprendizajes en los usuarios en términos de cuidados del medio ambiente, conciencia medio ambiental y desarrollo sustentable. Respecto a esto, el problema central que debe resolver el jugador dentro del videojuego es lograr que un grupo de pudúes enfermos y débiles se recupere antes de que sea demasiado tarde. Para lograrlo, el jugador debe encontrar las causas de sus males, que finalmente son responsabilidad de la actividad humana, y atacarlas haciendo que otros personajes adquieran hábitos responsables.

Como puede apreciarse, la narrativa que sostiene las interacciones y metas del videojuego involucra una temática referente al cuidado del medio ambiente, en particular: extinción de especies, cuidado del agua, contaminación del aire, uso de energía eléctrica y como la actividad humana tiene consecuencias sobre el medio ambiente. Los personajes del videojuego dan información de este tipo al jugador, quien a su vez puede apreciar cómo al cambiar los hábitos de ellos cambia también el estado del medio ambiente y de paso mejoran los pudúes.

Por último, respecto a la finalidad del sistema en el área de discapacidad, particularmente de discapacidades visuales, el videojuego cumple con presentar interfaces apropiadas para personas con dicho tipo de condiciones. El diseño del software fue pensado para ser comprendido completamente a través de una salida de audio, presentando imágenes a través de una pantalla como interfaz secundaria y opcional.

En particular, todos los textos presentados en el videojuego, ya sean conversaciones, menús, opciones o datos mostrados en pantalla son traducidos a audio mediante un mecanismo de *text to speech*. Se entrega feedback auditivo para cada acción, ya sea llegar al final de una conversación, cerrar una ventana, abrir un menú, moverse de una opción a otra dentro de un menú, seleccionar una opción, hacer que el personaje avance un paso, girarlo a la izquierda o girarlo a la derecha.

Se presenta también audio espacial, que permite al usuario percibir la dirección y distancia de las fuentes de sonido dentro del mundo virtual con respecto al protagonista. Esto se logra con la utilización de audífonos o parlantes estéreo (como mínimo) como interfaz de salida, de manera que el volumen de audio de cada parlante o audífono es consecuente con la cercanía de la posición de ese receptor a las fuentes de audio en el mundo virtual. Las fuentes de sonido corresponden siempre a personajes u objetos con los que se puede interactuar, lo que da pistas al jugador de hacia dónde debe dirigir al protagonista.

Dándole sentido a lo anterior, el software incluye un mecanismo de “sonar” que permite al usuario comprender qué tiene a su alrededor, dónde se encuentra, hacia dónde está mirando y qué puede encontrar si sigue avanzando hacia el frente.

Para proveer al usuario la información referente a dónde se encuentra el protagonista y hacia dónde está mirando, se incluyó una funcionalidad con la que al oprimir un botón una voz generada por *text to speech* indicará la zona en la que se encuentra el personaje, ya sea el bosque, el norte de la ciudad, etc., y con otro botón se escuchará la dirección en la que mira, es decir, norte, sur, este u oeste.

El mecanismo de sonar está basado en la utilización de Voxels, que representan casilleros dentro del juego. Un personaje u objeto interactivo sólo puede ocupar un Voxel a la vez, y un Voxel sólo puede contener a un personaje u objeto. El protagonista sólo puede moverse de un Voxel desocupado a otro. Esto determina la mecánica de movimiento del personaje.

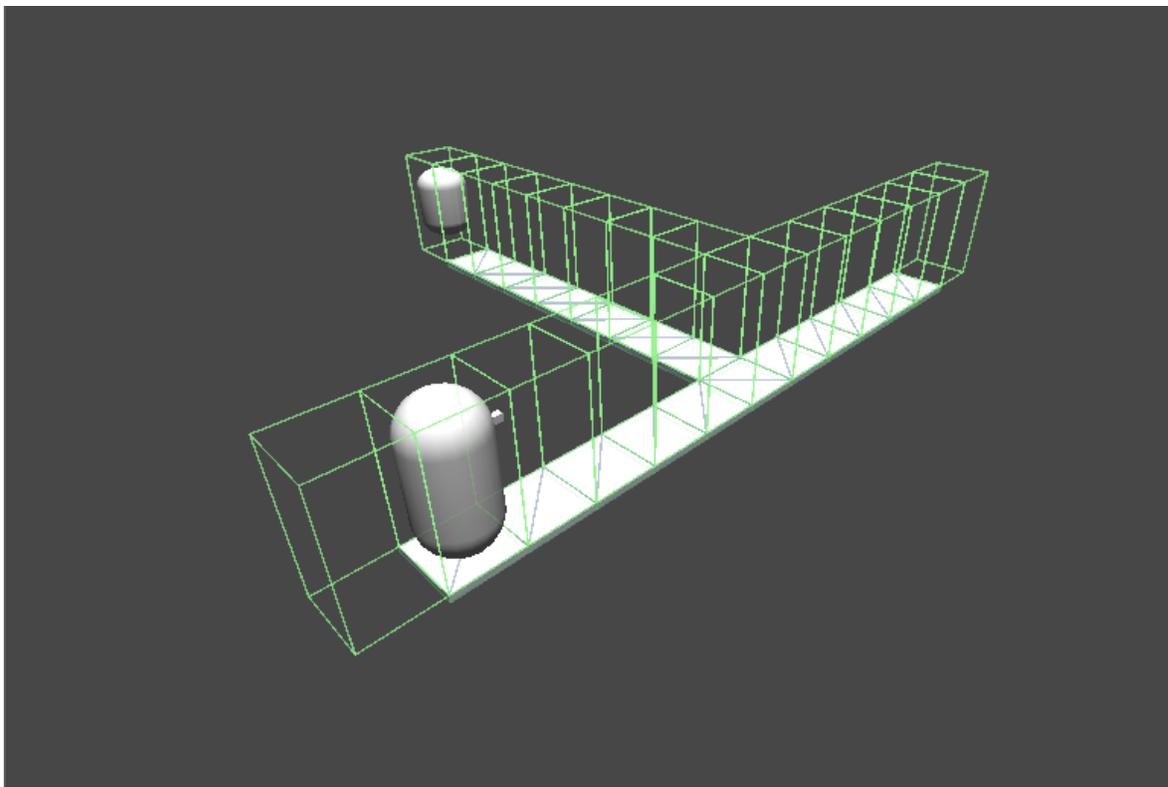


Figura 11: escenario navegable donde se aprecian los Voxels

Se provee al usuario una interfaz que le permite obtener, al oprimir un botón, audio que le informa lo que hay en los Voxels vecinos al protagonista, por ejemplo: “frente a ti tienes un camino, a tu izquierda hay una persona, detrás de ti hay un camino” (se entiende que a su derecha no hay nada).

Además, existe una categoría especial de Voxels llamados Info-Voxels que corresponden a aquellos Voxels vecinos de otros Voxels ocupados por personajes u objetos, o que se encuentran en una intersección entre caminos. Se provee al usuario con una interfaz que le permite oprimir un botón para obtener datos auditivamente respecto al primer Info-Voxel que se encuentre frente a él (y esté alcanzable). Se le indica la cantidad de pasos que debe dar para alcanzar dicho Info-Voxel y qué encontrará en el lugar en caso de hacerlo, por ejemplo: “Si avanzas 8 pasos tendrás un camino frente a ti y una persona a tu izquierda”.

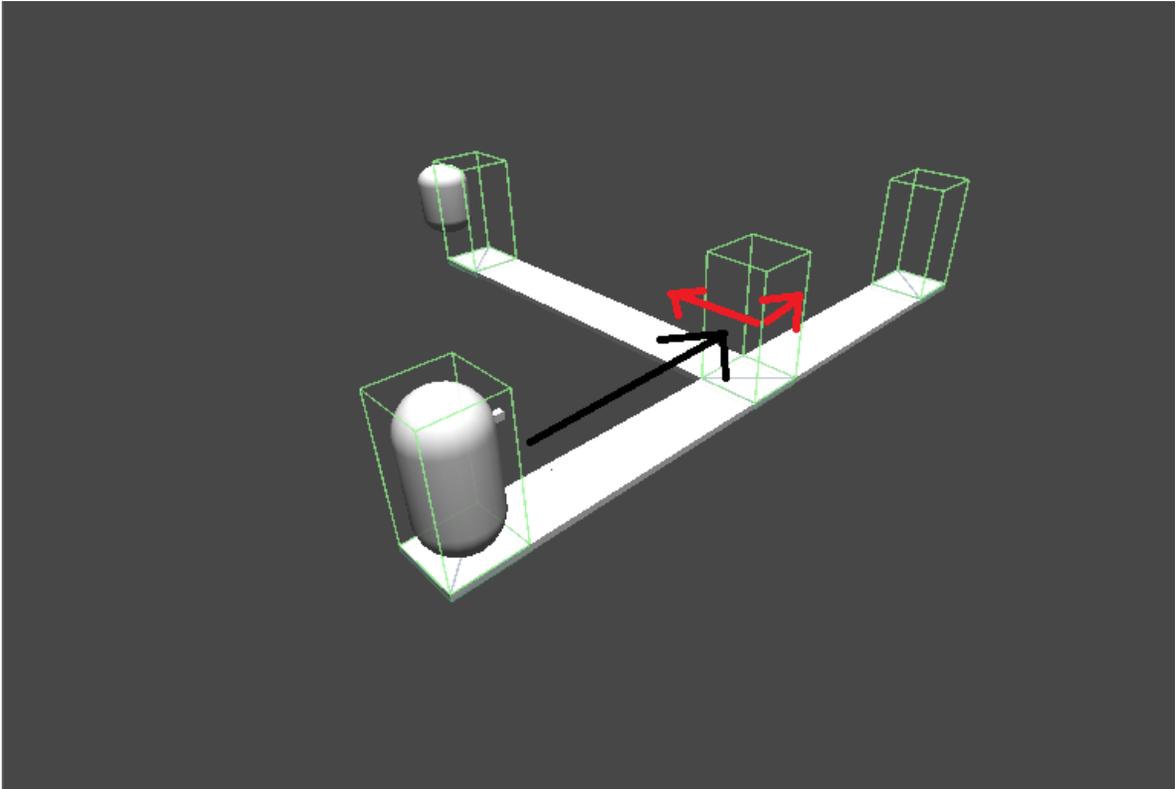


Figura 12: Info-Voxels del escenario. El jugador consulta y se le informa que al avanzar 6 pasos tendrá un camino frente a él y un camino a su izquierda

Así, queda claro que el sistema diseñado satisface los requisitos para las tres áreas de interés que componen al problema a resolver. El software conforma un videojuego que genera una experiencia lúdica y educativa para usuarios con discapacidades visuales, entregándoles las interfaces de entrada y salida necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto.

Capítulo 5

Validación y Evaluación de Usabilidad

Dado que el sistema de software propuesto corresponde a un videojuego educativo, su validación se llevó a cabo a través de una evaluación de usabilidad en conjunto con una medición cualitativa y cuantitativa de aprendizajes y apreciaciones relativas al cuidado del medio ambiente.

En particular, el objetivo de la evaluación realizada fue el de obtener una medida del nivel de satisfacción de los usuarios finales en su experiencia con el videojuego y comprobar si el resultado obtenido cumple con los criterios de aceptación descritos en el punto 3.5.

Además, en cuanto a los aprendizajes y cambios en la apreciación de los usuarios finales respecto al cuidado del medio ambiente, se suma como objetivo conocer en qué medida la utilización del videojuego afecta dichas características. Con estos resultados se desea comprobar si el sistema cumple con los criterios de aceptación relativos a educación mencionados en el punto 3.5.

5.1. Muestra

El estudio fue realizado con 12 usuarios finales pertenecientes al colegio Hellen Keller, ubicado en la comuna de Ñuñoa en Santiago, y al Centro Educacional Santa Lucía, ubicado en la comuna de La Cisterna en Santiago.

El grupo de la muestra estuvo compuesto por 4 mujeres y 8 hombres cuyas edades estaban entre los 10 y los 16 años. Dentro del grupo, 4 personas eran totalmente ciegas y 8 de ceguera parcial.

5.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la evaluación de usabilidad y el estudio de los aprendizajes fueron los siguientes:

5.2.1. Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua

Este cuestionario está compuesto por 6 preguntas abiertas relativas a conocimientos y apreciaciones sobre el cuidado del agua y del medio ambiente. Las preguntas fueron construidas según la dimensión cognitiva de la Taxonomía de Bloom [65], de manera que cada pregunta corresponde a un nivel de dicha dimensión (conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación). Las preguntas contenidas son las siguientes:

- *Si te das una ducha de 30 minutos, ¿Cuántos litros de agua habrás usado?*
- *¿Qué podrías hacer para consumir menos agua en tu hogar? Da ejemplos.*
- *Sabiendo que las represas utilizan la fuerza del agua para generar electricidad ¿De qué otras maneras podrías cuidar el agua?*
- *Si tuvieras que dejar de realizar una actividad que consume agua, ¿Cuál sería? ¿Por qué?*

- *Además del cuidado del agua, ¿Con qué otras acciones podrías ayudar a proteger el medio ambiente?*
- *El gobierno ha decidido construir una represa en el sur de Chile para generar electricidad y abastecer a las ciudades cercanas. Para ello se debe inundar gran parte de un bosque ¿Qué opinas de esta medida?*

5.2.2. Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental

Está compuesto de 14 aseveraciones referentes al nivel de apreciación de los usuarios sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y su disposición a hacerlo. Para cada aseveración se debe marcar una opción según una escala de Likert (Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Neutro, De acuerdo y Muy de acuerdo). Las aseveraciones contenidas son las siguientes:

- *Soy una persona a la que le importa el Medio Ambiente*
- *Me importa motivar a mi familia y amigos en conductas ambientales responsables*
- *Creo que mi conducta cotidiana afecta al Medio Ambiente*
- *Estoy dispuesto a perder algunas comodidades a cambio de cuidar el Medio Ambiente*
- *Estoy bien informado sobre la extinción de especies animales*
- *Me preocupan las especies en peligro de extinción*
- *Me importa adquirir conciencia sobre el cuidado del Medio Ambiente*
- *Considero que cuidar el agua es importante para el Medio Ambiente*
- *Sé cómo cuidar el agua en mi vida cotidiana*
- *Considero que mi consumo de agua diario es responsable con el Medio Ambiente*
- *Creo que tomar duchas cortas ayuda a cuidar el Medio Ambiente*
- *Limpiar la calle con escobas es mejor que hacerlo con agua y manguera*
- *Creo que es importante reparar prontamente las goteras y fugas de agua en el hogar*
- *Creo que cerrar la llave de agua mientras me lavo los dientes es bueno para el Medio Ambiente*

Junto a lo anterior, el cuestionario incluye una sección abierta para comentarios adicionales, cuyo objetivo es reportar cualquier información extra que el evaluador considere relevante.

5.2.3. Cuestionario de usabilidad

Este cuestionario es una adaptación de la “*Pauta resumida de Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos*” del Dr. Jaime Sánchez y busca medir el nivel de satisfacción de los usuarios finales. Está compuesto por 20 afirmaciones dirigidas a diferentes aspectos presentes en la interacción con el videojuego y por 4 preguntas abiertas junto con una sección para observaciones o comentarios. Para cada afirmación el usuario debe asignar una calificación entre 1 y 7, interpretando 1 como “poco” y 7 como “mucho”. Las sentencias contenidas en el cuestionario son las siguientes:

- *Me gusta el videojuego*
- *El videojuego es entretenido*
- *El videojuego es desafiante*
- *El videojuego me hace estar activo*
- *Volvería a jugar con el videojuego*
- *Recomendaría este videojuego a otros niños/jóvenes*
- *Aprendí con este videojuego*
- *El videojuego tiene distintos niveles de dificultad*
- *Me sentí controlando las situaciones del videojuego*
- *El videojuego es interactivo*
- *El videojuego es fácil de utilizar*
- *El videojuego es motivador*
- *El videojuego se adapta a mi ritmo*
- *El videojuego me permitió entender nuevas cosas*
- *Me gustan los sonidos del videojuego*
- *Los sonidos del videojuego son claramente identificables*
- *Los sonidos del videojuego me transmiten información*
- *Me gustan las imágenes del videojuego*
- *Las imágenes del videojuego son claramente identificables*
- *Las imágenes del videojuego me transmiten información*

Por otro lado, las preguntas abiertas buscan reportar datos adicionales que pueda aportar el usuario sobre su experiencia con el videojuego. Las preguntas son: “¿Qué te gusto del videojuego?”, “¿Qué no te gusto del videojuego?”, “¿Qué agregarías al videojuego?” y “¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?”.

5.3. Tareas

Para el estudio de usabilidad realizado se diseñó una versión especial del videojuego, más corta, modificada desde la versión completa, con el fin de acotar el tiempo requerido en cada sesión de juego.

Esta versión contempla solamente las tareas relacionadas con el cuidado del agua. Así, se presenta un argumento idéntico al del juego completo, en el que los pudúes sufren debido a problemas provocados por el hombre, pero en este caso el único problema es el bajo caudal del río, lo que los deja sin fuentes de agua para beber. Se ignoran las dimensiones relacionadas con la tala de árboles y la producción de CO₂. Fueron quitadas de los escenarios aquellas interacciones relacionadas con dichas dimensiones, con el fin de evitar confusiones provocadas por entregar al usuario más información de la que necesita.

En particular, cada sujeto de prueba debió realizar las siguientes tareas:

- Investigar el bosque y encontrar a los pudúes enfermos.
- Descubrir que el río con bajo caudal es el motivo del estado de los animales.

- Dirigirse a la zona sur de la ciudad y hablar con el gerente de Aqua Sur para recibir una lista de acciones que se pueden realizar para cuidar el agua y así recuperar el caudal del río.
- Hablar con 3 personas que hacen mal uso del agua, cada una ubicada en la zona este, oeste y norte de la ciudad, y convencerlas de que sus acciones afectan a los pudúes, lo que las hace cambiar de comportamiento.



Figura 13: fotografía tomada a un sujeto de prueba durante la evaluación de usabilidad

Cumplidos los puntos anteriores, el jugador es derivado a una escena final donde se le felicita por su trabajo y se escucha a los pudúes felices y agradecidos.

5.4. Equipos

El estudio de usabilidad se llevó a cabo utilizando el siguiente equipo:

- Computador portátil Acer Aspire Timeline X, con sistema operativo Windows 7 Professional.
- Auriculares USB Microsoft LifeChat LX-3000.
- Gamepad USB Microsoft Sidewinder

El computador utilizado incluye teclado, pantalla y parlantes estéreo, pero para las sesiones de juego se utilizó el gamepad como interfaz de entrada (en lugar del teclado) y

los auriculares (en lugar de los parlantes) y la pantalla como interfaz de salida. Esto para garantizar una experiencia de uso más adecuada al tipo de usuario.

5.5. Procedimiento

El procedimiento seguido para realizar el estudio de usabilidad y de impacto cognitivo fue dividido en dos fases, como se indica en la etapa de “Evaluación de Impacto” mencionada el punto 2.3, ya que es necesario ejecutar un pretest y un post test de manera que la variable dependiente entre las mediciones realizadas sea el uso del videojuego.

En la fase de pretest se le aplicó a cada sujeto de la muestra el “Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua” y el “Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental”.

Cada aplicación de los cuestionarios fue realizada de forma individual, es decir, entrevistando a un sujeto por vez. Las preguntas fueron leídas en voz alta para cada individuo y sus respuestas fueron transcritas a los documentos.

El post test se realizó una semana después del pretest con el fin de evitar que los usuarios tuvieran demasiado “frescas” las respuestas entregadas y consistió en explicar a cada usuario qué era lo que tenían en frente (computador, auriculares, gamepad), de qué se trataba el estudio y qué harían a continuación.

Luego, los usuarios jugaron en una escena especial de tutorial, con la finalidad de comprender la mecánica de interacción con el videojuego. Esta escena consiste en dos caminos perpendiculares que se intersectan, donde uno de ellos tiene en su extremo a un personaje con el que se puede interactuar. En los extremos del otro camino hay salidas que le permiten al usuario tomar un medio de transporte que los deja en la misma escena. Así, el usuario puede experimentar cómo es moverse por el escenario, interactuar con otro personaje, utilizar el menú de selección de medios de transporte y el menú de su mochila.

Durante la interacción con la escena tutorial se explicó a los usuarios qué hacía cada botón, se les incentivó a investigar y encontrar al personaje, y se resolvió las dudas que pudieran tener.

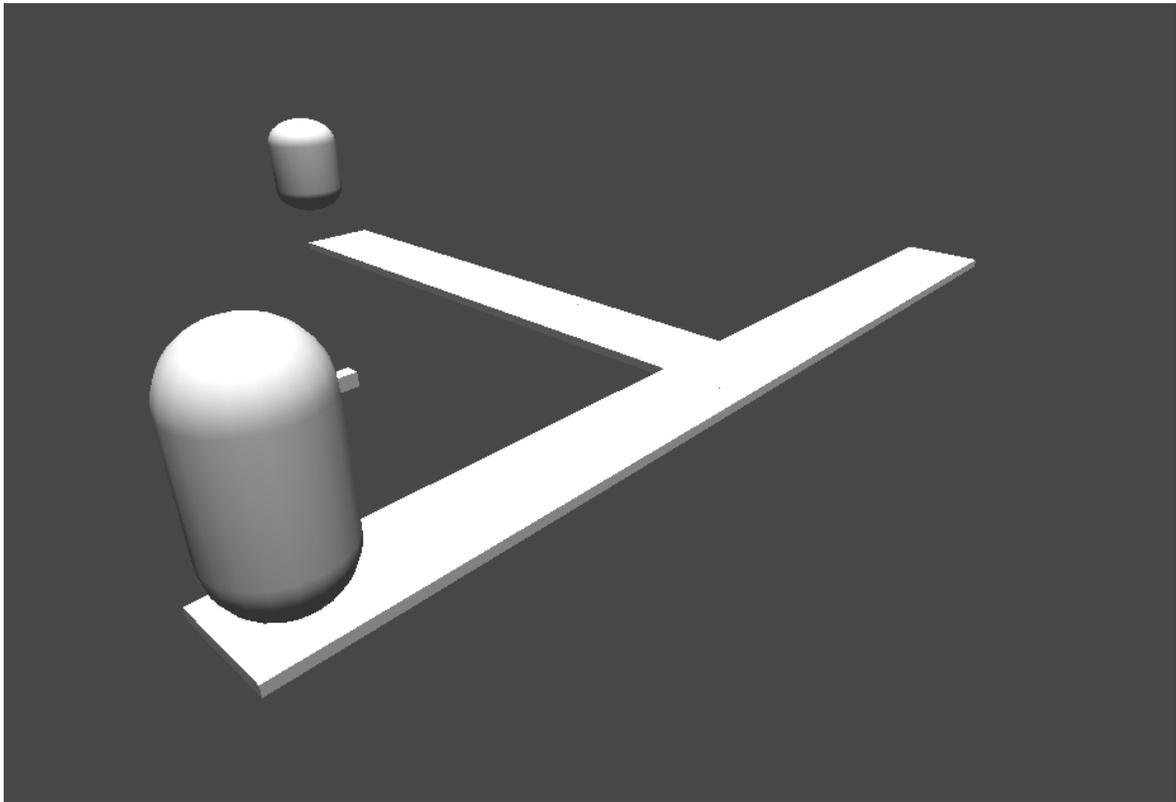


Figura 14: captura de escena tutorial

Una vez que el usuario se sentía cómodo y seguro con la mecánica, se pasaba a la versión corta del juego y se dejaba que el usuario jugara hasta completar las tareas mencionadas en el punto 5.3. Si la sesión de juego se prolongaba por más de 30 minutos, y el usuario ya había convencido a al menos un personaje de que cambiara sus hábitos de cuidado del agua, se dejaba el juego hasta ahí y se continuaba con el procedimiento.

Cada sesión de juego se fue seguida de una aplicación del “Cuestionario de usabilidad” y una nueva aplicación del “Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua” y del “Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental”, siguiendo la metodología de leer el cuestionario en voz alta y transcribir las respuestas.

5.6. Resultados y análisis

5.6.1. Impacto cognitivo

Los resultados obtenidos sobre el impacto cognitivo que la interacción con el videojuego provocó en los usuarios son los siguientes:

Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua

Como ya se ha mencionado, este cuestionario posee 6 preguntas abiertas, por lo que su análisis se realiza de manera cualitativa. En particular se comparan las respuestas dadas por los sujetos de prueba y se analizan las diferencias existentes entre el pretest y el post test.

A continuación se presentan los resultados para cada pregunta:

- ***Si te das una ducha de 30 minutos, ¿Cuántos litros de agua habrás usado?***

En esta pregunta todos los usuarios contestaron valores o rangos específicos de valores de litros de agua. Del cuestionario, esta pregunta en particular puede analizarse cuantitativamente: en el pretest el promedio aproximado de las respuestas fue de 115 litros, en cambio en el postest fue de 68,3. Si se considera que la respuesta correcta es 600 litros [66], es claro que el error en las respuestas disminuyó entre el pretest y el post test. Esto se puede asociar directamente con la información entregada por uno de los personajes del juego, quien entrega dicha información al usuario de manera clara.

- ***¿Qué podrías hacer para consumir menos agua en tu hogar? Da ejemplos***

Esta pregunta obtuvo respuestas muy similares tanto en el pretest como en el post test. Básicamente se recibieron respuestas referentes a no dejar las llaves de agua abierta mientras no se usa, y acortar los tiempos de baño y ducha. No es posible distinguir diferencias notorias entre ambas versiones del test.

- ***Sabiendo que las represas utilizan la fuerza del agua para generar electricidad ¿De qué otras maneras podrías cuidar el agua?***

Esta pregunta de aplicación buscaba averiguar si el videojuego es capaz de hacer que los usuarios generen nuevas asociaciones entre conceptos e ideas manejadas por ellos. En particular, se pretendía buscar asociaciones entre el ahorro de energía eléctrica y el cuidado del agua, a la vez que comprender el estado de conocimiento de los sujetos de prueba respecto a estos temas.

En el pretest se aprecia que los individuos no lograron comprender la pregunta. Sólo una persona contestó “Usando menos electricidad” y otra sugirió utilizar otros medios para generar electricidad, el resto derivó en intentar responder con medios alternativos para cuidar el medio ambiente, como reciclar o no contaminar los ríos, o dar respuestas similares a las de la pregunta anterior. Tres personas no dieron respuesta.

En el postest hubo tres personas que no dieron respuesta, cuatro que dieron respuestas similares a las del pretest y cinco que propusieron usar menos electricidad o fuentes alternativas para generarla. Esto a pesar de que en el videojuego no se hace mención a las represas ni a la relación entre ellas, el agua y la electricidad.

- ***Si tuvieras que dejar de realizar una actividad que consume agua, ¿Cuál sería? ¿Por qué?***

El objetivo de esta pregunta de análisis es inducir una reflexión en los sujetos de prueba, de manera que lleven el problema planteado a su propia vida cotidiana, analicen sus hábitos, identifiquen una actividad que se contradiga con una actitud de cuidado del medio ambiente y expliquen por qué esa actividad es poco responsable y por qué decidirían cambiar su manera de realizarla (o dejar de realizarla).

En el pretest se obtuvo siete respuestas relativas a actividades de entretenimiento con agua durante los días de calor, dos personas que disminuirían su frecuencia de uso del agua para la limpieza personal, dos personas con respuestas relativas al regado de plantas y una persona que no cambiaría ningún hábito.

El post test mostró respuestas más amplias, a pesar de que cinco personas mencionaron nuevamente el uso de agua durante días de calor, las respuestas se ven complementadas con otras actividades. Además hay una tendencia clara a mencionar actividades relativas al baño e higiene personal (siete personas). Esto se asocia a la información presentada en el videojuego, es claro que el tema del consumo de agua durante las duchas quedó “encendido” en las mentes de los sujetos.

- ***Además del cuidado del agua, ¿Con qué otras acciones podrías ayudar a proteger el medio ambiente?***

Esta pregunta tiene como objetivo comprender en qué medida los usuarios pueden hacer uso de lo aprendido, crear nuevas asociaciones y componer nuevas ideas respecto a maneras de proteger y preservar el medio ambiente.

El pretest se observa una tendencia a respuestas que incluyen el buen manejo de los desechos (“basura”), reducción de la contaminación de ríos y del aire, y respeto hacia la flora y fauna.

El post test presenta respuestas muy similares, no es posible identificar un cambio importante entre ambas aplicaciones del cuestionario.

- ***El gobierno ha decidido construir una represa en el sur de Chile para generar electricidad y abastecer a las ciudades cercanas. Para ello se debe inundar gran parte de un bosque ¿Qué opinas de esta medida?***

Esta pregunta de evaluación busca encontrar cambios de juicio o criterio en los participantes producto de la interacción con el software. Se presenta una situación ficticia pero no imposible que pone a los usuarios frente a un problema que trae consecuencias de múltiple índole, tanto positivas como negativas.

En el pretest es muy clara la respuesta de rechazo hacia la construcción de la represa, solamente una persona menciona que la idea es “buena y mala” según el punto de vista. Las razones dadas para fundamentar la opinión varían entre el desperdicio de agua, la pérdida de árboles, la pérdida de animales y la existencia de fuentes alternativas de energía eléctrica menos invasivas.

En el post test está presente nuevamente el rechazo hacia la iniciativa, pero toma mayor importancia y consideración la pérdida de animales y de bosque. Aparecen nuevamente las fuentes de energía alternativas y el desperdicio de agua, este último con menor frecuencia (1 persona menos).

Al analizar los resultados obtenidos para cada una de las preguntas se puede afirmar que el videojuego es capaz de transferir datos duros a los usuarios, lo que se percibe en la primera pregunta, si bien no todos los sujetos de prueba respondieron correctamente, al

menos todos entregaron una respuesta más realista. Es claro el potencial informativo y pregnante que posee un videojuego como este.

En los resultados de la segunda pregunta se aprecia una falta de inventiva en los usuarios a la hora de dar ejemplos para cuidar el agua. El videojuego no generó cambios en este sentido. Una aproximación más inductiva quizás habría estimulado este proceso, por ejemplo, establecer interacciones con los personajes en donde el jugador deba resolver, proponer o seleccionar maneras de solucionar los problemas que los personajes presenten entre opciones dadas. No quedarse con que el jugador conversa con los personajes y los convence de cambiar sus hábitos, sino que les ayuda a reparar goteras, conseguir una escoba, etc. Que sea el jugador quien debe comprender el problema, investigar y hallar una solución.

Es posible notar que la interacción con el software genera en los usuarios nuevas maneras de razonar, dado que, a pesar de no tratarse en los contenidos del videojuego, los sujetos de prueba comprendieron mejor la tercera pregunta y dieron respuestas más concretas. La inmersión en la interacción provoca en el usuario una “salida a flote” de ideas y pensamientos relacionados. En este caso la preocupación por el medio ambiente motivó la aparición de respuestas referentes al uso responsable de la energía eléctrica.

Lo anterior también se ve en la cuarta pregunta, dado que en el post test se obtuvo respuestas similares al pretest pero se incluyeron además temas como la duración de las duchas o apertura de llaves como complemento. Es una muestra del poder que tiene la inmersión para traer a colación ideas y temas específicos. Un videojuego más largo que permita realizar varias sesiones de videojuego puede generar y reforzar aprendizajes de manera más penetrante.

En la quinta pregunta, más que encontrar algún cambio producto de la interacción, es notoria la falta de conocimientos en los usuarios respecto a las acciones que puede realizar una persona para proteger el medio ambiente o disminuir el impacto sobre el planeta. Una gran parte de las respuestas dadas habló de deshacerse de los desechos como corresponde, es decir, tirar la basura en basureros y no en cualquier parte, sin embargo nadie mencionó el reciclaje. Queda manifiesta la falta de educación en este respecto y de la misma manera es un potencial tema a incluir en un videojuego de estas características.

Finalmente, de la sexta pregunta es posible deducir que la presencia de la preocupación por el bienestar de animales y el peligro de que ellos mueran y se extingan es producto de la presencia de pudúes como personajes y tema central del videojuego. La interacción provoca una empatía que en algún nivel acerca a los jugadores al mundo natural y genera un cambio en las prioridades y preocupaciones que pueda tener respecto a un tema que no le afecta directamente, aunque sea pequeño.

Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental

Para el análisis de este cuestionario compuesto de 14 aseveraciones, recibiendo cada una un nivel de afinidad según una escala de Likert, se asignó un puntaje a cada nivel: 1 = Muy en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Neutro, 4 = De acuerdo y 5 = Muy de acuerdo.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

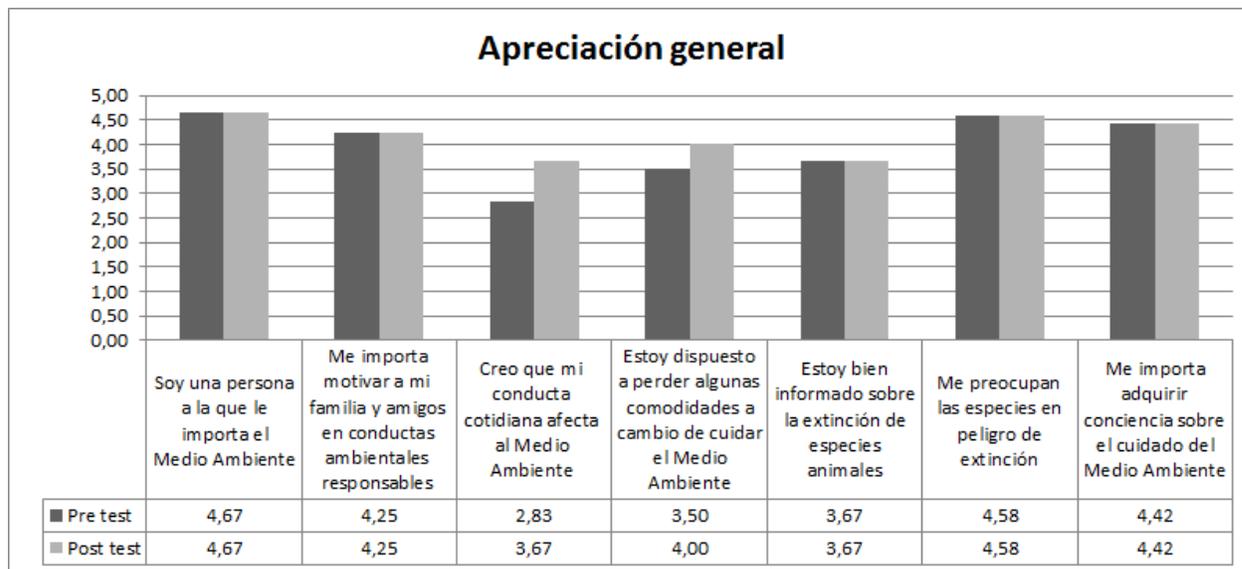


Figura 15: primera mitad de los resultados de apreciación sobre conciencia medioambiental

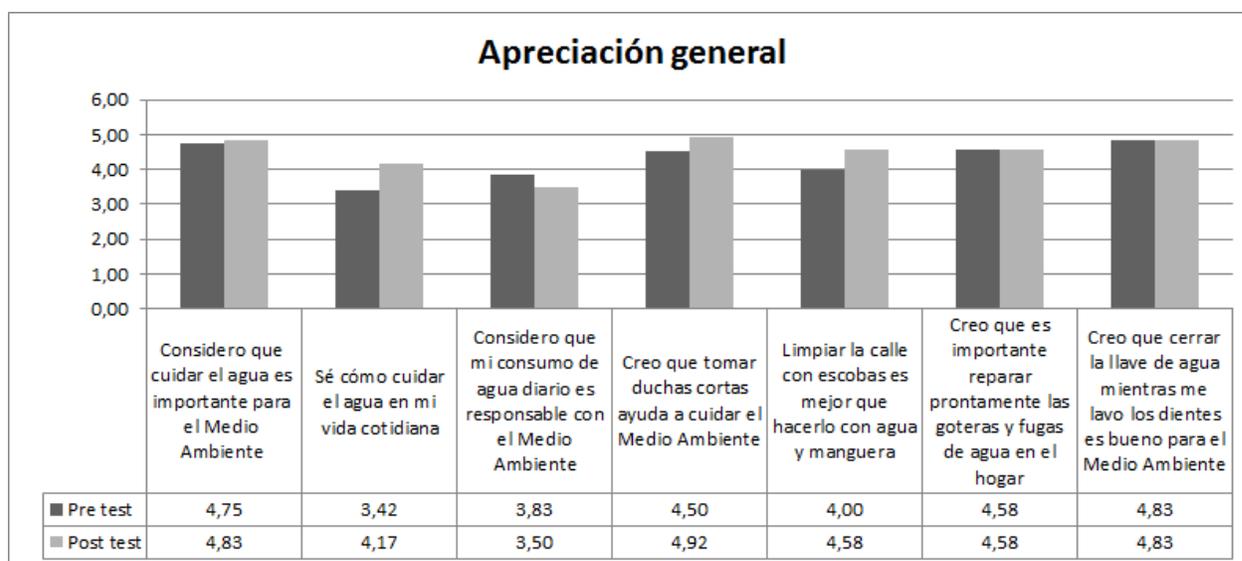


Figura 16: segunda mitad de los resultados de apreciación sobre conciencia medioambiental

Es fácil ver que para casi todas las aseveraciones el nivel de afinidad de los usuarios va de “Neutro” a “Muy de acuerdo”, y solamente “Creo que mi conducta cotidiana afecta al Medio Ambiente” muestra un puntaje cercano a “En desacuerdo” en el pretest.

Otro aspecto interesante es la similitud entre los resultados pre y post test. Esto es muestra de que existe un interés por el cuidado del medio ambiente y una cierta conciencia medioambiental previa a la interacción con el videojuego.

Para obtener las diferencias relevantes entre ambos resultados se realizó una prueba T de muestras relacionadas. En esta prueba se consideran como suficientemente distintas aquellas parejas que obtengan una significancia bilateral menor a 0,05.

Dado lo anterior, se obtuvo que las parejas *“Creo que mi conducta cotidiana afecta al Medio Ambiente”*, *“Estoy dispuesto a perder algunas comodidades a cambio de cuidar el Medio Ambiente”*, *“Sé cómo cuidar el agua en mi vida cotidiana”*, *“Creo que tomar duchas cortas ayuda a cuidar el Medio Ambiente”* y *“Limpiar la calle con escobas es mejor que hacerlo con agua y manguera”* son significativamente diferentes.

La pareja *“Creo que mi conducta cotidiana afecta al Medio Ambiente”* muestra un cambio desde “Neutro” a “De acuerdo” entre pretest y el post test. Este hecho se fundamenta en un cambio de la percepción propia de los sujetos de prueba respecto a sus actividades. Es posible deducir que al obtener un mayor conocimiento respecto al cuidado del agua y del medio ambiente, en conjunto con un aumento de conciencia medioambiental, los usuarios se dan cuenta de que ciertos hábitos que llevan provocan un impacto sobre el medio ambiente, y que antes del uso del videojuego no consideraban así.

“Estoy dispuesto a perder algunas comodidades a cambio de cuidar el Medio Ambiente” también presenta un aumento en su puntaje. Esto se comprende desde la perspectiva de que luego de la experiencia con el videojuego, el usuario tiene un interés mayor por proteger y conservar el medio ambiente, y por lo tanto una mayor disposición a sacrificar comodidades hacerlo.

“Sé cómo cuidar el agua en mi vida cotidiana” muestra un aumento en el puntaje, lo que se condice con la percepción del usuario de conocer nuevos datos y hábitos sobre el cuidado del agua luego de jugar el videojuego. El jugador se percibe a sí mismo como una persona con mayores conocimientos en este respecto al compararse consigo mismo antes de jugar.

Por último, *“Creo que tomar duchas cortas ayuda a cuidar el Medio Ambiente”* y *“Limpiar la calle con escobas es mejor que hacerlo con agua y manguera”* presentan una mayor afinidad en el post test que en el pretest. Esto se explica con la aparición directa de dichos temas en el contenido del videojuego. Existen dos personajes que precisamente “barren” con agua y toman duchas muy largas.

Se demuestra así que con un guión de videojuego bien dirigido es posible cambiar la apreciación de los jugadores respecto a temas como el cuidado del agua y el medio ambiente, incluso sobre la percepción que tienen de sí mismos y su relación con el medio ambiente.

5.6.2. Usabilidad

La evaluación de usabilidad se llevó a cabo aplicando un cuestionario que presenta 20 afirmaciones relativas a la experiencia del usuario. Para cada una se debe asignar una nota de 1 a 7.

Los resultados se presentan en los siguientes gráficos:

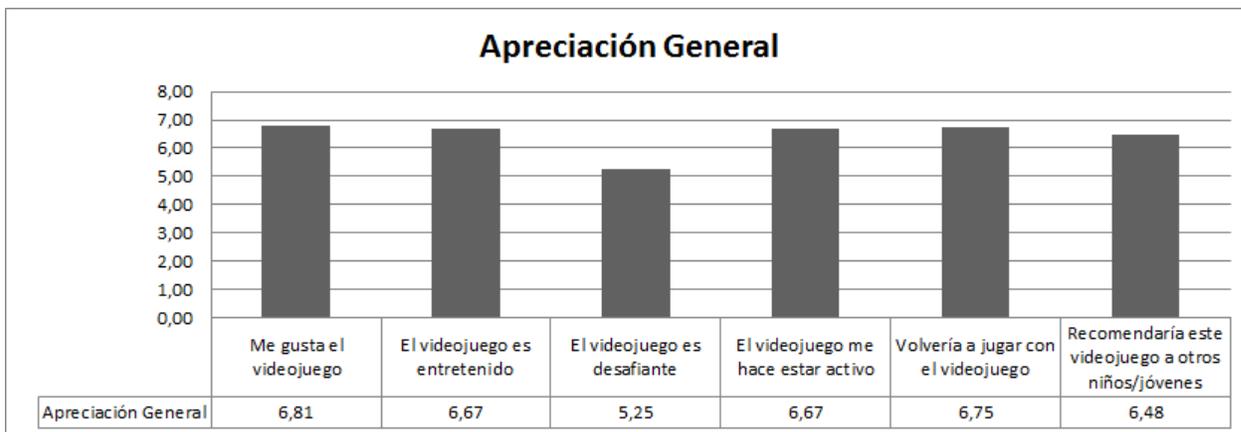


Figura 17: primer tercio de los resultados de usabilidad

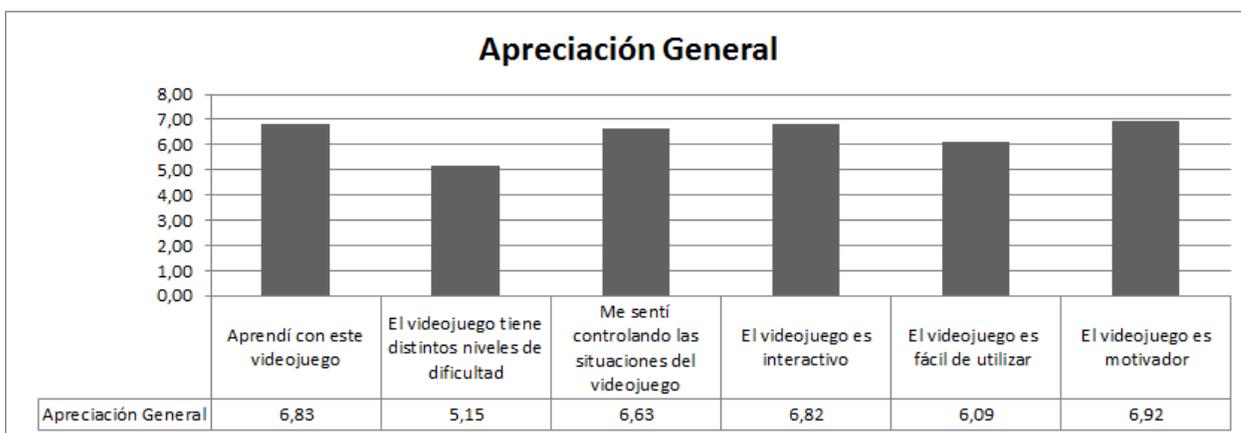


Figura 18: segundo tercio de los resultados de usabilidad

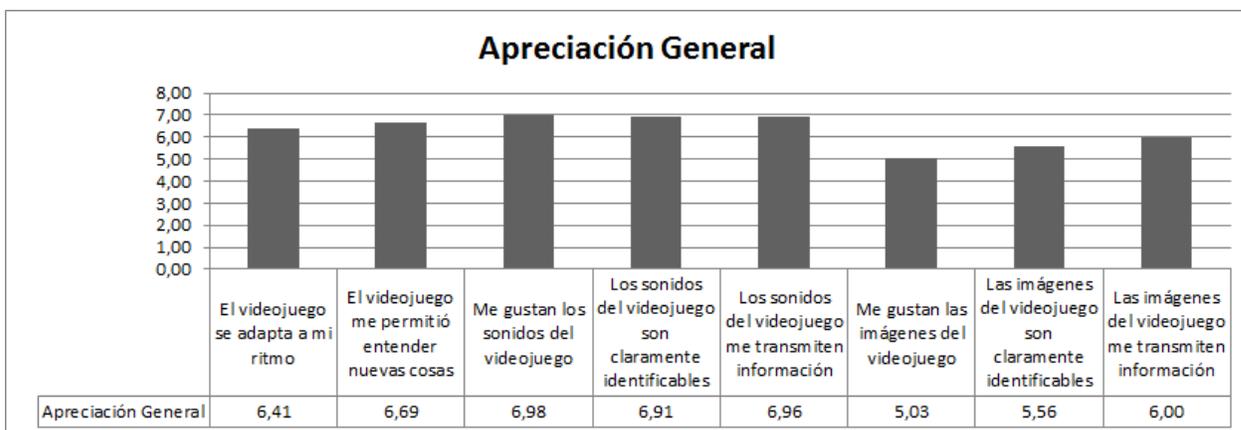


Figura 19: tercer tercio de los resultados de usabilidad

En general el videojuego recibió muy buenas calificaciones, con un promedio de 6,38 entre todas las dimensiones medidas. Esto es una clara muestra de la satisfacción sentida por los sujetos de prueba durante la interacción.

Cabe señalar que se observó gran interés en el videojuego por parte de los participantes una vez que la experiencia había comenzado. Para ellos es muy novedoso encontrarse con un software de este tipo, lúdico, diseñado para personas con su condición.

Grosso modo, a los usuarios les gustó el juego, lo encontraron entretenido, se sintieron activos al usarlo, volverían a jugar con el videojuego y lo recomendarían a otras personas. Todos estos parámetros recibieron una calificación superior a 6, lo que da cuenta de cuán valorado fue el videojuego.

Además, el ítem *“Aprendí con este videojuego”* comparte una calificación similar, de 6,8. Los jugadores consideran que el juego les enseñó algo. Para ellos es evidente el hecho de que nuevos conocimientos fueron incorporados producto de la experiencia. Esto se conjuga con *“El videojuego me permitió entender nuevas cosas”*, que recibió una calificación global de 6,69.

En términos de calidad de la interacción, se puede afirmar que los usuarios se sintieron controlando las situaciones en el videojuego, lo encontraron interactivo, fácil de utilizar, motivador y que se adapta a su ritmo. Todas estas calificaciones con valores superiores a una nota 6.

Una dimensión de gran importancia para los usuarios finales es la de los sonidos, ya que para las personas ciegas, ya sea de manera total o parcial, la audición cumple un rol fundamental en su desenvolvimiento en el mundo. Teniendo en cuenta lo anterior, se considera de gran éxito recibir calificaciones globales superiores a 6,9 en los ítems *“Me gustan los sonidos del videojuego”*, *“Los sonidos del videojuego son claramente identificables”* y *“Los sonidos del videojuego me transmiten información”*.

Dentro de los ítems que recibieron una calificación baja en comparación al resto, se encuentra *“El videojuego es desafiante”*, con una nota de 5,25. Esto no es sorprendente, ya que terminar el videojuego es un problema de tiempo y no de habilidad. Se presenta un argumento, un problema central, que se resuelve mediante investigación e interacción con objetos y personajes, pero no hay un mayor desafío que la investigación misma. Esto no es grave, ya que una versión mejorada del videojuego podría incluir algún tipo de mini juego o actividad desafiante en la que el usuario deba poner a prueba alguna habilidad para lograr encontrar un lugar con convencer a un personaje, ya sea coordinación mano-oído, ritmo, etc.

Lo anterior se condice con *“El videojuego tiene distintos niveles de dificultad”*. Realmente el videojuego posee sólo un nivel de dificultad. Lo que cambia la percepción de dificultad es la “geografía” de cada escenario, siendo algunos más difíciles de navegar que otros.

Los ítems *“Me gustan las imágenes del videojuego”*, *“Las imágenes del videojuego son claramente identificables”* y *“Las imágenes del videojuego me transmiten información”* recibieron baja calificación comparativamente, entre 5,03 y 6, lo que puede explicarse en el enfoque que se le dio al desarrollo del sistema. Desde un comienzo el juego se diseñó pensando en el uso para personas ciegas, por lo que se destinó poco trabajo a la apariencia visual de las interfaces. Por ejemplo, el protagonista es simplemente un polígono gris, carente de forma humanoide, lo mismo para otros personajes. Esta dimensión toma relevancia para las personas con ceguera parcial, capaces de identificar

formas, objetos y contrastes en la pantalla. La solución es simple: se debe dedicar desarrollo a las interfaces visuales, texturas, polígonos, esqueletos y animaciones de los escenarios, objetos y personajes del juego. Se debe mencionar que para el resultado promedio de estos tres ítems, así como también para los gráficos en la figura 19, fueron excluidas las notas asignadas por personas con ceguera total, ya que ellos no perciben imagen alguna.

En cuanto a las preguntas abiertas, se obtuvo lo siguiente:

- ***¿Qué te gusto del videojuego?***

En las respuestas entregadas se aprecia una tendencia a indicar los sonidos realistas y la capacidad de controlar un personaje en un mundo virtual como algo valorable del videojuego. Los jugadores indicaron su satisfacción con la forma en que se desenvuelve el control en el juego. Además, hubo una persona que sintió que el juego tiene potencial para educar respecto a orientación y movilidad.

- ***¿Qué no te gusto del videojuego?***

Aquí se indicaron elementos como los sonidos de los pasos, la gráfica del videojuego y la dificultad de memorizar y utilizar el gamepad. De estos resultados se comprende que es necesario hacer una elección adecuada de todos los sonidos, ya que, por ejemplo, los pasos del personaje deben sonar realistas y acordes al contexto. Es decir, cambiar si se está pisando alfombra, pasto, cemento, etc. La gráfica, o dicho de otra manera, la interfaz visual del videojuego, ya fue mencionada como un punto que requiere mejoras y no sorprende encontrarla en las respuestas.

El control es un tema importante. Se observó cierta dificultad en los participantes para recordar y distinguir los botones y asociarlos a las acciones. A partir de esto se tomó en consideración la posibilidad de mejorar la calidad en la interacción mediante la utilización de un control más adecuado, que, por ejemplo, posea diferentes formas para cada botón (estrellas, cuadrados, triángulos, etc.) o diferentes texturas (botones lisos, porosos, con relieve, etc.) o una combinación de ambas cualidades. Es interesante el problema de analizar e investigar qué tipo de control favorece la experiencia y en qué medida esto ocurre. Se ha detectado aquí un punto clave en el camino que se debe recorrer a la hora de crear sistemas tecnológicos para personas con discapacidades visuales.

- ***¿Qué agregarías al videojuego?***

En general las respuestas a esta pregunta están relacionadas con aumentar las características del videojuego: más escenarios, más sonidos, más acciones para realizar. Nuevamente aparece el poco realismo de los personajes, lo que va de la mano con el diseño visual del videojuego. Lo más concreto y destacable es la falta de colores y sonidos de recompensa.

- ***¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?***

De los 12 participantes, 4 no contestaron esta pregunta. El resto dio respuestas referentes al aprendizaje de otros temas medio ambientales, para mejorar la orientación y movilidad, y para entretención.

Estos resultados son favorables para la investigación ya que justamente una meta del proyecto es fomentar el aprendizaje, en conjunto con generar una experiencia satisfactoria y lúdica. Lo que llama la atención es el uso para mejorar habilidades de orientación y movilidad. A pesar de no ser un foco en el diseño del videojuego, la mecánica de navegación implementada conforma un sistema de orientación virtual que puede resultar útil de estudiar en un futuro.

- ***Observaciones o comentarios***

Hubo sólo una persona que contestó esta sección, aunque su comentario corresponde más bien a la pregunta de “*¿Qué no te gusto del videojuego?*”, ya que señaló que no le gustó que las conversaciones en el juego estuvieran cortadas y fuera necesario oprimir un botón para continuar. Este dato aporta a las mejoras a tener en cuenta. Cuando se diseñó el juego, se imitó el estilo de juegos RPG existentes, en los que al conversar con un personaje van apareciendo distintas ventanas de texto que el jugador puede recorrer. Esto se debe a que los guiones tienden a ser largos y sería necesario llenar la pantalla de texto pequeño para mostrarlo de una sola vez. Sin embargo, al utilizarse una interfaz de audio, esto no ocurre. De todas maneras, la idea se ejecutó teniendo en mente que al recibir la información por trozos, el usuario lograría una mejor retención de los datos. Se propone como mejora entregar el audio completo y permitir al usuario adelantar, pausar y retroceder las conversaciones como si escuchara una cinta, manteniendo así la capacidad de acceder a los datos por trozos si se desea, pero escuchando todo de una sola vez en su flujo normal.

Por último, se debe mencionar que los resultados obtenidos cumplen con los requisitos de calidad expresados en el punto 3.4, ya que los jugadores mantuvieron interés en el videojuego, de hecho hubo quienes expresaron su deseo de continuar, pudieron desenvolverse en las interfaces y claramente tuvieron una experiencia satisfactoria, lo que se observa en las calificaciones obtenidas.

Además, se comprobó la existencia de aprendizajes y cambios en apreciaciones. Esto, sumado a las calificaciones obtenidas, valida al software como una solución para el problema planteado, según lo especificado en el punto 3.5.

Capítulo 6

Conclusiones

Actualmente, la actividad humana genera un impacto en el planeta de tal magnitud que no es posible asegurar un futuro donde las personas puedan vivir como lo hacemos hoy en día. La contaminación ambiental, agotamiento de recursos naturales y extinción de especies serán problemas cada vez más latentes en el mundo, comprometiendo la subsistencia del ser humano.

La generación de conciencia ambiental y adopción de hábitos para un futuro sustentable en la población mundial son temas de importancia creciente. Es por ello que en este trabajo de memoria se propuso un sistema de software, un videojuego, como medio para promover este movimiento entre un sector minoritario de la población: los jóvenes con ceguera.

Se desarrolló un videojuego basado en audio diseñado especialmente para personas con ceguera total o parcial, cuyo argumento y trama central trata sobre la protección de especies, el uso sustentable de recursos naturales, el impacto del ser humano sobre el medio ambiente y hábitos que una persona común y corriente puede adquirir para aportar a un mejor futuro.

Se realizó una evaluación de usabilidad y un estudio de impacto cognitivo con usuarios finales. Ambos validaron el videojuego como una herramienta capaz de cumplir el objetivo planteado y ser una aporte a la solución del problema.

Los resultados obtenidos en el estudio de impacto cognitivo muestran que el uso de un videojuego es capaz de generar aprendizajes en los usuarios, particularmente de datos duros. Además, la inmersión en la experiencia con el videojuego induce a los usuarios a un estado mental en el cual se mantienen activas ideas y asociaciones coherentes con el contenido presentado, es decir, ante una misma pregunta los usuarios que han jugado el videojuego recientemente responderán con mayor probabilidad algo relacionado con la protección del medio ambiente. Junto a esto, la presencia de personajes virtuales, como pudúes en peligro, gatilla una cierta empatía en los jugadores, lo que se ve reflejado en una inclinación a incluir la pérdida de animales como motivo para rechazar la construcción de una represa.

La experiencia vivida a través del videojuego provoca en el usuario tal inmersión en el guión, escenarios y contexto ficticio, que se incentiva y motiva el aprendizaje. A través de una experiencia lúdica es posible mantener el interés del jugador en el tema presentado, lo que favorece la incorporación de conocimientos y fortalece su permanencia en la memoria.

La apreciación de los jugadores respecto a temas específicos relacionados con ecología y protección del medio ambiente también se vio afectada producto de la interacción con el videojuego. Luego de haber utilizado el software, además de sentirse más informados, los usuarios se mostraron más afines a considerar que su conducta afecta al medio ambiente y más dispuestos a perder comodidades a cambio de cuidarlo. Este hecho se relaciona con la empatía antes mencionada. A través de la narración lúdica de una historia, el sujeto se ve involucrado en un contexto ficticio en el cual se identifica con un

personaje y hace suyas sus intenciones, misiones y problemas. Así, cuidar el medio ambiente puede verse como algo ligeramente más importante luego de vivir la fantasía del videojuego.

Además, queda de manifiesto la falta de conocimientos de los usuarios finales en los temas referentes al desarrollo sustentable. Particularmente se pudo apreciar que los participantes del estudio no mencionan el reciclaje de desechos como una actividad de apoyo al cuidado del planeta, pero sí mencionan que arrojar los desechos en cualquier parte es algo nocivo. Se deduce que para ellos “ensuciar” es algo concretamente dañino pero desconocen alternativas a “poner la basura donde corresponde”. Esta carencia es justamente un punto que se busca atacar con un videojuego como el planteado.

Por otro lado, el videojuego no logró estimular de manera perceptible la dimensión de aplicación de conocimientos. En particular, los usuarios no mostraron mayores diferencias a la hora de proponer nuevas formas de cuidar el agua. Esto se asocia a la falta de participación del jugador en el proceso de convencer a los otros personajes de cambiar sus hábitos. Si el jugador tuviera que, además de hablar con los personajes, seleccionar y tomar decisiones entre varias opciones dadas o adoptar estrategias que afecten en los resultados de interactuar con los personajes, se estimularía la generación de un pensamiento más crítico.

Respecto a la evaluación de usabilidad, que mide, en palabras simples, la satisfacción de los usuarios, reflejó una gran aceptación del videojuego. En promedio, el sistema fue evaluado con una nota de 6,38 en una escala de 1 a 7. Los sujetos de la muestra encontraron el juego entretenido, motivador, educativo y adecuado para ellos. Apreciaron la interfaz de interacción por su diseño orientado a personas ciegas y pudieron sentirse en control del sistema.

Se destacan las notas recibidas en las dimensiones referentes a los sonidos del videojuego. Esta categoría tuvo un promedio de 6,95, lo que indica una muy alta satisfacción de los usuarios. Cuando se diseña para personas con capacidades de esta índole, la dimensión auditiva de los sistemas juega un rol fundamental, es por ello que se considera validado el videojuego como un software apropiado para ellos.

Estos resultados son coherentes con la intencionalidad y desarrollo involucrados en el proceso de este trabajo. Desde el comienzo se pensó en un diseño y mecánica de juego que permitiera a los usuarios reconocer elementos, generar un modelo espacio temporal y navegar el mundo virtual recibiendo sólo audio como salida. Así, fue inventado e implementado el sistema de sonar y movimiento a través de Voxels, además de complementarse todo con *text to speech* y audio espacial, lo que dio frutos satisfactoriamente.

Sin embargo, el videojuego no recibió calificaciones tan altas en todos los aspectos. Uno de ellos es el desafío, que obtuvo una calificación de 5,25. Esto se debe a que el videojuego presenta un nivel de dificultad constante, que no requiere de mayor habilidad.

Otro aspecto con baja evaluación es el de las interfaces visuales, que en promedio recibió una nota de 5,53. Dado el enfoque con que se realizó el desarrollo, no se dedicó demasiado tiempo a pulir las interfaces visuales, siempre anteponiéndose las auditivas.

Teniendo en consideración que algunos de los participantes poseen cierto nivel de visión, el desarrollo de interfaces visuales adecuadas, es decir con altos contrastes y claramente identificables, es un punto de importancia para un trabajo futuro. Se considera apropiado e integrador lograr que el videojuego se vea bien para las personas en general, de manera que también pudiera ser jugado de forma satisfactoria por quienes no poseen discapacidades visuales.

De la evaluación de usabilidad pudo extraerse también que los sonidos realistas y el mecanismo de navegación implementado significaron un aporte a la satisfacción de los usuarios. Por otro lado, el control podría mejorarse, utilizando una ergonomía más apropiada, como por ejemplo, botones con formas y texturas distintas.

El potencial educativo queda manifiesto: varios participantes señalan que utilizarían el videojuego para aprender otros temas o expandir sus conocimientos sobre cuidado del medio ambiente. Junto a esto, la mecánica de navegación conforma en sí misma un sistema que podría ser útil para desarrollar habilidades de orientación y movilidad en personas con discapacidades visuales.

De los resultados obtenidos en este trabajo es posible rescatar varios puntos relevantes, uno de ellos es que el videojuego presenta un potencial educativo que va más allá de la conciencia ecológica, ya que podría cambiarse el guión para incorporar otras asignaturas y así generar aprendizajes de diversas áreas de conocimiento.

Otro aspecto es la gran aceptación y validación recibida por parte de los usuarios finales. De ello se extrae que el mecanismo de juego es suficientemente bueno para ser exportado a otros sistemas, ya sea otros videojuegos en los que se pueda utilizar un sonar aplicado en Voxels, o software para el desarrollo de habilidades de orientación y movilidad. Incluso, pensando en un futuro aún lejano, podría transferirse este mecanismo a la realidad, donde edificios inteligentes puedan detectar la posición de objetos y personas sobre un suelo demarcado por casilleros. Así, los ciegos podrían, al accionar algún dispositivo, como un teléfono inteligente, conocer qué hay a su alrededor y qué encontrarán al avanzar en una dirección determinada.

Por último, los puntos de menor calificación, sumado a los comentarios de los usuarios, permiten conocer características a las que se debe prestar atención a la hora de desarrollar software para personas ciegas, tales como los colores y formas presentes en las interfaces, o la utilización de texturas y formas en los controles que se usan con las manos. El hardware de entrada y salida toma una importancia mayor cuando se trabaja con personas ciegas. No basta decir que “el videojuego se juega con teclado”, ya que, como se vio con el gamepad usado en las pruebas, no cualquier teclado o gamepad sirve.

6.1. Lecciones aprendidas

Existen varios aprendizajes e informaciones útiles que son posibles de extraer del desarrollo de este trabajo, en especial de los resultados en el estudio de impacto cognitivo y la evaluación de usabilidad.

Por ejemplo, la mecánica de juego que permite navegar por pasillos compuestos de Voxels y utilizar un “sonar” que entrega información sobre dichos Voxels desde el sistema de referencia del protagonista probó ser un efectivo sistema de orientación

basado en audio. Como se mencionó, este sistema puede ser exportado a otros contextos, ya sea nuevos videojuegos para ciegos, o sistemas de asistencia en el mundo real. La idea es simple y funciona.

Otra lección aprendida es que los usuarios finales, en este caso personas con discapacidades visuales, no necesitan controlar cada aspecto del videojuego para disfrutarlo. En particular el movimiento del personaje, que, a pesar del efectivo sistema de sonar, puede obviarse sin perder el interés del jugador. Una idea es que dentro de un escenario el jugador pueda abrir un menú y seleccionar hacia dónde quiere ir (Ejemplo: “Ir a la salida”, “Dirigirse a la persona misteriosa en la esquina”, “Entrar a la oficina”). Hecho esto, el personaje se dirige automáticamente al lugar seleccionado, escuchándose sus pasos y percibiendo los sonidos de los elementos que se encuentran en su camino. Esto disminuye los errores producidos en el control y haría del videojuego una especie de “audio historia” interactiva. Es más, podría ser opcional esta mecánica y permitir a usuarios avanzados adquirir cada vez más control sobre el personaje.

Esto último se relaciona con el desafío. En el videojuego desarrollado hubo poco desafío para los jugadores y el nivel de dificultad siempre fue constante. Añadir desafío aumenta el interés y la participación del jugador, esto mejora la inmersión, lo que finalmente favorece el aprendizaje.

Añadir mini juegos o puzzles que involucren al usuario y lo hagan reflexionar para llegar a una solución puede fomentar su creatividad y disposición a idear, en este caso, nuevas maneras de apoyar un futuro sustentable, y también incorporar más fuertemente los aprendizajes. Por otro lado, sería favorable para la experiencia del usuario y su satisfacción añadir elementos lúdicos que no necesariamente aporten a la historia desarrollada.

La utilización de *text to speech* favoreció enormemente la comprensión del sistema por parte de los usuarios, sin embargo, el mecanismo de *text to speech* no es la manera óptima de llegar a los jugadores. Las voces computarizadas carecen de emocionalidad lo que pone una barrera entre la narración y el usuario. Utilizar voces grabadas requiere mayor tiempo de desarrollo y esfuerzo, ya que se debe tener un guión listo, personas que lo lean e interpreten y tiempo para realizar ambas acciones. Por ello se debe tener en consideración el balance entre calidad del producto final y recursos para desarrollarlo.

El control, o más concretamente la interfaz de entrada, puede mejorarse bastante si se decide utilizar algún dispositivo con botones. En la evaluación se observó que los jugadores tenían problemas para recordar las posiciones de los botones que gatillaban determinadas acciones y para recordar que acciones gatillaban determinados botones. En este sentido hay mucho que se puede hacer, en particular se propone un gamepad cuyos botones tengan formas distintivas a la vez que texturas diferentes. Por ejemplo un botón con forma de cuadrado, otro circular, otro una equis, un triángulo, algunos lisos, otros con relieve, etc. Así, el usuario puede crear un modelo mental que le facilite el reconocimiento: los botones lisos sirven para obtener información de posicionamiento y orientación, los botones rugosos sirven para ejecutar acciones, por dar un ejemplo.

La interfaz visual no puede quedar de lado, ésta es otra lección aprendida. Son pocos los usuarios totalmente ciegos, en la realidad muchos de ellos poseen un resto visual que les permite identificar en distinta medida formas, contrastes y colores, lo que puede usarse

a favor. No se debe apegar al realismo para satisfacer a los usuarios en este sentido (por ejemplo en una escena nocturna, utilizar colores oscuros y poca luz sería un error), sino que se deben seleccionar colores contrastantes y formas distinguibles. Esto complementado con una buena selección de audio apoya la creación de un ambiente realista en la mente del jugador.

6.2. Trabajo futuro

Ha quedado claro que un trabajo futuro que continúe con el desarrollo del sistema debe incluir la mejora de las interfaces visuales, la incorporación de elementos desafiantes, la posibilidad de ajustar el nivel de dificultad según requiera el usuario y la incorporación de una interfaz de entrada más apropiada.

En este último punto cabe preguntarse en qué medida mejoraría la experiencia de usuario con un control como el descrito anteriormente. Sería interesante realizar un estudio sobre los cambios en la satisfacción de los usuarios con una interfaz de entrada especialmente diseñada, además de poder investigar cómo cambian los modelos mentales que las personas ciegas se hacen para asociar botones con acciones.

Adicionalmente, la longitud del videojuego podría prolongarse creando un guión más completo, que incorpore más temas e información sobre el cuidado y protección del medio ambiente. Esto permitiría realizar varias sesiones de juego y así efectuar un estudio de mayor duración, del que pueda extraerse con mayor precisión cómo son transferidos los conocimientos, qué tan permanentes son y cómo afectan a los hábitos de los participantes.

Por otro lado, el videojuego desarrollado puede verse como un motor para crear videojuegos educativos tipo RPG para personas ciegas. En este sentido, el contenido educativo puede variar creando otro guión y otros escenarios, pero manteniendo la mecánica de navegación e interacción con personajes y objetos, así como los menús de selección circular con *text to speech*. Sería interesante investigar la enseñanza de otras áreas de conocimiento utilizando el mismo sistema y así comprender en qué temas se aprovecha de mejor manera el potencial educativo del videojuego.

Finalmente, un estudio relacionado con las habilidades de orientación y movilidad en personas ciegas y su posible mejora a través de la utilización de un videojuego cuya mecánica de navegación se basa en casilleros e información contextual (sonar) podría resultar provechoso.

Capítulo 7

Bibliografía

- [1] Gráfico de crecimiento de la población mundial:
<http://www.worldometers.info/world-population/#pastfuture> (Último acceso: 13-4-2014)
- [2] Impacto humano sobre el medio ambiente:
http://en.wikipedia.org/wiki/Human_impact_on_the_environment (Último acceso: 6-4-2014)
- [3] Morales, D., Gálvez, Y., Peña, R., Ruiz, D. (2007). La agenda social de la Reforma de Estado: propuestas socialdemócratas. Nueva Visión Socialdemócrata, N°10, Capítulo 9. Fundación por la Socialdemocracia de las Américas, A. C. (FUSDA). México.
<http://www.fusda.org/Revista10-9MEDIOAMB.pdf> (Último acceso: 13-4-2014)
- [4] Govindaswamy, V. (2006). Importance of Environmental Education for Sustainable Development. Department of Civil Engineering, K. S. Rangasamy College of Technology, Tiruchengode, Tamilnadu, India.
- [5] World Wildlife Fund, Global Footprint Network, Zoological Society of London. (2010). Living Planet Report 2010: Biodiversity, biocapacity and development. Chapter 1: The State of the Planet. pp. 32-45
- [6] Kirriemuir, J., McFarlane, A. (2003) Use of Computer and Video Games in the Classroom. Presentation to DiGRA, Utrecht, Netherlands.
- [7] Ambientalismo: http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_movement (Último acceso: 14-4-2014)
- [8] Dillahunt, T., Becker, G., Mankoff, J., Kraut, R. (2008). Motivating Environmentally Sustainable Behavior Changes with a Virtual Polar Bear. Pervasive 2008, Sydney, Australia.
- [9] Shiraishi, M., Washio, Y., Takayama, C., Lehdonvirta, V., Kimura, H., Nakajima, T. (2009). Using Individual, Social and Economic Persuasion Techniques to Reduce CO₂ Emissions in a Family Setting. Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology. Article No. 13.
- [10] Bang, M., Torstensson, C., Katzeff, C. (2006). The Power House: A persuasive computer game designed to raise awareness of domestic energy consumption. First International Conference on Persuasive Technology for Human Well-Being, PERSUASIVE 2006, Eindhoven, The Netherlands. Proceeding pp. 123-132
- [11] Unity 3D: <http://unity3d.com/es> (Último acceso: 12-4-2014)
- [12] RPG (Role-Playing Game): http://en.wikipedia.org/wiki/Role-playing_game (Último acceso: 13-4-2014)

- [13] Sánchez, J., Sáenz, M. (2005). 3D sound interactive environments for blind children problem solving skills. Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. pp. 173-179.
- [14] Sánchez, J., Sáenz, M. (2009). Video Gaming for Blind Learners School Integration in Science Classes. 12th IFIP TC 13 International Conference, Uppsala, Sweden, August 24-28, 2009, Proceedings, Part I. pp. 36-49
- [15] Sánchez, J., Merabet, L., Connors, E., Halko, M. (2012). Teaching the Blind to Find Their Way by Playing Video Games. International Journal of Educational Development (IJED). Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.
- [16] Text to speech: <http://en.wikipedia.org/wiki/Text-To-Speech> (Último acceso: 16-4-2014)
- [17] Sánchez, J., Sáenz, M., Ripoll, M. (2009). Usability of a Multimodal Videogame to Improve Navigation Skills for Blind Children. *11th ACM Conference on Computers and Accessibility (ASSETS)*, pp. 35-42. Pittsburgh, PA, USA.
- [18] Kanban: <http://en.wikipedia.org/wiki/Kanban> (Último acceso 5-6-2014)
- [19] Magerkurth, C., Cheok, A., Mandryk, R., Nilsen, T. (2005). Pervasive Games: Bringing Computer Entertainment Back to the Real World. Computers in Entertainment (CIE) - Theoretical and Practical Computer Applications in Entertainment. Volume 3, Issue 3. pp. 4-23. ACM, New York, USA.
- [20] Tragazikis, P., Meimaris, M. (2009). Engaging Kids with the Concept of Sustainability Using a Commercial Video Game – A Case Study. Transactions on Edutainment III. pp. 1-12. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- [21] Nilsson, E. (2008). Simulated real worlds: science students creating sustainable cities in the urban simulation computer game SimCity 4. ISAGA 2008 Conference, Kaunas University of Technology in Lithuania, July 7-11, 2008.
- [22] Los Sims 2: http://es.wikipedia.org/wiki/Los_Sims_2 (Último acceso: 4-5-2014)
- [23] SimsCity 4: http://es.wikipedia.org/wiki/SimCity_4 (Último acceso: 4-5-2014)
- [24] EnerCities: <http://www.energycities.eu/> (Último acceso: 4-5-2014)
- [25] Clim'Way: <http://climway.cap-sciences.net/us/index.php> (Último acceso: 4-5-2014)
- [26] Energy City: http://www.jason.org/digital_library/8239/energy-city (Último acceso: 4-5-2014)
- [27] Windfall: <http://www.persuasivegames.com/games/game.aspx?game=windfall> (Último acceso: 4-5-2014)
- [28] Dumptown: <http://www.epa.gov/recyclecity/gameintro.htm> (Último acceso: 4-5-2014)

- [29] Waste Busters: <http://www2.seattle.gov/util/waterbusters/> (Último acceso: 4-5-2014)
- [30] The Fish Game: <http://cloudinstitute.org/fish-game> (Último acceso: 4-5-2014)
- [31] Climate Challenge: http://www.bbc.co.uk/sn/hottopics/climatechange/climate_challenge/index_1.shtml (Último acceso: 4-5-2014)
- [32] Enviroboarder: <http://gamescene.com/Enviroboarder.html> (Último acceso: 4-5-2014)
- [33] BioHarmonious: <http://artworksforchange.org/bioharmonious/webplayer.html> (Último acceso: 4-5-2014)
- [34] Fabricatore, C., López, X. (2012). Gaming for Sustainability: An Overview. Proceedings of the 5th European Conference on Game Based Learning. pp. 159-167.
- [35] Sánchez, J., Espinoza, M., Carrasco, M., Garrido, J. M. (2012). Modelo de videojuegos para mejorar habilidades matemático-geométricas en aprendices ciegos. Nuevas Ideas en Informática Educativa, Memorias del XVII Congreso Internacional de Informática Educativa, TISE. Santiago, Chile.
- [36] Lumbreras, M., Sánchez, J. (1999). Interactive 3D Sound Hyperstories for Blind Children. CHI '99 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems. pp. 318-325. ACM New York, NY, USA ©1999.
- [37] McCrindle, R., Symons, D. (2000). Audio space invaders. Proceedings of the Third International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies. pp. 59-65
- [38] Force feedback: http://en.wikipedia.org/wiki/Haptic_technology (Último acceso: 15-05-2014)
- [39] Sánchez, J. (2012). Development of navigation skills through audio haptic videogaming in learners who are blind. Proceedings of the 4th International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2012). pp. 102-110.
- [40] Novint Falcon: <http://www.novint.com/index.php/novintfalcon> (Último acceso: 15-05-2014)
- [41] Sánchez, J., Espinoza, M., Garrido, J. (2012). Videogaming for wayfinding skills in children who are blind. Proc. 9th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies. Laval, France, 10–12 Sept. 2012
- [42] Wii Remote: http://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Remote (Último acceso: 15-05-2014)
- [43] Bastón blanco: http://es.wikipedia.org/wiki/Bast%C3%B3n_blanco (Último acceso: 15-05-2014)

- [44] Sánchez, J., Flores, H. (2004). AudioMath: blind children learning mathematics through audio. Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies. Oxford, UK, 2004.
- [45] Torrente, J., Marchiori, E., Vallejo-Pinto, J., Ortega-Moral, M., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B. (). Eyes-free Interfaces for Educational Games. Proceedings of the 2012 International Symposium on Computers in Education (SIIE). pp. 1-6.
- [46] Point and click videogames:
http://en.wikipedia.org/wiki/Graphic_adventure_game#Point-and-click_adventure
(Último acceso: 17-05-2012)
- [47] Bang, M., Gustafsson, A., Katzeff, C. (2007). Promoting New Patterns in Household Energy Consumption with Pervasive Learning Games. Second International Conference on Persuasive Technology, PERSUASIVE 2007, Palo Alto, CA, USA, April 26-27, 2007, Revised Selected Papers. pp. 55-63.
- [48] Reeves, B., Cummings, J., Anderson, D. (2012). Leveraging the engagement of games to change energy behavior. The 2012 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS 2012). pp. 354 – 358
- [49] Lee, G., Xu, Y., Brewer, R., Johnson, P. (2012). Makahiki: An Open Source Game Engine for Energy Conservation Education and Conservation. Submitted to Foundations of Digital Games 2012, Raleigh, North Carolina, May 2012.
- [50] Gamification: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gamification> (Último acceso: 6-5-2014)
- [51] Jylhä, A., Nurmi, P., Sirén, M., Hemminki, S., Jacucci, G. (2013). MatkaHupi: a persuasive mobile application for sustainable mobility. Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication. pp. 227-230. ACM New York, NY, USA 2013.
- [52] Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, México. 20 pequeños hábitos sustentables que hacen la diferencia.
<http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/jsp/prensa.jsp?id=684> (Último acceso: 18-5-2014)
- [53] Sustentator. Hábitos sustentables en el hogar: 100 consejos.
<http://sustentator.com/blog-es/blog/2013/06/28/habitos-sustentables-en-el-hogar-100-consejos/> (Último acceso: 18-5-2014)
- [54] Yuan, B., Folmer, E. (2008). Blind Hero: Enabling Guitar Hero for the Visually Impaired. Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. pp. 169-176. ACM New York, NY, USA ©2008.
- [55] Guitar Hero: <http://guitarhero.com/> (Último acceso: 16-6-2014)

[56] Rector, K., Bennet, C., Kientz, J. (2013). Eyes-Free Yoga: An Exergame Using Depth Cameras for Blind & Low Vision exercise. Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. Article No. 12. ACM New York, NY, USA ©2013.

[57] Microsoft Kinect: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/> (Último acceso. 16-6-2014)

[58] Gutschmidt, R., Schiewe, M., Zinke, F., Jürguensen, H. (2010). Haptic Emulation of Games: Haptic Sudoku for the Blind. Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments. Article No. 2. ACM New York, NY, USA ©2010.

[59] Glinert, E., Wyse, L. (2007). AudiOdyssey: An Accessible Video Game for Both Sighted and Non-Sighted Gamers. Proceedings of the 2007 conference on Future Play. pp. 251-252. ACM New York, NY, USA ©2007

[60] Atkinson, M., Gucukoglu, S., Machin, C., Lawrence, A. (2006). Making the Mainstream Accessible: Redefining the Game. Proceedings of the 2006 ACM SIGGRAPH symposium on Videogames. pp. 21-28. ACM New York, NY, USA ©2006

[61] Quake: http://es.wikipedia.org/wiki/Quake_%28videojuego%29 (Último acceso: 17-6-2014)

[62] Miller, D., Parecki, A., Douglas, S. (2007). Finger Dance: A sound game for blind people. Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. pp. 253-254. ACM New York, NY, USA ©2007.

[63] World Wildlife Fund. Biodiversity: the HUGE variety of other animals and plants on our planet, together with the places where found.
http://wwf.panda.org/about_our_earth/biodiversity/ (Último acceso: 23-10-2014)

[64] Encuesta Nacional de Salud ENS Chile 2009-2010.
<http://web.minsal.cl/portal/url/item/bc03d7bc28b64dfe040010165012d23.pdf>
(Último acceso: 23-10-2014)

[65] Taxonomía de Bloom.
http://es.wikipedia.org/wiki/Taxonom%C3%ADa_de_objetivos_de_la_educaci%C3%B3n (Último acceso: 1-11-2014)

[66] Cadena Ser. ¿Cuánta agua utilizamos durante la ducha?
http://cadenaser.com/ser/2014/01/20/sociedad/1390187610_850215.html (Último acceso 9-11-2014)

Capítulo 8

Anexos

Anexo A: Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua

Conciencia medioambiental y cuidado del agua

Cuestionario de medición de aprendizajes

Introducción

El presente cuestionario tiene por objetivo medir los conocimientos y aprendizajes del usuario respecto al cuidado del agua y el medioambiente.

Nombre

Edad

Género

Colegio

a. Si te das una ducha de 30 minutos, ¿Cuántos litros de agua habrás usado?

b. ¿Qué podrías hacer para consumir menos agua en tu hogar? Da ejemplos

c. Sabiendo que las represas utilizan la fuerza del agua para generar electricidad ¿De qué otras maneras podrías cuidar el agua?

d. Si tuvieras que dejar de realizar una actividad que consume agua, ¿Cuál sería? ¿Por qué?

e. Además del cuidado del agua ¿Con qué otras acciones podrías ayudar a proteger el medio ambiente?

f. El gobierno ha decidido construir una represa en el sur de Chile para generar electricidad y abastecer a las ciudades cercanas. Para ello se debe inundar gran parte de un bosque ¿Qué opinas de esta medida?

Anexo B: Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental

Conciencia medioambiental

Cuestionario de apreciación

Introducción

El presente cuestionario tiene por objetivo medir los conocimientos y apreciaciones del usuario respecto al cuidado del medio ambiente, en particular del agua. Para cada aseveración debe ser seleccionada una (y sólo una) alternativa.

Nombre

Edad

Género

Colegio

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
1.- Soy una persona a la que le importa el Medio Ambiente					
2.- Me importa motivar a mi familia y amigos en conductas ambientales responsables					
3.- Creo que mi conducta cotidiana afecta al Medio Ambiente					
4.- Estoy dispuesto a perder algunas comodidades a cambio de cuidar el Medio Ambiente					
5.- Estoy bien informado sobre la extinción de especies animales					
6.- Me preocupan las especies en peligro de extinción					

7.- Me importa adquirir conciencia sobre el cuidado del Medio Ambiente					
8.- Considero que cuidar el agua es importante para el Medio Ambiente					
9.- Sé cómo cuidar el agua en mi vida cotidiana					
10.- Considero que mi consumo de agua diario es responsable con el Medio Ambiente					

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
11.- Creo que tomar duchas cortas ayuda a cuidar el Medio Ambiente					
12.- Limpiar la calle con escobas es mejor que hacerlo con agua y manguera					
13.- Creo que es importante reparar prontamente las goteras y fugas de agua en el hogar					
14.- Creo que cerrar la llave de agua mientras me lavo los dientes es bueno para el Medio Ambiente					

Comentarios Adicionales:

Anexo C: Cuestionario de evaluación de usabilidad

Pauta de Usabilidad de Videojuegos

Pauta de evaluación de usabilidad de videojuegos, adaptación de:

“Pauta resumida usuario final.

Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos

Dr. Jaime Sánchez I.

Universidad de Chile”

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un videojuego.

Nombre

Edad

Género

--	--	--

Colegio

--

Nivel de visión

Parcial	Nula
---------	------

Nivel de experiencia en videojuegos

Bajo	Medio	Alto
------	-------	------

¿Habías Jugado un juego similar antes? ¿Cuál?

--	--

	Nota	Nota para juego de comparación	Motivo de la nota
Me gusta el videojuego			
El videojuego es entretenido			
El videojuego es desafiante			
El videojuego me hace estar activo			
Volvería a jugar con el videojuego			
Recomendaría este videojuego a otros niños/jóvenes			
Aprendí con este videojuego			
El videojuego tiene distintos niveles de dificultad			
Me sentí controlando las situaciones del videojuego			
<i>El videojuego es interactivo</i>			
El videojuego es fácil de utilizar			
El videojuego es motivador			
El videojuego se adapta a mi ritmo			
El videojuego me permitió entender nuevas cosas			
Me gustan los sonidos del videojuego			
Los sonidos del videojuego son claramente identificables			

	Nota	Nota para juego de comparación	Motivo de la nota
Los sonidos del videojuego me transmiten información			
Me gustan las imágenes del videojuego			
Las imágenes del videojuego son claramente identificables			
Las imágenes del videojuego me transmiten información			

Cuestionario

1.- ¿Qué te gusto del videojuego?

2.- ¿Qué no te gusto del videojuego?

3.- ¿Qué agregarías al videojuego?

--

4.- ¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?

<i>Observaciones o comentarios</i>

Anexo D: Lista de participantes

Código	Edad	Género	Grado de visión	Colegio
P01	10	M	Ceguera	CESL
P02	12	F	Resto visual	CESL
P03	14	F	Resto visual	CHK
P04	14	M	Resto visual	CESL
P05	14	M	Resto visual	CESL
P06	13	F	Resto visual	CESL
P07	15	M	Resto visual	CHK
P08	16	F	Ceguera	CHK
P09	14	M	Ceguera	CHK
P10	14	M	Resto visual	CHK
P11	12	M	Ceguera	CESL
P12	12	M	Resto visual	CESL

Tabla 2: Participantes del estudio

Anexo E: Tabla de indicadores de preguntas del cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua

Letra	Indicador
A	Si te das una ducha de 30 minutos, ¿Cuántos litros de agua habrás usado?
B	¿Qué podrías hacer para consumir menos agua en tu hogar? Da ejemplos
C	Sabiendo que las represas utilizan la fuerza del agua para generar electricidad ¿De qué otras maneras podrías cuidar el agua?
D	Si tuvieras que dejar de realizar una actividad que consume agua, ¿Cuál sería? ¿Por qué?
E	Además del cuidado del agua ¿Con qué otras acciones podrías ayudar a proteger el medio ambiente?
F	El gobierno ha decidido construir una represa en el sur de Chile para generar electricidad y abastecer a las ciudades cercanas. Para ello se debe inundar gran parte de un bosque ¿Qué opinas de esta medida?

Tabla 3: Preguntas del cuestionario

Anexo F: Resultados del cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua en el pretest

Participante	a	b	c	d	e	f
Po1	Entre 25 y 28 lts.	No bañarse tan seguido	Juntar en baldes, reciclando	Nada	No botar basura, no contaminar los ríos, cuidar las plantas	Es malo porque además se desperdicia mucha agua
Po2	50 lts.	No dejar la llave de agua corriendo, realizar duchas cortas, regar con el agua suficiente	Regando menos rato, cortar la llave cuando no se está ocupando, cortar el agua cuando se está lavando los dientes	dejar de regar porque no me gustan las plantas	botando la basura en el basurero, diciendo a la gente que no fume, no utilizar autos que contaminen	Está malo porque los árboles sirven mucho para la naturaleza porque limpian el aire
Po3	5 litros y más	Ocupar cierta cantidad o llevar un balde y de ahí sacar agua	llamar la atención cuando se gasta mucho	No regar las plantas en la mañana, porque se ahorra agua.	no ocupar carbón	no debería ser porque se pierden los árboles
Po4	110 lts. o más	Reducir el tiempo de ducha	No contaminar el agua de los ríos	Lavarme las manos tan seguido	Apagar las fogatas	Está mal porque se terminaría con plantas y animales
Po5	Unos 15 lts.	Demorar menos en la ducha	cerrando la llave	lavarme las orejas	no tirar basura a la calle, inventar autos que no usen petróleo	está mal porque se desperdicia agua
Po6	1000 lts.	cerrar la llave mientras no se usa. Cerrar la llave mientras me jabono. Cerrar bien las llaves	Usando menos electricidad	Dejar de tirarme agua por entretención porque el agua es más importante que entretenerme	No andar tanto en auto, no fumar, no botar basura al suelo sino en lugares correspondientes	Está mal porque no es la única forma de generar electricidad y además hay que proteger a los bosques
Po7	unos 60 lts.	bañarme en menos tiempo, cerrar las llaves	se puede cuidar, no haciendo represas, por ejemplo molinos de agua	manguerearme en el verano, porque gasta mucha agua	no tirar basura a la calle, inventar autos que no usen petróleo	que no se debe hacer, podría generarse con parques eólicos o paneles solares
Po8	20 litros, dependiendo de la velocidad	Cerrar bien las llaves, saber usar el agua cuando se está	Dependiendo lo que se utiliza (mayor	Piscina, porque no es tan necesario y el grado de	Cuidando los animales, no desperdiciar el agua, regar las	No es lo correcto, porque se está destruyendo

	del agua	lavando, por ejemplo, la loza	conciencia)	mantenimiento es grande	plantas	una parte muy importante para el medio ambiente
P09	30 lts.	Asegurar de dejar las llaves bien cerradas, ducharme menos rato y no llenar la piscina		Sería la piscina, porque gasta demasiada energía y agua.	Cuidar los animales y las plantas	No corresponde, se sacrifican animales y pérdida de ambiente vegetal
P10	unos 40 lts. mínimo	que las llaves no queden corriendo, bañarme corto tiempo y cerrar la llave mientras me cepillo los dientes	no se me ocurre	no llenaría la piscina en verano	cuidando las plantas, los animales	no es buena idea
P11	como 5 lts.	dejar la llave cerrada, demorar menos al bañar, cortar el agua cuando no se ocupa		la piscina, porque utiliza mucha agua	no botar basura al suelo, manteniendo limpio	eso está mal, además de destruir el bosque le quitarán agua al río
P12	unos 20 lts.	bañarse en menos tiempo	no contaminar demasiado, no tirar basura al río	no llenar tanto la piscina, ni llenarla muchas veces y al vaciarla usar el agua, por ejemplo, para regar	no botar basura en bosques, ríos, cuidando plantas y animales, respetando la naturaleza	es bueno y malo, al inundar mueren animales y plantas en beneficio del ser humano

Tabla 4: resultados del “Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua” en el pretest

Anexo G: Resultados del cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua en el post test

Participante	a	b	c	d	e	f
Po1	600 lts.	Menos baño, no botar agua	reciclando agua	menos baño, porque gasta mucha agua	no botar basura al suelo	Peligroso, se gasta mucha agua. Los animales podría morir
Po2	500 lts.	No demorarme en la ducha, cerrar la llave siempre que no la necesite, reparar las goteras.	Obteniendo electricidad de otra manera	no esperaría tanto rato a que salga el agua caliente antes de entrar a la ducha, porque se pierde agua en ese rato	dejando de contaminar con los autos, botando la basura en los basureros	Malo. Porque los árboles son importantes y mueren animales.
Po3	1200 lts.	duchas de 6 minutos, cortar las goteras	Ocupar más luz solar	Dejar de regar de día y hacerlo en la noche	usar luz solar, energía eólica	No se debería hacer, porque se está agotando el agua. Además quedan sin hogar los animales.
Po4	1000 lts.	preocuparme de no dejar agua corriendo	botando la basura donde corresponde y no en el medio ambiente	me daría duchas más cortas y me lavaría las manos menos veces al día	cuidando el bosque, previniendo incendios	muy malo, porque morirían animales y árboles
Po5	600 lts.	Apagar el agua mientras me lavo el pelo o jabono. Solo prenderla para enjuagarme		ducharme más corto, lavar menos la ropa. Porque se usa mucha agua innecesariamente	Cuidando a los animales que estén en peligro por nuestra culpa. No botar basura donde no corresponde, no contaminar el aire.	No debería hacerse porque quitar agua y ahogar a los animales es igual de malo. Se desperdicia mucha agua.
Po6	600 lts.	Evitar el desperdicio de agua cuando se dejan las llaves abiertas, o hay goteras. Cerrar las llaves mientras no se usa el agua.	Usando menos electricidad. Desconectando las cosas cuando no se usan, como en la noche	Dejaría de mojarme cuando hace calor por diversión. Es agua que se podría usar para algo más útil. Además regaría las plantas sólo lo	Botar la basura donde corresponde, no usar autos, reciclar papel.	Me parece mal porque existen otras formas de generar electricidad. Las represas dañan el bosque, le quitan espacio a los animales y se pierden

				necesario.		cosas importantes.
Po7	Como 500 lts.	duchas cortas, como de 5 minutos, no dejar el agua corriendo, no regar	usar otras fuentes de electricidad	me bañaría menos tiempo, dejaría de manguerearme en el verano	no botar basura, dejarla donde corresponde, no usar autos, cuidar la naturaleza	que está mal, porque se pueden poner paneles solares sin quitarle espacio al bosque
Po8	1000 lts.	No regar tanto lugares innecesarios	No desperdiciar el agua	Dejar de utilizar una piscina porque se gasta mucha agua.	No gastar luz, dejar equipos desconectados en la noche.	No estoy de acuerdo. Destruye la naturaleza y el medio ambiente.
Po9	600 lts.	Duchas cortas, dejar las llaves cerradas, no usar demasiada agua al lavar platos		Dejar de llenar la piscina porque se ahorraría mucha agua	Cuidar las plantas y los animales	Malo porque perderíamos árboles y se sacrificarían animales
P10	600 lts.	Podría gastar menos agua innecesariamente, como en duchas muy largas o al lavar cosas	Gastando menos electricidad	Tomaría duchas más cortas porque no sabía que era tanta agua la que se gastaba	No contaminar, no tirar basura, respetar la naturaleza y los animales.	Lo encuentro malo porque no creo que valga la pena.
P11	500 lts.	Dejar la llave cerrada	no	duchas más cortas	no tirar basura al suelo	que está mal, los animales se quedan sin hogar
P12	500 lts.	Bañarme con menos agua, no usar mucha agua en cosas inútiles	no botando basura, respetando el medio ambiente	bañarme en piscina, porque juego con el agua y después la boto	respetar la flora y fauna y los lugares reservados	Malo, porque se cortan árboles, se les quita el hábitat a los animales

Tabla 5: resultados del “Cuestionario de conciencia medioambiental y cuidado del agua” en el post test

Anexo H: Tabla de indicadores de aseveraciones del cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental

Letra	Indicador
a	Soy una persona a la que le importa el Medio Ambiente
b	Me importa motivar a mi familia y amigos en conductas ambientales responsables
c	Creo que mi conducta cotidiana afecta al Medio Ambiente
d	Estoy dispuesto a perder algunas comodidades a cambio de cuidar el Medio Ambiente
e	Estoy bien informado sobre la extinción de especies animales
f	Me preocupan las especies en peligro de extinción
g	Me importa adquirir conciencia sobre el cuidado del Medio Ambiente
h	Considero que cuidar el agua es importante para el Medio Ambiente
i	Sé cómo cuidar el agua en mi vida cotidiana
j	Considero que mi consumo de agua diario es responsable con el Medio Ambiente
k	Creo que tomar duchas cortas ayuda a cuidar el Medio Ambiente
l	Limpiar la calle con escobas es mejor que hacerlo con agua y manguera
m	Creo que es importante reparar prontamente las goteras y fugas de agua en el hogar
n	Creo que cerrar la llave de agua mientras me lavo los dientes es bueno para el Medio Ambiente
o	Comentarios Adicionales

Tabla 6: preguntas del cuestionario

Anexo I: Resultados del cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental en el pretest

Participante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
P01	5	4	3	4	2	3	5	5	4	3	5	3	4	5	
P02	4	5	2	4	3	4	5	4	3	2	5	3	4	5	
P03	4	5	4	5	5	5	4	5	3	4	5	5	5	5	
P04	4	3	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	
P05	5	3	3	2	5	5	4	5	1	5	4	4	5	5	
P06	4	4	4	4	5	5	4	5	4	3	4	4	5	5	
P07	5	5	2	4	3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	
P08	5	5	5	4	2	5	4	5	1	4	4	4	4	5	
P09	5	4	1	3	4	4	4	5	4	4	4	5	5	4	
P10	5	4	1	2	4	5	4	5	4	4	4	5	5	4	
P11	5	5	3	2	5	5	5	4	5	5	5	2	5	5	
P12	5	4	2	5	2	4	5	5	4	3	5	4	5	5	

Tabla 7: resultados del “Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental” en el pretest

Anexo J: Resultados del cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental en el post test

Participante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
P01	5	3	1	5	2	3	3	5	4	4	5	4	4	5	
P02	5	5	4	4	3	5	5	4	5	3	5	5	4	5	
P03	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	
P04	5	4	4	4	3	5	4	5	4	3	5	4	5	5	
P05	4	4	5	4	5	5	4	5	4	3	4	5	5	5	
P06	5	5	4	4	3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	
P07	4	5	5	4	2	5	5	4	2	2	5	5	5	5	
P08	5	4	2	4	4	4	5	5	4	2	5	5	5	5	
P09	5	4	4	3	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4	
P10	4	5	3	2	4	4	4	5	5	4	5	4	5	5	
P11	5	4	3	5	5	5	4	5	4	3	5	4	3	4	
P12	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	

Tabla 8: resultados del “Cuestionario de apreciación sobre conciencia medioambiental” en el post test

Anexo K: Resultados de la evaluación de usabilidad

Letra	Indicador
a	Me gusta el videojuego
b	El videojuego es entretenido
c	El videojuego es desafiante
d	El videojuego me hace estar activo
e	Volvería a jugar con el videojuego
f	Recomendaría este videojuego a otros niños/jóvenes
g	Aprendí con este videojuego
h	El videojuego tiene distintos niveles de dificultad
i	Me sentí controlando las situaciones del videojuego
j	El videojuego es interactivo
k	El videojuego es fácil de utilizar
l	El videojuego es motivador
m	El videojuego se adapta a mi ritmo
n	El videojuego me permitió entender nuevas cosas
o	Me gustan los sonidos del videojuego
p	Los sonidos del videojuego son claramente identificables
q	Los sonidos del videojuego me transmiten información
r	Me gustan las imágenes del videojuego
s	Las imágenes del videojuego son claramente identificables
t	Las imágenes del videojuego me transmiten información

Tabla 9: indicadores del cuestionario

Participante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
P01	7	7	1	7	7	7	7	1	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7	1	1	
P02	7	7	6	6	7	7	7	5,5	7	6,5	6	7		7	7	7	7	3	5	5	
P03	7	7	5	7	6	7	7	5,5	7	7	6	7	6	7	7	7	7	6,5	7	7	
P04	6	6	5	6	7	7	7	5	7	7	6	7	7	7	7	7	7	6	7	7	
P05	6	6	6	7	6	6	6	6	5	7	7	6	5	6	7	7	7	4	4	5	
P06	7	7	6	6	7	6	6	5	7	7	6	7	7	6	7	7	7	4,5	5	6	
P07	6,8	6,5	6	6	6	6	7	5	7	7	7	7	7	6,5	7	7	7	5,5	6	7	
P08	7	7	7	7	7	7	7	1	7	7	1	7	7	7	7	7	7	1	1	1	
P09	7	6	3	7	7	6	7	7	6	6	7	7	5	7	7	7	7	5	4	4	
P10	7	6,5	4	7	7	6	7	7	6	6,5	7	7	6	7	7	7	7	4	4	4	
P11	6,9	7	7	7	7	6,8	7	6,8	7	7	6,9	7	7	6,8	6,8	6,9	7	1	1	1	
P12	7	7	7	7	7	6	7	7	6,5	6,8	6,2	7	6,5	7	7	7	7	6,5	6,7	6,5	7

Tabla 10: resultados de la evaluación de usabilidad

Letra	Indicador
A1	¿Qué te gusto del videojuego?
B1	¿Qué no te gusto del videojuego?
C1	¿Qué agregarías al videojuego?
D1	¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?
E1	Observaciones o comentarios

Tabla 11: indicadores de preguntas abiertas de la evaluación de usabilidad

Participante	A1	B1	C1	D1	E1
P01	es súper bueno	nada	no	Orientación y Movilidad	
P02	Me gustó escuchar a los personajes y los sonidos de los lugares.	que a veces quería girar y en verdad avanzaba	Personas más reales y más cosas para hacer	para visitar otros lugares que no sean la ciudad o el bosque	
P03	Que se trata de animales. Intenta transmitir la vida normal pero basado en un videojuego	El sonido de los pasos. La gráfica de las personas.	Colores y que las personas se vean más reales	Para aprender a usar bien el agua.	
P04	controlar al personaje, los sonidos	nada	Nada	para entretenerme	
P05	La interacción con los sonidos y la capacidad de ubicarme	las voces	sonidos de recompensa	para aprender a ubicarse en la ciudad y en caminos	no me gusta apretar un botón para que los personajes sigan hablando
P06	Me gustó que tuviera sonidos realistas, que pudiera saber qué cosas hay alrededor	Que era difícil recordar los botones.	Mejores imágenes	Para aprender más cosas sobre el medio ambiente u otras materias	
P07	Los sonidos, el ambiente, la historia, la orientación	Nada	Más personajes con sonidos.		
P08	Me gustó la información que tiene, que avisa y da indicaciones. Tiene muchas cosas que se pueden aprender	Ir de una zona a otra, era complicado.	Nada. Estuvo bien.	Para distraerme. Para tomar conciencia sobre el cuidado del agua.	
P09	Tenía un botón que me podía decir dónde están las cosas. Es muy bueno para discapacitados como yo	Nada	Más sonidos		
P10	Que tiene cosas útiles para saber dónde estoy y lo que hay cerca de mí	Que es difícil aprender a usar el control	Más cosas que suenan		

P11	que tiene mucho desafío	no tiene tantos sonidos	más lugares y más sonidos		
P12	me puso a prueba para cuando sea grande, para ser más autónomo	nada	más realismo, más espacio	para poder guiarme y escuchar mejor. Para ponerme a prueba	

Tabla 12: respuestas a las preguntas abiertas de la evaluación de usabilidad

