 UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÒN

VIDEOJUEGO EDUCATIVO PARA EL APRENDIZAJE DE GEOMETRÍA

EN NIÑOS NO VIDENTES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

MATÍAS ALEJANDRO PARDO GUTIÉRREZ

PROFESOR GUÍA:

JAIME SÁNCHEZ ILABACA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

JÉREMY BARBAY

JORGE PÉREZ

SANTIAGO DE CHILE

2016

**Resumen**

Resumen

**Tabla de Contenido**

**Capítulo 1: Introducción**

1.1. Contexto

1.2. Problema

1.3. Motivación (cambiar por relevancia?)

1.4. Descripción general de la solución

1.5. Resultados de la solución implementada para resolver el problema

**Capítulo 2: Marco Teórico**

2.1. Estado del arte

2.2. Interfaces físicas

2.3. Aprendizaje

2.4. Aspectos de Usabilidad

**Capítulo 3: Especificación del Problema**

3.1. Descripción detallada del problema

3.2. Relevancia de contar con una solución

3.3. Requisitos de la Solución

3.3.1. Requisitos de Usuario

3.3.2. Requisitos de Software

3.4. Características de Calidad

3.5. Criterios de Aceptación

**Capítulo 4: Metodología**

4.1. Análisis del Prototipo de Videojuego Inicial

4.2. Investigación Previa

4.2.1. Cuestionario de Usuario Final

4.2.2. Pauta de evaluación heurística

4.2.3. Instrumento de Evaluación de Impacto

4.3. Desarrollo de Mejores del Prototipo de Videojuego Inicial

4.3.1. Apresto

4.3.2. Análisis

4.3.3. Diseño, Implementación y Evaluación

**Capítulo 5: Descripción de la solución**

5.1. Metáfora

5.2.

**Capítulo 6: Validación y Evaluación de usabilidad**

6.1. Versión del Videojuego

6.2. Equipo e Interfaces Utilizadas

6.3. Cuestionarios y procedimiento

6.3.1. Cuestionario de Usuario Final

6.3.1.1. Composición del instrumento

6.3.1.2. Muestra

6.3.1.3. Tarea realizada

6.3.1.4. Procedimiento

6.3.2. Entrevistas

6.3.2.1. Muestra

6.3.2.2. Tarea realizada

6.3.2.3. Procedimiento

6.3.3. Evaluación de Impacto

6.3.3.1. Composición del instrumento

6.3.3.2. Muestra

6.3.3.3. Tareas realizadas

6.3.3.4. Procedimiento

6.3.4. Pauta de evaluación heurística

6.3.4.1. Composición del Instrumento

6.3.4.2. Muestra

6.3.4.3. Procedimiento

6.4. Resultados

**Capítulo 7: Conclusiones**

7.1. Lecciones aprendidas

7.2. Trabajo Futuro

**Capítulo 8: Bibliografía**

**Capítulo 9: Anexos**

Anexo A:

**Índice de Tablas**

Tabla 1:

**Índice de Figuras**

Figura 1:

**Capítulo 1**

**Introducción**

**1.1. Contexto**

-

**1.2. Problema**

-

**1.2. Problema**

En la actualidad existe una gran cantidad de software educativo, pero la mayoría suele estar dirigido a personas videntes. Ello implica que a la hora de encontrar software educativo para personas con discapacidad visual las opciones son más limitadas.

En este Trabajo de Título se abordó el tema del aprendizaje de la geometría por parte de aprendices con discapacidad visual, más específicamente las transformaciones geométricas: rotación, traslación y reflexión. Dichos conceptos son particularmente complejos de enseñar y aprender en personas con discapacidad visual. Para ellos, un objeto que está en una posición puede ser percibido como un objeto completamente diferente sólo con rotarlo 180º.

Es entonces que se implementó un videojuego educativo multimodal para ayudar en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de orientación, rotación, traslación y reflexión por parte de aprendices con discapacidad visual. Los videojuegos educativos presentan un buen apoyo en la enseñanza y aprendizaje de los niños porque aprenden mientras juegan e interactúan.

El desafío estuvo en tener presente en todo momento temas de usabilidad e interacción humano-computador, ya que su correcto uso es fundamental para poder transmitir el mensaje que se desea y generar la interacción con los usuarios finales, los niños con discapacidad visual.

**1.4. Solución elegida**

La solución elegida es el desarrollo de un videojuego educativo utilizando el software **Unity versión 5.2.2f1**, que es utilizado en el desarrollo de videojuegos (fue utilizado en el desarrollo del prototipo con el que se cuenta actualmente).

Como interfaz de control se decide utilizar un control de **Xbox 360 alámbrico**, que fue el utilizado durante las pruebas realizadas en conjunto con los usuarios finales durante el desarrollo del prototipo. Otra opción descartada fue la utilización del **Novint Falcon**, pero es costoso y difícil de acceder, además de que no se logra incorporar satisfactoriamente al proyecto (se explica en qué consiste esta interfaz en el Marco Teórico).

Se realizará el desarrollo del videojuego utilizando lo antes descrito en lo que respecta a Software y Hardware. Para la validación del videojuego se realizarán evaluaciones de usabilidad:

Junto a esto se realizarán evaluaciones de los conceptos a tratar en el videojuego antes de su uso y luego de su utilización, para evaluar el impacto en el aprendizaje de los conceptos tratados.

**1.5. Resultados de la solución implementada para resolver el problema**

-

**Capítulo 2**

**Marco Teórico**

**2.1. Estado del arte**

En cuanto a trabajos anteriores similares al que se realizó en esta memoria se pueden destacar (juegos educativos para niños con discapacidad visual): AudioChile[13], AudioLink [16] y AudioMath [3].

AudioChile consiste en un juego de rol en que el usuario viaja a través de tres zonas geográficas de Chile dónde varias interacciones con espacios y personajes ocurren. El Juego se vale de sonido 3D para la ubicación espacial del usuario.

AudioLink es un videojuego de rol en el que existen diversas actividades y misiones relacionadas con el aprendizaje de distintos conceptos de Ciencias.

AudioMath es un videojuego para aprender matemáticas básicas (sumar, dividir, restar y multiplicar) que se vale de audio para transmitir su contenido e interfaces de alto contraste para personas con resto visual.

Los juegos antes mencionados siguen una metodología similar a la que se seguirá durante el trabajo de la memoria.

Además de los ya descritos existen otros juegos (o adaptaciones) desarrollados para personas con capacidad visual que también pueden ser nombrados a modo de ejemplo pero no se entrará en más detalles: Audio Space Invaders[42], Blind Hero[45], Eyes-Free Yoga[46], Haptic Sudoku[47] y AudiOdyssey[48].

**2.2. Interfaces Físicas**

Las interfaces que pudieron haber sido utilizadas en este trabajo son: teclado, el Phantom, el Novint Falcon y el control de consola (Xbox 360).

El **teclado** de computador tradicional es el que se utiliza en cualquier computador y ha sido utilizado con anterioridad gran cantidad de videojuegos, en conjunto con el mouse. Se descartó utilizar solamente estas interfaces por lo difícil que es representar formas (ya que no tiene formas de forzar posiciones) y carece de vibración. Se evalúa su uso en conjunto con Phantom o Novint Falcon.



***Figura 1: Teclado y mouse***

El dispositivo **Phantom**[44] es una interfaz que posee un stylus (lápiz) y ha sido utilizado con anterioridad en desarrollo de software para personas con discapacidad visual. El brazo que posee puede forzar ciertas posiciones en el Stylus, y puede captar la escritura realizada con el lápiz.



***Figura 2: Phantom***

El **Novint Falcon** [43] es similar al Phantom pero no cuenta con un lápiz sino que con una esfera. Su propósito original es el de ser un mouse 3D, y cuenta además con vibración. Este dispositivo y el Phantom fueron descartados por lo complicado y costoso que resultan de conseguir (no son interfaces recientes y no hay interfaces recientes que sigan con esta idea).



***Figura 3: Novint Falcon***

Los **controles de consola** son una buena alternativa para lo que se busca, que aunque no fuerzan posiciones, poseen una mayor cantidad de botones (en comparación al Phantom y al Novint Falcon), es cómodo y fácil de usar, y además cuenta con vibración. Se elige el control de **Xbox 360**[51], porque tiene buena compatibilidad con Unity (software utilizado en el desarrollo del videojuego) y computadores con Windows, además es más accesible y de menor costo en comparación con el Novint Falcon, alternativa que fue descartada.



***Figura 4: Control de Xbox 360***

**2.3. Aprendizaje**

Sobre el aprendizaje existen tres epistemologías, teorías o modelos, de aprender: Conductismo, Procesamiento de la información y el Constructivismo [7].

El **conductismo** consiste en un aprendiz pasivo y un profesor o instructor que le entrega conocimientos, utilizando los estímulos adecuados. Este modelo sigue un esquema en que el aprendiz es una caja negra y que su aprendizaje es una respuesta casi automática a un determinado estímulo (es como la educación tradicional, instructor-alumno).

El **procesamiento de la información** toma atención en lo que sucede en la caja negra antes mencionada. El modelo señala que para generar una respuesta a partir de un estímulo ocurren una serie de procesos y procesamiento a través de codificación y decodificación de la memoria. Esto será similar a lo que se hace con el "machine learning" en un computador, dónde el computador "aprende" a partir de un set inicial de datos y trabajo sobre ellos a partir de un procedimiento predeterminado.

El tercer modelo es el **constructivismo**, dónde el profesor pasa a un plano más pasivo, es un facilitador o guía y es el aprendiz o "constructor", el que toma el protagonismo. Este modelo sigue la idea de que el aprendizaje no es incorporado por el aprendiz desde el exterior de su mente al interior, si no que el aprendiz "construye" su aprendizaje a través de experiencias y desafíos, desarrollando casos o proyectos y es el profesor quien guía al aprendiz en los momentos que sean necesarios.

Bajo este punto de vista se concibe el videojuego desarrollado en esta memoria, no es el Software el que enseña, es el niño el que aprende.

**2.4. Aspectos de Usabilidad**

La usabilidad es un aspecto importante en el desarrollo del software ya que el cómo sea considerada puede ser la diferencia entre que el software sea utilizado y utilizable por los usuarios finales o no.

La usabilidad es un aspecto cualitativo del software, y tiene que ver con qué tan fácil y agradable es la utilización de sus distintos componentes [52]. Ésta en conjunto con la "Utilización" (esto corresponde a si puede la funcionalidad de la tecnología hacer lo que necesita), determinan la utilidad del Software, o sea, si es que el software puede ser utilizado para alcanzar metas o realizar actividades propuestas. Lo complejo de evaluar la usabilidad es que depende de las percepciones que tengan los usuarios finales al utilizar el software y que no necesariamente coinciden en cómo el diseñador/desarrollador concibe como idea inicial.

Existen los llamados atributos de usabilidad[30] que se deben tener en cuenta al momento de desarrollar/evaluar software:

1.- Aprendizaje

2.- Eficiencia

3.- Recuerdo

4.- Errores

5.- Satisfacción

El **aprendizaje** tiene que ver con qué tan fácil es para el usuario aprender a utilizar el software o realizar alguna actividad la primera vez que se encuentran con él.

La **eficiencia** dice qué tan rápido pueden utilizar los usuarios el software una vez que han aprendido a utilizarlo.

El **recuerdo** tiene que ver con qué tan fácil es volver a utilizar el software diestramente una vez que se ha estado un tiempo alejado de él.

Los **errores** son qué tan a menudo los usuarios cometen errores en la interfaz, qué tan graves son y qué tan fácil les es recuperarse de ellos.

La **satisfacción** es qué tan placentero o amigable es para el usuario utilizar el software.

Para poder alcanzar el fin de crear software usable teniendo en cuenta los cinco atributos anteriores se debe hacer especial énfasis en el diseño, pues es el diseño de las interfaces con las que tiene contacto el usuario final lo que determina la apreciación de los atributos (más que la implementación o algoritmos que puedan haber por detrás). Para realizar un buen diseño existen principios de diseño que se deben considerar a la hora de diseñar[53]:

1.- Visibilidad

2.- Affordances (Prestaciones)

3.- Modelo Conceptual

4.- Modelo Mental

5.- Mapping (Topografía)

6.- Feedback

La **visibilidad** tiene que ver con que en cada interfaz se encuentren "visibles" o destacados los elementos importantes. Un ejemplo de esto por ejemplo sería que una interfaz tenga el menú de navegación con las distintas opciones arriba a la izquierda en todas las vistas, así el usuario no debe buscar mucho cuáles son las opciones de las que dispone (podrían estar por ejemplo escondidas en alguna parte particular de la interfaz en el fondo).

**Affordances** o prestaciones, tiene que ver con qué utilidad o funcionalidad asocia el usuario a las distintas partes de la interfaz. Por ejemplo, si el usuario ve un botón en una interfaz de editor de texto con un "Diskette" es muy probable que lo asocie con la funcionalidad de guardado, entonces si ese botón sirve para guardar significa que "genera affordance" por el contrario si ese botón sirviera para otra cosa, como por ejemplo enviar por e-mail (algo que probablemente no sería esperado) no generaría buen affordance.

El **modelo mental** es el modelo que tienen las personas de ellas, de otros, del medio y de los objetos con los que interactúa. Los modelos mentales se forman sobre la base de la experiencia, formación, capacitación, interpretando las acciones percibidas de su estructura visible e interacción con el mundo.

El **modelo conceptual** tiene que ver con el modelo que tiene el diseñador en su mente al momento de diseñar una interfaz y en el cómo cree que será utilizada. Esta centrado en el producto que diseña el diseñador.

El **mapping** o topografía tiene que ver con el etiquetado o correspondencia de partes del diseño y su funcionalidad. Es el qué tan bien logrado se encuentra la correspondencia de los controles respecto de las funcionalidades. Un ejemplo sería una cocina:

**** 

***Figura 5: Mapping de perillas de una cocina y sus respectivos quemadores.***

En este ejemplo de mapping se ve que está mejor logrado el de la imagen de la derecha, pues utiliza la ubicación de los quemadores para hacer una correspondencia con las perillas, en cambio el de la izquierda debe escribir las ubicaciones en etiquetas además recorre los quemadores en diagonal, lo que resulta más confuso (el usuario debe hacer mayor esfuerzo para hacer la correspondencia entre los quemadores y las perillas).

El **feedback** tiene que ver en cómo el diseño informa al usuario de su estado de actividad o algunas otras indicaciones. Por ejemplo sonidos o vibración al presionar botones en interfaces de celular, el sonido de una tetera cuando el agua hierve o los mensajes de error de una interfaz web.

En cuanto a los principios de diseño se debe tener en cuenta su existencia, pero se pueden dejar de lado a favor de potenciar ciertos atributos de usabilidad, por ejemplo una consola de comandos deja de lado el principio de visibilidad de diseño (pues los comandos están ocultos a la vista, y deben conocerse con anterioridad o averiguar de algún modo) para potenciar el atributo de usabilidad de eficiencia. Es importante saber qué se deja de lado y el por qué.

Sobre el videojuego desarrollado en este trabajo de memoria se potencia mayoritariamente lo que es el feedback, pues a diferencia de gran parte del software que suelen realizar su feedback de manera visual, esto no sería práctico con personas que poseen discapacidad visual, por ello se debe prestar principal atención en los feedbacks de sonido y vibración de modo que puedan entregar al usuario final las herramientas para la utilización del software y que no sienta frustración o confusión por no saber qué es lo que está sucediendo. Siguiendo esto se deja un poco de lado la visibilidad, ya que son personas con discapacidad visual, pero no se abandona completamente, ya que los niños con resto visual sí pueden ver algunas cosas en alto contraste (algunos incluso diferenciar un poco de colores), así que aún queda algo que considerar al respecto para esos usuarios.

**Capítulo 3**

**Especificación del Problema**

**3.1. Descripción detallada del problema**

El problema que se busca resolver es generar y apoyar aprendizajes relacionados principalmente con las transformaciones geométricas rotación, traslación y reflexión, y en menor medida reforzar habilidades de orientación, para niños entre 11 y 14 años con ceguera total o parcial, de forma que puedan obtener una mejor comprensión de estos conceptos en su propia mente.

El videojuego creado para resolver este problema debe estar fuertemente ligado a las habilidades que se busca trabajar en su contenido, sin descuidar de que el videojuego genere interés en el usuario, para que así pueda lograrse el apoyo en el aprendizaje buscado.

Dicho esto, las actividades deben presentarse de forma atractiva y desafiante para que la interacción con el sistema sea algo significativo en el usuario final y no solamente una tarea tediosa o un videojuego más.

El videojuego debe tener en cuenta además en todo momento el hecho de que es concebido para niños con ceguera total o parcial, es entonces que las interfaces e interacciones con el sistema deben ser acordes para este tipo de usuarios, no puede suceder que esta discapacidad sea una limitación para interactuar de forma satisfactoria con el videojuego educativo.

Es así que el problema planteado se resume como el desarrollo y correcta validación de un videojuego educativo centrado en generar aprendizaje de las transformaciones geométricas rotación, traslación y reflexión, en niños con discapacidad visual.

**3.2. Relevancia de contar con una solución**

En el día a día las personas suelen usar medios visuales para transmitir información e interactuar con el entorno. Es común la idea de entender las cosa a través de ver cómo funciona un proceso o algún ejemplo de alguna idea, y esto se suele ver también en las clases a la que los niños suelen atender.

El problema de fondo es que la mayoría del entorno, materiales de aprendizaje, medios de información, etc. están centrados para personas que no poseen grandes discapacidades como lo son la ceguera parcial o total.

Una persona ciega encuentra una gran brecha a la hora de enfrentarse al mundo en comparación a las personas que pueden ver sin mayores dificultades, y es por eso que esta brecha se acentúa en términos de educación, específicamente en el aprendizaje de geometría, dónde todo está tan ligado a las formas y cosas que son difíciles de transmitir a aprendices con discapacidad visual (en especial a los con ceguera total).

Una persona con discapacidad visual enfrenta grandes dificultades en el aprendizaje de las transformaciones geométricas, rotación, traslación y en especial la reflexión, pues al no poder mostrar visualmente lo que son estas transformaciones y cambios de forma se intenta trabajar lo mejor posible para generar el aprendizaje y que forme parte de su modelo mental.

El problema es que a veces esto no es suficiente, pues aún así el niño no logra interiorizar del todo éstos conceptos. Es entonces donde radica la importancia de la solución, un apoyo para la educación de estos niños, algo creado pensando en ellos, para que así puedan también desarrollar los aprendizajes geométricos y reducir la brecha producto de su ceguera de forma que les resulte interesante y entretenida.

**3.3. Requisitos de la Solución**

Los requisitos para que la solución alcance sus objetivos son los que siguen:

**3.3.1. Requisitos de Usuario**

1.- El usuario controlará a Myr, el personaje protagonista, dentro del videojuego.

2.- El videojuego tratará de que el personaje principal debe explorar un laberinto e interactuar con los distintos objetos que se encuentren en él.

3.- Para desplazarse dentro del laberinto el usuario dispondrá de la acción avanzar y girar en 90º a la izquierda o derecha (lo que corresponde a 1/4 de giro en lenguaje de Orientación y Movilidad para personas con ceguera).

4.- El sistema deberá proveer feedback auditivo de las instrucciones del videojuego e historia.

5.- Las instrucciones no deben sentirse ajenas al mundo del videojuego, ni a las actividades que se desarrollan.

6.- El videojuego deberá utilizar sonidos que sean diferenciables unos de otros para que el usuario pueda asociarlos con objetos o situaciones particulares.

7.- Utilizar el videojuego debe ser posible sin necesariamente utilizar feedback visual (puede ser utilizado por una persona con ceguera total).

8.- El sistema debe poder informar con feedback auditivo hacia dónde está apuntando el avance del protagonista.

9.- El usuario debe poder preguntar al videojuego qué tiene en su entorno inmediato, y el sistema debe responder con feedback auditivo.

10.- El avanzar y girar deben tener sonidos característicos para que el usuario sepa que está realizando estas acciones, cuándo comienzan y cuándo terminan.

11.- Al comienzo de cada nivel el usuario deberá desplegar su bastón, para reforzar en los usuarios la utilización de su bastón blanco o bastón para invidentes.

12.- El entorno gráfico debe poder ser apreciable para personas con ceguera parcial.

13.- El videojuego debe ejercitar los conceptos geométricos a través de acertijos, que el usuario debe poder escuchar múltiples veces si así lo requiere (que el sistema le repita la pregunta si no la entiende).

14.- El usuario debe poder navegar a través del menú principal utilizando feedback auditivo y la interfaz de entrada, y poder acceder a las opciones que desea sin necesidad de asistencia.

15.- La existencia de un entorno gráfico no deben presentar una ventaja en la resolución de los acertijos y la actividad del plano cartesiano, es decir, que los feedbacks deben ser principalmente de audio y vibratorios en estas actividades.

16.- El usuario debe poder saber cuándo interactúa con los objetos tesoro, acertijo, monstruo, trampa, transportador a plano cartesiano y puerta por medio de feedback auditivo, y se le debe comunicar qué hacer en cada situación.

17.- El usuario debe poder recibir feedback auditivo para saber que está yendo en el camino correcto en cada nivel del laberinto, es decir, se está acercando a la puerta.

18.- El personaje debe tener puntos de vida y éstos se deben ir descontando al cometer errores en las actividades, para que no termine resolviendo todo por ensayo y error. En caso de perder todos sus puntos debe recomenzar el nivel en el que estaba.

19.- El personaje principal debe tener un cubo mágico el cual debe y los elementos de sus caras ser constantemente utilizados en las distintas actividades del videojuego y en la navegación, para que el usuario se forme un modelo mental del mismo.

20.- El usuario debe disponer de información auditiva de qué cara corresponde a cada elemento (agua, fuego, tierra, viento, arcano y naturaleza), y ésta debe poder ser consultada a voluntad por el usuario.

21.- La trama del videojuego debe ser adecuada para las edades de los usuarios finales.

22.- El jugador debe poder reconocer mediante audio y vibración su cercanía a objetos importantes dentro del laberinto (trampas, puertas y monstruos) sin necesidad de estar constantemente preguntando qué tiene en su entorno inmediato).

23.- El videojuego debe poseer una actividad relativa al plano cartesiano, para apoyar el tema de traslación.

24.- Si el usuario cierra el videojuego, o este se cierra pro alguna razón, el juego debe guardar el último nivel en el que se encontraba el usuario para poder continuar el videojuego desde ahí en caso de que el usuario así lo requiera.

34.- La usabilidad del videojuego debe ser evaluada y validada para asegurar que permita su correcto uso.

**3.3.2. Requisitos de Software**

1.- Se utilizará un personaje principal para todo el videojuego llamado Myr (esto debe ser constante, para que el usuario no se confunda).

2.- Cada Nivel del videojuego será diseñado como un laberinto, en la entrada de cada nivel se situará al protagonista y en la salida habrá una puerta.

3.- En cada nivel existirán distintos objetos con los que el jugador podrá interactuar (trampas, acertijos, monstruos y tesoros).

4.- Para desplazarse dentro del laberinto, el usuario contará con un botón para avanzar, uno para girar a la izquierda y otro para girar a la derecha (ambos giros de 90º).

5.- Cada nivel estará dividido en casillas, los pasillos del laberinto serán de una casilla de ancho, y en cada casilla habrá camino, pared, u objeto. El nivel será de 14x8 de estas casillas(limitando así el tamaño de cada nivel).

6.- Al comienzo de cada nivel y cerca de encontrar algún objeto o interacción nueva habrá una casilla que al pasar por ella dará las instrucciones pertinentes para introducir lo nuevo, de forma auditiva.

7.- Conforme avance el juego también habrá casillas que relatarán parte de la historia para que el jugador sepa que progresa en la trama.

8.- Habrá un personaje llamado "Grommy", el cuál será un libro mágico encargado de dar las instrucciones al protagonista (para que estas instrucciones no se sientan ajenas al videojuego). Utilizará términos relativos a la magia e historia para dar sus instrucciones.

9.- Para cada acción del videojuego se usará un sonido distinto, es decir, por ejemplo la acción de victoria tendrá un sonido característico. Esto aplica para las interacciones y elementos de ambiente del videojuego.

10.- Todas las instrucciones, acciones e interacciones relativas al videojuego deben tener feedback auditivo adecuado. Esto hace posible a una persona jugar al videojuego sin necesidad de ver lo que sucede en la pantalla (Caso de ceguera total).

11.- Existirá un botón que informará hacia dónde apunta el protagonista en el laberinto (es decir hacia dónde irá si presiona el botón de avanzar). Las direcciones posibles serán Norte, Este, Oeste y Sur.

12.- El videojuego deberá tener un botón para cada una de las siguientes direcciones relativas: Adelante, Derecha, Atrás, Izquierda, Arriba y Abajo.

13.- Habrá un botón que al mantener presionado y luego presionar alguno de los botones de dirección (arriba, abajo, adelante, derecha, izquierda o atrás) informará mediante palabras qué es lo que hay en esa dirección.

14.- Del mismo modo que para preguntar con palabras que hay en alguna dirección, habrá un botón llamado tocar, que al presionar y luego presionar alguno de los botones de dirección se emitirá un sonido característico de lo que haya en esa dirección.

15.- Habrá un sonido de pasos al avanzar, y sonidos de giro (diferentes entre ellos) para cuando el usuario gira en el laberinto en 90 grados, el sonido durará mientras dure la acción, es decir si presiona el botón de girar se escuchará el sonido de giro, una vez termine el usuario tendrá completa seguridad de que se ha ejecutado el giro deseado.

16.- Al comienzo de cada nivel el usuario deberá desplegar un bastón el con un botón destinado para ello. Al desplegarse se escuchará el sonido característico del despliegue de un bastón de invidentes.

17.- Si el usuario no ha desplegado el bastón al comienzo del nivel no podrá realizar ninguna otra acción, y si lo intenta el videojuego le informará que debe desplegar el bastón primero.

18.- Se utilizarán colores que generen alto contraste entre sí sin perder la estética del juego, por ejemplo el cofre del tesoro ser amarillo, en un fondo de un color oscuro. Esto es para que usuarios con ceguera parcial puedan identificar las imágenes, si desean jugar viendo la interfaz gráfica.

19.- Dentro del laberinto habrán objetos llamados acertijos. El usuario al tocarlos deberá recibir instrucciones para responder el acertijo (relativo a realizar una transformación geométrica del cubo mágico del personaje principal: rotación, traslación o reflexión). El usuario debe disponer de un botón para que le repitan la pregunta del acertijo.

20.- Al ingresar al menú principal se le informará al usuario de las opciones que tiene a disposición y qué presionar para seleccionarlas. Al seleccionar alguna se le informará cuál fue y se le pedirá una confirmación.

21.- Las preguntas de los acertijos serán de audio, es decir no habrá un objeto que represente en pantalla qué sucede con el cubo, esto para que no resulte en una ventaja el poder ver la interfaz gráfica.

22.- En el laberinto debe haber casillas que al pasar por ellas indiquen con un sonido si están por el camino correcto a la salida (se está acercando el jugador) o si está en el incorrecto (si se está alejando).

23.- El protagonista tendrá puntos de vida, estos se descontarán cada vez que se equivoca en un acertijo, o recibe daño al enfrentar monstruos. Al pisar una trampa se descontarán todos y al resolver un acertijo se ganará unos cuantos. Al perderlos todos se reiniciará el nivel actual, y al pasar al siguiente nivel se restablecerán en el máximo.

24.- El Personaje principal debe poseer un cubo mágico, y en cada cara de este cubo debe haber un elemento con un sonido característico (fuego, agua, tierra, viento, arcano y naturaleza). Cada cara tendrá asociada también una dirección (adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba o abajo en acertijos, y norte, sur, este, oeste, arriba o abajo en el laberinto).

25.- Al encontrarse con alguna intersección de caminos, el jugador debe escuchar los elementos del cubo hacia dónde hay camino, los cuáles están asociados con alguna dirección (por ejemplo si hay camino al sur se escuchará fuego). Los sonidos se escucharán secuencialmente.

26.- El usuario dispondrá de un botón para preguntar sobre las caras del cubo y qué dirección representan en su actividad actual (si es adelante, atrás, arriba, abajo, izquierda o derecha, ó Norte, Sur, arriba, abajo, Este u Oeste). El botón le dirá auditivamente las correspondencias.

27.- La trama del videojuego debe tener contenido entendible y aceptable para niños de la edad que es el software.

28.- Cuando el usuario se encuentre a dos casillas de distancia de una trampa, una puerta o un monstruo escuchará un sonido característico y vibración como feedback, para que esté informado de su entorno (y no tener que preguntar constantemente qué objetos tiene a su alrededor).

29.- Se creará una actividad relativa al plano cartesiano como actividad final de traslación (en el último nivel de traslación). En esta actividad se le explicará al usuario cómo se utiliza el plano cartesiano, en caso de que no lo recuerde/conozca, y tendrá feedback auditivo como todo el resto del videojuego.

30.- Al comenzar cada nivel se guardará el estado actual del jugador. Así si cierra el juego o se cierra por alguna razón fuera de las manos del usuario o el videojuego, el usuario podrá continuar su progreso utilizando la opción "Juego anterior" desde el menú principal.

31.- Se realizarán evaluaciones de usabilidad del videojuego y una evaluación de impacto para evaluar si el juego cumple con su objetivo de ser usable por usuarios con ceguera total o parcial. Las evaluaciones serán: Cuestionario de usuario final, Pauta de evaluación heurística, Entrevistas y Evaluación de Impacto.

32.- El videojuego será desarrollado utilizando el software Unity en su versión 5.1.2f1.

33.- Se utilizará Un control de Xbox360 como interfaz de entrada para el videojuego.

34.- Se utilizará audio, la pantalla y el control como interfaz de salida del juego (se incluye el control por la vibración).

35.- Se deben realizar pruebas con usuarios finales del software.

36.- Debe haber música ambiental, de modo que el usuario sepa que el juego está bien (no s eha detenido).

37.- En las intersecciones y cercanía a objetos se debe utilizar audio espacial (perceptible con audífonos) para producir una mejor inmersión, el efecto de que un objeto está en un lugar determinado. Si se escucha sólo a la derecha, está a la derecha; si se escucha sólo a la izquierda, está a la izquierda; y si se escucha en ambos a la vez estará al frente.

38.- La dificultad de los acertijos debe ser creciente.

39.- La dificultad de los niveles debe ser creciente.

40.- Los elementos del videojuego se deben introducir gradualmente, no saturando al usuario.

41.- Los primeros niveles tratarán de orientación en el juego, y los siguientes de rotación, traslación y reflexión, en ese orden. En el nivel final debe haber un acertijo pro cada transformación geométrica a modo de cierre.

**3.4. Características de Calidad**

Al ser un videojuego educativo para personas con discapacidad visual, el grado de conformidad del usuario con las interfaces es un elemento muy importante, además de que la experiencia de utilizar el videojuego sea un aporte en el desarrollo de sus habilidades. Se definen entonces los siguientes puntos de calidad que deberá poseer la solución:

1.- El usuario debe poder utilizar el videojuego sin ayuda de asistencia externa, sólo valiéndose de la interfaz, o sea debe ser autosuficiente, siempre que conozca las interfaces utilizadas previamente o se le instruya al respecto (sobre los auriculares y el joystick).

2.- El usuario debe sentirse satisfecho con el uso del videojuego, y se debe mantener su atención durante la utilización.

3.- El usuario debe poder desarrollar o reforzar sus habilidades de comprensión de las transformaciones geométricas rotación, traslación y reflexión, además de lo que es orientación (esto último necesario para recorrer el laberinto).

4.- Se debe evaluar y validar la experiencia del usuario al utilizar el videojuego con la metodología adecuada.

**3.5. Criterios de Aceptación**

Para la aceptación del videojuego es esencial la correcta evaluación y validación de la experiencia de usuario, ya que dos puntos fundamentales de este trabajo son la usabilidad y el aprendizaje.

Para evaluar la usabilidad del sistema se utilizarán cuatro métodos de evaluación de usabilidad correspondientes a, de los cuáles dos son la aplicación de instrumentos que han sido utilizados y validados anteriormente como métodos para evaluar la usabilidad en videojuegos educativos para niños con discapacidad visual:

- **Cuestionario de usabilidad de usuario final[54][55]**: Corresponde a un cuestionario con una serie de 20 aseveraciones en la que se intenta plasmar la impresión del usuario respecto al uso del software que tienen una escala Likert asociada del 1 al 10 (siendo 1 poco de acuerdo y 10 muy de acuerdo). Luego hay un grupo de preguntas abiertas para que el usuario pueda ampliar y complementar sus respuestas. Este es uno de los instrumentos que se han utilizado anteriormente en este tipo de evaluaciones, confeccionado por el Dr. Jaime Sánchez.

- **Evaluación Heurística de Usabilidad[54][56]:** Consiste en una evaluación de las interfaces del software por parte de usuarios expertos (con conocimientos sobre Usabilidad de Interfaces e interacción humano computador). Se utilizará una pauta de evaluación confeccionada para evaluar el software a partir de determinadas heurísticas[57] de usabilidad. Este también es uno de los instrumentos que se han utilizado anteriormente en este tipo de evaluaciones, confeccionado por el Dr. Jaime Sánchez.

- **Observación y Pensar en Voz Alta (Thinking Aloud)[54]**: Se observará al usuario usar el Software y se tomará nota de lo que comenta mientras lo usa.

- **Entrevistas[54]**: Consiste en una serie de preguntas que surgen durante las pruebas del software y el diseño de este. Se puede realizar una pauta de preguntas y luego se entrevista al usuario final al respecto (son consultas puntuales que no aplican para ser incluidas en el cuestionario de evaluación de usabilidad de usuario final), ó se puede ir haciendo las preguntas a medida que el usuario usa el software.

También para evaluar el impacto del videojuego se utilizará una pauta confeccionada por educadoras diferenciales:

- **Pauta de Evaluación de Impacto[]:** Consiste en una serie de actividades en las que se evalúan las habilidades y conocimientos del niño al que se aplica antes de jugar con el videojuego y después de jugar con el videojuego.

Siguiendo la metodología de desarrollo y evaluaciones tratadas en el punto 4.3 para el desarrollo de videojuegos educativos para niños con discapacidad visual, se irá desarrollando el videojuego y evaluando en cada etapa.

Las entrevistas serán un apoyo para cosas puntuales del desarrollo, y la evaluación de impacto será para evaluar el aprendizaje que ha obtenido el niño.

Para la evaluación de impacto es aceptable que el usuario conserve su evaluación o la mejor en el post test (es decir, que el videojuego no termine confundiendo al usuario).

Para las pautas de evaluación, para el cuestionario de usuario final es aceptable obtener respuestas en promedio de 7 o más (de 10), y para la pauta de evaluación heurística de 4 o más (de 5).

**Capítulo 4**

**Metodología**

**4.1. Análisis del Prototipo de Videojuego Inicial**

Se realizó un análisis del Prototipo de videojuego que se ha desarrollado previamente (y que siguió un proceso iterativo de evaluaciones de usabilidad con usuarios finales) para evaluar sus fortalezas, debilidades y mejoras posibles.

**4.2. Investigación previa**

Se realizó una investigación previa sobre temas que pudiesen ayudar a realizar las mejoras del videojuego y potenciarlo para cumplir con los objetivos propuestos. Investigación bibliográfica sobre trabajos similares y complementarios y consultas con profesores y especialistas que trabajan con niños con discapacidad visual. También se habló con evaluadoras diferenciales para diseñar y desarrollar los elementos que fueron utilizados para evaluar el impacto del videojuego en el aprendizaje de conceptos geométricos como rotación, traslación y reflexión en los usuarios finales[]. Para evaluar la usabilidad del videojuego se utilizaron el cuestionario de usuario final[] y la pauta de evaluación heurística[] desarrolladas por el profesor Jaime Sánchez, las que no necesitaron ser modificadas ya que fueron creadas con el fin de evaluar videojuego educativos para niños con discapacidad visual.

**4.2.1. Cuestionario de Usuario Final**

Corresponde a un cuestionario de dos partes en que el evaluador debe realizar las consultas al usuario (ya que el usuario tiene discapacidad visual y tendría dificultades para la lectura del instrumento). En la primera parte se evalúa el nivel de satisfacción de 1 al 10 de 20 aspectos del videojuego (el apartado de imágenes sólo aplica para usuarios con ceguera parcial). En la segunda parte son 5 preguntas abiertas. El documento en detalle se puede ver en el Anexo [].

**4.2.2. Pauta de evaluación heurística**

El documento cuyo nombre específico es "Evaluación Heurística de Videojuegos Educativos"[], está dirigido a usuarios con conocimientos en el ámbito de la usabilidad y no exclusivamente para usuarios finales. El Cuestionario consta de 46 preguntas en la que el usuario experto debe decir qué tan de acuerdo está con ciertas aseveraciones sobre el videojuego. Estas preguntas están agrupadas en heurísticas y se responden marcando una de las cinco opciones dependiendo de qué tan de acuerdo está ó una sexta opción que es "No aplica" que es para el caso en que el experto que la aseveración no tiene relación con el videojuego evaluado. Luego al final del documento tiene 2 preguntas abiertas para agregar comentarios que creen que quedaran fuera del resto de la evaluación. El documento en detalle se puede ver en el anexo [].

**4.2.3. Instrumento de evaluación de impacto**

El documento de evaluación de impacto[] utilizado fue desarrollado por educadoras diferenciales luego de hablar con el alumno que desarrolló la memoria sobre qué aspectos eran los tratados en el videojuego. El instrumento cuenta con 37 aspectos que son evaluados con la escala "Logrado", "En Proceso" y "No Logrado", que les corresponde un valor numérico (2, 1 y 0 respectivamente). El instrumento tiene espacio para la pre-evaluación y post-evaluación. El instrumento se encuentra en el anexo[] y los detalles de la aplicación se verá en el punto.

**4.3. Desarrollo de Mejoras del Prototipo de Videojuego inicial**

Se siguió el modelo propuesto en la lectura [40] para la implementación de videojuegos educativos, que es un modelo dividido en cinco fases: Apresto, Análisis, Diseño, Implementación y evaluación.

**4.3.1. Apresto**

Esta fase corresponde a la preparación para el desarrollo del videojuego. Las habilidades en base a las que se deseaba trabajar ya habían sido determinadas cuando se creó el prototipo inicial: Orientación y los aspectos de geometría rotación, traslación y reflexión, pero aún no se determinaba qué interfaces utilizar ya que en un principio se utilizarían el teclado[] en conjunto con el Novint Falcon()[]. El Novint Falcon al ser tan costoso[] y poco accesible es descartado y se opta por utilizar un control de Xbox 360[] que es menos costoso()[] que el Novint Falcon pero aún posee vibración y resulta más atractivo que un teclado (el teclado posee más botones y es menos costoso que el control ()[] pero no posee vibración, que es un elemento atractivo en la interacción para niños con discapacidad visual).

**4.3.2. Análisis**

Esta fase consistió en evaluar el prototipo y ver las mejoras que se podrían realizar para que el software cumpliera sus objetivos. El software inicial contaba con 4 niveles en los que el usuario recorría un laberinto, tomaba tesoros y se enfrentaba a monstruos. Se le informaba de su situación en intersecciones con un sonido de "pew" y no se utilizaba mucho el cubo mágico. Cumplía hasta cierto punto el objetivo de orientación pero presentaba debilidades en temas geométricos. En base a lo observado y leído hasta el momento se propuso una serie de mejoras que son con las que comenzó el videojuego. Entre las mejoras se puede mencionar la inclusión de acertijos, utilización del cubo mágico como elemento de navegación en el laberinto, agregar niveles dar mayor significancia al cubo a la hora de tomar tesoros y en las peleas (que el usuario utilice más el cubo y se familiarice con él.

**4.3.3. Diseño, Implementación y Evaluación**

El diseño e implementación fueron de la mano en conjunto con la evaluación de usabilidad del software. Desde aquí fue un ciclo de diseño de mejoras, implementación de las mismas y evaluación de usabilidad, ciclo que tenía como una duración una semana. Durante los días de semana se realizaban pruebas de usabilidad, principalmente con cuestionarios de usuario final[] en un principio y observación. Luego durante el fin de semana se realizaba un análisis de las observaciones, se diseñaban mejoras y eran implementadas. El detalle de la implementación del software se trata en el punto, y los procedimientos de evaluación en el punto. En este punto se describirá lo sucedido en cada semana del ciclo. Se utilizó una versión demo del videojuego (para poder realizar las pruebas en el tiempo que se tenía disponible para trabajar con los niños) y en un comienzo el orden de lso acertijos era al azar (para ver cómo se sentían con los acertijos que tenía el juego y que al estar en orden no se podrían evaluar si el usuario no lograba avanzar mucho en el videojuego).

**Semana 1 (24 a 30 de Octubre de 2016)**

**Evaluación:**

- Se realizaron pruebas con usuarios finales los días 25, 26 y 26.

- Se concluye que el menú **principal** del videojuego funciona bien (Es decir los usuarios pueden acceder a la opción de juego nuevo sin requerir asistencia).

- El orden de los **acertijos es aleatorio** (La mayoría de los usuarios llegaba sólo al nivel 3, así que si estuvieran en orden no hubiesen alcanzado a ver las últimas).

- Los usuarios concordaban en que **faltaba claridad en algunas instrucciones** (cómo responder acertijo, cómo obtener tesoro y cómo utilizar cubo en intersecciones).

- Costaba entender el funcionamiento de los acertijos (Problema con instrucciones de cómo responder).

**Diseño e Implementación:**

- Se **revisan los acertijos** pero antes de realizar cambios aún se quiso observar una segunda semana y realizar una entrevista con un profesor de matemática al respecto.

- Se **cambiaron las instrucciones** que no estaban muy claras (De cómo responder acertijo, cómo obtener el tesoro y cómo usar el cubo en intersecciones).

**Semana 2 (31 de Octubre a 6 de Noviembre de 2016)**

**Evaluación:**

- Se realizaron pruebas con usuarios finales los días 31/10, y 03/11.

- Se realiza **entrevista con profesor de matemática** el 02/11. Se descubre principalmente que las palabras usadas para describir movimientos en el acertijo pueden resultar confusas, y además algunos comentarios de aplicación.

- Se sigue observando dificultad para **responder acertijos** (ya no por la instrucción, sino que por el acertijo en sí).

- Hay usuarios que completan el juego. Se observa que en el **nivel final** donde está el último jefe y tres preguntas la cercanía del jefe produce **molestias** al estar en los acertijos (se escucha su respiración y vibración característicos por la cercanía).

- Se nota que los usuarios "aprenden a jugar" con el videojuego, es decir, realizan acciones en el juego con más rapidez y seguridad a medida que avanzan en él.

**Diseño e Implementación:**

- Se cambian los **acertijos** a instrucciones más claras (utilizar "se teletransporta un espacio hacia abajo" en vez de "empujas el cubo hacia abajo" por ejemplo).

- Al comienzo del acertijo se les da un **identificador**, por ejemplo "pregunta 1 de rotación" o "pregunta 5 de traslación". Esto ayuda para el caso en que el alumno requiera asistencia con una pregunta, o se desee saber cuáles responde bien o mal en caso de una evaluación, ya que hasta el momento si el alumno tenía problemas se le debía pedir los audífonos para escuchar la pregunta.

- Los acertijos ahora aparecen en **orden** y en **dificultad creciente**.

- Se revisa el **último nivel del juego**, ya no es un pasillo recto, si no que tiene unas curvas para que así el feedback generado por la cercanía al jefe final no se interponga con el desarrollo de los tres acertijos finales.

**Semana 3 (7 a 13 de Noviembre de 2016):**

**Evaluación:**

- Se realizan pruebas con usuarios finales los días 08 y 10.

- Ahora los usuarios dicen que las **instrucciones** de los **acertijos** son más claras.

- Más jugadores comienzan a **jugar todo el juego** (terminaban los que tenían el juego a la mitad y otros jugaron todo el videojuego de principio a fin durante las pruebas).

- Se muestra otro problema, cuando usuarios no saben la respuesta al acertijo prueban todas las posibilidades, **adivinando** la respuesta por ensayo y error.

**Diseño e implementación:**

- Para reducir el problema de las adivinanzas, se hace que cada respuesta **incorrecta reste 10 puntos de vida**, y que al responder un acertijo se recupere 20 puntos de vida sin sobrepasar el máximo de 100. La vida se renueva en cada nivel (y perder toda la vida es equivalente a caer una trampa o perder una pelea, entonces comienza el mismo nivel otra vez).

- Ahora hay **cambios de texturas** en las paredes de los niveles, para dar sensación de estar en distintos ambientes (habían observaciones relacionadas al respecto).

- Se diseña actividad de **plano cartesiano** pero no se implementa aún. El propósito es ver un poco de traslación de una forma distinta, así que se discute durante la semana con educadoras diferenciales para incluirla en el instrumento de evaluación de impacto.

- Se usa terminología "cuarto de giro" para referirse a giros en el laberinto, que tiene que ver con terminología de orientación y movilidad para personas con discapacidad visual[].

**Semana 4 (14 a 20 de Noviembre 2016):**

**Evaluación:**

- Se realizan pruebas con usuarios finales los días 14, 15

- Pre-Evaluaciones de impacto 14, 15 y 17.

- Los **acertijos** con quitar vida funcionan bien, se reducen las adivinanzas.

- Terminología nueva se entiende (para ubicación en laberinto).

**Diseño e implementación:**

- Para la versión final se decide **quitar aún más vida** en respuestas incorrectas para evitar más las adivinanzas (restar 10 resultaba poco en ocasiones).

- Se implementa actividad del **plano cartesiano**. El usuario debe poner piedras mágicas en ciertas ubicaciones del plano, y además se le explica cómo funciona.

**Semana 5 (21 a 27 de Noviembre 2016):**

**Evaluación:**

- Post-Evaluaciones días 22 y 23 Y sesiones de juego asociadas)

- Entrevista 2 a alumno de educación diferencial que realiza tesis relacionada. Se concluye que la demo puede **resultar un poco rápida**, pero como el juego final es más gradual está todo bien (rápida en introducción de elementos del juego).

- La actividad de **plano cartesiano** es bien recibida y entendida.

**Diseño e implementación:**

- En este momento el juego se encuentra en una forma que se puede considerar final, se concertaron reuniones con usuarios expertos la semana siguiente para realizar las **evaluaciones heurísticas**.

**Semana 6 (28 de Noviembre a 1 de Diciembre 2016)**

- Evaluaciones heurísticas el día 30 de Noviembre.

**Diseño e implementación:**

- Se hacen algunas revisiones según lo indicado por usuarios heurísticos (instrucciones, superposición de voces en actividad de plano cartesiano).

- Afinados los últimos detalles el videojuego se da por **terminado**.

**Capítulo 5**

**Descripción de la solución**

Se describirá la solución final a continuación. En caso de que alguna funcionalidad esté relacionada con el prototipo inicial será señalado en su momento. Al ser desarrollado utilizando Unity, la solución no consta de mucho código, porque buena parte de la lógica es resuelta por herramientas de Unity (se utilizó la versión 5.1.2f1 de Unity).

**5.1. Metáfora**

La metáfora del videojuego es la utilización de un cubo mágico que posee el usuario para realizar algunas actividades dentro del juego y la localización espacial utilizando giros de 90 grados.

**5.2. La historia**:

La historia del juego consiste en que el usuario es una aprendiz de maga llamada "Myr" que mientras vuelve a su casa (una torre de mago) se encuentra con su maestro malherido. La joven preocupada se acerca para preguntar qué había pasado y el maestro le cuenta que fuerzas oscuras se habían apoderado de la torre y que sólo ella podía devolver las cosas a la normalidad.

El maestro le da a Myr un cubo mágico para poder enfrentarse a los desafíos de la torre y un libro mágico parlante (que sería la forma en la que el videojuego podría dar indicaciones y tutoriales al jugador). El juego transcurre en la torre del mago, dónde el jugador deberá explorar cada piso para encontrar tesoros, objetos relevantes a la historia, enfrentar monstruos y avanzar al siguiente nivel.

Durante el juego Myr conocerá a un personaje misterioso y podrá decidir si desea escuchar lo que tiene que decir o no (le dirá a Myr que recolecte algunos objetos) y después más al final de la historia le preguntará al jugador si puede darle los objetos de historia que encontró (los objetos de historia no afectan la jugabilidad, es decir, el usuario no estará en ventaja por conservarlos o no). Depende de las interacciones con este personaje que el final de la historia puede cambiar (agregando así un grado de participación del usuario a la historia).

Luego de esta primera parte se desarrolla una segunda parte en la que han pasado algunos años y Myr vuelve a la torre a terminar con el mal que la aqueja nuevamente. La idea de tener dos secciones de historia es por si se deseaba generar un juego largo o con dos tipos de dificultad.

El documento con la historia detalla los distintos finales y los personajes y monstruos que aparecerán a lo largo del juego y tiene alrededor de tres planas.

**5.2.2.- La metáfora**:

**5.2.3.- El prototipo y evaluación del videojuego**:

El prototipo fue creado utilizando **Unity** en su versión 5.1.2f1. Unity es un software utilizado para apoyar la creación de videojuegos, entregando una gran cantidad de herramientas y variados elementos pre hechos pudiendo con esto el usuario concentrarse en la creación de lo que es el videojuego más que detalles de programación, por ejemplo, si se empezara a programar desde cero se tendría que crear el sistema de colisiones entre cada uno de los objetos (como se hacía en computación gráfica), pero con Unity se pueden utilizar colisionadores pre hechos en los objetos, además de poder conseguir "templates" de personajes (con animaciones predefinidas), sonidos, materiales para poner sobre los objetos y tutoriales creados por la comunidad.

Utilizando este software se creó el prototipo en tres iteraciones, en las cuáles se avanzaba en la programación y luego se iba a probar con los niños del colegio para validar la usabilidad del sistema. La evaluación de la usabilidad fue realizada con tres métodos de evaluación de usabilidad: Cuestionario de usuario final, observación y pensar en voz alta ("Thinking Aloud").

El **cuestionario de usuario final** utilizado en la evaluación del videojuego fue creado por el Dr. Jaime Sánchez para dicho fin. El cuestionario se divide en dos grandes partes, la primera es una serie de veinte aseveraciones que son evaluadas con una escala Likert del 1 al 10, representando 1 "Poco" y 10 "Mucho". Estas aseveraciones abordan distintos aspectos del videojuego, como que tan de acuerdo estás con que el juego es divertido, si le permite entender cosas nuevas o si se siente cómodo con imágenes (para niños con resto visual) y sonidos utilizados. La segunda parte consta de preguntas abiertas para poder capturar comentarios extras, tal vez no cuantificables, pero que pudieran quedar fuera de la primear parte, o que es difícil evaluar con una escala Likert.

La **observación** consistía en observar a los usuarios mientras utilizaban el videojuego y tomar nota sobre cosas que pudiesen resultar interesantes, como por ejemplo, que a los niños les costará mucho salir de un determinado lugar, el cómo realizaban la exploración del mundo o la utilización de los controles (en un comienzo del desarrollo se utilizó teclado y luego un control de Xbox 360).

En cuanto a **pensar en voz alta**, esto era que los niños hicieran cualquier tipo de comentario u observación que quisieran mientras utilizaban el software de lo cual se tomaba nota.

Considerando lo recopilado en estas evaluaciones se realizaron cambios en los sonidos del juego, se agregaron nuevas características (como el poder preguntar qué hay en los alrededores en el juego).

Sobre el **videojuego** se puede decir que se desarrollaron tres características: el laberinto, las batallas y el cuarto geométrico.

El **laberinto** era la parte del juego dónde el usuario pasa la mayor parte de su tiempo, consiste en una serie de pasillos con giros en 90 grados e intersecciones que el usuario puede explorar. En el laberinto están situados los tesoros que el jugador puede recoger pasando sobre ellos, monstruos con los que se debe enfrentar si desea pasar por un determinado lugar, trampas que al ser pisadas reinician el piso (el jugador muere y vuelve a comenzar desde ese piso) y entradas al denominado cuarto geométrico (que se detallará un poco más adelante). Cada elemento del laberinto posee sonidos característicos que los hacen reconocibles a los niños con discapacidad visual, incluyendo el movimiento del personaje en lo que respecta a los giros, caminar y extender su bastón (extender el bastón era un elemento importante a incluir que fue sugerido para ayudar a reforzar en los niños la costumbre de sacar su bastón antes de moverse en su entorno).

Las bifurcaciones de caminos eran un caso especial, porque había que hacer entender al jugador mediante sonidos qué dirección podía tomar para seguir y cuál no. Para entregar esta información se hizo que el videojuego tuviese que ser utilizado con auriculares y al llegar a una intersección se producían unos sonidos secuenciales "pew" (era un sonido que decía "pew" y que se adoptó porque le agradaba a los niños) que sonaban en auricular izquierdo si había camino a la izquierda, en ambos si había camino al frente y a la derecha si había camino a la derecha (en esa secuencia). En un principio costó su entendimiento y utilización, pero se presentó una mejora al también diferenciar cada dirección con una intensidad del sonido, pero aún no era del todo satisfactorio así que en este momento es parte de las mejoras a realizar.

****

***Figura 6: Vista de una intersección del laberinto.***

**** La **batalla** consistía en un minijuego de combate por turnos en dónde el usuario debe seleccionar alguna cara del cubo con el control y ejecutar un ataque. La selección de la cara del cubo determina el elemento que se utilizará en el ataque hacia el monstruo, luego el usuario queda a la espera del feedback que consiste en el resultado de su ataque y un contraataque. En lo que al ataque respecta, el resultado dependía de si el monstruo era débil, neutral o resistente al ataque (esto determinaba el daño realizado) y el contraataque correspondía en la posibilidad de que el monstruo hiciera daño al jugador, que el monstruo cambiara sus resistencias o que rotara el cubo del jugador (así el jugador tendría que buscar nuevamente el elemento que hacía daño al monstruo).

***Figura 7: Vista de la batalla.***

El **cuarto geométrico**, consiste en la idea de que el usuario se cruza con un portal mágico que lo enviaba a una habitación con alguna forma geométrica (en el caso actual un triángulo). La perspectiva cambiaba a una perspectiva aérea en vez de primera persona, y el usuario debe explorar el cuarto, para ver dónde está la salida (representada por un cuadrado blanco que vibraba cuando el jugador representado por la esfera pasaba cerca). Luego de explorar el cuarto el usuario debe presionar un botón para "activar" la salida, el que al ser presionado devolvía al jugador a su posición inicial en el cuarto y aplicaba al cuarto alguna transformación al azar (traslación, rotación o reflexión) indicando sentido, pasos o grados de la transformación según corresponda. El problema de este cuarto es que fue diseñado para usar con la interfaz Falcon, ya que el usuario podía explorar la figura y sentir su forma usando las limitaciones de movimiento del Falcon, pero como no se logró implementar satisfactoriamente en primera instancia, optó por manejo con control de Xbox asistido por pistas habladas que indicaban en qué dirección se encontraba la salida (Norte, Este, etc.). A medida que se avanza en el juego, aparecen nuevos pilares y paredes en el cuarto.



***Figura 8: Cuarto geométrico. La esfera es el jugador y el cuadrado la salida.***

**5.3.- Propuesta de mejoras**

Las mejoras propuestas al software son las siguientes:

**Nuevos niveles:** Se agregarán nuevos niveles en el juego para desarrollar su historia y además introducir paulatinamente al usuario a los distintos elementos del juego (giros, trampas, cofres), y después de introducir los elementos que se usarán constantemente en niveles siguientes para ir ejercitando lo que se desea que el usuario aprenda.

**Elementos de historia**: Poner los elementos que conforman la totalidad de la historia del video juego (en este momento se cuenta con la introducción).

**Uso de control de Xbox 360**: Aunque en un comienzo se deseaba usar la interfaz Falcon en conjunto con un teclado para el videojuego, por temas de complejidad de incorporación del Falcon al videojuego se terminó utilizando un control alámbrico de Xbox 360. Se decide seguir el desarrollo con el control de Xbox 360 ya que es más accesible en comparación con el Falcon, lo que permite que el videojuego pueda ser más masivo y además porque fue con esta interfaz que se hicieron las pruebas del prototipo en el Colegio con los niños.

**Uso del Cubo 3D**: En este momento el cubo 3D sólo hace su aparición en el minijuego de las batallas, por lo que el usuario no adquiere costumbre sobre la posición de cada elemento del cubo y su orientación en el espacio ya que no está acostumbrado a su uso, prueba de esto es el hecho que durante las peleas los niños buscaban aleatoriamente la cara con algún elemento que dañara al monstruo y cuándo sucedía alguna rotación del cubo volvían a probar aleatoriamente hasta encontrar alguna nueva cara que dañara al monstruo. Lo que se hará a grandes rasgos es introducir el cubo como elemento de navegación en el laberinto, además de asociar elementos con direcciones en la navegación, y un mapeo acorde con estas direcciones en el control, interiorizando así en el usuario el cubo y su distribución, lo que en una batalla o acertijo haría significativo el hecho de girar el cubo, y el usuario abordaría esta problemática con un proceso mental que implicaría cierto pensar y no una simple búsqueda aleatoria.

**Mejoras de sonidos**: Se mejorará el uso de los sonidos dentro del juego, sustituyendo el actual sistema de navegación en intersecciones, por sonidos relacionados con los elementos del cubo (por ejemplo, agua será Este, viento Oeste y fuego Norte, y serían los sonidos que se escucharían en una intersección que tuviese esas tres direcciones). Se mejorará sonidos de feedback (como proximidad a ciertos objetos como trampas, monstruos y puertas que en este momento atraviesan las paredes generando en el usuario ideas equivocadas de su entorno). Se mejorará también el sonido ambiental del juego en general (en este momento es sólo una música de fondo repetida múltiples veces, se espera usar sonidos según el espacio dónde se está, por ejemplo gotas, sonidos de tablones, etc).

**Cuartos tridimensionales**: El cuarto geométrico fue pensado originalmente para su uso con el Falcon, y su uso con el control de Xbox no es del todo satisfactorio porque se aleja mucho del concepto de explorar la forma de la habitación que se deseaba dar y luego realizar una transformación geométrica. No se logra transmitir la forma del cuarto correctamente, por lo que se usará un nuevo tipo de cuarto, el cuarto tridimensional, que será similar al laberinto, pero su movimiento será en las tres dimensiones sin intersecciones en el camino, permitiendo explorar al usuario este cuerpo geométrico de un camino único también utilizado un sistema de navegación similar al cubo, pudiendo transmitir de mejor manera su forma y distribución para luego realizar una transformación geométrica.

**Acertijos**: Se introducirán acertijos asociados a realizar tareas con el cubo, como girarlo, trasladarlo por caminos o preguntas de qué sucede con el cubo luego de ciertas transformaciones, para ayudar al usuario a entender y reforzar lo que son las transformaciones geométricas.

**Capítulo 6**

**Validación y Evaluación de Usabilidad**

En este capítulo se tratará en detalle las evaluaciones realizadas y sus resultados. El enfoque de las evaluaciones fue principalmente el de ver que el software era apto para poder ser utilizado con personas con discapacidad visual, ya sea esta una ceguera parcial o total, de manera relativamente autónoma, es decir, una vez puesto el videojuego el usuario puede desenvolverse en él de manera autónoma contando con el conocimiento de las interfaces.

Además se evaluarán los resultados de las distintas evaluaciones, para ver si se pudo cumplir con el objetivo general tratado en el punto 2.1, construir un videojuego educativo que sea un apoyo para el aprendizaje de los conceptos geométricos de rotación, traslación y reflexión.

Es importante realizar una evaluación de usabilidad adecuada, ya que los usuarios finales deben poder utilizar el videojuego y sentirse cómodos con él. Siempre puede haber diferencia en cómo un desarrollador piensa las interfaces para su uso y cómo finalmente entiende el usuario final éstas interfaces e interactúa con el software mediante ellas.

**6.1. Versión del Videojuego**

Para los distintos estudios de usabilidad e impacto realizados se utilizó una versión reducida del videojuego. El videojuego completo consta de once niveles, en los que se van introduciendo de a poco las acciones y elementos de exploración que tiene el videojuego, es decir, el videojuego empieza con un nivel uno que es sólo un pasillo y en niveles siguientes se le enseña a girar y orientarse en el laberinto, los niveles de rotación traslación y reflexión contienen menos preguntas.

La versión reducida cuenta con todos los acertijos que tiene el videojuego principal, pero se prescinde de elementos de historia más allá de la introducción y fin de la historia del videojuego. El detalle de los niveles de esta misión reducida es:

- **Nivel 1, Orientación**: En este nivel el usuario aprende a moverse y orientarse en el laberinto, en cómo interactuar con las intersecciones de caminos y en cómo saber si se está acercando a la puerta final del nivel.

- **Nivel 2, Rotación 1:** En este nivel se presenta la mecánica de acertijos y se encuentran los acertijos de rotación 1,2 y 3. Además si el usuario se desvía del camino puede conocer el objeto trampa del juego.

- **Nivel 3, Rotación 2:** El laberinto de este nivel es más sencillo. es un nivel rápido que sirve para introducir el objeto "Tesoro" y los acertijos 4 y 5 de rotación, que si hubiesen sido puestos en el nivel anterior hubiesen sido muchas cosas muy rápido (aunque sea una versión reducida se debió tener cuidado de no sobrecargar al usuario).

- **Nivel 4, Traslación**: Este nivel más laberintico (más extenso y con más intersecciones y giros) que los anteriores posee los acertijos 1,2,3,4 y 5 de traslación. Cerca de la puerta de salida del nivel se encuentra la actividad correspondiente al plano cartesiano.

- **Nivel 5, Reflexión:** Un nivel con varios pasillos como el de traslación, pero en este se encuentran preguntas 1,2,3,4 y 5 de reflexión. Además en este nivel se encuentra un monstruo para introducir la mecánica de las peleas del videojuego.

- **Nivel 6, Prueba Final:** este nivel es un pasillo con sólo dos curvas. En él se encuentran tres preguntas, la pregunta final de rotación, la pregunta final de traslación y la pregunta final de reflexión (que son más difíciles que las vistas en sus respectivos niveles) para evaluar contenidos tratados en el juego. Superado esto se encuentra la pelea con el jefe final y la puerta para terminar el juego.

En general, se le hablaba al usuario un poco del videojuego y se le daba la instrucción de que jugara un "juego nuevo", es decir, desde el principio, y que comentara cualquier cosa que deseara o pregunta que tuviese. El usuario se ponía los audífonos y se le daba el control de Xbox 360, luego el evaluador ejecutaba el videojuego y el usuario debía realizar lo pedido. El detalle de lo que se pedía se verá en cada tipo de evaluación realizada.

**6.2. Equipo e Interfaces utilizadas**

Para todos los estudios realizados se utilizaron los siguientes elementos:

- Computador portátil HP Pavilion DV6-6124CA[], con sistema operativo Windows 8.1 y versión de Unity instalada 5.2.2f1.

- Auriculares Gamer EACH G400[], usaban la entrada de input/output de audio del equipo.

- Control Alámbrico USB USB de Xbox 360[], fabricado por Microsoft Corporation.

En las referencias se pueden encontrar enlaces a los elementos utilizados.

**6.3. Cuestionarios y procedimiento**

A continuación se presenta cada evaluación realizada y el procedimiento de aplicación.

**6.3.1. Cuestionario de Usuario Final**

Este instrumento corresponde a la "Pauta de Usabilidad de Videojuegos"[] utilizada en el ramo CC6502 Taller de Usabilidad de Interfaces de Software. El nombre completo de este instrumento es "Pauta resumida de evaluación para el Usuario final destinada a evaluar la Usabilidad de Software para niños ciegos".

**6.3.1.1. Composición del instrumento**

El instrumento se compone de dos partes, la primera parte son 20 aseveraciones evaluadas con escala Likert, es decir, con una escala del 1 al 10 dependiendo de qué tan de acuerdo está con la aseveración, dónde 1 es Poco y 10 Mucho. Las aseveraciones son:

- 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 a jugar 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.

Las últimas tres aseveraciones sólo se preguntaban a usuarios finales que no tuviesen ceguera total. La siguiente parte del instrumento consistía en cinco preguntas abiertas:

1.- ¿Qué te gustó del videojuego?

2.- ¿Qué no te gustó del videojuego?

3.- ¿Qué agregarías al videojuego?

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

5.- Observaciones o comentarios.

**6.3.1.2. Muestra**

La muestra para el cuestionario de usuario final correspondió a 12 usuarios finales pertenecientes al colegio Hellen Keller (ubicado en la comuna de Ñuñoa en Santiago), y principalmente al Centro Educacional Santa Lucía (ubicado en la comuna de La Cisterna de Santiago).

Los usuarios finales de la muestra tenían edades entre 10 y 14 años de edad (cursando entre 5º y 8º de enseñanza básica), de los cuáles 10 eran hombres y 2 mujeres. Dentro del grupo de hombres, 4 presentaban ceguera total, y los otros 8 usuarios finales presentaban ceguera parcial.

**6.3.1.3. Tarea realizada**

A los usuarios se les pide jugar un "juego nuevo" (empezar desde el principio) y comentar cualquier cosa que piensen o cualquier duda que tengan. La sesión duraba entre 30 o 40 min, y era hasta que el usuario debía volver a clases o completaba el videojuego.

**6.3.1.4. Procedimiento**

Se sentó al usuario final frente al equipo con los auriculares y el joystick. Se le explicó de qué se trataba más o menos el juego y en qué consistiría la experiencia. Se le consulta si está familiarizado con el joystick, si no se le explican la ubicación de los botones (el usuario de todas formas podía consultar con el evaluador). Se le pasaban los auriculares y el joystick, se le decía "ahora pondremos el juego, debes iniciar un juego nuevo" y se ejecutaba el videojuego. Durante la experiencia se tomaba nota de lo que decía el usuario o sobre ciertos comportamientos o dificultades con el videojuego. Una vez terminada la sesión de juego se procedía a completar el cuestionario de usuario final. Se le explicaba de qué trataba al usuario y se le iba realizando las preguntas.

**6.3.2. Entrevistas**

Para la entrevista no se llevaron preguntas pre-hechas, si no que la idea era una conversación entre el entrevistado y el evaluador del videojuego. Los entrevistados son personas que tienen que ver con la docencia y que eventualmente podrían utilizar el videojuego como apoyo a sus actividades docentes, por eso es bueno ver qué piensan al respecto.

**6.3.2.1. Muestra**

Los participantes de las entrevistas fueron 2. El primero fue un docente de Matemáticas que se encontraba realizando su tesis en C5[], el segundo fue un estudiante de educador diferencial que estaba evaluando utilizar el videojuego de la presente memoria para su tesis, en dónde trabajaría respecto al uso del videojuego en un ambiente pedagógico.

**6.3.2.2. Tarea realizada**

En la primera entrevista más que sólo observar al usuario, la idea era discutir algunas cosas del juego que le llamaran la atención mientras jugaba. La primera entrevista buscaba mejorar las expresiones utilizadas en los acertijos para que fuese más claro, aparte de conocer las opiniones del docente de matemáticas respecto al videojuego.

En la segunda entrevista, se le dejó al usuario jugar el juego completo y luego se hablaría sobre su experiencia.

**6.3.2.3. Procedimiento**

El procedimiento fue presentar el videojuego a los usuarios y su fin. Mientras jugaban se realizaba observación y se tomaba nota de comentarios y si quedaban dudas (si el evaluador tenía dudas de algo que se dijo, o el usuario tenía alguna duda respecto al juego), se preguntaba y se tomaba notas. En la primera entrevista se llegó hasta el nivel 4, que era suficiente para revisar el tema de las expresiones utilizadas en los acertijos. Para la segunda entrevista, el usuario jugó todos los niveles del videojuego.

**6.3.3. Evaluación de Impacto**

Este instrumento corresponde al documento de evaluación de impacto diseñado por las educadoras diferenciales tomando en cuenta las actividades del videojuego y la evaluación de otras habilidades que son evaluadas en el documento original. El instrumento tiene como nombre "Instrumento de evaluación de habilidades Matemático Geométricas y de representación mental para niños y niñas con discapacidad visual entre 11 y 13 años"[].

**6.3.3.1. Composición del instrumento**

La primera página del instrumento es para anotar datos relativos al usuario al que se le realizará la evaluación de impacto. Luego el instrumento posee 4 ítems que son para evaluar 4 grandes temas. En cada ítem hay un set de indicadores con un espacio para anotar los resultados observados en pre-evaluación y post-evaluación. Los resultados posibles para un indicador, cómo se señala en la primera página del instrumento, son:

- Logrado (L) si al momento de realizar la evaluación, la actividad puede ser realizada en su totalidad con independencia.

- En Proceso (EP) si al momento de la evaluación, puede realizar la actividad sólo parcialmente.

- No Logrado (NL) si al momento de la evaluación, es incapaz de realizar la actividad.

Numéricamente corresponden a 2, 1 y 0 respectivamente. Los ítems e indicadores del instrumento son los que siguen:

**I. Habilidades sensoperceptivas hápticas y auditivas**

a) Comprensión de indicadores táctil-kinéstesicos

1. Identifica táctilmente en tarjetas, siete texturas: suave liso rugoso, áspero frío, húmedo, blando.

2. Percibe y clasifica 6 láminas según grosor de relieve.

3. Percibe y empareja cuatro láminas según tamaño.

4. Identifica y reconoce diferencias en cuatro superficies.

5. Reconoce cuatro cambios de nivel en láminas.

6. Localiza tres diseños específicos, según referencias verbales entregadas por el evaluador.

7. Reconoce cinco figuras geométricas según su contorno: círculo, triángulo, rectángulo, cuadrado, pentágono.

b) Comprensión de indicadores auditivos

1. Escucha y comprende indicaciones, diálogos y preguntas

2. Identifica y asocia sonidos de error, correcto, incorrecto, ítem.

3. Identifica y señala sonidos de giro a la derecha, giro a la izquierda, pasos, desplegar bastón

4. Identifica y nombra al menos cinco sonidos icónicos del juego: fuego, viento, agua, arcano, tierra, naturaleza

5. Identifica y nombra al menos cinco sonidos icónicos del laberinto: warp, suspiro, rayo, estrella, victoria.

6. Localiza y se orienta hacia la procedencia de cinco sonidos

7. Reconoce sonido cercano y lejano

**II. Mapas mentales de comprensión y competencias geométricas.**

1. Identifica al menos dos características geométricas en cuatro figuras: triángulo, rectángulo, cuadrado y rombo.

2. Reconoce tres cuerpos geométricos a partir de figuras geométricas.

3. Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar traslación.

4. Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar rotación.

5. Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar reflexión.

6. Describe e identifica la posición espacial de al menos cuatro puntos, según sus coordenadas, en plano cartesiano

7. Ubica tres puntos en el plano cartesiano, a partir de coordenada entregada.

8. Identifica trayectoria y nueva posición de cuatro puntos en el plano cartesiano.

**III. Conceptos y habilidades de O&M (Orientación y Movilidad)**

1. Explica conceptos de: esquina, cruce, obstáculos, espacio abierto, espacio cerrado, línea de edificación

2. Explica conceptos de: desnivel, línea recta, vertical, horizontal, diagonal, paralelo

3. Describe y aplica: encuadrarse, alinearse, arco, ritmo, rastreo, técnica de Hoover y bastón corto.

4. Describe y aplica 1/4 giro, 1/2 giro, sistema de reloj, punto de referencia, rodear.

5. Explora espacio interior desconocido usando patrón de rastreo.

6. Se orienta a partir de hitos en lugar recién conocido.

7. Mantiene orientación con puntos cardinales o hitos en un recorrido.

8. Describe sistema de ecolocalización.

**IV. Razonamiento espacial**

1. Reconoce y selecciona: izquierda, derecha, arriba, abajo, al lado-al frente-atrás en sí mismo y en relación a objetos.

2. Explica y selecciona: antes, después, ahora, aquí, allá, cerca, lejos.

3. Explica conceptos de día, tarde, noche, segundo, minutos, horas, ayer, mañana.

4. Asocia momento del día con actividades.

5. Elige punto de referencia e indica cuatro puntos cardinales: norte, sur, este y oeste, en interior y exterior.

6. Estima tiempo en relación a distancia de cerca y lejos, con ejemplos.

7. Establece su cuerpo como referencia espacial.

**6.3.3.2. Muestra**

Los participantes de la evaluación de impacto fueron usuarios finales del Centro Educacional Santa Lucía (ubicado en la comuna La Cisterna de Santiago). El Pre-test se realizó con 5 usuarios, pero el post-test sólo se pudo realizar con 2 (esto debido a que se necesitaban al menos dos sesiones con cada uno, y la asistencia de los niños fue irregular durante el último periodo de clases). Eran todos hombres, 2 con ceguera total y 3 con ceguera parcial entre 11 y 13 años (cursando entre 5º y 8º de enseñanza básica). De los que completaron la evaluación (realizaron post-test) uno tenía ceguera parcial y el otro ceguera total.

**6.3.3.3. Tareas realizadas**

La evaluación de impacto se dividió en tres tareas que seguían el siguiente orden:

1.- Pre-Evaluación

2.- Uso del videojuego

3.- Post-Evaluación

En la Pre y Post Evaluación se hizo uso del instrumento de evaluación de Impacto y material didáctico relacionado. En el Uso del videojuego se le pidió al jugador utilizar el software y jugar todas las etapas de la demo que se había estado desarrollando (era la versión final de la demo, que incluía la actividad de plano cartesiano), y que consultara si tenía dudas pero la idea era que pudiera lograr completar el juego sin ayuda.

**6.3.3.4. Procedimiento**

- Primero se realizaba la Pre-Evaluación con los usuarios que se evaluaría el impacto.

Para el Ítem I se utilizaban tarjetas que tenían distintas texturas, relieves y formas, confeccionadas por una educadora diferencial para su uso en la evaluación, y también grabaciones de sonidos del videojuego.

Para el Ítem II se utilizaban tarjetas de goma eva con las figuras a evaluar y un plano cartesiano donde la grilla poseía relieve y el evaluado ponía piezas o las interpretaba (se utilizaban dados de variadas cara para diferenciar los puntos).

Para el Ítem III Se le decía al evaluado que realizara las acciones y explicara qué era lo que estaba haciendo para verificar que estaba familiarizado o qué tan familiarizado estaba con los conceptos de orientación y movilidad.

Para el Ítem IV de razonamiento espacial se le hacía preguntas al evaluado respecto de él y respecto de algunos lugares del Centro educacional para que los usara como referencia.

- Luego de la Pre-Evaluación había una sesión donde el usuario juega todos los niveles de la demo que se había estado utilizando (en su versión final, luego de haber sido modificada con todo lo observado y recopilado durante las evaluaciones de usabilidad).

- Finalmente se usa otra sesión para realizar una Post Evaluación, que es igual a la Pre-Evaluación pero luego de haber jugado el videojuego.

Cada una de las actividades anteriores tomaba alrededor de 40 minutos.

**6.3.4. Pauta de Evaluación Heurística**

Este instrumento es el utilizado para la evaluación del videojuego por parte de usuarios que son expertos en usabilidad. El nombre del instrumento es "Evaluación Heurística de Videojuegos Educativos"[].

**6.3.4.1 Composición del instrumento**

El instrumento se divide en dos partes. En la primera parte el instrumento presenta aseveraciones agrupadas por heurísticas, en que el evaluador (un usuario experto en usabilidad) debe marcar su grado de aceptación respecto a la aseveración: Muy de acuerdo, De acuerdo, Neutro, En desacuerdo, Muy en Desacuerdo, No aplica. Numéricamente estas opciones son representadas como 5,4,3,2,1 y 0 respectivamente, además la heurística XIII es especial, porque es una pregunta de alternativa A, B o C. Las heurísticas y aseveraciones son:

**I. Inteligencia del Juego**

1. El videojuego provee situaciones establecidas que son no esperadas por el jugador.

2. El videojuego se adapta de acuerdo a la interacción con el jugador generando distintas situaciones.

3. La complejidad del videojuego es suficiente para que no sea obvia ni predecible por el jugador.

**II. Historia del Juego**

1. El videojuego provee una historia o secuencia de acciones distinguibles y entendibles por el jugador.

2. El videojuego incita al jugador a conocer e ir descubriendo la historia.

3. el jugador ocupa tiempo en pensar cómo resolver el problema presentado en el videojuego.

4. El videojuego envuelve emocionalmente al jugador (generando miedo, alegría, etc.).

5. El videojuego posee distintas variantes sobre cómo el jugador terminará el juego.

**III. Medios**

1. Las imágenes y vídeos utilizados son atractivos, reforzando la interacción del jugador con el videojuego.

2. Los recursos multimedia utilizados son atractivos, reforzando la interacción del jugador con ele videojuego.

3. El sonido mejora el entendimiento de las situaciones.

4. Los recursos multimedia utilizados transmiten información relevante al juego.

**IV. Control y Feedback del videojuego**

1. El videojuego permite al jugador realizar distintas acciones con los objetos o personajes presentados.

2. El videojuego indica claramente cuándo una acción no es posible de ser realizada.

3. El jugador reconoce el efecto de sus acciones en el videojuego.

4. El videojuego provee feedback inmediato de las acciones del jugador.

5. El feedback provisto entrega al jugador ayuda para comprender los contenidos, habilidad o valores tratados en el videojuego.

6. El feedback provisto incentiva al jugador en la profundización del contenido, habilidad o valores tratados en el videojuego.

7. El feedback provisto ayuda a seguir y entender mejor el videojuego.

**V. Dificultad**

1. El videojuego posee distintos niveles de dificultad.

2. El videojuego posee distintas metas por cada nivel de dificultad.

3. La dificultad del videojuego es creciente según le tiempo de uso.

**VI. Ayudas**

1. El videojuego posee indicaciones, pero no demasiadas.

2. Las indicaciones que provee el software son relevantes al contexto de la historia del juego.

3. Las ayudas del videojuego son indicaciones, pero no proveen la solución a los problemas planteados.

**VII. Atención**

1. El videojuego provee situaciones que exigen al jugador en atención.

2. Los avances en el videojuego incita al jugador a realizar nuevas acciones.

3. El videojuego provee estimulación multisensorial que mantiene al jugador informado sobre la interacción realizada.

**VIII. Interfaz de Input**

1. Las interfaces físicas utilizadas proveen de mecanismos que facilitan la interacción de acuerdo al videojuego.

2. Las interfaces físicas utilizadas poseen simbología Standard.

3. El videojuego utiliza combinaciones de acciones en la interfaz física utilizada de manera sencilla para el jugador.

**IX. Metáfora**

1. La metáfora utilizada en el videojuego se relaciona coherentemente con los objetivos y contenidos educativos integrados.

2. La metáfora ayuda a motivar y a involucrar al jugador en el videojuego.

3. El tipo de videojuego es acorde a los objetivos educativos que se plantean.

**X. Contenido**

1. Los conceptos utilizados son coherentes con el contenido educativo del videojuego.

2. Los problemas presentados en el videojuego se relacionan consecuentemente con el contenido educativo.

3. El videojuego es coherente en contenidos con el curriculum escolar.

**XI. Lenguaje**

1. El lenguaje utilizado es coherente a los contenidos tratados en el videojuego.

2. El lenguaje es entendible para el jugador.

3. El lenguaje es acorde a la edad del jugador.

**XII. Modelo de usuario**

1. El videojuego integra un sistema de estimación del nivel de aprendizaje del jugador durante su interacción.

2. El videojuego provee al usuario de información sobre los contenidos tratados y con qué rendimiento los ha revisado.

**XIII. Cómo clasificaría de manera global el Videojuego**

A. Videojuego educativo (Tiene explícitamente intencionalidad educativa, indicando contenidos, habilidades, valores que puedan ser desarrollados o abordados a partir del videojuego).

B. Videojuego no Educativo pero es posible utilizarlo de ese modo (Aunque no tiene una intencionalidad explícita, el videojuego permite su uso en un contexto educativo para el trabajo de contenidos, desarrollo de habilidades o desarrollo de valores).

C. Videojuego no Educativo (Videojuego sin intención educativa, sólo de entretención).

**XIV. Potencial educativo**

1. El videojuego permite la discusión sobre valores para el desarrollo de un juicio ético sobre algún tema abordado por el videojuego.

2. El videojuego permite desarrollar habilidades tales como resolución de problemas, orientación y movilidad, trabajo colaborativo, etc.

3. El videojuego permite trabajar contenido tal como ciencia, historia, lenguaje, matemática, etc.

La segunda parte son dos preguntas abiertas, para que el experto pueda explayarse un poco más sobre lo que piensa. Las preguntas son:

a) Justifique su respuesta (en relación a lo respondido hasta el momento)

b) Sugerencias de uso pedagógico (Sector de aprendizaje, nivel, actividades que sean posibles de ser desarrolladas, contenidos, habilidades que son posibles de ser abordadas, etc.).

**6.3.4.2. Muestra**

Los usuarios expertos que participaron de la evaluación heurística son estudiantes de pre-grado de Ingeniería en Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile que pertenecen al rango etario de entre 20 y 25 años. Su calidad de expertos en usabilidad se debe a haber cursado y aprobado los ramos relativos a usabilidad que existen (CC5504 Interface Humano Computador, CC6501 Taller de Interacción Humano-Computador y CC6502 Taller de Usabilidad de Interfaces de Software). Fuera del conocimiento de usabilidad de interface que poseen los expertos también poseen la experiencia de haber trabajado con software para usuarios con discapacidad visual en el ramo CC6501 Taller de Interacción Humano computador, así que pudieron hacer uso de esa experiencia al momento de evaluar.

**6.3.4.3. Procedimiento**

- Primero se le muestra al usuario experto el instrumento que utilizará para realizar la evaluación, para aclarar dudas que pueda tener o que las preguntas no lo sorprendan de alguna manera.

- Luego se deja al usuario final con el videojuego y el equipamiento, de modo que utilice y explore el juego cómo mejor le parezca para su evaluación heurística. Se observa y toma notas de lo que dice o algunas acciones que pueden resultar relevantes.

- Luego de jugar todos los niveles del videojuego el usuario experto procede a rellenar la pauta de evaluación heurística con sus impresiones del software.

**6.4. Resultados**

-

**Capítulo 7**

**Conclusiones**

**7.1. Lecciones aprendidas**

-

**7.2. Trabajo futuro**

-

**Capítulo 8**

**Bibliografía**

En esta sección se encuentra bibliografía relacionada con el tema a desarrollado principalmente durante la investigación. Se marcan en negrita las referencias principales.

[1] Sánchez, J., Borba Campos, M., Espinoza, M. & Merabet L. B. (2014). Audio Haptic Videogaming for Developing Wayfunding Skills in Learners Who are Blind: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4254778/

[2] Sánchez, J., Sáenz, M., Ripoll, M. (2009). Usability of a Multimodal Videogame to Improve Navigation Skills for Blind Children. 11th AC; Conference on Computers and Accessibility (ASSETS), pp. 35-42. Pittsburgh, PA, USA.

**[3] 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.**

**[4] Torrente, J., Marchiori, E., Vallejo-Pinto, J., Ortega-Moral, M., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B. (2012). Eyes-free Interfaces for Educational Games. Proceedings of the 2012 International Symposium on Computers in Education (SIIE). Pp 1-6.**

**[5] John Heskett (2005). Design: A Very Short Introduction. Oxford Press, UK.**

[6] Sánchez, J. (2012). Development of navigations 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.

**[7] Sánchez, J. (2001). Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible. Dolmen Ediciones.**

[8] Sánchez, J. (2000). Nuevas tecnologías de la Información y Comunicación para la Construcción del Aprender. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

[9] Sánchez, J. (1999). Construyendo y Aprendiendo con el Computador. Centro Zonal Universidad de Chile, Proyecto Enlaces, Santiago, Chile.

[10] Sánchez, J. (1996). Informática Educativa. Editorial Universitaria, Chile.

[11] Sánchez, J., Miranda, J. & Vera F. (2004) Knowledge Construction through Virtual Interaction. Proceedings of World Conference on e-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, E-learn 2004. Washingtion DC, USA.

[12] Kirriemuir , J., McFarlane, A. (2003) Use of Computer and Video Games in the Classroom. Presentation to DiGRA, Utrecht, Netherlands.

**[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] Bierre, K., Chetwynd, J., Ellis, B., Michelle, D., Ludi, S., Westin, T. (2014). Game Not Over: Accessibility Issues in Video Games. San Francisco, California, USA.

[15] Sánchez, J., (2008). User-Centered Technologies for Blind Children. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

**[16] Sánchez, J., Elías, M. (2006). Aprendizaje de Ciencias a través de Audio en Niños Ciegos. Universidad de Chile, Santiago, Chile.**

[17] Baecker, R.M., Buxton, W. (1995). Readings in human-computer interaction: a multidisciplinary approach. California: Editorial Morgan Kauffmann.

[18] Buxton, W. (2007). Sketching user experience: Getting the design right and the right design. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann.

[19] Courage, C., Baxter, K. (2005). Understanding your users a practical guide to user requirements methods, tools and techniques. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Morgan Kaufmann.

**[20] Druin, A. (2009). Mobile technology for children: Designing for interaction and learning. Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers/Elsevier.**

[21] Dumas, J., Redish, J. (1993). A practical Guide to Usability Testing. (1st ed.) Mahwah, NJ: Ablex Publications.

[22] Helen G. (1996). The good usability handbook. London: McGraw-Hill Book Company.

**[23] Hix, D., Hartson, R. (1993). Developing user interfaces: ensuring usability through product & process. New York: Wiley and Sons.**

[24] Holtzblatt, K., Wendell, J. B., & Wood, S. (2005). Rapid contextual design a how-to guide to key techniques for user-centered design. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. San Francisco: Elsevier/Morgan Kaufmann.

[25] Jordan, P. (1998). An introduction to usability. CRC Press

[26] Kuniavsky, M. (2003). Observing the user experience: a practitioner's guide to user research. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

[27] Lazar, J. (2007). Universal usability: Designing computer interfaces for diverse user populations. Chichester: John Wiley & Sons.

**[28] Markopoulos, P. (2008). Evaluating children's interactive products: Principles and practices for interaction designers. Amsterdam: Morgan Kaufmann.**

[29] Moggridge, B. (2007) Designing interactions. Cambridge, Mass: MIT Press.

[30] Nielsen, J. (1993). Usability engineering. New York: Academic Press Professional.

[31] Preece, J. (1993). A guide to usability: human factors in computing. New York: Addison-Wesley.

[32] Pruitt, J. & Adlin, T. (2006). The persona lifecycle: keeping people in mind throughout product design. The Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Elsevier.

**[33] Schaffer, N., & Isbister, K. (2008). game usability: Advancing the player experience. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann.**

[34] Schneiderman, B. (1998). designing the user interface (3rd Edition). New York: Addison-Wesley.

[35] Stone, D. L. (2005). User interface design and evaluation. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Elsevier.

[36] Tullis, T., & Albert, B. (2008). Measuring the user experience: Collecting, analyzing, and presenting usability metrics. The Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann.

[37] Winograd, T. (1996). Bringing design to software. New York: ACM Press

[38] Unity 3D: https://unity3d.com/es (Último acceso: 12-08-2016)

[39] 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.

**[40] 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.**

[41] 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, NT, USA © 1999.

[42] McCrindle, R., Symoins, D. (2000). Audio space invaders. Proceedings of the Thrid International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies. pp 59-65.

[43] Novint Falcon: http://www.novint.com/index.php/novintfalcon (Último acceso: 22-08-2016).

[44] Phantom: http://www.dentsable.com/haptic-phantom-omni.htm (Último acceso: 22-08-2016).

[45] Yuan, B., Folmer, E. (2008). Blind Hero: Enabling Guitar Hero for the Visually Impaired. Proceedings of the 10th international SCM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. pp 169-176. ACM New York, NY, USA ©2008.

[46] 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.

[47] Gutschmidt, R., Schiewe, M., Zinke, F., Jürguensen, H. (2010). Haptic Emularion 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.

[48] 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.

[49] 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.

[50] Atkinson, M., Gucukoglu, D., 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.

[51] Control de XBOX 360: https://www.microsoft.com/accessories/es-es/products/gaming/xbox-360-controller-for-windows/52a-00005 (Último accesso: 20-08-2016).

**[52] Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability: https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/**

**[53] Sánchez, J. (2016). Apuntes de Clase, Asignatura Interacción Humano-Computador CC5504. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.**

**[54] Sánchez, J. (2015). Apuntes de Clase, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.**

[55] Sánchez, J. (2015). Pauta de Evaluación de Usabilidad de Usuario Final, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.

[56] Sánchez, J. (2015). Pauta de Evaluación Heurística de Usabilidad, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.

**[57] Nielsen, J. (1995). 10 Usability Heuristics for User Interface Design: https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/**

[58] Pereira, L., Roque, L. (2012). Towards a Game Experience Design Model Centered on Participation. CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems pp 2327-2332. ACM New York, NY, USA ©2012.

**Capítulo 9**

**Anexos**

-