



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

VIDEOJUEGO EDUCATIVO PARA EL DESARROLLO DE PENSAMIENTO GEOMÉTRICO
EN APRENDICES CON DISCAPACIDAD VISUAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL EN COMPUTACIÓN

NATALIA MELISSA VIDAL VARGAS

PROFESOR GUÍA:
JAIME SÁNCHEZ ILABACA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
AIDAN HOGAN
PATRICIO INOSTROZA FAJARDIN

SANTIAGO DE CHILE
2019

Resumen

Gran parte del software educativo que apoya el aprendizaje de la geometría está destinado a niños videntes, ya que su principal estímulo se basa en imágenes, las cuales no proporcionan suficiente información a niños con problemas de visión. Los alumnos ciegos son instruídos de manera especial para orientarse, sin embargo, no es una tarea fácil, ya que los mapas mentales que construyen son distintos a los de una persona vidente. En consecuencia, se ha desarrollado software para apoyar el aprendizaje de la geometría en alumnos con ceguera, no obstante, sigue siendo complicado el entendimiento de la materia por parte de dichos alumnos.

Este Trabajo de Título consiste en el desarrollo de un videojuego para apoyar a niños ciegos que cursan entre 5to y 8vo básico en la construcción de conceptos y pensamiento geométrico en contextos cotidianos. El videojuego se implementó para teléfonos móviles con pantalla táctil y sistema operativo Android, permitiendo una interacción principalmente táctil y auditiva.

En el videojuego, llamado *GeoHouse*, el jugador debe ayudar con una mudanza, colocando objetos en una nueva casa. Los ejercicios geométricos presentes incluyen búsqueda de cuadrículas en el plano cartesiano y sus transformaciones isométricas, es decir, traslaciones, rotaciones y reflexiones de esas cuadrículas, conceptos que se estudian en educación general básica según el currículo de matemáticas.

Posteriormente se realizaron evaluaciones de usabilidad tanto con niños ciegos como con sus profesores de matemática. El nivel de aceptación del videojuego por parte de los alumnos fue bastante variado, mientras que los profesores lo consideraron una herramienta útil y aplicable a sus clases. También se realizaron evaluaciones de impacto, cuyos resultados mostraron que el videojuego ayudó en el aprendizaje de los alumnos después de interactuar durante más tiempo con el software.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento otorgado por el Fondo Basal para Centros de Excelencia proyecto FB0003 de PIA-CONICYT.

Se agradece también al Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento (C5-DCC) por proporcionar material de investigación e instrumentos de evaluación, además de gestionar visitas a un colegio de ciegos.

Finalmente se agradece al Colegio de Ciegos Santa Lucía, ubicado en la comuna de La Cisterna en Santiago de Chile, por la buena disposición que permitió trabajar tanto con alumnos como con profesores del establecimiento.

Tabla de Contenido

Resumen	i
Agradecimientos	ii
1 Introducción	1
1.1 Contexto y problema	1
1.2 Relevancia de contar con una solución	2
1.3 Alternativas analizadas	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Descripción general de la solución	3
2 Marco teórico	4
2.1 Educación y tecnología	4
2.1.1 El aprendizaje de la geometría	5
2.2 Educación y tecnología para personas ciegas	5
2.3 Aspectos de usabilidad	6
2.3.1 Atributos de usabilidad	6
2.3.2 Principios de diseño	7
2.3.3 Métodos de medición de usabilidad	8
2.3.4 Usabilidad para personas con discapacidad visual	10
3 Estado del arte	11
4 Metodología	16
4.1 Procedimiento general	16
4.2 Diseño e implementación	17
4.2.1 Tecnologías consideradas	17
4.2.2 Metodología de desarrollo	18
4.2.3 Requisitos de la Solución	19
4.2.4 Características de calidad requeridas	23
4.2.5 Criterios de aceptación	23
4.3 Validación	23
4.3.1 Evaluación de usabilidad	23
4.3.2 Impacto	27
5 Solución y resultados	31
5.1 Descripción de primeros prototipos	31

5.1.1	Prototipo 1	31
5.1.2	Prototipo 2	33
5.1.3	Prototipo 3	37
5.2	Descripción de la solución	38
5.2.1	Historia	39
5.2.2	Modos de juego y niveles	39
5.2.3	Ejercicios	40
5.2.4	Objetos	43
5.2.5	Controles	45
5.2.6	Voces y Música	45
5.2.7	Edición de ejercicios	45
5.2.8	Sistema de registro	46
5.2.9	Navegación	47
5.2.10	Ajustes posteriores	50
5.2.11	Arquitectura de Software	53
5.2.12	Arquitectura de Hardware	61
5.2.13	Justificación del diseño	62
5.3	Presentación y análisis de resultados	63
5.3.1	Evaluación de Usabilidad	63
5.3.2	Evaluación de impacto	74
6	Conclusiones	84
6.1	Objetivos alcanzados	84
6.2	Dificultades	85
6.3	Análisis del porqué de los resultados	85
6.4	Reflexión sobre impacto del trabajo	86
6.5	Lecciones aprendidas	86
6.6	Trabajo futuro	86
	Bibliografía	88
	Anexos	92
Anexo A	Propuestas de metáfora	92
Anexo B	Trama de videojuego	95
Anexo C	Resultados de evaluación de iconos y sonidos	101
Anexo D	Algoritmos para generar ejercicios aleatorios	103
Anexo E	Documento de ejercicios de geometría	106
Anexo F	Pauta de Observación	115
Anexo G	Cuestionario de Usuario Final (alumno)	120
Anexo H	Cuestionario de Usuario Final (profesor)	122
Anexo I	Pauta de evaluación de impacto	125
Anexo J	Resultados de Cuestionario de Usuario Final para alumnos (aseveraciones)	129
Anexo K	Resultados de Cuestionario de Usuario Final para alumnos (preguntas abiertas)	132
Anexo L	Resultados del Sistema de Registro para alumnos (evaluaciones de usabilidad)	133

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto y problema

El aprendizaje de la geometría es fundamental para poder moverse en el mundo, ya que nuestro entorno está lleno de formas, volúmenes, distancias, etc. Por ejemplo, las ciudades están repletas de calles perpendiculares, paralelas y transversales, cuyas formas podrían parecer obvias para la mayoría de las personas adultas. No obstante, una parte importante de nuestra capacidad de orientación espacial se la debemos a las clases de geometría en la escuela.

Hoy en día, para apoyar la enseñanza de esta materia en los colegios, existen diversas plataformas computacionales educativas. Estas herramientas poseen ejercicios y juegos para que los niños aprendan y refuercen sus conocimientos geométricos de forma entretenida y productiva. Sin embargo, gran parte de estos software están destinados a niños videntes, ya que su principal estímulo se basa en imágenes de figuras, números y teoremas mostrados en la pantalla de un computador, las cuales proporcionan poca o nula información a niños con problemas de visión.

De acuerdo al Estudio Nacional de la Discapacidad 2015 [1], el 5,8 % de los chilenos entre 2 y 17 años se encuentra en situación de discapacidad, es decir, 229.904 de un total de 17.574.003 habitantes. Entre ellas, un 2,8 %, lo que corresponde a 6.437 menores, tiene ceguera total o parcial permanente.

Actualmente, los niños ciegos son instruídos de manera especial para aprender a orientarse en el mundo, sin embargo, no es una tarea fácil, ya que los mapas mentales que construyen son distintos a los de una persona vidente. En particular, la geometría se vuelve especialmente difícil, ya que los alumnos no pueden valerse de las imágenes para su comprensión.

En consecuencia, se ha desarrollado software de apoyo a esta asignatura para alumnos con ceguera, cuyos estímulos se basan principalmente en audio y, si el dispositivo lo permite, también en sensaciones táctiles. No obstante, sigue siendo complejo el entendimiento de la materia y, por ende, su aplicación en la vida cotidiana por parte de varios alumnos con discapacidad visual.

1.2. Relevancia de contar con una solución

Es importante contar, no sólo con una, sino con varias soluciones tecnológicas para ayudar a los niños en el aprendizaje de la geometría. Esta materia abarca un diverso y extenso contenido, por lo que se requieren varias aplicaciones de este tipo. Por otro lado, todas las personas son diferentes, lo que conlleva a que ciertas aplicaciones puedan ser del agrado de algunos niños y no de otros.

Estas soluciones ayudarían a los niños con discapacidad visual a entender los conceptos geométricos y, en consecuencia, a construir un mejor mapa mental que les permita moverse y desempeñarse activamente en su día a día.

Por otra parte, una solución atractiva generaría mayor productividad en el aprendizaje. Por ejemplo, podría ser parte de una actividad en el aula escolar, donde los niños utilizarían el software sin sentirse forzados y se divertirían en el proceso.

No obstante, una solución tecnológica no sólo es beneficiosa para personas con ceguera. Los seres humanos videntes, en general, dependen demasiado del sentido de la vista y, sin ella, probablemente se sentirían perdidos, aun teniendo otros sentidos igualmente poderosos. Debemos prestar atención a los sonidos y voces que nos rodean diariamente, muchos pueden proporcionar información tan relevante como lo haría la visión, escuchando instrucciones, comentarios, el ambiente, etc. En particular, una solución computacional beneficia también a profesores videntes que enseñan a niños ciegos, puesto que los ayudaría a entender mejor la importancia del sonido para sus alumnos.

1.3. Alternativas analizadas

A partir de lo anterior, se buscó una manera en la que, a través de un videojuego accesible, los aprendices pudieran relacionar la geometría con su vida diaria, de modo que les ayude a comprender mejor esta materia. Se investigaron videojuegos ya existentes para usuarios con discapacidad visual y se realizaron algunas propuestas de metáfora para este nuevo videojuego. En conjunto con el profesor guía de esta memoria y una educadora diferencial, se escogió la solución más adecuada. Las propuestas de metáfora fueron: Adaptación a *Puzzle Bobble*, Casa Desordenada, Supermercado y Mudanza.

El detalle de las propuestas no seleccionadas se encuentra en el Anexo A. Se descartó *Puzzle Bubble*, ya que resultaba ser un juego muy abstracto y, en consecuencia, no cumplía con el requisito de ser un nexo con la vida cotidiana. Posteriormente, se descartó el supermercado, puesto que a los niños les resultaría más familiar recorrer una casa que una tienda. Por último, ordenar o limpiar una casa no se consideró una idea “muy atractiva” para un videojuego, por lo que se eligió la propuesta de la mudanza.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un videojuego educativo para la construcción de pensamiento geométrico y su aplicación en la vida diaria en niños con discapacidad visual total o parcial, de acuerdo al plan de estudios de geometría de 5to a 8vo básico.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Investigar sobre interfaces e interacción con videojuegos por parte de personas con discapacidad visual.
2. Diseñar un videojuego educativo para construir conceptos y pensamiento geométrico sobre plano cartesiano y transformaciones isométricas en un contexto cotidiano, utilizable en el currículum escolar de matemáticas para estudiantes de 5to a 8vo básico con discapacidad visual.
3. Evaluar la usabilidad del videojuego implementado y su impacto en el aprendizaje de conceptos geométricos y su relación con la vida diaria, en niños con ceguera total o parcial.

1.5. Descripción general de la solución

Este Trabajo de Título consiste en el desarrollo de un videojuego que pretende ayudar a los niños con ceguera total o parcial a construir conceptos y pensamiento geométrico en contextos cotidianos¹. De esta manera, los niños con ceguera entenderán de mejor forma la correspondencia entre un lugar en 3 dimensiones (entorno cotidiano) y su representación 2D en un mapa o plano cartesiano (conceptos geométricos abstractos).

Los usuarios finales considerados son niños con ceguera total o parcial que cursan desde 5to a 8vo año de educación general básica. De forma secundaria, se consideran usuarios finales a profesores de matemáticas, quienes proveerán el videojuego a sus alumnos y configurarán el videojuego, según las necesidades.

El videojuego fue desarrollado con la plataforma Unity3D (versión 2018.2.7f1 y 2018.3.2f1) especializada en la creación de videojuegos junto con el lenguaje de programación C#. El juego se implementó para teléfonos móviles con pantalla táctil y sistema operativo Android, uno de los más utilizados actualmente. Debido al tipo de usuario final, la interacción con el videojuego se da por medio de toques en pantalla, vibración y sonido, aunque también se considera el uso de colores contrastantes para los niños con ceguera parcial.

Al juego se le ha dado el nombre de *GeoHouse* y en su historia el jugador llega a una nueva casa y se reúne con su amiga Lucy, quien le menciona que ha estado colocando algunos muebles dentro, pero que ya se tiene que ir a trabajar y, por lo tanto, necesita su ayuda para continuar ordenando. Le presenta a Jimmy, el chofer del camión de mudanza, quién le dará uno a uno los objetos para que los ubique donde corresponde. Durante el juego, el jugador usará un mapa 2D de la casa y hablará por teléfono con Lucy para saber en qué parte debe ir cada objeto (en términos geométricos).

Los ejercicios geométricos utilizados son la búsqueda simple de cuadrículas del plano cartesiano y sus transformaciones isométricas, es decir, traslaciones, rotaciones y reflexiones de esas cuadrículas. Además, se provee un nivel de práctica para que el usuario aprenda a utilizar el videojuego antes de comenzar con el trabajo de mudanza.

¹Se entiende por construcción de pensamiento geométrico y su aplicación en la vida diaria, al desarrollo de habilidades abstracta-geométricas, con transferencia directa a situaciones cotidianas, de manera que esas habilidades sean aplicadas permanentemente en la vida diaria de los niños con discapacidad visual.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Educación y tecnología

Hoy en día la tecnología ha permitido acceder a una enorme cantidad de información de todo tipo, incluyendo aspectos educacionales. De esta manera, los alumnos pueden estudiar las asignaturas escolares de una manera más interactiva, utilizando diversas herramientas digitales.

El papel que se le asigna a la tecnología en educación no se basa en la información, sino en la construcción. Es decir, la tecnología no genera aprendizaje, sino que es un medio o herramienta que podemos utilizar para generarlo. Los efectos de la tecnología dependerán de cómo el usuario la utilice [17].

Es por esto que el uso de las nuevas tecnologías será efectivo en la medida que los educadores realicen planificaciones y metodologías para aprovechar su potencial en la generación de aprendizaje y cognición. Por ende es necesario capacitar a los educadores en el uso, aplicación e integración curricular de dichas tecnologías [17].

Hoy en día, los niños hacen uso temprano de la tecnología y, por tanto, tienen una experiencia que les permitirá lidiar con tecnologías más complejas a lo largo de su desarrollo. En consecuencia, los alumnos demandan una enseñanza más interactiva y lúdica, de modo que puedan controlar su propio aprendizaje. Luego, un software educativo actualmente no sólo debe enfatizar los contenidos curriculares, sino también la entretención de los aprendices [17].

El proceso del aprendizaje debe ser activo, es decir, el aprendiz debe estar activamente construyendo y reconstruyendo su realidad. Por esa razón, la tecnología no debe apropiarse de la inteligencia de los alumnos, sino que ellos deben apoyarse en ella para construir su aprendizaje. En otras palabras, la tecnología debe estimular la creatividad y el razonamiento, no impedirlos [17].

2.1.1. El aprendizaje de la geometría

Una de las materias clave dentro de la educación escolar es la matemática, la cual permite desarrollar un pensamiento lógico y la capacidad de resolver diversos problemas. La geometría, en particular, es fundamental para poder moverse en el mundo, ya que nuestro entorno está lleno de formas, volúmenes, distancias, etc.

El aprendizaje geométrico permite desarrollar habilidades cognitivas relativas a [38]:

- El estudio del mundo físico por medio de modelos idealizados.
- La representación visual de conceptos tanto matemáticos como de otras ciencias.
- El desarrollo de un pensamiento deductivo.
- La comprensión del movimiento y cambio de los objetos en el espacio.

Para apoyar la enseñanza de la geometría existen herramientas tecnológicas digitales que permiten explorar configuraciones geométricas, resolver ecuaciones, probar conjeturas, entre otros ejercicios. Se ha mostrado que dichos desarrollos tecnológicos aportan al mejoramiento de la educación matemática y, en particular, de la geometría [38].

2.2. Educación y tecnología para personas ciegas

La revolución de la tecnología ha impactado en la vida de muchos en el mundo y las personas con ceguera¹ no son la excepción. Si bien varios productos digitales resultan ser un lujo para algunos, para sujetos con discapacidad visual pueden ser imprescindibles en su día a día.

La **tiflotecnología** es el conjunto de técnicas que aplican la tecnología a usuarios con ceguera total o parcial, de modo que pueda contribuir a su autonomía y plena integración social, laboral y educativa [43]. Existen actualmente varios productos tiflotecnológicos que ayudan a las personas ciegas en diversos aspectos como la orientación, la educación, la salud, entre otros. Algunos ejemplos existentes de tiflotecnología son los siguientes:

- **LazarilloApp [9]:** Aplicación creada en Chile que ayuda a las personas no videntes y con baja visión a transitar por la ciudad. Funciona con mensajes de voz que indican calles, paraderos, servicios y otros elementos del entorno.
- **EDICO [8]:** Editor científico creado por el Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica (CIDAT, España), capaz de convertir el lenguaje matemático, físico o químico en soporte braille, en tiempo real.
- **Lectores de pantalla:** Sistemas integrados que explican con voces todas las interfaces por las que navega el usuario en un dispositivo computacional. Algunos de estos sistemas son JAWS [32] (para Windows), NVDA [25] (para Windows), Talkback [16] (para Android) y VoiceOver [19] (para iOS).

¹Se considera a una persona como “ciega”, cuando su nivel de visión no supera el 10 %, por lo que existen personas ciegas con cierta visión residual, llamada también ceguera parcial o baja visión (información provista por C5).

En materia de educación, la tiflotecnología ha permitido disponer de materiales táctiles y auditivos para el aprendizaje de materias difíciles de enseñar a estudiantes con discapacidad visual. Actualmente existe software para aprendices ciegos que ayudan a reforzar asignaturas como matemática, historia y lenguaje (algunos ejemplos se mencionan en el capítulo 3).

La geometría es una de las materias más difíciles de enseñar, puesto que se basa mayormente en estímulos visuales. Para los alumnos con ceguera, la enseñanza tradicional de la geometría se basa en material físico (madera, plástico, etc.) que permite una exploración táctil de figuras y cuerpos, lo que permite transmitir conocimientos de volumen, área y perímetro [38].

Por otro lado, la estimación de distancias dentro de un espacio real se realiza con **ecolocación** en los alumnos ciegos. La ecolocación es la facultad de percibir el entorno a partir de los sonidos que se generan en él y está especialmente desarrollada en personas que han nacido con ceguera [26].

La tiflotecnología que ayuda en la enseñanza de la geometría consiste en software principalmente auditivo y háptico con imágenes sencillas para alumnos con baja visión (algunos ejemplos se mencionan en el capítulo 3). No obstante, es necesario construir más material digital que permita abarcar todos los contenidos y que sea usado en las clases de geometría en colegios.

2.3. Aspectos de usabilidad

La usabilidad es una cualidad del software que mide qué tan apropiadas son sus interfaces para que los usuarios satisfagan sus necesidades y requisitos, es decir, es la aceptación de dicho software por parte de los usuarios [34]. Es un aspecto importante en un software, ya que determina si los usuarios lo usarán realmente o no y, en este caso particular, se vuelve aún más relevante, puesto que los usuarios finales de este proyecto son niños con discapacidad visual.

2.3.1. Atributos de usabilidad

Para lograr que un software sea usable, se deben considerar algunas reglas al momento de diseñar las interfaces para cumplir con ciertas características de usabilidad. Nielsen [34] formuló unos atributos de usabilidad que deberían estar presentes en todo software usable:

- **Aprendizaje:** Este atributo mide la facilidad con la que se aprende a usar un software.
- **Eficiencia:** Este atributo mide la productividad que genera el uso del software, una vez que se ha aprendido a utilizarlo.
- **Recuerdo:** Este atributo mide la facilidad con la que se recuerda cómo utilizar el software, después de un tiempo sin usarlo. Esto es, si se aprendió a usar el software y se deja de usar por un tiempo, debe ser fácil volver a utilizarlo sin volver a aprender todo de nuevo.
- **Errores:** Este atributo mide la minimalidad de errores a cometer por parte de los usuarios al utilizar un software y la facilidad para salir de ellos.
- **Satisfacción:** Este atributo mide qué tanto les gusta a los usuarios utilizar un software, desde un punto de vista subjetivo.

2.3.2. Principios de diseño

Los principios de diseño que se deben tener en cuenta al momento de diseñar las interfaces de un software, con el objetivo de alcanzar altos niveles en los atributos antes mencionados, son los siguientes [33]:

- **Visibilidad:** Las partes importantes del sistema deben ser visibles e inmediatamente entendibles.

Este principio no necesariamente debe estar ligado a la vista. Para los usuarios con discapacidad visual, la visibilidad se da a nivel auditivo y háptico, de tal forma que las partes importantes del sistema sean encontrados y entendidos fácilmente (por ejemplo, porque el sonido que produce un componente se relacione con su función). Para el caso de las personas con ceguera parcial, se debe aplicar un alto contraste de los colores de las interfaces, para que los elementos importantes se destaquen visualmente.

- **Affordances o prestaciones:** Los elementos del sistema deben dar pistas sobre cómo se usan. Por ejemplo, si se tiene un texto en una interfaz, que al ser clickeado redirige a otro sitio, entonces, dicho texto debe tener el aspecto de que puede ser clickeado, es decir, debe ser subrayado o de un color especial respecto a los componentes que no se comportan igual.
- **Modelo mental:** El sistema debe acomodarse al modelo mental de los usuarios. Se refiere a los modelos que las personas crean de sí mismas, de los otros y de su entorno, en base a su experiencia de vida. En general, todas las personas tienen modelos mentales distintos y, por ende, es complejo lograr que todos los usuarios estén satisfechos con un producto.

Las personas con discapacidad visual tienen modelos mentales aún más diferentes a los de una persona vidente, por lo que es indispensable conocer cómo estas personas interactúan con la tecnología en general, para poder diseñar un buen software para ellos.

- **Modelo conceptual:** Es la manifestación del modelo mental, tanto del usuario final como del diseñador, en el software. Luego, el modelo conceptual implementado en el software permite que los modelos mentales del diseñador y de los usuarios se entiendan.
- **Mapping:** Debe haber una relación entre cada control (botón, link, etc.) y su función.

Esta relación puede llevarse a cabo por medio de convenciones culturales o intuitivas para lograr que dicha relación sea fácilmente aprendida y recordada. Por ejemplo, muchos íconos estandarizados como el disquete (guardar) o el clip (adjuntar) se usan en diversos programas computacionales y son entendidos por la mayoría de las personas.

También se genera mapping cuando existen muchos controles iguales en una misma interfaz y sus posiciones indican en qué elemento tendrá efecto su operación. Por ejemplo, si se tiene una tabla con varias filas y botones en cada una, se entiende que el efecto que generará un botón será sobre la fila en la que se encuentra y no en otra.

- **Feedback:** El sistema debe retroalimentar al usuario sobre qué acciones ha realizado y cómo resultaron.

Este principio es el más importante en un software dirigido a personas con discapacidad visual, ya que si no se tiene feedback, los usuarios con ceguera no tienen manera de saber cuándo hay cambios en las interfaces, cuándo lograron accionar un control/botón ni qué consiguieron al hacerlo. El feedback, en este caso, se da a nivel háptico y, sobre todo, auditivo, de tal forma que cada vez que el usuario realice una determinada acción con el software, el sistema le confirme con sonidos y/o vibración qué es lo que acaba de hacer.

Otras reglas a tener en cuenta, son las Pautas de Interfaces Multimediales [35]. Algunas de ellas son:

- **Simplicidad y claridad:** Se deben utilizar palabras simples e íconos reconocibles para que la interfaz se entienda de la manera más natural posible.
- **Control:** El sistema debe permitir que el usuario mantenga el control sobre las acciones que realiza, incluyendo opciones como “deshacer”, “rehacer”, “detener”, etc.
- **Consistencia:** La forma en la que el sistema interactúa con el usuario debe seguir un patrón determinado a lo largo de la navegación. Por ejemplo, mantener el mismo diseño gráfico en cada interfaz, los mismos tipos de letra, opciones siempre en la misma posición, etc.
- **Minimalidad Conceptual:** El sistema debe mostrar el mínimo de información al usuario en cada momento. Por lo tanto, se debe priorizar la información más importante y de interés.
- **Comandos Universales:** El sistema debe aprovechar las convenciones existentes y entendibles por los usuarios para construir las interfaces. Por ejemplo, para las funcionalidades básicas de cualquier software como “guardar”, se deben usar los íconos correspondientes que ya se conocen.

2.3.3. Métodos de medición de usabilidad

La usabilidad se mide antes, durante y después de la implementación de un software. El método usado para medirla dependerá de la disponibilidad de los usuarios y de la naturaleza del software. Algunos de los métodos que se utilizan son los siguientes [27] [34]:

- **Observación:** Este método consiste en la observación de los usuarios finales, mientras estos realizan una serie de tareas predefinidas con el software. Este proceso debe llevarse a cabo en el contexto de uso del software, en este caso, en la escuela de niños ciegos, para observar el funcionamiento del sistema dentro de un ambiente real de trabajo. El observador puede tomar nota sobre los comportamientos de los usuarios al utilizar el software, interviniendo lo más mínimo posible. En caso de que un usuario ya no sepa qué hacer para resolver una determinada tarea, el observador puede dar algunas instrucciones, pero lo ideal es que el usuario realice las distintas actividades sólo con la información que le provee el software mismo.

Este método es adecuado para la evaluación de usabilidad de un videojuego orientado a personas con discapacidad visual, puesto que, para un desarrollador vidente, es complicado entender cómo estos usuarios interactúan con la tecnología en general, por lo que, observando su comportamiento al utilizar un software, es posible notar fallas y futuras mejoras que, de otra manera, no se hubiesen podido detectar.

- **Cuestionario de Usuario Final:** Este método consiste en que los usuarios finales completen un cuestionario, luego de haber interactuado con el software. La cantidad de preguntas debe ser la mínima necesaria para obtener información que ayude a mejorar el software.
- **Entrevistas:** Este método es similar al cuestionario, pero las preguntas se realizan de manera presencial, es decir, se necesita un entrevistador, el cual consultará las opiniones de uno o más usuarios acerca del software, utilizando una pauta de preguntas predefinida y/o realizando nuevas preguntas si es necesario.
- **Focus Groups:** Este método consiste en realizar reuniones con usuarios para discutir aspectos sobre el diseño de las interfaces. Se necesita tener un moderador, el cual debe asegurarse de que el grupo discuta sobre los temas designados, de que todos den su opinión y de que se cumplan los objetivos de la reunión.
- **Registro de uso (logging):** Este método consiste en recolectar datos computacionalmente acerca del uso detallado del software. Esto permite saber cuáles son las acciones más frecuentes de los usuarios, qué errores suelen cometer, para así realizar mejoras al software en base a dichas acciones. Este método puede ser implementado dentro del mismo software, guardando los movimientos de cada usuario al utilizarlo.

Este método puede ser muy útil para este videojuego, ya que permitiría a los profesores del colegio de ciegos saber cómo se desenvuelven sus alumnos en los distintos ejercicios geométricos que se presenten.

- **Feedback:** Este método permite que los usuarios puedan enviar comentarios acerca del software al equipo de desarrollo, por medio de e-mails o chats diseñados para ello.
- **Pensamiento en voz alta:** Este método es similar a la observación, pero se debe poner atención a las reacciones del usuario al utilizar el software. Por ejemplo, exclamaciones, murmullos o gestos puedan dar una idea de qué tan a gusto está el usuario con el software o con alguna de sus funciones.
- **Card sorting:** Este método consiste en que uno o más usuarios ordenen y clasifiquen tarjetas según el concepto que tenga cada una. Las tarjetas podrían incluir funciones del software, categorías, nombres, etc. Lo anterior ayuda a entender mejor cómo distribuir el contenido del software de modo que su uso sea más intuitivo para los usuarios.
- **Prototipación en papel:** Este método consiste en mostrar a los usuarios una serie de mock-ups (bocetos de las interfaces) para que se discuta de antemano su calidad y se hagan las modificaciones pertinentes antes de su implementación.

- **Evaluación Heurística:** Este método consiste en la realización de una evaluación del software por parte de un usuario experto en interacción humano-computador. El usuario experto debe utilizar el software, realizando una serie de tareas predefinidas y, posteriormente, contestar un cuestionario relacionado con aspectos básicos de usabilidad (heurísticas).

2.3.4. Usabilidad para personas con discapacidad visual

Investigar sobre aplicaciones ya usadas por el tipo de usuario en cuestión es especialmente importante en el caso de usuarios ciegos y desarrolladores videntes, ya que los modelos mentales de ambas partes son muy distintos. En este caso, gracias a visitas a un colegio de ciegos y al Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento (C5), que ha trabajado con este tipo de usuario desde hace años, se ha podido acceder a herramientas ya existentes para personas con ceguera.

Con todo tipo de usuarios, la planificación del tiempo es muy importante, puesto que ellos no siempre están disponibles para participar de las pruebas de usabilidad. Además, los usuarios con discapacidad visual, en general, demoran de 2 a 3 veces más que un usuario vidente en completar una misma tarea, por lo que se debe considerar ese factor a la hora de planificar la cantidad de actividades por sesión [29].

Por otro lado, el esfuerzo cognitivo que los ciegos realizan al prestar atención a los estímulos auditivos es mayor al esfuerzo visual, lo que les genera fatiga en tareas muy largas. Se recomienda, entonces, reducir la duración de las actividades y/o dar descansos intermedios [29].

Si las pruebas se realizan en un laboratorio, se debe informar al usuario ciego de cómo se distribuye la habitación, así como cuáles son las personas presentes [29].

En cuanto al trato con usuarios durante las sesiones, hay que considerar que las personas con discapacidad visual suelen tratar más con sujetos videntes que no videntes. Por lo tanto, se recomienda actuar con espontaneidad y no temer a hacer preguntas o utilizar expresiones lingüísticas que incluyan verbos como “ver”, “mirar”, etc [29]. Además, se debe aclarar al usuario que la evaluación de usabilidad no es para evaluar sus habilidades, sino las del software que se está desarrollando.

Capítulo 3

Estado del arte

La mayoría de los software dirigidos a personas con discapacidad visual, ayudan a desarrollar sus habilidades de orientación y movilidad (O&M). Algunos de ellos son los siguientes:

- **Legend of Iris [5]:** Videojuego inspirado en The Legend of Zelda, el cual posee puzzles que ayudan a practicar la orientación por medio de audio 3D dentro de una aventura ideal para niños, incluyendo nociones sobre la física del sonido. Se juega en un computador, utilizando audífonos y un control joystick, no obstante, como control también se pueden utilizar auriculares Oculus Rift, los cuales permiten que los niños se orienten en el juego, moviendo su cabeza. También posee interfaces visuales diseñadas para que los tutores de los niños vean su progreso sin tener que escuchar los sonidos del juego.
- **AudioPolis [37]:** Es un juego en primera persona, donde el jugador debe explorar una ciudad urbana, en busca de unos ladrones. El usuario recorre las calles encontrando pistas y recibiendo información háptica gracias a un cursor 3D (Novint Falcon) e información auditiva.
- **Audio Haptic Maze [36]:** Videojuego en primera persona, en donde el usuario debe escapar de un laberinto. Para hacerlo, debe encontrar una serie de llaves, las cuales el jugador deberá ir probando en distintas puertas para salir. Además posee incrementos en el puntaje por encontrar tesoros dentro del laberinto o por salir de él en un tiempo menor. El juego posee interfaces tanto auditivas como hápticas por medio del uso de audífonos y un cursor 3D respectivamente.
- **AbES (Audio-based Environment Simulator) [12]:** Software que permite explorar habitaciones en base a la metáfora de un juego de acción. Se utiliza con un teclado y su objetivo es que el usuario pueda explorar un lugar existente antes de visitarlo en la vida real, de modo que ya tenga una representación espacial de la construcción. La metáfora del juego consiste en que el jugador debe encontrar joyas escondidas y evitar que unos monstruos se las quiten y las vuelvan a esconder.
- **mAbES (Mobile Audio-based Environment Simulator) [14]:** Videojuego que permite recorrer un museo interactivo basado en el Museo de Ciencia y Tecnología de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. El usuario interactúa con

el software por medio de una pantalla táctil de teléfono móvil y recibe información de dicha interacción y de las distintas secciones del museo por medio de auriculares.

- **AudioDoom [23]:** Videojuego con sonido 3D, cuya historia consiste en una invasión extraterrestre, la cual el jugador deberá enfrentar para salvar a la Tierra, recorriendo los pasillos de una nave espacial en primera persona, mientras interactúa con distintos objetos y dispara a los monstruos invasores. El juego fue diseñado para niños de entre 8 y 12 años y su interfaz de entrada consiste en un joystick inalámbrico. El software tiene como objetivo entender cómo una representación acústica virtual puede construir mapas espaciales en las mentes de los niños con discapacidad visual.
- **AudioSIM [41]:** Videojuego de simulación de vida basado en The Sims de Electronic Arts que trata de la vida diaria de un atleta. El jugador, tomando el papel del atleta, debe conocer el Campus Deportivo C5Sims y aprender a orientarse en él y desarrollar sus habilidades deportivas. Se recibe retroalimentación auditiva 3D y se utiliza un joystick de Xbox 360 para manejar al protagonista y recibir vibraciones cuando se choca con objetos.
- **Binaural Navigation Game [7]:** Videojuego 3D con varios niveles de dificultad, que puede ser usado tanto por personas videntes como no videntes. Se maneja con mouse o con touchpad y su objetivo es reforzar las habilidades de orientación por medio de sonido 3D. El objetivo del juego es encontrar objetos escondidos, evitando ciertos obstáculos. El número de obstáculos y objetos a encontrar varía según el nivel. Este videojuego fue evaluado con usuarios ciegos de entre los 27 a los 63 años.
- **BlindAid [22]:** Software con audio 3D que provee mapas virtuales para explorar un espacio de la vida real (similar a AbES). Se utiliza en un computador de escritorio y la interfaz háptica Phantom (SensAble Technologies), la cual permite, no sólo movimientos manuales en 3D, sino también, percibir diferentes texturas del entorno.
- **Virtual Cane System [21]:** Sistema que también permite explorar virtualmente lugares antes de visitarlos en la vida real. Se utiliza con un computador de escritorio y un control de Nintendo Wii, el cual funciona como un bastón (look-around mode), ayudando a explorar los alrededores y recibiendo retroalimentación auditiva y háptica en el proceso. Alternativamente, el control puede funcionar para avanzar, retroceder y girar en el espacio virtual (walk-around mode).
- **Terraformers [42]:** Videojuego galáctico con sonido y gráficas 3D contrastantes que se generan en tiempo real. Utiliza el teclado numérico de un computador como interfaz de entrada.
- **Audio-Tactile System [28]:** Mapa digital para tablet/touchpad, de la Universidad de Macedonia, en Grecia. Permite explorar un mapa de la universidad, recibiendo retroalimentación auditiva y háptica, para reconocer los distintos lugares que la componen.
- **MOVA3D [39]:** Videojuego 3D, basado en audio. Se utiliza con un dispositivo háptico llamado Digital Clock Carpet. El jugador debe explorar un lugar cerrado y encontrar relojes de bolsillo en el camino. Cuando encuentra un reloj, el jugador debe conservarlo durante 30 segundos, mientras huye de los enemigos que quieren quitárselo.

El Digital Clock Carpet es una alfombra circular sobre la cual el jugador debe colocarse. Se divide en 12 partes (como el reloj analógico), donde cada una representa 30° del círculo desde su centro. De este modo, si el jugador quiere girar en 90° a la derecha y se encuentra en dirección al número 12 en la alfombra, entonces, debe encontrar el número 3.

Entre los software que apoyan la enseñanza de la geometría en aprendices ciegos se tienen:

- **Math Melodies [4]:** Software para el aprendizaje de las matemáticas correspondientes a enseñanza básica. Está disponible para dispositivos iPad y permite explorar elementos a través de audio e imagen, pensado para niños con o sin discapacidad visual. Math Melodies contiene distintos tipos de ejercicios matemáticos, con sus respectivos niveles de dificultad, en una historia de aventura, donde el protagonista debe encontrar tesoros.
- **AudioWizard [15]:** Videojuego para el aprendizaje geométrico de transformaciones isométricas y plano cartesiano. El jugador representa a una maga que recorre varios laberintos en primera persona para salvar a su maestro, quien fue atacado por un mal. Durante el recorrido, la protagonista se encuentra con varios acertijos que corresponden a preguntas relacionadas con traslación, rotación y reflexión en relación a un cubo que posee el jugador y una actividad dentro de un plano cartesiano. Este juego posee una interfaz gráfica para niños parcialmente ciegos, sin embargo, la principal fuente de información al usuario consiste en sonido y, además, vibración por medio de un joystick de Xbox 360.
- **AudioGeometry [41]:** Videojuego desarrollado para tablet con Android, donde el jugador sobrevive a un naufragio y llega a La Isla Geométrica de la cual deberá escapar. El jugador deberá descifrar puzzles geométricos y conseguir elementos para alimentarse y construir un bote que lo ayude a abandonar la isla. El sonido y las vibraciones de la pantalla táctil informan al jugador sobre el estado del juego y de sus acciones.
- **From Dots to Shapes [30]:** Videojuego auditivo que ayuda en la enseñanza de la geometría a niños con discapacidad visual. Por medio de sonido 3D, también refuerza las habilidades de orientación y movilidad. Está pensado como complemento a los métodos clásicos de enseñanza geométrica, ya que no permite el reconocimiento de formas mediante tacto (pero sí lo hace con sonido bidimensional con cambios de frecuencia). Se utiliza con una tableta gráfica. Está compuesto de 3 minijuegos clásicos:
 1. Simon: Ayuda a encontrar puntos en el plano, mediante un juego clásico de los 80's, llamado Simon. El jugador recibirá distintos sonidos en secuencia (cuyas notas determinarán su ubicación en el plano) que deberá repetir, tocando los puntos correctos en la pantalla.
 2. Points Connecting: Ayuda a reconocer líneas, escuchando los sonidos de 2 puntos en el plano (como en el juego anterior), los cuales deberá unir en la pantalla. También permite reconocer la forma de la línea, mediante sonido bidimensional, para que el jugador deba identificar los puntos del plano que la forman.
 3. Concentration: Ayuda a reconocer polígonos y curvas, mediante el clásico juego llamado Concentration (también conocido como *Memorice* y otros nombres), donde el jugador deberá reconocer pares de figuras iguales.

- **Clicks [3]:** Dispositivo digital para niños que mezcla manipulación de estructuras físicas con retroalimentación auditiva proveniente de una tablet. Las estructuras físicas corresponden a impresiones 3D que representan líneas, formas y ángulos variables, las cuales al ser colocadas sobre la tablet, son detectadas por una aplicación. Por ejemplo, la aplicación indica que se debe formar un triángulo isósceles, entonces, el aprendiz construye el triángulo con la estructura física sobre la tablet, cuya aplicación detectará si la forma realizada es la correcta.
- **Lugram para ciegos [24]:** Basado en un juego llamado Lugram, un puzzle para construir figuras geométricas. Se realizan ejercicios en una matriz de 3x3, donde cada celda es una unidad básica correspondiente a un cuadrado completo o sus distintas mitades (rectángulo a la derecha, rectángulo a la izquierda, rectángulo arriba, rectángulo abajo, triángulo izquierdo inferior, triángulo izquierdo superior, triángulo derecho inferior y triángulo derecho superior).

La versión creada para ciegos reemplazó el mouse por el teclado y añadió retroalimentación auditiva. Las celdas de la matriz fueron asociadas a las teclas numéricas del teclado y a 9 sonidos distintos (diferentes instrumentos musicales)

- **GEOVIB [31]:** Para tablet con Android. Se pueden explorar formas geométricas, utilizando sonido y vibración. Por ejemplo, al tocar cada vértice de la figura se oye un sonido distintivo y las aristas producirán vibraciones al ser tocadas. Los sonidos también cambian dependiendo de qué tan cerca se esté de un vértice.

Está pensada para su uso en clases inclusivas de geometría (con alumnos no videntes y videntes), mientras los profesores explican figuras geométricas en el pizarrón. Un asistente o compañero puede enviar la información de la figura a la aplicación (con dibujo, coordenadas o formas predefinidas).

- **Playing with geometry [11]:** Aplicación Android que funciona con vibración y tacto. Permite dibujar figuras y sentirlas en la pantalla táctil. Posee un juego de ejercitación para adivinar una figura mostrada, en donde el usuario siente la figura por medio de vibración y, luego, selecciona el nombre de la forma reconocida. Incluye también un juego de topología, en donde el usuario debe identificar la ubicación de figuras respecto a otras.
- **Touch Tiles [10]:** Software de geometría básica con interfaces hápticas y auditivas para aprendices ciegos. El usuario debe crear patrones (series), ordenando polígonos en una grilla.

Entre las herramientas de software que apoyan el aprendizaje de otras materias se encuentran:

- **AudioChile [40]:** Es un juego de rol, en el que se recorren regiones de Chile para resolver problemas, por medio de la interacción con objetos y otros personajes. Interactúa con el usuario por medio de sonido 3D y fue diseñado para ayudar a los aprendices a resolver problemas cotidianos y a aprender sobre la vida y la idiosincrasia de diferentes zonas geográficas de Chile.
- **GBraille (Game Braille Environment) [6]:** Colección de videojuegos para teléfono móvil

que utilizan un teclado virtual basado en la metáfora del sistema de celdas de 6 puntos de Braille. Considera actividades relacionadas con el lenguaje como sinónimos, ortografía y escritura. Tiene como objetivo generar un mayor uso del sistema Braille, el cual se había visto disminuido por tecnologías que traducen o escriben texto sólo a través de audio. El software permite adaptar las actividades lingüísticas y examinar el desempeño de los estudiantes por parte de los educadores a través de un sitio web que se comunica con la aplicación móvil. Se incluye una versión de *Asteroides*(GBraille Asteroids), donde se deben escribir determinadas letras para sobrevivir, y una versión del clásico juego *Ahorcado*(GBraille Hangman), en donde el jugador debe adivinar las letras de una palabra.

Las diferencias, en general, de este trabajo, con respecto a lo ya existente, son:

1. Aplica conceptos geométricos dentro de un contexto de juego, de modo que haya una asociación directa entre el entorno donde se mueve el jugador y los distintos ejercicios de geometría planteados.
2. Mientras que muchos software existentes se enfocan más en el desarrollo cognitivo de los niños, el trabajo a realizar, se enfoca en su aplicación curricular (dentro de una asignatura escolar), de acuerdo a un plan de estudios de matemáticas. No obstante, sigue siendo un videojuego que puede ser usado para la entretención del usuario fuera de una clase.
3. La mayor parte del software educativo encontrado funciona para tablet o computador de escritorio, los cuales no tienen la portabilidad suficiente como para que un usuario pueda acceder a la aplicación en cualquier momento. El videojuego desarrollado para esta memoria funciona para teléfonos celulares, los cuales son frecuentemente usados hoy en día por niños ciegos.

Capítulo 4

Metodología

4.1. Procedimiento general

Para el desarrollo de esta memoria se siguieron los siguientes pasos:

1. Investigación previa

En esta etapa se realizaron revisiones bibliográficas acerca de videojuegos de geometría, aplicaciones para personas ciegas y aspectos de usabilidad. Se hicieron visitas al Colegio de Ciegos Santa Lucía para observar cómo los niños con ceguera utilizaban otros videojuegos similares.

2. Realización de prototipos

Se implementaron prototipos, mientras se recibía retroalimentación por parte de profesores que educan a niños ciegos. El prototipo resultante de esta etapa corresponde a un nivel tutorial del videojuego. Específicamente, se realizaron las siguientes actividades:

- (a) Diseño de trama
- (b) Implementación de prototipo inicial
- (c) Test de íconos y sonidos con profesor del colegio de ciegos
- (d) Implementación de prototipo 2
- (e) Muestra del prototipo 2 a profesores del colegio de ciegos
- (f) Implementación de prototipo 3

3. Extensión del prototipo

Se siguió desarrollando el videojuego con retroalimentación de una educadora diferencial y el profesor guía de esta memoria. En este período (Enero-Febrero) las visitas al colegio no se pudieron realizar, puesto que no estaba disponible. El producto resultante de esta etapa fue un videojuego con más niveles y funcionalidades.

4. Pruebas de usabilidad

En esta etapa se eligieron métodos de evaluación de usabilidad y se elaboraron sus respectivos instrumentos. Los métodos fueron aplicados en niños y profesores del Colegio de Ciegos Santa Lucía para saber cómo mejorar el software. A medida que se llevaban a cabo las pruebas, se hicieron pequeños ajustes al videojuego, según los nuevos requerimientos que surgían en el camino.

5. Evaluación de impacto

Se realizaron sesiones de juego con niños que no utilizaron el videojuego en las pruebas de usabilidad. El conocimiento de estos niños fue previamente evaluado por una educadora diferencial antes de utilizar el software y fue evaluado nuevamente al finalizar las sesiones de juego para conocer el impacto generado en el aprendizaje del alumno.

4.2. Diseño e implementación

4.2.1. Tecnologías consideradas

Se utilizó la herramienta Unity3D (versión 2018.2.7f1 y 2018.3.2f1) que permite crear videojuegos 3D y 2D en múltiples ambientes (figura 4.1). Este software provee componentes pre hechos comunes a muchos videojuegos como el sistema de colisión entre objetos y la gravedad, los cuales pueden ser modificados, activados o desactivados. Para programar comportamientos más específicos, se utilizó C# (C Sharp), lenguaje orientado a objetos muy utilizado en Unity.

También se utilizó Adobe Photoshop CS6 para algunas componentes gráficas.

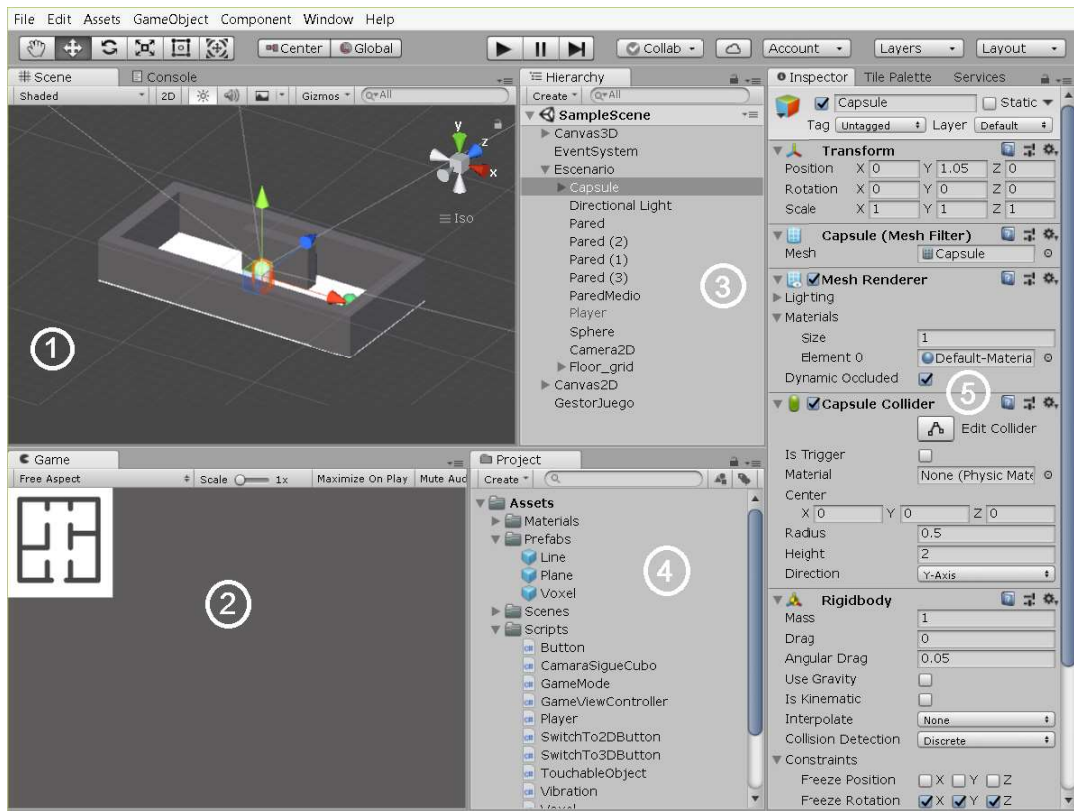


Figura 4.1: Interfaz Unity 2018.2.7f1. (1) Escena: Permite manipular objetos de una escena del juego. (2) Vista del juego: Muestra como se verá el juego en la pantalla del dispositivo. (3) Jerarquía: Lista de todos los objetos presentes en una escena de juego, donde cada objeto puede estar compuesto por otros. (4) Carpeta de proyecto: Permite organizar el trabajo en carpetas, creando scripts u objetos prefabricados. (5) Inspector de objeto: Permite manejar las propiedades de un objeto determinado como su comportamiento, posición y otros.

4.2.2. Metodología de desarrollo

En este trabajo se utilizó una metodología de desarrollo ágil, basada en **Rapid Prototyping** [2] [20].

Rapid Prototyping es un proceso iterativo generador de prototipos que muestran cómo será una aplicación, con el propósito de recibir retroalimentación y validación por parte de clientes y usuarios finales.

No es necesario que el prototipo sea completamente funcional, pero debe ayudar al usuario a visualizar cómo será la interacción con el software final.

Cada iteración del proceso Rapid Prototyping se compone de 3 pasos (ver figura 4.2):

1. **Prototipado:** Se genera un prototipo de la solución.
2. **Revisión:** Se comparte el prototipo con clientes y/o usuarios finales para evaluar si cumple con las expectativas y necesidades.
3. **Refinamiento:** Con la retroalimentación anterior, se identifican aspectos a mejorar del prototipo.

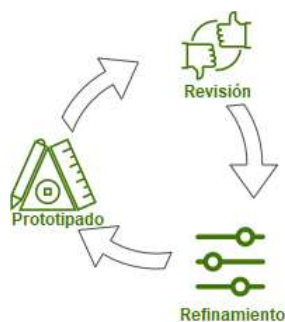


Figura 4.2: Iteraciones del proceso de Rapid Prototyping: Prototipado, revisión y refinamiento.

4.2.3. Requisitos de la Solución

Requisitos de Usuario

Antes de tomar la decisión de cómo sería la estructura y función del videojuego, se consideraron los siguientes requisitos:

1. El sistema debe poder ser usado en teléfonos móviles con pantalla táctil.
2. El videojuego debe aplicar contenidos de geometría escolar.
3. El videojuego debe tener varios niveles de dificultad.
4. El contenido debe estar relacionado con la vida cotidiana.
5. Los estímulos visuales del videojuego no deben ser necesarios en su utilización.
6. El videojuego debe proveer feedback táctil y sobre todo auditivo.
7. Las imágenes del videojuego deben utilizar contrastes adecuados para usuarios con ceguera parcial.
8. El videojuego se debe poder utilizar con auriculares.
9. El videojuego debe registrar el desempeño del jugador.

Una vez decidido el tema del videojuego (la mudanza), se desarrolló la solución en base a los siguientes requisitos:

10. El videojuego debe permitir la exploración de una casa en 3D (primera persona) y en 2D (mapa visto desde arriba).
11. Los objetivos del jugador deberán ser informados en cada momento en un nivel de preparación.
12. El videojuego debe dar la posibilidad de editar los ejercicios de geometría.
13. En la vista 3D, el jugador debe poder moverse dentro de la casa.

14. El jugador debe poder tomar, llevar y dejar objetos dentro de la casa.
15. Cada piso de la casa, debe corresponder a un plano cartesiano compuesto por cuadrículas, donde cada una es una baldosa del suelo.
16. El usuario debe poder identificar elementos en el mapa 2D mediante vibración y sonido, tanto al tocar un punto en la pantalla como al arrastrar el dedo por ella.
17. El usuario debe poder repetir las instrucciones o el estado del juego en caso de olvidarlas o tener dudas.
18. La voz de una instrucción debe poder ser detenida si el usuario lo desea.

Requisitos de Software

1. El sistema debe funcionar en teléfonos móviles con sistema operativo Android.
2. El videojuego debe aplicar ejercicios relacionados con el plano cartesiano (búsqueda de cuadrículas y transformaciones isométricas).
3. El jugador debe poder escoger entre varios tipos de ejercicios para jugar.
4. Los niveles corresponden a cada piso de la casa, con cantidad creciente de obstáculos.
5. Cada nivel debe tener aproximadamente 4 ejercicios de geometría.
6. El videojuego debe incluir un nivel tutorial.
7. El lenguaje utilizado en las voces del videojuego debe relacionar la geometría con la mudanza.
8. El diseño de la casa debe ser estándar para una mejor familiarización por parte de los usuarios.
9. El videojuego debe utilizar sonidos distintos en cada elemento de las interfaces o acción realizada.
10. Si los sonidos están directamente relacionados con algún lado de la pantalla (izquierda o derecha), se debe priorizar la audición a uno de los auriculares según corresponda.
11. Los botones deben producir vibración al ser tocados, así como cada elemento del mapa de la casa. Estas vibraciones deben variar su duración según su significado.
12. En las interfaces visuales, el color de los íconos, u otros elementos importantes, debe ser complementario al color del fondo u otro color que le permita destacarse.
13. Se deben guardar los tiempos que demora el jugador en realizar los distintos ejercicios.
14. Se deben guardar los caminos que recorre el jugador en cada ejercicio. Un camino corresponderá a una secuencia de cuadrículas del plano cartesiano.

15. Cada piso de la casa debe tener una cámara en la posición del jugador (primera persona) y otra cámara que observe el piso completo desde arriba con vista ortográfica (ortogonal) ¹.
16. En el tutorial, se deben dar instrucciones a medida que el jugador vaya completando las distintas tareas.
17. Las instrucciones deben poder ser consultadas en cualquier momento y dentro de cualquier nivel del videojuego.
18. Los profesores deben poder modificar los argumentos de los ejercicios de geometría, mas no su solución.
19. Las modificaciones a los ejercicios deben quedar guardadas en el dispositivo móvil.
20. Deben haber controles en pantalla para poder mover al jugador en la casa.
21. Cada vez que el jugador da un paso en el juego, se debe posicionar en la cuadrícula siguiente hacia donde está mirando.
22. Cada vez que el jugador da un giro, lo deberá hacer en 90°, lo que le permitirá cambiar su dirección en Norte, Este, Sur y Oeste.
23. El jugador debe poder consultar hacia qué dirección está mirando.
24. El jugador debe poder consultar en qué cuadrícula de la casa está en ese momento.
25. El jugador debe poder recibir un nuevo objeto, una vez que haya llegado a la posición de Jimmy (chofer del camión de mudanza).
26. Las soluciones de los ejercicios corresponden a las ubicaciones de cada objeto recibido, en términos de cuadrículas del plano cartesiano.
27. Debe haber un botón que permita dejar un objeto en la posición actual del jugador.
28. Cada piso de la casa debe estar compuesto de baldosas (cuadrículas), donde cada una tendrá asociada una coordenada del plano cartesiano.
29. Cada objeto de la casa deberá ocupar sólo una cuadrícula. En el caso de ser objetos muy grandes, se dividirán en unidades que ocuparán una sola cuadrícula del plano. Por ejemplo, una cama de 2 plazas se puede dividir en 4 partes para ocupar 4 cuadrículas distribuidas en 2 filas y 2 columnas.
30. Cuando el usuario haga doble toque a cada elemento del mapa de la casa, se debe dar información auditiva indicando a qué corresponden dichos elementos y qué coordenadas tienen en el plano.

¹ [13] En la vista Ortogonal u Ortográfica no se nota la diferencia de tamaño entre objetos que están a diferentes distancias respecto al observador

31. Tocar las paredes en el plano debe producir una vibración de mayor duración en comparación a otros elementos con el objetivo de dar la sensación de obstáculo.
32. Al tocar las baldosas en el plano 2D, se deben producir sonidos que permitan distinguir el paso de una fila a otra y de una columna a otra.
33. Cada tipo de elemento en el plano debe producir un sonido diferente (pared, objeto, suelo, etc).
34. Se debe informar con voz y sonido cada cambio de interfaz en el videojuego.
35. Cada vez que el jugador avanza una baldosa en la casa (vista 3D), se debe escuchar el sonido de un paso.
36. El sonido producido al girar a la izquierda debe ser distinto al producido en el giro hacia la derecha.
37. Cada vez que el usuario toque un botón debe producirse una vibración y un sonido que distinga a dicho elemento como un botón, aparte de su función diferenciada explicada por la voz.
38. La voz de una instrucción debe poder ser detenida con un desliz específico en la pantalla, lo suficientemente fácil para realizarlo a voluntad, pero no involuntariamente.
39. Cada botón u opción debe ser activada con doble toque, mientras que el toque singular o arrastre debe dar información auditiva sobre qué es dicha opción.
40. Se debe poder guardar información del videojuego en el dispositivo.

Matriz de Trazado

En la figura 4.3 se tiene la matriz de trazado resultante de los requisitos mencionados:

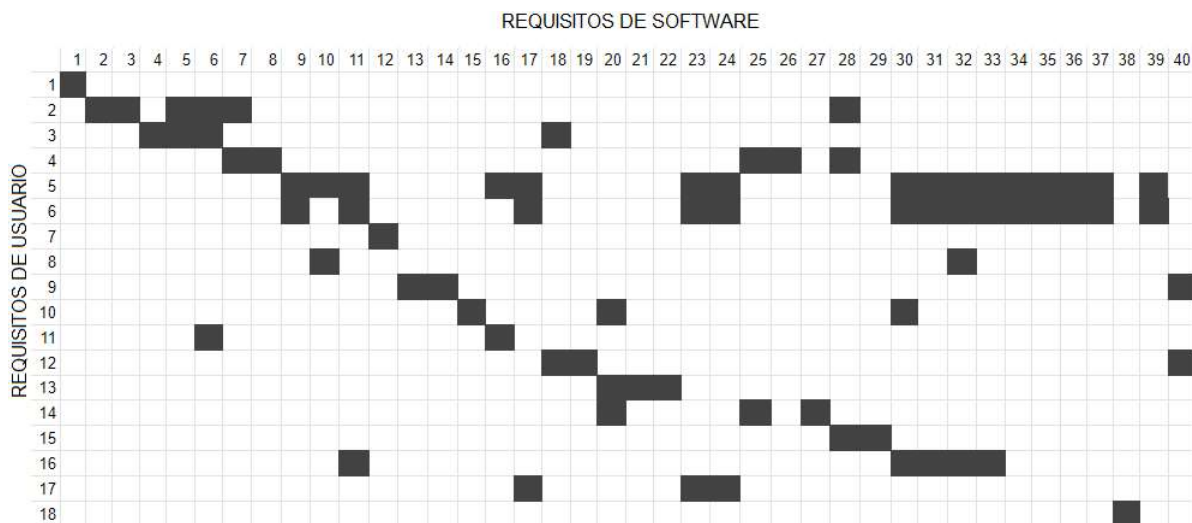


Figura 4.3: Matriz de trazado que muestra la cobertura de los requisitos de usuario con los requisitos de software.

4.2.4. Características de calidad requeridas

El videojuego está pensado para niños con discapacidad visual total o parcial, por lo que la calidad de sus interfaces es crucial para lograr su buen uso. Los requisitos de calidad que debe tener este software son los siguientes (algunos ya fueron mencionados en los requisitos de usuario):

1. El videojuego debe ser utilizado sin asistencia, una vez que hayan aprendido a usarlo.
2. La resolución de ejercicios geométricos debe ser el motivo por el que los usuarios avancen de nivel.
3. El videojuego debe contener los ajustes necesarios según las pruebas de usabilidad implementadas.
4. Los estímulos visuales del videojuego no deben ser necesarios en su utilización.
5. El videojuego debe proveer feedback táctil y sobre todo auditivo.
6. Las imágenes del videojuego deben utilizar contrastes adecuados para usuarios con ceguera parcial.

4.2.5. Criterios de aceptación

Para validar la aceptación del videojuego se deben realizar experimentaciones de usabilidad a usuarios finales y analizar sus resultados. Los principales usuarios corresponden a niños con ceguera total o parcial, aunque los profesores de matemáticas son considerados también usuarios, debido a que planearán instancias en clase para trabajar con el videojuego, incluyendo la edición de los ejercicios.

Para evaluar la usabilidad del videojuego se utilizan instrumentos basados en métodos de usabilidad. Estos instrumentos se describen en 4.3.1.

4.3. Validación

4.3.1. Evaluación de usabilidad

Muestra

Los usuarios observados jugando con el videojuego corresponden a 12 niños de entre 5to y 6to básico del Colegio de Ciegos Santa Lucía, ubicado en la comuna de La Cisterna en Santiago. Se les aplicó también un cuestionario para registrar sus opiniones. En la tabla 4.1 se tienen las características de estos usuarios ².

²Cuando se habla aquí de ceguera "total", no necesariamente se refiere a que el alumno tiene 0% de visión. Sin embargo, aún así necesitan utilizar braille para leer y no suelen interactuar con software por medio de las imágenes.

Sujeto	Fecha de evaluación	Edad	Curso	Ceguera
1	25-03-2019	12	7mo	Parcial
2	01-04-2019	12	7mo	Parcial
3	01-04-2019	11	6to	Total
4	05-04-2019	10	5to	Total
5	05-04-2019	12	7mo	Parcial
6	05-04-2019	14	8vo	Parcial
7	05-04-2019	14	8vo	Parcial
8	08-04-2019	12	7mo	Total
9	08-04-2019	11	6to	Parcial
10	15-04-2019	13	7mo	Parcial
11	15-04-2019	12	6to	Parcial
12	22-04-2019	12	7mo	Parcial

Tabla 4.1: Muestra de usuarios correspondientes a niños con discapacidad visual total o parcial que cursan entre 5to a 8vo básico.



Figura 4.4: Sujetos interactuando con el videojuego GeoHouse.

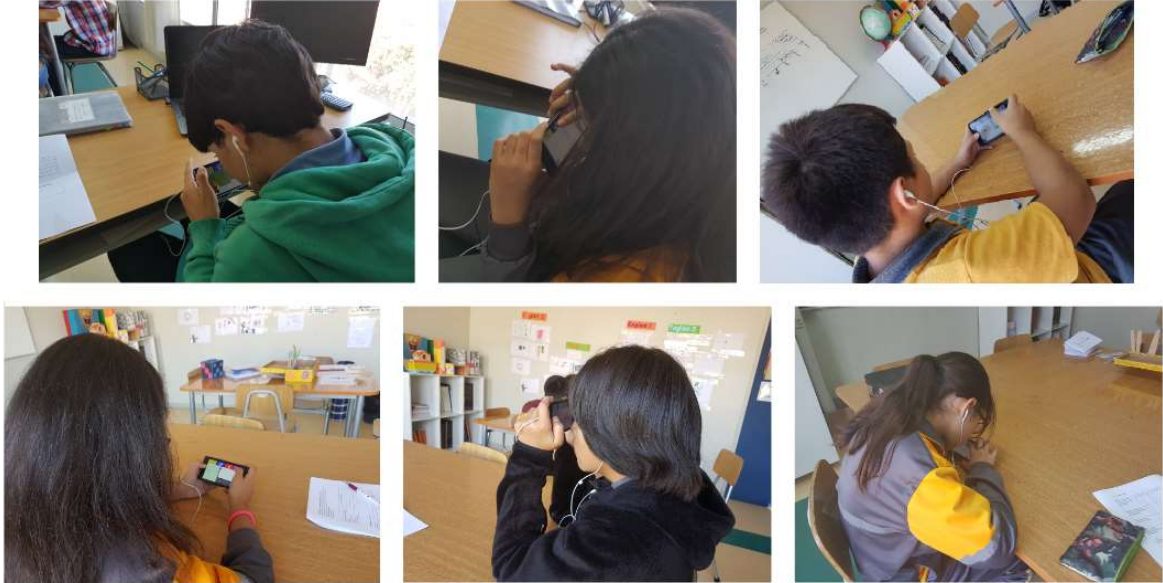


Figura 4.5: Sujetos interactuando con el videojuego GeoHouse.

Adicionalmente, se aplicó un cuestionario a 2 profesores, quienes se dedican a enseñar matemáticas en dicho establecimiento. Estos usuarios utilizaron igualmente el software antes de responder dicho cuestionario. En la tabla 4.2 se tienen las características de esta muestra.

Sujeto	Fecha de evaluación	Cursos	Tipo de educador
p1	22-04-2019	5to y 6to básico	Educadora diferencial
p2	22-04-2019	7mo y 8vo básico	Profesor de matemáticas

Tabla 4.2: Muestra de usuarios correspondientes a profesores que enseñan matemática a niños ciegos de entre 5to y 8vo básico.



Figura 4.6: Profesores interactuando con el videojuego GeoHouse.

Instrumentos de medición

A continuación se describen los instrumentos utilizados para evaluar la usabilidad del videojuego GeoHouse:

1. **Pauta de Observación:** Se aplicó el método de observación a los niños, utilizando la pauta adjunta en el Anexo F. Esta pauta se confeccionó en base a otras provistas por C5, adaptándola al videojuego GeoHouse. Cada sección de la pauta representa una tarea que debe realizar el alumno con el software, considerando actividades que se cumplen o no dentro de dicha tarea. Específicamente, los niños fueron observados jugando el nivel tutorial y/o modo simple del videojuego.
2. **Cuestionario de Usuario Final para alumnos:** El cuestionario aplicado es una adaptación de la Pauta de Usabilidad de Videojuegos provista por el profesor Jaime Sánchez y el centro de investigación C5 de la Universidad de Chile, orientado a usuarios con discapacidad visual [18]. El cuestionario adaptado para evaluar el videojuego se adjunta en el Anexo G.
3. **Cuestionario de Usuario Final para profesores:** Se confeccionó otro cuestionario muy similar al anterior, pero con preguntas relacionadas a la utilidad del videojuego como herramienta de reforzamiento matemático. Fue validado por Jaime Sánchez para su uso en esta evaluación y se adjunta en el Anexo H.
4. **Sistema de registro:** Se registraron algunos datos de juego durante su uso por los alumnos. Sin embargo, este sistema aún se encontraba en desarrollo al momento de las evaluaciones de usabilidad, por lo que no se logró registrar el desempeño de toda la muestra. Posteriormente, se obtuvieron más datos en la evaluación de impacto.

Tareas

Los alumnos debieron interactuar con el videojuego en base a tareas preestablecidas evaluadas en la Pauta de Observación, las cuales sufrieron algunos cambios según el desempeño y la motivación de cada niño. Las tareas de los alumnos fueron las siguientes:

1. **Reconocimiento de Hardware (previo al uso del videojuego):** En esta tarea, el alumno debía mostrar con acciones o palabras si ya había interactuado antes con un teléfono celular, en caso de que se necesiten explicaciones sobre su uso.
2. **Comienzo del juego:** El alumno comienza a escuchar y/o ver la escena inicial del videojuego. En esta tarea se observó si el niño intentaba interactuar con el juego durante los diálogos o los escuchaba atentamente.
3. **Reconocimiento de Menú Principal:** En esta tarea, el niño debía escoger un modo de juego. Dependiendo de la experiencia del alumno con teléfonos móviles y/o videojuegos, ellos debían escoger el nivel de práctica o el modo simple.
4. **Juego en 3D (parte 1)** En esta parte, el niño debía escuchar atentamente todas las instrucciones de uso del videojuego en el caso del nivel tutorial. Los alumnos que jugaron el modo simple debieron desenvolverse en el videojuego en base a la información de la interfaz auditiva y visual en general.

5. **Juego en 2D:** En esta tarea el usuario debía encontrar una cuadrícula en el mapa 2D del videojuego. Se observó la forma en que los niños exploran el mapa y reconocen las distintas reacciones de sus elementos al tocarlos. Adicionalmente, se podía hacer una pequeña pausa para explicar cómo interpretar una coordenada (x, y) a niños que no lo entendían aún.
6. **Juego en 3D (parte 2):** Luego de salir del mapa, el usuario debía moverse en la casa y llegar a la ubicación correcta. Se observó si los niños entendían bien cómo moverse y cómo saber si van por buen camino.

Los profesores interactuaron también con el videojuego para conocer los modos de juego y la forma de completar los ejercicios. Básicamente realizaron las mismas tareas de los niños, pero considerando modos de juego más complejos. Por razones de tiempo, jugaron con 1 o 2 ejercicios de cada tipo (tutorial, simple, traslaciones, rotaciones y reflexiones).

Equipos utilizados

Tanto los alumnos como los profesores utilizaron los mismos equipos para interactuar con el videojuego:

- Smartphone Sony Xperia ZR con sistema operativo Android versión 4.4.4.
- Auriculares tipo In-ear (o de botón).

4.3.2. Impacto

Muestra

Los usuarios que participaron de la evaluación de impacto corresponden a 9 niños de entre 5to y 8to básico del Colegio de Ciegos Santa Lucía. Ellos interactuaron con el videojuego en distintos niveles y realizaron ejercicios de geometría con material físico. Los equipos utilizados en esta evaluación fueron los mismos descritos en 4.3.1. En la tabla 4.3 se tienen las características de los alumnos:

Sujeto	Fechas de sesiones (dd-mm-2019)	Edad	Curso	Ceguera
I1	24-05; 29-05; 03-06; 05-06	13	6to	Parcial
I2	24-05; 29-05; 31-05; 07-06	11	5to	Parcial
I3	27-05; 03-06; 05-06; 10-06	12	6to	Parcial
I4	05-06; 07-06; 12-06; 19-06	11	5to	Parcial
I5	05-06; 07-06; 12-06; 14-06	11	5to	Parcial
I6	07-06; 10-06; 17-06; 19-06	11	5to	Parcial
I7	12-06; 14-06; 17-06; 24-06; 26-06	15	8vo	Total
I9	24-06; 26-06; 01-07; 03-07	11	6to	Total
I10	24-06; 03-07	11	6to	Parcial

Tabla 4.3: Muestra de usuarios participantes de la evaluación de impacto. En principio hubo un sujeto I8 que posteriormente no pudo participar.



Figura 4.7: Sujetos utilizando el videojuego GeoHouse durante una sesión de evaluación de impacto.

Materiales

Durante las sesiones de evaluación de impacto, se realizaron ejercicios de geometría análogos a los del videojuego, utilizando cartones cuadrículados para representar un plano cartesiano. Estos materiales están plastificados de modo que las orillas de cada cuadrícula tienen relieve y puedan ser detectadas por los alumnos con ceguera. Adicionalmente, se utilizaron pequeños trozos de plastilina para que los niños indicaran sus respuestas. En la figura 4.8 se muestran los materiales usados.

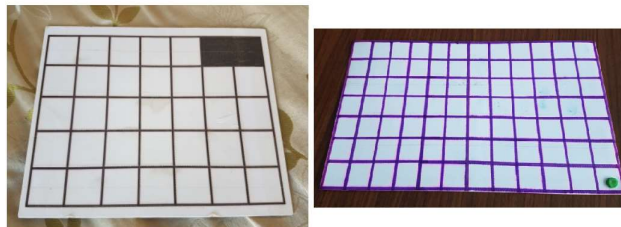


Figura 4.8: Tablas de cartón cuadrículado con relieve.



Figura 4.9: Sujetos realizando ejercicios de plano cartesiano con material durante una sesión de evaluación de impacto.

Estructura de las sesiones

Cada sesión consistió en 30 minutos de juego más 5 minutos de ejercicios con material, según el modo de juego:

- **Sesión 1:** Juego en modo tutorial.
- **Sesión 2:** Juego en modo simple.
- **Sesión 3:** Juego con traslaciones.
- **Sesión 4:** Juego con reflexiones.

Instrumento de evaluación

Para medir el impacto del videojuego en el aprendizaje se realizó una evaluación de conocimientos geométricos y de representación mental a cada uno de los niños de la muestra previo al uso del software (pre-evaluación). Esta misma evaluación se realizó después de completar las 4 sesiones de juego (post-evaluación) para así comparar los conocimientos del alumno antes y después de dichas sesiones. La evaluación fue aplicada por una educadora diferencial según la pauta adjunta en el Anexo I, la cual fue elaborada por investigadores de C5-DCC de la Universidad de Chile. Dicha pauta permite asignar puntajes según lo siguiente:

- **Conceptos y habilidades de geometría:** Explicación de conceptos de geometría (plano cartesiano, coordenada, etc.) en palabras del alumno.
- **Mapas mentales:** Identificación de la posición de objetos y sus tipos de movimiento (qué coordenada tiene, qué tipo de transformación isométrica tuvo, etc.).
- **Razonamiento espacial:** Movimiento de objetos en base a tipos de transformación (teselación, traslación, rotación, etc.).

Las pre y post evaluaciones se realizaron con materiales que incluían cartulinas cuadrículadas (como las usadas en las sesiones de juego), figuras geométricas de cartón, cubos y plasticina.

Capítulo 5

Solución y resultados

5.1. Descripción de primeros prototipos

Durante el semestre primavera de 2018, se trabajó en los primeros prototipos de este proyecto. En esta etapa se realizaron 3 prototipos del videojuego con un nivel tutorial, es decir, sólo con ejercicios simples de plano cartesiano sin pasar por un problema geométrico más complejo. A continuación, se describen estos prototipos.

5.1.1. Prototipo 1

El primer prototipo sólo contenía una vista 3D y 2D del mismo escenario, el cual consistía en un suelo rectangular rodeado de paredes y otra adicional dentro del área. Se colocó un personaje principal controlable con giros en 90° y movimientos hacia adelante. También había un objeto que, al igual que las paredes, detectaba el choque del personaje principal contra él. El suelo se dividió en baldosas, las cuales se consideraron cuadrículas del plano cartesiano.

Los botones de la interfaz 3D del prototipo permitieron dirigirse al mapa 2D y mover al jugador, mientras que los botones de la vista 2D permitieron regresar a la vista 3D, escuchar una pregunta de geometría y seleccionar una cuadrícula. Las interfaces del prototipo inicial se muestran en las figuras 5.1 y 5.2.

El funcionamiento de los botones se mantuvo hasta el prototipo final de esta memoria. Al tocar una vez un botón se escucha una voz que indica cuál es el botón que se está tocando, y al tocarlo dos veces seguidas se activa la función que corresponda. Por ejemplo, si se toca una vez el botón para avanzar se escucha una voz que dice "Avanzar", y si se toca dos veces el jugador da un paso hacia adelante.

Este tipo de botón es muy importante en un software dirigido a personas con discapacidad visual, puesto que ellos, al tocar un botón, no pueden saber de qué botón se trata y no sería conveniente activar su función para averiguarlo, ya que se podrían producir errores y acciones que el usuario no tiene intención de realizar.

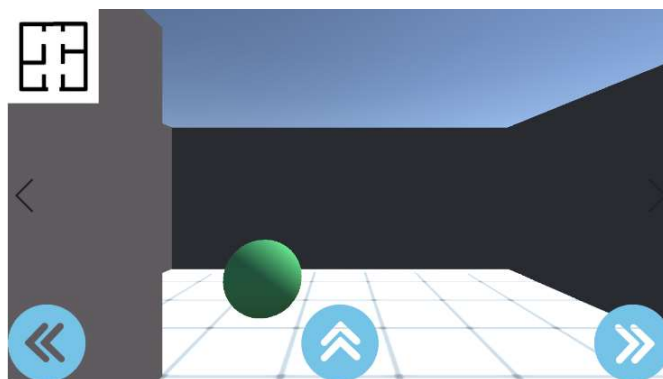


Figura 5.1: Interfaz de la vista 3D del prototipo 1. El botón superior izquierdo es para dirigirse al mapa y los botones inferiores son para mover al jugador.

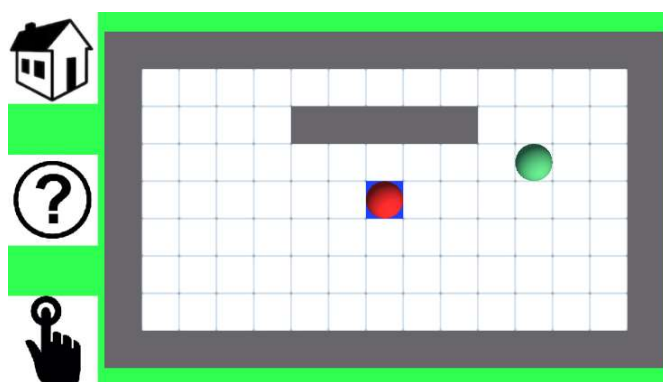


Figura 5.2: Interfaz de la vista 2D del prototipo 1. Los botones en la parte izquierda son para (de arriba hacia abajo) volver a la casa (volver a la vista 3D), escuchar la pregunta y seleccionar una cuadrícula. Se observa al personaje principal en el centro del plano cartesiano (en rojo), a un objeto (esfera verde) y a las paredes (en gris).

En cuanto al mapa 2D, también se mantuvo su funcionamiento hasta ahora. Al tocar cada baldosa dos veces seguidas, se escucha una voz, diciendo cuál es la cuadrícula que se ha tocado. Si la baldosa contenía un objeto, una pared o el personaje principal, se oye un sonido distintivo al arrastrar el dedo sobre cada uno de ellos, y al tocar dos veces se escucha una voz, diciendo qué era el elemento tocado y en qué cuadrícula está.

El mecanismo del mapa 2D es fundamental en este videojuego. Los sonidos distintivos son una gran ayuda para personas con discapacidad visual, puesto que les sirven de referencia en la búsqueda de otros elementos¹.

En el caso particular del botón “Seleccionar cuadrícula”(vista 2D), para responder una pregunta de geometría con una cuadrícula del plano, se debía mantener un dedo sobre la baldosa en cuestión, mientras se tocaba dos veces el botón. Este modo de selección se puso en duda desde el inicio y se modificó más adelante por ser muy complicado de usar.

¹Obtenido de observaciones y comentarios de un educador del Colegio de Ciegos Santa Lucía, quien también tiene discapacidad visual.

5.1.2. Prototipo 2

Antes de continuar con el siguiente prototipo, se decidió realizar una pequeña evaluación de íconos y sonidos en el Colegio de Ciegos Santa Lucía. Dicha evaluación se describe a continuación:

Evaluación de íconos y sonidos

Se eligieron 9 íconos para botones de las principales funciones del juego. Al añadirles color se utilizó el criterio de colores complementarios para generar contraste y, por ende, visibilidad para personas con ceguera parcial. En la figura 5.3 se muestra una imagen con los íconos pensados para informar acciones básicas del videojuego.

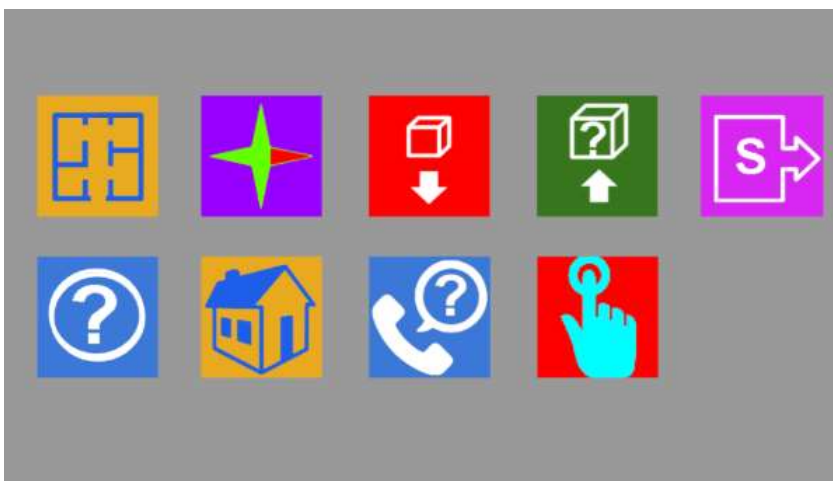


Figura 5.3: Iconos evaluados que informan las siguientes acciones respectivamente (de izquierda a derecha, de arriba a abajo): Revisar mapa, saber dirección, dejar aquí un objeto, preguntar qué tengo en frente, ir al menú principal, saber qué es lo que hay que hacer, seguir recorriendo la casa, escuchar la pregunta y seleccionar punto del mapa.

Adicionalmente, se hizo una selección de sonidos cortos pensados para cada uno de estos iconos, los cuales se activarían cuando el usuario toque una vez el botón o arrastre su dedo por él.

Los sonidos cortos se pensaron como alternativa a la voz que indica con palabras para qué sirve un botón. Sin embargo, en esta memoria no se consideró prioritario reemplazar las voces por estos sonidos cortos, puesto que no proveen información clara del funcionamiento de un botón. Aunque en un futuro sí se espera añadirlo como opción configurable, en caso de que los usuarios ya estén acostumbrados a las funcionalidades del videojuego y quieran eliminar las voces de los botones.

Se realizó una evaluación de los iconos y sonidos con ayuda de un profesor de informática del colegio, quien tiene ceguera parcial y, por ende, sus opiniones resultaron ser muy útiles para mejorar el diseño del software.

Se le mostró la imagen con los 9 iconos y se le preguntó si tenía dificultades para visualizar alguno de ellos. Él respondió que no podía ver bien los correspondientes a la casa y el mapa (en el prototipo siguiente se mejora el color de dichos íconos).

También mencionó que las dificultades para ver estos símbolos podían variar mucho de persona a persona (con ceguera parcial). Por lo tanto, podrían haber niños que no pueden ver bien alguna

imagen, incluso si contiene un alto nivel de contraste. Por último, indicó que la mezcla del color negro con blanco podría ser una muy buena opción para hacer otro ícono.

Posteriormente, se realizó un test que consistió en indicar el ícono adecuado en relación a una acción determinada del juego que yo mencionara. En este caso, el profesor permitió que le preguntara a una de sus alumnas con ceguera parcial para que respondiera el test. En algunos casos, la niña respondió lo que se esperaba y, en otros, escogía otros íconos parecidos, pero que no eran los correctos. No obstante, la niña dijo reconocer las formas de las cajas, la casa, la estrella (rosa de los vientos), la mano y el teléfono.

Por último, se le mostró al profesor la serie de sonidos cortos, los cuales debía asociar a alguno de los íconos, o bien, a alguna otra acción que le hiciera sentido. En general, le pareció bien el conjunto de sonidos, pero le parece aún mejor la elección de sonidos tipo “ir y volver”, es decir, sonidos similares para entrar a una sección y salir de esa sección, con la diferencia de que el primero (para entrar) empiece con tonos graves y termine con agudos y el segundo (salir), empiece con agudos y termine con graves.

Los últimos comentarios del profesor fueron sumamente importantes, ya que mencionó que tuviera mucho cuidado con colocar tantos botones, ya que los niños pueden pasar muy rápido sus dedos por la pantalla, lo que provocaría la superposición de muchos sonidos (uno por cada botón por el que haya pasado). Sugirió el uso de menús tipo “Talkback” [16] para que el usuario se encuentre con una sola opción cada vez.

Los resultados del test de íconos y sonidos se adjuntan en el Anexo C.

Prototipo 2.1

Una vez realizada la evaluación de íconos, éstos se incluyeron en el prototipo, quedando las interfaces como se muestra en las figuras 5.4 y 5.5.

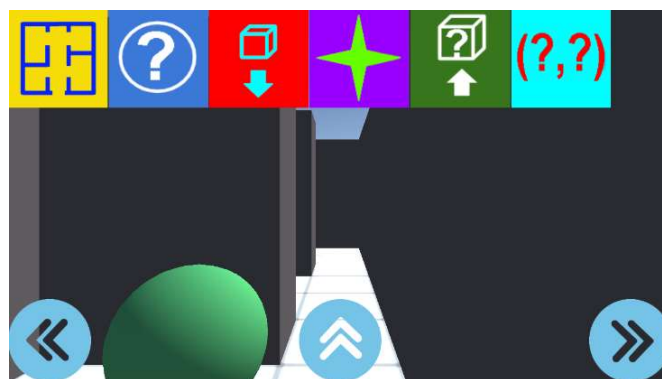


Figura 5.4: Interfaz de la vista 3D del prototipo 2.1. Los botones superiores son para dirigirse al mapa, escuchar la pregunta, seleccionar ubicación actual (para colocar un objeto), preguntar en qué dirección se está mirando, qué hay justo al frente y en qué coordenada del plano está el jugador actualmente.

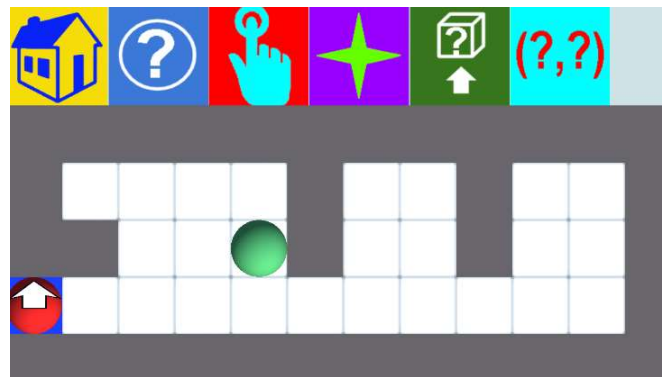


Figura 5.5: Interfaz de la vista 2D del prototipo 2.1. Los botones superiores son para volver a la casa (a la vista 3D), escuchar la pregunta, seleccionar cuadrícula (baldosa), preguntar en qué dirección se está mirando, qué hay justo al frente y en qué coordenada del plano está el jugador actualmente.

Los botones se incluyeron en la parte superior de la pantalla para poder poner más opciones, sin embargo, no quedó muy ordenado visualmente y existía la posibilidad de que en el futuro se colocaran más. Por otro lado, en la vista 2D, colocar los botones en la parte superior de la pantalla supone quitar espacio al mapa y, por ende, disminuir las posibilidades de diseñar diversas habitaciones, sobre todo por el hecho de que hubo que aumentar el tamaño de las baldosas para que los usuarios pudieran recorrerlas mejor.

Prototipo 2.2

Por lo mencionado anteriormente, se realizó una segunda versión del prototipo 2, cuyas interfaces se muestran en las figuras 5.6 y 5.7.

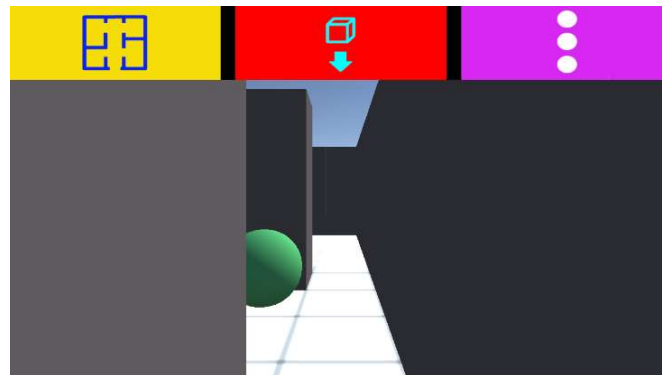


Figura 5.6: Interfaz de la vista 3D del prototipo 2.2. Los botones superiores son para dirigirse al mapa, seleccionar ubicación (para colocar un objeto) e ingresar a más opciones.

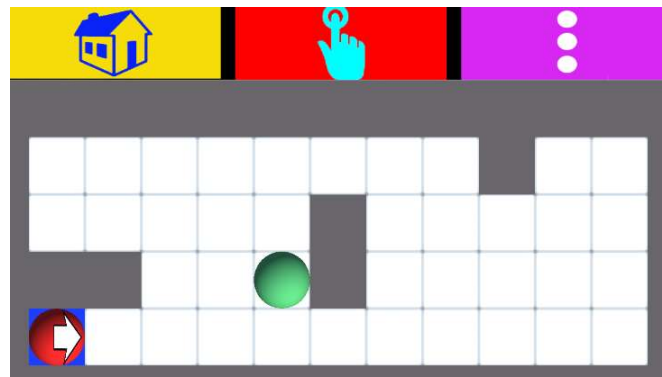


Figura 5.7: Interfaz de la vista 2D del prototipo 2.2. Los botones superiores son para volver a la casa (a la vista 3D), seleccionar cuadrícula (baldosa del plano cartesiano) e ingresar a más opciones.

En esta nueva versión, se redujo la altura de la sección de botones y se le quitó espacio al muro inferior para colocar una fila más de baldosas en la vista 2D. Sólo se ven 3 botones: ir al mapa/casa, seleccionar ubicación/cuadrícula y “más opciones”.

En “más opciones” se pueden colocar todas las opciones que sean necesarias, ya que, al activar dicho botón, aparece una nueva interfaz con cada nueva opción ocupando la pantalla completa, de tal modo que el usuario pueda recorrerlas, deslizando su dedo horizontalmente (como en Talkback). Estas opciones funcionan igual que los botones, en relación a cómo se utilizan. Las interfaces que se recorrían en este prototipo al activar el botón “más opciones” se muestran en la figura 5.8.

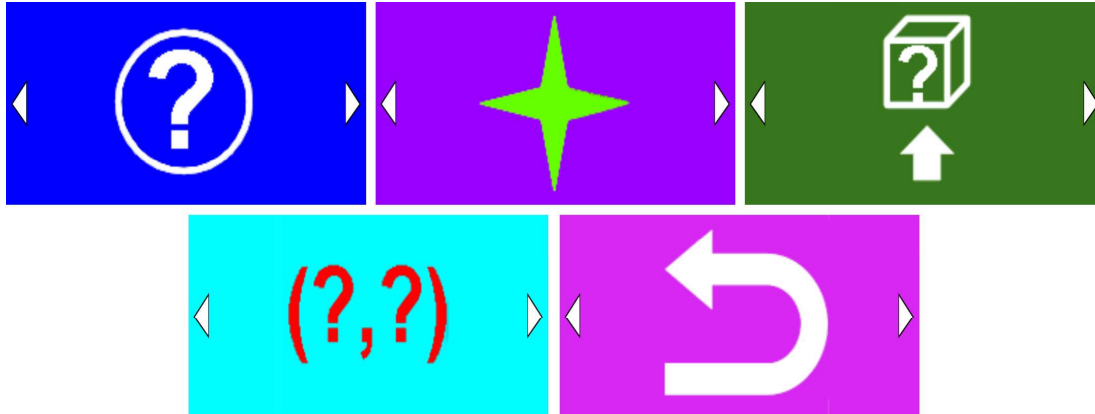


Figura 5.8: Interfaces de la sección de opciones. Se pasa de una interfaz a otra deslizando el dedo horizontalmente. Las opciones son: escuchar la pregunta, preguntar en qué dirección se está mirando, qué hay justo al frente, en qué coordenada del plano está el jugador actualmente y volver al juego (salir de las opciones).

Otra modificación consistió en quitar los botones de movimiento en la vista 3D y, en su lugar, manejar al personaje principal, deslizando el dedo por la pantalla horizontalmente para girar y hacia arriba para avanzar un paso. De esta manera, los movimientos son más intuitivos para el usuario y más fáciles de hacer (no hay que tocar dos veces para hacer un movimiento).

Para seleccionar una cuadrícula en la vista 2D, se debe tocar dos veces la baldosa escogida y, luego, dos veces el botón “Seleccionar cuadrícula”. Es decir, ya no se necesita mantener dos dedos sobre la pantalla.

Por último, se añadió más sensibilidad a los botones y a las baldosas del prototipo. Ahora cada vez que se toca un botón o baldosa del mapa, cambia a color negro y se siente una corta vibración. De este modo, los usuarios podrán, no sólo escuchar, sino también sentir los elementos que se encuentran en las interfaces, de una manera similar a Talkback.

Muestra del prototipo dos a profesores del colegio de ciegos

Se hizo otra visita al Colegio de Ciegos Santa Lucía para mostrar el segundo prototipo a dos profesores. El primero fue aquel con el que se evaluaron los íconos y la segunda fue una profesora de matemáticas.

Al profesor de informática le agradó mucho la nueva forma de ir a las opciones y navegar por ellas. En la vista del mapa sugirió encontrar una manera para que los niños pudieran mover su dedo por las baldosas y saber cuándo cambian de fila, ya que podrían pensar que están moviendo su dedo horizontalmente cuando, en realidad, lo están desviando diagonalmente.

A la profesora de matemáticas le agradó el hecho de que se sintieran las baldosas con vibraciones en el mapa y de que se escuchara un sonido distinto cada vez que el dedo pasa sobre un elemento importante. En general, le pareció una buena herramienta para que sus alumnos ejerciten conceptos geométricos.

5.1.3. Prototipo 3

Para el prototipo 3 se añadió lo siguiente: Un menú principal con el que inicia el videojuego, algunas instrucciones de voz durante el inicio del juego y nuevos sonidos para la vista 2D.

En esta versión, cuando el juego iniciaba, se escuchaba una voz dando la bienvenida al juego, mientras se mostraba la interfaz de la figura 5.9. Al terminar el mensaje de bienvenida, la vista cambiaba inmediatamente a la del menú principal, el cual funciona exactamente igual a las opciones del juego realizadas en el prototipo 2.2. Las interfaces del menú principal se muestran en la figura 5.10.



Figura 5.9: Interfaz de inicio del videojuego. En ese entonces se llamaba GeoHouseMoving.

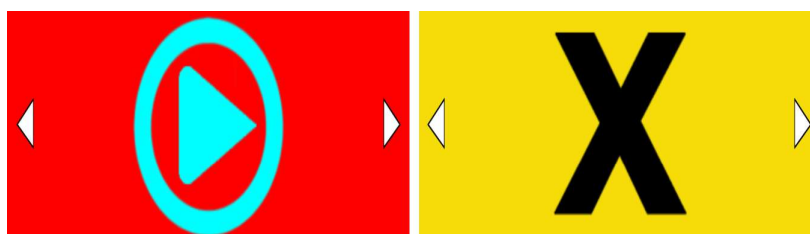


Figura 5.10: Interfaces del menú principal. La de la izquierda es para comenzar a jugar y la de la derecha es para salir del juego.

Luego, se añadió a las opciones de juego la alternativa para volver al menú principal recién creado, lo que permite salir del juego en medio de un ejercicio. Esta opción se muestra en la figura 5.11.



Figura 5.11: Opción para volver al menú principal. Se accede a ella desde “más opciones” durante una partida del juego.

Se agregaron voces con instrucciones cada vez que se visita una interfaz del juego por primera vez. Estas instrucciones indican al usuario cómo debe interactuar con la pantalla del dispositivo como, por ejemplo, deslizar horizontalmente para cambiar de opción, arrastrar cuidadosamente el dedo para sentir las baldosas, etc.

Por último, se colocaron sonidos especiales a las baldosas en respuesta a la sugerencia del profesor de informática del colegio. Ahora, cada vez que se toca una baldosa, suena algo similar a una tecla de piano. Si el usuario arrastra su dedo por la pantalla y cambia de fila, el sonido aumentará su altura, es decir, cambiará a una nota más alta. De este modo, las filas superiores del plano tendrán sonidos más agudos que las inferiores y los usuarios sabrán cuando cambien de fila al pasar el dedo por el mapa.

5.2. Descripción de la solución

A continuación se describe el prototipo del videojuego resultante, habiendo considerado todos los requisitos mencionados en 4.2.3, es decir, el resultado de la etapa de extensión mencionada en 4.1. En 5.2.10 se describen los ajustes posteriores realizados durante y después de las evaluaciones de usabilidad con usuarios finales.

5.2.1. Historia

El jugador llega junto a su amiga Lucy a una nueva casa a la cual se mudarán. Lucy menciona que ya ha dejado algunos objetos dentro de la nueva casa, pero en ese momento debe irse a trabajar y necesita que el jugador continúe ordenando. Le presenta a Jimmy, el chofer del camión de mudanza, el cual se encargará de dar uno a uno los objetos al jugador para que los ubique donde corresponde en la casa.

Durante el juego, el jugador recibirá cada objeto de parte de Jimmy y hablará por teléfono con Lucy, para que ella le indique en qué parte de la casa deben ir dichos objetos, en términos geométricos.

Al completar el juego, Lucy llega a la casa y felicita al jugador por su esfuerzo al colaborar con la mudanza.

En la figura 5.12 se muestra la primera versión de los personajes del videojuego. El documento con los diálogos de la trama se adjunta en el Anexo B.

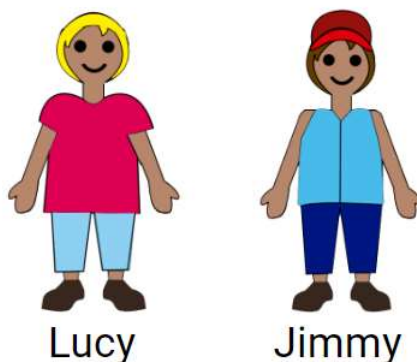


Figura 5.12: Cómo se ven los personajes Lucy y Jimmy en esta versión del videojuego.

5.2.2. Modos de juego y niveles

Existen 5 modos de juego en GeoHouse:

- Tutorial o práctica
- Modo simple
- Juego de Traslaciones
- Juego de Rotaciones
- Juego de Reflexiones

El modo tutorial es el único modo que sólo posee un nivel, correspondiente al nivel de práctica. En este caso, el jugador no debe trasladar ningún objeto, ya que el objetivo es practicar el uso del mapa, los controles, etc. En este modo, se realiza el ejercicio más sencillo del plano cartesiano, el cual consiste en encontrar una cuadrícula (x, y) .

El resto de los modos posee tres niveles, correspondientes al primer, segundo y tercer piso de la nueva casa. Estos niveles no cambian de un modo a otro, salvo por los enunciados de los ejercicios geométricos. En el modo simple, se juega con los mismos ejercicios del tutorial, mientras que en los modos restantes se juega con transformaciones isométricas (traslación, rotación y reflexión). En cada nivel se juega con 4 ejercicios.

La distribución de paredes y objetos dentro de la casa se diseñó, pensando que debe haber un incremento de dificultad desde el nivel de práctica hasta el nivel 3, manteniendo también una cierta coherencia de cómo luciría una casa real de 3 pisos. En la figura 5.13 se muestra el mapa 2D y una vista 3D de todos los niveles de la casa.

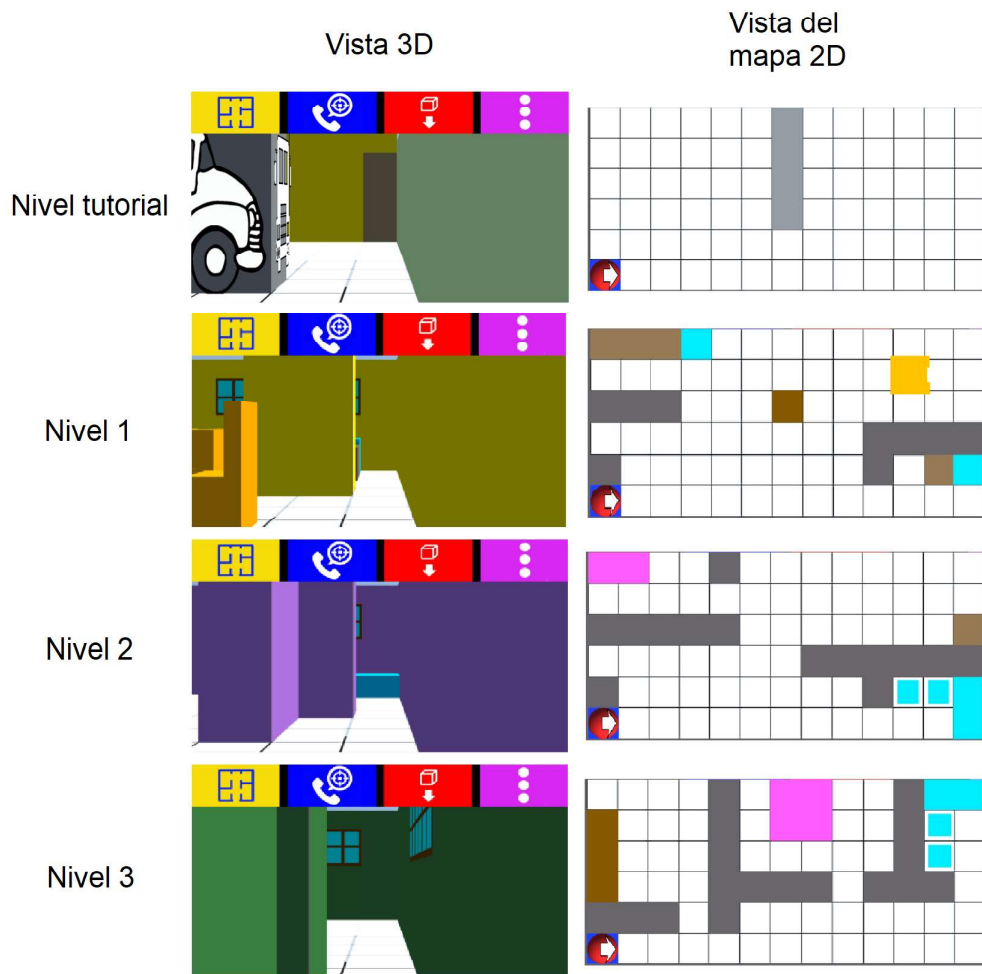


Figura 5.13: Vista 3D y mapa 2D de todos los niveles del juego GeoHouse.

5.2.3. Ejercicios

En cada nivel del juego, el objetivo de los ejercicios es llegar a una cuadrícula particular de la casa. El suelo de cada nivel se divide en cuadrículas (baldosas), las cuales representan puntos en el plano cartesiano (sólo en el primer cuadrante, es decir, valores positivos de X y de Y). El suelo tiene un área de 6×13 cuadrículas en cada nivel, considerando abarcar varios valores posibles y, a la

vez, manteniendo un tamaño razonable para las cuadrículas, de modo que puedan ser debidamente exploradas por los usuarios.

Los tipos de ejercicios de geometría que el usuario debe realizar para pasar los niveles del videojuego son:

- **Ejercicios de cuadrícula:** El jugador debe dirigirse a una cuadrícula (x, y) .
- **Ejercicios de traslación:** El jugador debe dirigirse a la cuadrícula resultante de la traslación de una cuadrícula (x_0, y_0) en un vector de traslación (x', y') , es decir, debe ir a la cuadrícula $(x_0 + x', y_0 + y')$ (ejemplo en la figura 5.14).
- **Ejercicios de rotación:** El jugador debe dirigirse a la cuadrícula resultante de la rotación en D grados de la cuadrícula (x_0, y_0) , respecto al eje (x', y') , donde $D = \{90, 180, 270\}$ (ejemplo en la figura 5.15).
- **Ejercicios de reflexión:** El jugador debe dirigirse a la cuadrícula resultante de la reflexión de la cuadrícula (x_0, y_0) , respecto a un valor de X o de Y (eje vertical u horizontal respectivamente) (ejemplo en la figura 5.16)

Los argumentos de los ejercicios presentes en el juego se adjuntan en el Anexo E. Además, se incluye un *modo random* que permite configurar el videojuego para que estos argumentos (no la solución) se generen aleatoriamente. En el Anexo D se adjuntan los algoritmos (en pseudocódigo) utilizados para generar los ejercicios aleatorios.

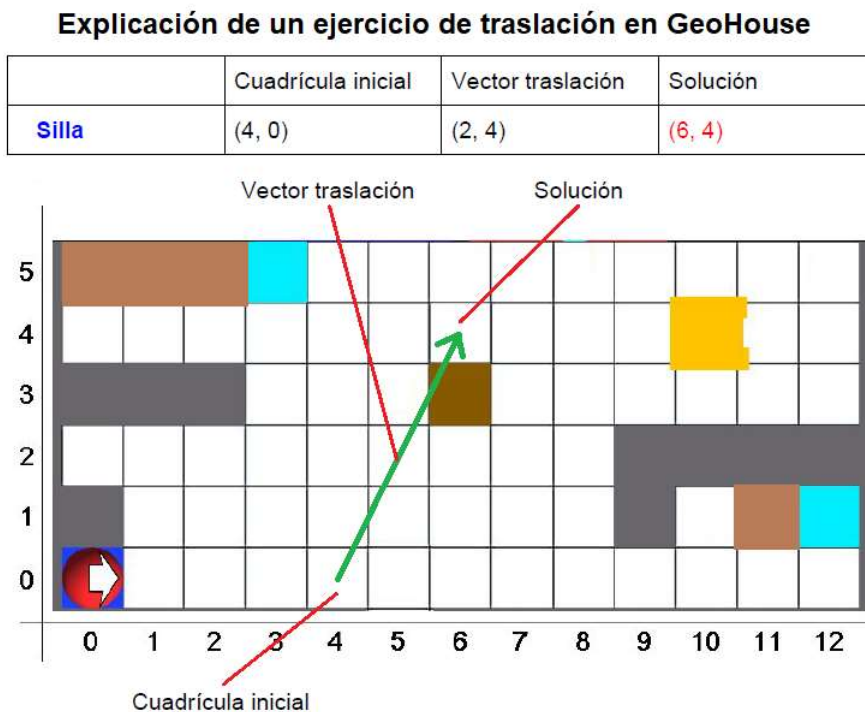


Figura 5.14: Ejemplo de cómo funciona un ejercicio de traslación en el videojuego.

Explicación de un ejercicio de rotación en GeoHouse

	Cuadrícula inicial	Cuadrícula eje	Ángulo	Solución
Silla	(1, 3)	(3, 3)	180°	(5, 3)

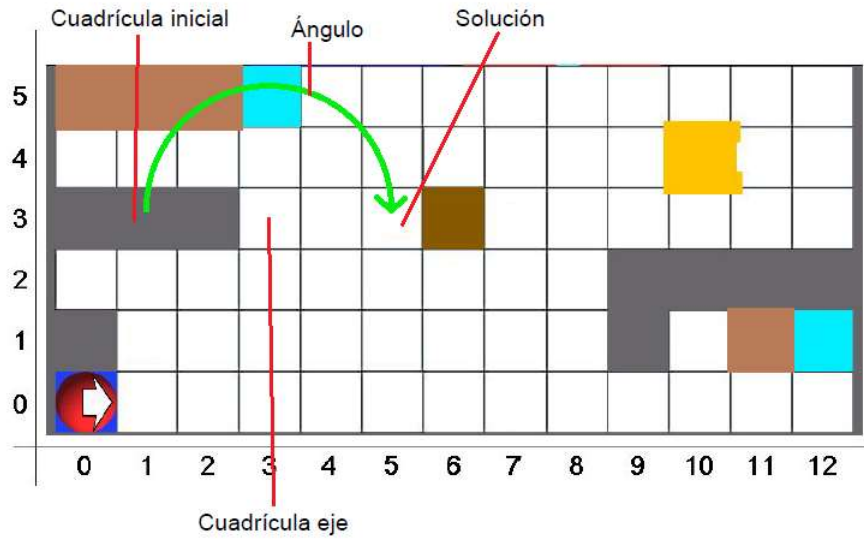


Figura 5.15: Ejemplo de cómo funciona un ejercicio de rotación en el videojuego.

Explicación de un ejercicio de reflexión en GeoHouse

	Cuadrícula inicial	Eje	Valor eje	Solución
Mesa	(10, 3)	y	2	(10, 1)

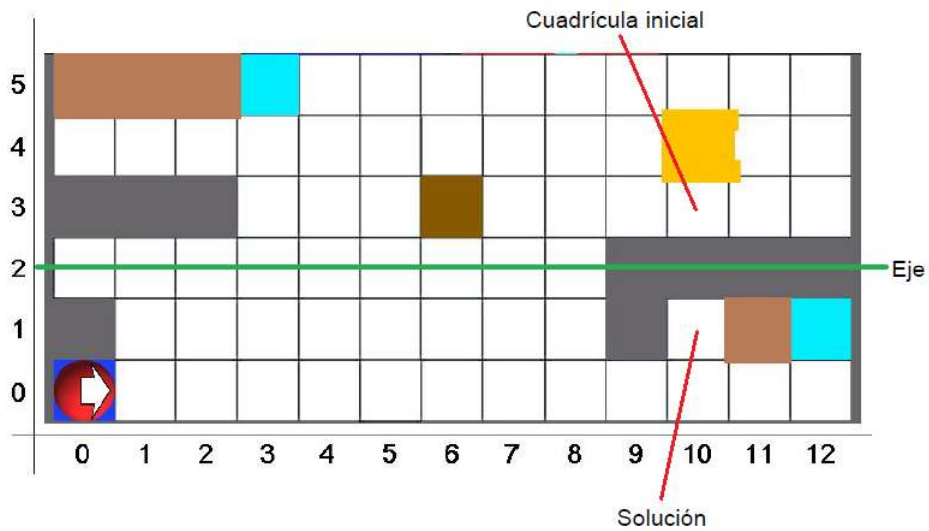


Figura 5.16: Ejemplo de cómo funciona un ejercicio de reflexión en el videojuego.

Estados

El período desde que comienza un determinado ejercicio hasta que se resuelve está dividido en estados numerados del 0 al 5. Estos estados son utilizados para poder dar instrucciones adecuadas durante el nivel de práctica, dependiendo de qué es lo que debe hacer el jugador en cada momento del ejercicio. Estas instrucciones también pueden ser accedidas en cualquier modo de juego en *Más opciones* → *Ayuda*. Los estados también son utilizados para registrar información sobre las jugadas para un posterior análisis (sistema de registro), en particular, se registra el tiempo que demora el jugador en los estados más importantes.

Los estados de un ejercicio son los siguientes:

0. **Inicio:** El jugador debe dirigirse a la entrada de la casa/piso para encontrarse con Jimmy.
1. **Objeto recibido:** El jugador debe dirigirse al mapa.
2. **Buscando en el mapa:** El jugador debe identificar la cuadrícula correcta en el mapa.
3. **Cuadrícula localizada:** El jugador debe volver a la casa (salir del mapa).
4. **Moviéndose:** El jugador debe dirigirse a la ubicación correcta.
5. **Completado:** El jugador llegó a la ubicación correcta y es momento de pasar al siguiente ejercicio o nivel.

El nivel de práctica es el único cuyos ejercicios comienzan en el estado 1, puesto que no hay objetos para mover. En el resto de los niveles, todos los ejercicios parten en el estado 0. En la figura 5.17 se muestra un esquema de las transiciones entre cada estado durante los ejercicios de un nivel de juego.

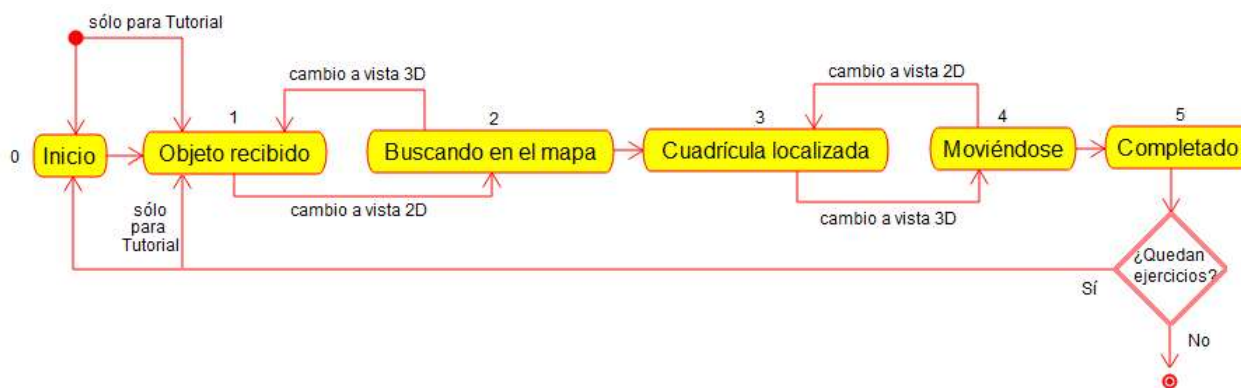


Figura 5.17: Diagrama de estados de los ejercicios de un nivel.

5.2.4. Objetos

Los objetos en este videojuego corresponden a las cosas que hay dentro de la nueva casa. Se dividen en 2 categorías: Los objetos estáticos y los no estáticos.

Los estáticos ya están en casa al comenzar a jugar y son obstáculos, al igual que las paredes. En la figura 5.18 se muestran los objetos estáticos usados en el videojuego.

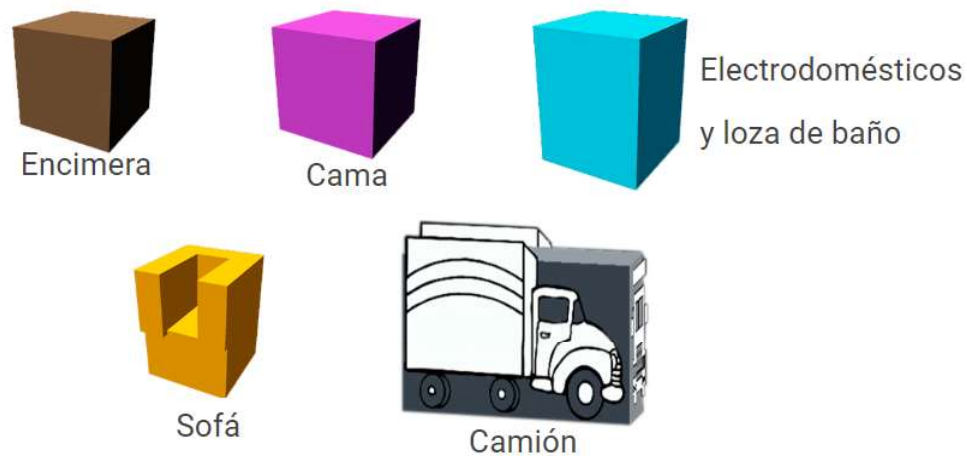


Figura 5.18: Objetos estáticos del videojuego.

Los objetos no estáticos son aquellos que el jugador debe colocar durante el juego. En la implementación actual, existen 2 tipos de objetos no estáticos: Los objetos de suelo y los objetos de pared. Los objetos de suelo, cuando se colocan en su lugar, ocupan una cuadrícula completa y pasan a ser obstáculos en la casa y detectables en el mapa. En cambio, los objetos de pared no son obstáculos y no pueden ser detectados en el mapa. En la figura 5.19 se muestran los objetos no estáticos del videojuego.

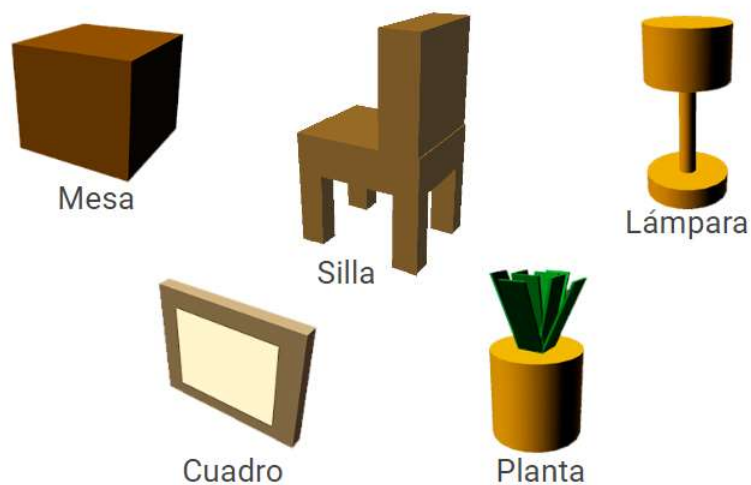


Figura 5.19: Objetos no estáticos del videojuego. Sólo el cuadro es un objeto de pared y el resto es de suelo.

5.2.5. Controles

Existen 3 tipos de interfaz en relación a la forma en cómo debe el usuario manejar el videojuego.

- **Interfaz de opciones:** Incluye el menú principal y las opciones disponibles durante el juego. El usuario debe deslizar su dedo horizontalmente por la pantalla (hacia cualquier lado) para recorrer las distintas opciones. A medida que se recorren, una voz dirá de qué se trata cada opción. Al tocar una vez una determinada opción, sonará nuevamente la voz que indica de qué se trata, y al tocarla dos veces seguidas, se selecciona dicha opción.
- **Interfaz de juego 3D:** Interfaz que permite al jugador moverse dentro de un nivel de la casa. El usuario debe deslizar su dedo horizontalmente por la pantalla para girar en 90° y verticalmente hacia arriba para avanzar un paso (un paso equivale a una cuadrícula del plano cartesiano). Además, si se toca dos veces seguidas la pantalla, se da información sobre la coordenada actual y lo que hay justo enfrente.

Estos toques y deslizamientos pueden realizarse en toda la pantalla, excepto en la parte superior. El usuario puede arrastrar su dedo por la pantalla para encontrar esta parte, la cual contiene 4 botones (para ir al mapa, para llamar a Lucy, para seleccionar una posición y para revisar más opciones).

- **Interfaz de juego 2D:** Mapa de un nivel de la casa. El usuario debe arrastrar su dedo por la pantalla para identificar, mediante sonidos y vibraciones, los distintos elementos del nivel mirados desde arriba. Cuando el jugador toca dos veces una cuadrícula, se oirán sus coordenadas y si corresponde a algún elemento particular (entrada, objeto o pared).

Al igual que en el juego 3D, se tiene una parte superior con botones análogos.

5.2.6. Voces y Música

Todas las voces del videojuego fueron grabadas por la autora de esta memoria. En particular la voz del personaje Jimmy tuvo modificaciones de altura para asemejarla a una voz masculina, lo que da un resultado muy natural.

Se eligieron pistas musicales distintas para opciones, para el juego en sí y para escenas de personajes ². De este modo, el usuario podrá identificar en qué interfaz del videojuego se encuentra en cada momento.

5.2.7. Edición de ejercicios

Adicionalmente, se incluyó un sistema de edición de ejercicios para el videojuego. Esto quiere decir que una persona (vidente, en este caso) puede modificar los argumentos de los ejercicios de traslación, rotación y reflexión, de tal manera que se pueda controlar la dificultad de estos tanto para un curso o un alumno en particular.

Los cambios sólo pueden realizarse a los argumentos de los ejercicios y no a su solución. Esto es, porque las soluciones de los ejercicios corresponden a las ubicaciones correctas de los objetos

²Las pistas musicales fueron obtenidas del sitio <https://freesound.org/search/>

de cada nivel de la casa, los cuales son fijos, de lo contrario, no sería consistente con el orden de una casa.

En la figura 5.20 se muestra un ejemplo de interfaz de edición. La estructura de estas interfaces es idéntica al documento de ejercicios adjuntado en el Anexo E, en el que las soluciones son inmutables.



Figura 5.20: Vista del editor para modificar argumentos de los ejercicios de traslación.

5.2.8. Sistema de registro

Se incluyó un sistema de registro simple que consiste en el almacenamiento de algunos datos dentro del dispositivo en donde está instalado el videojuego. En una carpeta del dispositivo se crea el archivo de texto llamado "TimeInfo.txt", el cual se va escribiendo a medida que el usuario va completando los distintos ejercicios. Los datos guardados para cada ejercicio de geometría son:

- **Fecha:** Día en que el jugador completó el ejercicio.
- **Modo de juego:** Puede ser tutorial, modo simple, traslaciones, rotaciones o reflexiones.
- **Nivel:** Puede ser 0 (tutorial), 1, 2 o 3.
- **Número de ejercicio:** Puede ser 1, 2, 3 o 4.
- **Argumentos del ejercicio:** Números o cuadrículas que dependen del tipo de ejercicio.
- **Solución:** Cuadrícula correcta del ejercicio.
- **Tiempo de llegada a la entrada:** Cuánto demora el jugador en ir a la cuadrícula (0,0) después de colocar un objeto.
- **Camino para llegar a la entrada:** Secuencia de cuadrículas pisadas para llegar al (0,0).
- **Camino antes de buscar en el mapa:** Cuadrículas pisadas antes de ir al mapa.
- **Tiempo de exploración del mapa:** Cuánto demora el jugador en encontrar la cuadrícula correcta en el mapa.

- **Número de errores en el mapa:** Cuántas veces el jugador seleccionó una cuadrícula incorrecta en el mapa.
- **Tiempo de llegada a destino:** Cuánto se demora el jugador en llegar a la cuadrícula correcta y colocar el objeto en la casa.
- **Número de errores al llegar a destino:** Cuántas veces el jugador intentó colocar un objeto en una posición equivocada.
- **Camino para llegar a destino:** Secuencia de cuadrículas pisadas para llegar a la cuadrícula correcta en la casa.
- **Tiempo total:** Período desde que el jugador recibe un nuevo objeto hasta que lo deja en su lugar correcto.

Con estos datos, un profesor podría revisar el rendimiento de un alumno en el videojuego.

5.2.9. Navegación

A continuación se muestran las interfaces visuales del videojuego, siguiendo el esquema de navegación de la figura 5.21.

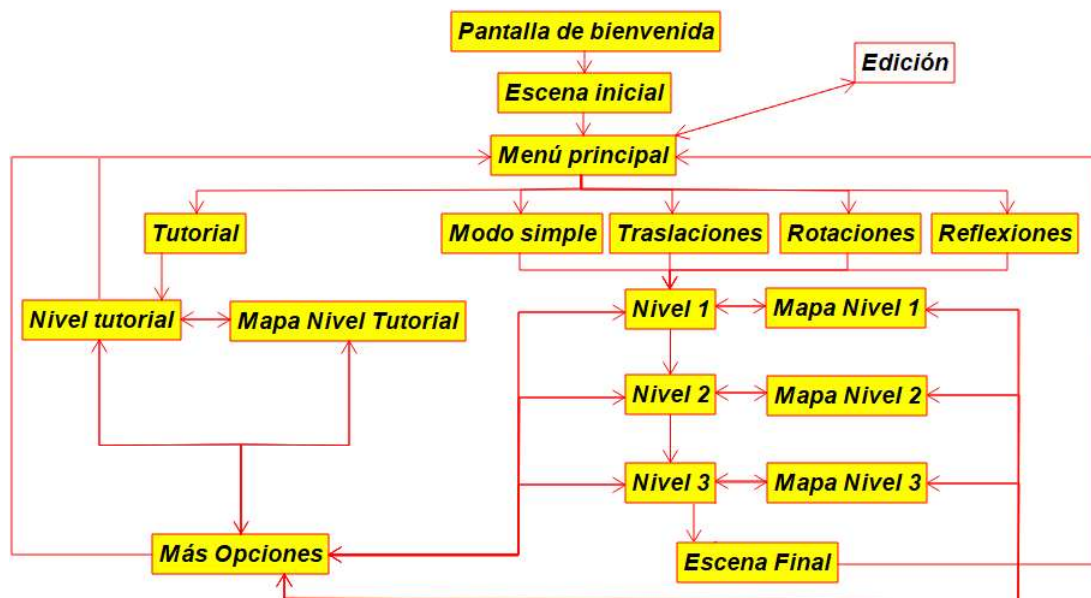


Figura 5.21: Diagrama de navegación del videojuego Geohouse.

Inicio del videojuego

Esto incluye la pantalla de bienvenida y la escena inicial (figura 5.22). Cada una de estas interfaces tiene una secuencia de voces, las cuales, al terminar, se da paso a la interfaz que sigue. No obstante, el usuario puede adelantar estos sonidos y pasar rápidamente al menú principal.

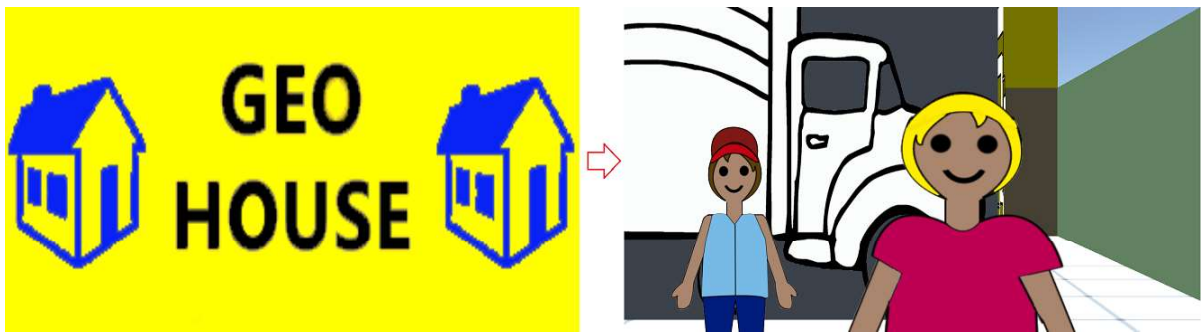


Figura 5.22: Pantalla de bienvenida a la izquierda (el videojuego pasó a llamarse GeoHouse). A la derecha se muestra la escena inicial de esta versión del videojuego.

Menú principal

Incluye los botones por los cuales el jugador deberá navegar, deslizando su dedo horizontalmente en la pantalla. Siempre se verá un sólo botón a la vez. Los botones del menú principal se muestran en la figura 5.23.

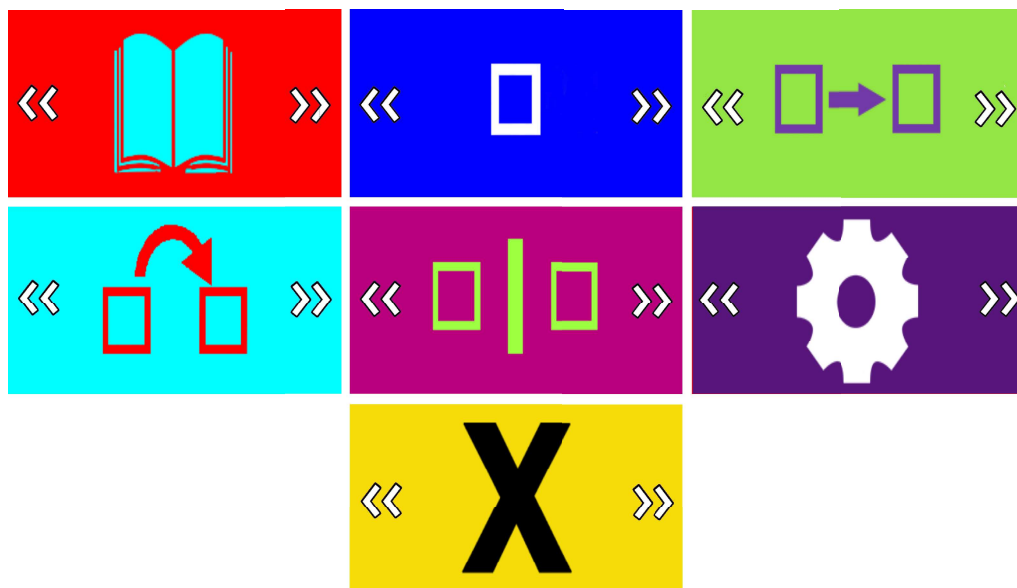


Figura 5.23: Interfaces del menú principal. Los botones son (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): Practicar, jugar Modo Simple, jugar con Traslaciones, jugar con Rotaciones, jugar con Reflexiones, configuración y salir del juego.

Niveles

En la figura 5.24 se muestra cómo luce la interfaz 3D y 2D(mapa) de un nivel en el videojuego. Los detalles del mapa para cada nivel ya fueron mostrados en la figura 5.13.

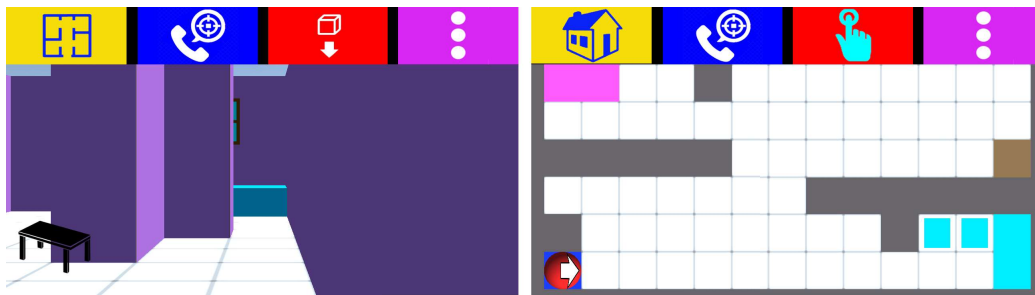


Figura 5.24: Interfaces de un nivel en el videojuego. Cuando se tiene un objeto en mano, aparece una miniatura negra del objeto en la esquina inferior izquierda de la vista 3D. En ambas vistas se tiene la barra superior con las acciones más importantes: Ir o salir del mapa, llamar a Lucy, seleccionar cuadrícula y ver “más opciones”.

Opciones

Al jugar un nivel cualquiera es posible ingresar a algunas opciones, presionando el botón “Más opciones” que muestra en pantalla interfaces similares a las del menú principal (ver figura 5.25). Se quitaron algunas opciones desde el prototipo anterior, ya que se consideraron innecesarias y serían un estorbo al navegar por el videojuego.



Figura 5.25: Opciones durante el videojuego. Al igual que en el menú principal, el usuario debe navegar por los distintos botones, deslizando su dedo horizontalmente por la pantalla. Los botones son: Volver al juego (salir de las opciones), ayuda y volver al menú principal (descartar juego actual).

Fin del juego

Al completar los 3 niveles del juego en cualquier modo aparece una escena final y un tema musical de despedida (ver figura 5.26). Luego de eso, se pasa al menú principal nuevamente.

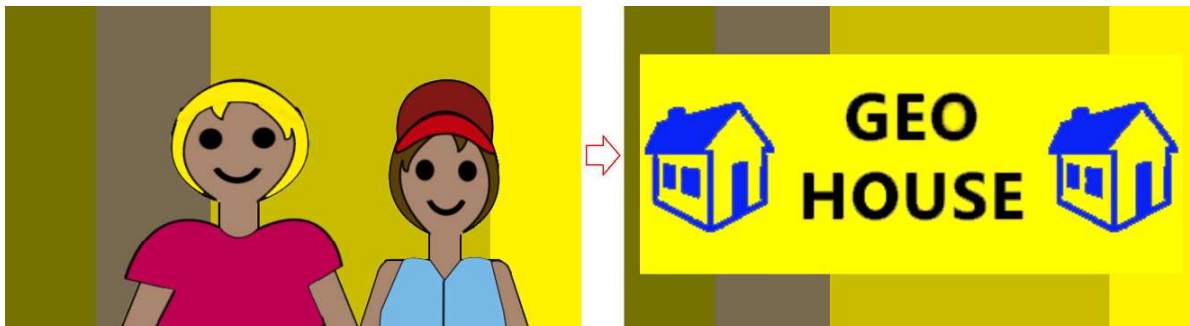


Figura 5.26: A la izquierda, la última escena de esta versión del videojuego. A la derecha, una vista final con tema musical de fondo.

5.2.10. Ajustes posteriores

Se realizaron algunos cambios al videojuego durante y después de haber evaluado su usabilidad con usuarios finales. La mayor parte de los cambios se dieron a nivel visual, puesto que los alumnos con ceguera parcial mostraron guiarse mucho por su vista y, por ende, faltó algo más de información para ellos en las imágenes del juego.

Información auditiva

Habían instrucciones que se repetían innecesariamente como, por ejemplo, “Ve a la entrada para recibir otro objeto”, o “Desliza horizontalmente tu dedo en la pantalla para cambiar de opción”. Ahora estas instrucciones suenan sólo la primera vez que el usuario realiza una determinada acción.

Algo similar sucedió con voces como “Bien, has encontrado el lugar correcto”, o “Incorrecto, sigue buscando”, las cuales ahora sólo se escuchan en el nivel de práctica, al contrario de los otros niveles, donde sólo se escucha un sonido característico.

Las voces que indican un cambio de interfaz como, por ejemplo, “estás en el mapa de la casa”, también se mantienen sólo en el nivel de práctica. En los demás niveles, sólo se escuchan sonidos distintivos, los cuales también suenan en el nivel de práctica junto con las voces, de modo que se haga la asociación correspondiente.

Por otro lado, a la información entregada al jugador cuando toca dos veces la pantalla en modo 3D, se suma la dirección hacia la cual está mirando el jugador. Esta misma información se agregó también al tocar dos veces la ubicación del jugador en el mapa 2D.

Indicadores visuales de deslizamiento

Uno de los usuarios con ceguera parcial sugirió colocar flechas que indicaran cómo realizar los deslizamientos en la pantalla, lo que finalmente se implementó.

En la vista 3D, se colocaron flechas para indicar los controles que permiten girar y avanzar en la casa. Estas flechas fueron colocadas con una menor opacidad para no entorpecer la imagen de la casa. En la figura 5.27 se muestra la vista 3D con las nuevas flechas indicadoras.

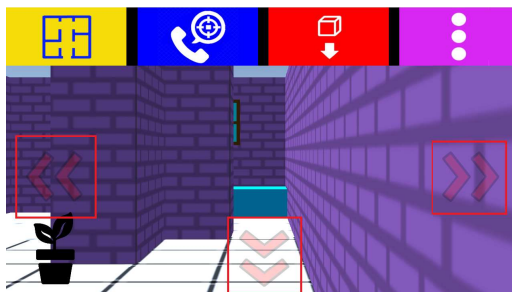


Figura 5.27: Flechas que indican cómo realizar los deslizamientos en pantalla para moverse en la casa. Se encuentran con poca opacidad en la parte central izquierda, derecha e inferior de la pantalla.

Junto con lo anterior, se añadió una flecha que señala cómo silenciar los diálogos (ver figura 5.28), ya que estos deshabilitan todas las demás acciones. De este modo, los que tienen ceguera

parcial o los profesores podrán notar que pueden saltar esos diálogos cuando no son necesarios. Adicionalmente, para aquellos que no puedan ver la flecha indicadora, se incluyó una voz al inicio del videojuego que indica cómo deslizar el dedo en la pantalla para silenciar las voces en general.

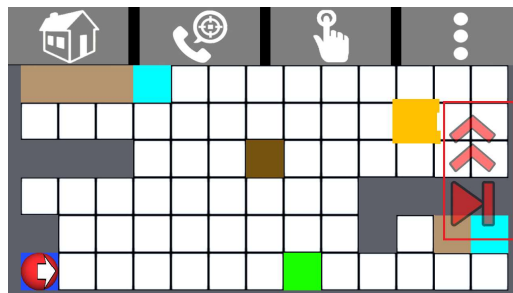


Figura 5.28: Flecha que indica cómo realizar un deslizamiento en pantalla para saltar instrucciones de voz y diálogos. Se encuentra con poca opacidad en la parte central derecha de la pantalla.

En el caso de los deslizamientos verticales, se intercambi6 la acci6n de avanzar por la de detener los diálogos, es decir, ahora se desliza hacia abajo para avanzar y hacia arriba para detener audio. Durante las pruebas de usabilidad se not6 que a los usuarios les era mucho m6s f6cil deslizar hacia abajo que hacia arriba. Adem6s, deslizar hacia abajo disminuye las posibilidades de chocar con los botones superiores, lo que no ocurrir6a al deslizar hacia arriba para detener los diálogos, puesto que los botones estar6an deshabilitados.

Visualizaci6n de deshabilitamiento de interacci6n

Se a6ade el color gris a los botones cuando se encuentran deshabilitados por una instrucci6n. Esto se aplica tanto a los botones peque6os (durante una partida) como a los grandes (men6 de opciones). En la figura 5.28 puede apreciarse c6mo lucen los botones durante una instrucci6n.

Por otro lado, se coloc6 la imagen de un reloj de arena (figura 5.29) para indicar que el usuario debe esperar a que cargue un nivel y, al mismo tiempo, que el bot6n que acaba de accionar tuvo efecto, lo que no quedaba tan claro al principio y los usuarios no sab6an realmente si hab6an logrado presionar un bot6n o no.



Figura 5.29: Imagen mostrada en la pantalla de juego cuando se espera el inicio de un nuevo nivel.

Gráficas

En respuesta a los alumnos con ceguera parcial que sí notaron que las imágenes no poseían tanto detalle, se mejoraron algunos elementos gráficos.

Se rediseñaron los personajes, cambiando el estilo de dibujo y colocando algunas sombras. En la figura 5.30 se muestra su nueva apariencia. Junto a eso, se añade también la cara de Jimmy en la cuadrícula (0, 0) del mapa para indicar que está esperando al jugador para entregarle un nuevo objeto.



Figura 5.30: Nuevo diseño de los personajes del videojuego.

Por otro lado, se añadió una textura tipo ladrillo a las paredes, lo que permite una visualización mejor de la profundidad de las habitaciones. Esto es debido a que las líneas horizontales y verticales de este tipo de textura ayudan a detectar cuando un muro está más lejos que otro y en qué dirección está colocado en la casa. En la figura 5.31 se muestra la vista 3D de los niveles del juego, usando las nuevas texturas.



Figura 5.31: Interfaces de los niveles del videojuego, usando nuevas texturas.

Los bordes de la grilla del mapa 2D se hicieron más gruesos para facilitar su visibilidad. En la figura 5.32 se aprecia esta diferencia visual.

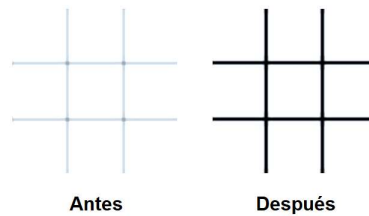


Figura 5.32: Cambio en el grosor de la grilla que visualiza las cuadrículas (baldosas) en el videojuego.

Por último, se añadió un movimiento fluido a los giros del personaje en el modo 3D. En principio, cuando el personaje giraba, la imagen vista en primera persona cambiaba inmediatamente. Ahora se ve un movimiento suave de la cámara desde el ángulo inicial hasta los 90° de giro, lo que permite a los usuarios videntes y con ceguera parcial saber hacia qué lado están girando.

5.2.11. Arquitectura de Software

Una aplicación desarrollada en Unity3D se divide en escenas, las cuales permiten separar partes importantes de la navegación en el software. Cada escena contiene una jerarquía de entidades que pueden ser físicas (que ocupan un lugar visible en el espacio) o no físicas (usadas generalmente para gestionar los acontecimientos de la escena). Cada entidad puede tener asociado uno o más componentes, entre ellos los scripts, los cuales, en este caso, corresponden a clases escritas en C#.

Cabe destacar que los scripts también pueden ser estáticos y asociarse a más de una entidad en cualquier escena, lo que permite la reutilización de muchas clases.

En este videojuego, se implementaron las siguientes escenas:

- **Inicio:** Es la escena que aparece al encender el videojuego. Contiene la cinemática inicial, en donde los personajes se presentan y contextualizan al jugador.
- **Menú:** Es el menú principal. Corresponde a una sucesión de botones en pantalla para que el usuario seleccione lo que quiere hacer.
- **Niveles:** Se tienen 4 escenas correspondientes a Nivel Tutorial, Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3. Todas tienen la misma estructura y funcionan de la misma manera, salvo por el diseño del escenario (son distintas partes de la nueva casa). El nivel tutorial, por su parte, no posee el mecanismo de colocar objetos como los demás niveles.
- **Final:** Es la escena que aparece al completar el Nivel 3 del videojuego. Consiste en una cinemática, donde los personajes felicitan al jugador por su labor en la casa.

Además, se implementaron escenas extra para cubrir la edición de ejercicios:

- **Menú de Configuración:** Escena que permite ingresar a la edición de ejercicios (pensada para incluir más funcionalidades en el futuro).
- **Selector de ejercicio:** Escena que permite elegir qué tipo de ejercicio se quiere editar.
- **Selector de nivel:** Escena que permite elegir qué nivel se quiere editar.
- **Editor:** Escena que permite editar los ejercicios de un nivel. Consiste en una especie de formulario, cuyos campos aparecerán según las opciones escogidas en las escenas anteriores.

Las escenas Nivel (tutorial, 1, 2 y 3) son las más complejas, ya que contienen todo el sistema de juego. En la figura 5.33 se muestra la jerarquía de entidades de un nivel genérico. Posteriormente se desglosa este esquema para describir algunas de sus clases asociadas.

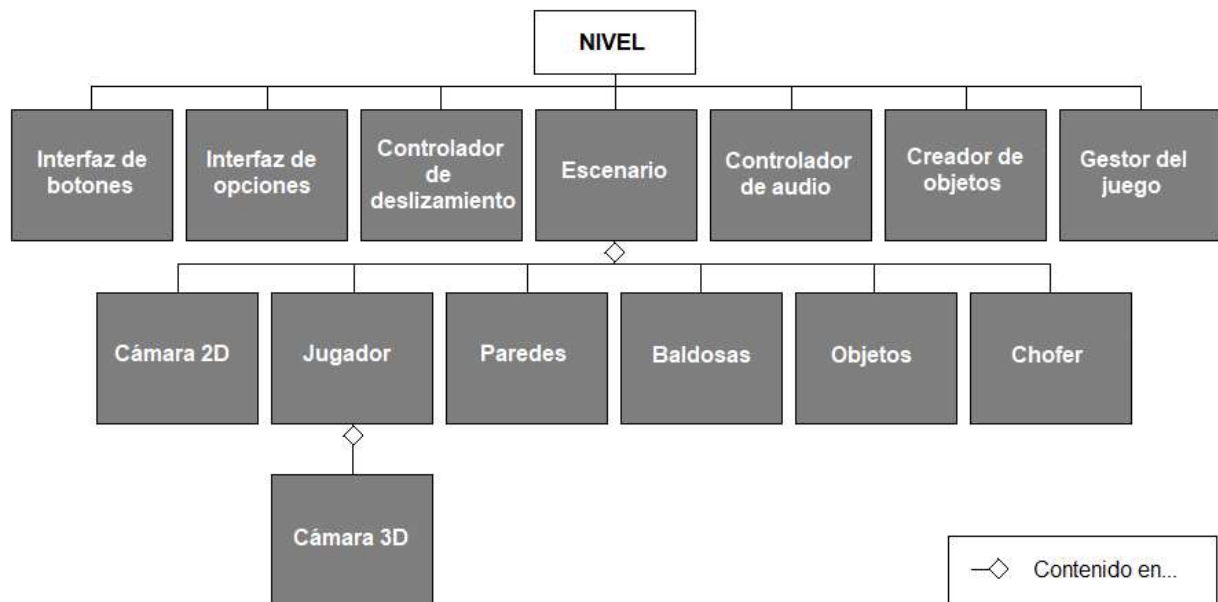


Figura 5.33: Entidades de un nivel.

Interfaces de botones y opciones

En la figura 5.34 se detallan las entidades Interfaz de Botones e Interfaz de Opciones.

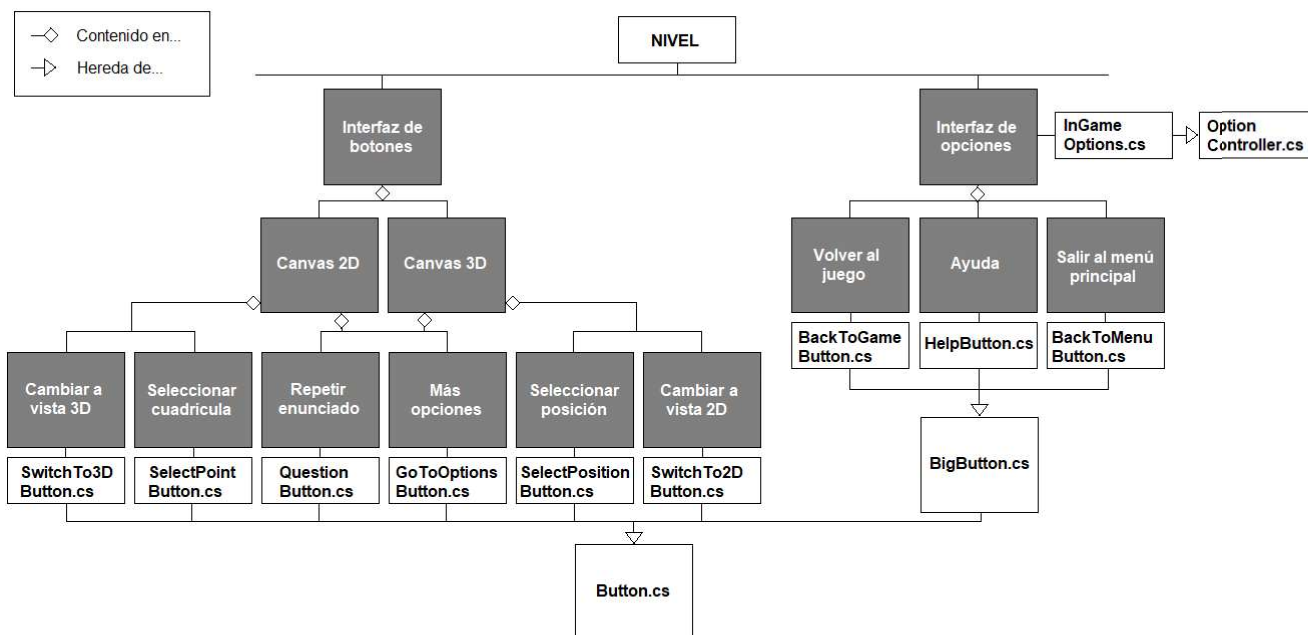


Figura 5.34: Entidades de un nivel relacionados con las interfaces de botones y opciones. Las clases que heredan directamente de `Button.cs` representan a botones pequeños que rodean la interfaz de juego, mientras que las que heredan de `BigButton.cs` representan a botones que ocupan toda la pantalla y son usados para otras opciones de juego. El menú principal también utiliza clases heredadas de `BigButton.cs`.

La interfaz de botones representa a los botones pequeños que se encuentran en la parte superior de la pantalla, mientras el usuario juega en la nueva casa. Dependiendo de si el jugador se encuentra en la vista 3D o 2D, algunos de estos botones cambian.

Por otro lado, la interfaz de opciones representa la sección que aparece luego de activar el botón pequeño “Más opciones”. Esta sección funciona de la misma manera que el menú principal, mostrando una opción a la vez a la espera de que el usuario la seleccione o deslice su dedo para pasar a la siguiente.

Los scripts más importantes de esta jerarquía son:

- **Button.cs:** Todos los botones del software heredan de esta clase. Su funcionamiento es fundamental para la usabilidad del videojuego, puesto que deben proporcionar la información necesaria para que un usuario con discapacidad visual pueda interactuar con ellos sin realizar acciones no deseadas. Los atributos más importantes de esta clase son:
 - *mainImage*: Imagen principal del botón (libre de interacción o funcionalidad)
 - *highlightedImage*: Imagen del botón al estar en contacto con el dedo del usuario.
 - *disabledImage*: Imagen del botón deshabilitado cuando se está dando una instrucción.

- *voice_button*: Sonido de voz que indica para qué es el botón. Se activa al entrar en contacto con él.
- *button_sound*: Sonido genérico de botón. Suena justo antes de la voz y se utiliza para que el usuario comprenda que el elemento en cuestión se trata efectivamente de un botón y no de otro tipo de elemento interactivo de la interfaz.

Entre los métodos de esta clase se encuentran:

- *SingleClick()*: Gatilla la activación de *button_sound* y *voice_button* al tocar una vez el botón, ya sea directamente o arrastrando el dedo hacia él.
 - *DoubleClick()*: Gatilla el evento adecuado al tocar dos veces seguidas el botón. El evento dependerá de las clases hijas de *Button*.
- **BigButton.cs**: Esta clase hereda de *Button* y representa a los botones que ocupan toda la pantalla como los usados en el menú principal y en la interfaz de opciones. Cuando el usuario cambia de una opción a otra, se activa *voice_button* al aparecer en pantalla su botón correspondiente.

Gestor del juego

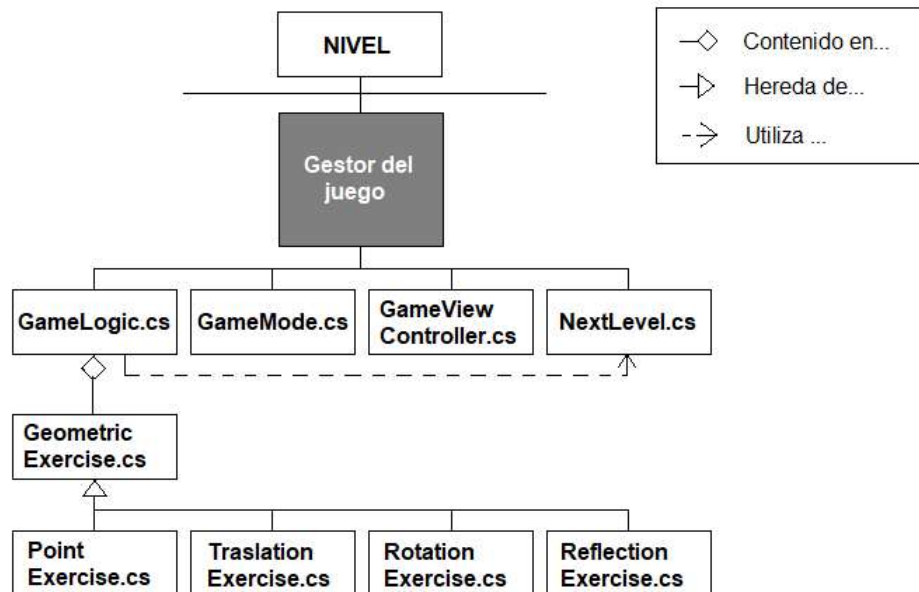


Figura 5.35: Entidad Gestor del Juego en un nivel.

En la figura 5.35 se muestra el detalle de la entidad Gestor del Juego. Sus scripts más importantes se describen a continuación:

- **GameLogic.cs:** Esta clase se encarga de controlar la secuencia de ejercicios en un nivel. Realiza los cambios de un ejercicio a otro y gatilla sus enunciados, según el estado en que se encuentre el ejercicio actual. Sus atributos principales son:
 - *level_number*: Número de nivel (Tutorial = 0, Nivel 1 = 1, etc).
 - *exercises*: Arreglo de ejercicios del nivel. El arreglo se compone de instancias de la clase *GeometricExercise* que se describe más adelante.
 - *currentExercise*: Ejercicio actual.
- **GameMode.cs:** Clase estática encargada de informar si el juego está en modo 3D, modo 2D, dentro de opciones o en medio de una instrucción de voz.
- **GameViewController.cs:** Clase encargada de realizar los cambios de interfaz dentro de un nivel. Posee métodos para cambiar de vista 2D a 3D, de vista jugable a sección de opciones y viceversa.
- **NextLevel.cs:** Clase que se ocupa de cargar la próxima escena (siguiente nivel o cinemática final).
- **GeometricExercise:** Clase que representa a un ejercicio de geometría genérico. Sus principales atributos son:
 - *Solution*: Arreglo de 2 números enteros, correspondientes a la cuadrícula en el plano cartesiano que representa la solución del ejercicio.
 - *coordinateSoundForSolution*: Solución del ejercicio traducido a voz.

Algunos métodos importantes de esta clase son:

- *IsCorrect(Voxel voxel)*: Indica si la posición de la baldosa entregada (*voxel*) corresponde o no a la solución del ejercicio.
- *PlayStatement()*: Reproduce el enunciado del ejercicio. El enunciado dependerá de las clases hijas.

Creador de objetos

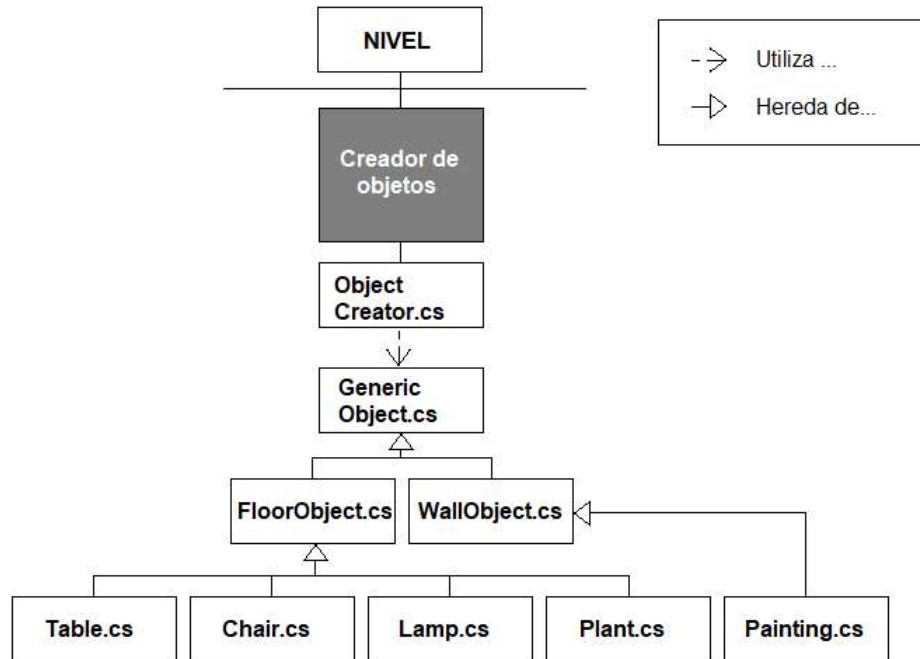


Figura 5.36: Entidad Creador de Objetos de un nivel.

En la figura 5.36 se muestra el detalle de la entidad Creador de Objetos. Los principales scripts asociados se describen a continuación:

- **ObjectCreator.cs:** Esta clase se ocupa de crear instancias de entidades en un nivel. Las entidades corresponden a los objetos que el jugador coloca dentro de la nueva casa. Sus métodos principales son:
 - *CreateHandyObject(GenericObject obj):* Este método coloca una pequeña imagen del objeto en cuestión (obj) en la parte inferior izquierda de la pantalla. Esto es para señalar que el jugador tiene un objeto en mano³.
 - *CreateStaticObject(GenericObject obj):* Este método crea una instancia del prefab del objeto (obj) y lo posiciona en el escenario de la casa (cuando el jugador deja el objeto que estaba “cargando”).
- **GenericObject.cs:** Esta clase representa a un objeto colocado por el jugador en la casa. Sus principales atributos son:
 - *sprite:* Miniatura del objeto. Se trata de un ícono representativo del objeto que es colocado en la parte inferior izquierda de la pantalla.
 - *prefabObject:* Prefab⁴ que representa al objeto.

³En un principio se colocaba el objeto mismo delante del jugador para que diera la impresión de estar cargando el objeto, pero la idea se cambió, debido a que se obstaculizaba la imagen de lo que había frente al jugador en la vista 3D.

⁴Prefab es una entidad prefabricada que puede ser creada en una escena y ser reutilizada en cualquier otra. Del

- *exerciseSolution*: Solución asociada al objeto (cuadrícula del plano cartesiano).
- *finalPosition*: Posición final que adoptará el objeto cuando es colocado en el escenario. En el caso de los objetos de suelo, *finalPosition* = *exerciseSolution*.
- *audioName*: Nombre del objeto traducido a voz

El método más importante de esta clase es *PutObject(voxel,obj)*, el cual coloca la instancia de un prefab (obj) en la posición indicada por la baldosa entregada (voxel) y *finalPosition*. Este método depende de las clases hijas.

Escenario

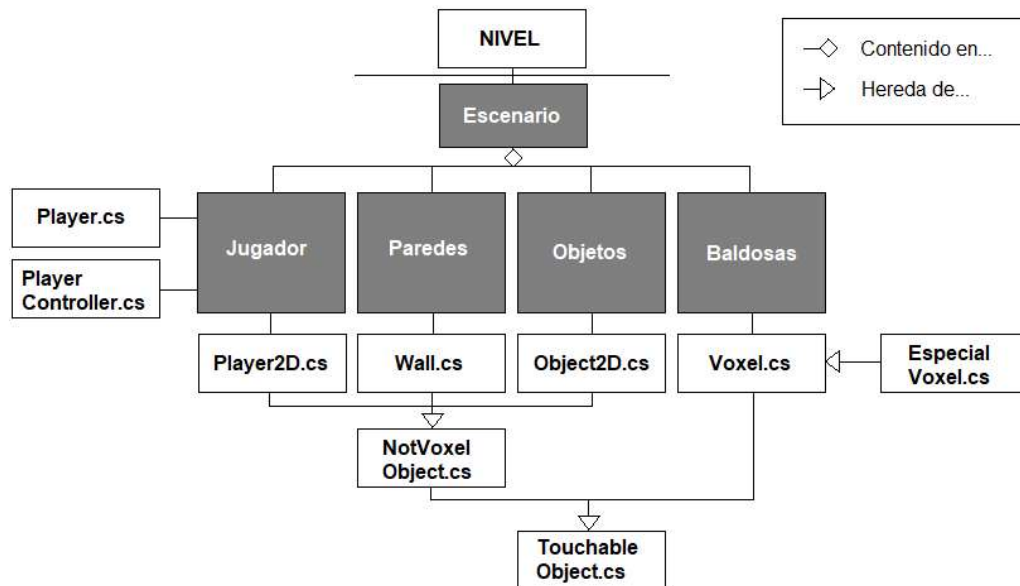


Figura 5.37: Entidad Escenario de un nivel.

En la figura 5.37 se muestra el detalle de la entidad Escenario. Los scripts asociados tiene que ver con la movilidad del jugador y los componentes del escenario como elementos tocables en el mapa (a través de la pantalla). Las clases más importantes se describen a continuación:

- **Player.cs:** Clase encargada de mover al jugador en la vista 3D (avanzar, girar y detectar obstáculos).
- **PlayerController.cs:** Clase encargada de definir qué deslizamientos en pantalla deberá realizar el usuario con el dedo para gatillar los movimientos del jugador.
- **TouchableObject.cs:** Clase que representa a un objeto tocable en el mapa. Su funcionamiento es muy similar a Button, sin embargo, Unity3D maneja de forma distinta a entidades físicas e imágenes (botones), en relación a eventos de toque, por lo que no se pudo generalizar TouchableObject y Button en una sola clase. Sus atributos importantes son:

mismo modo que se instancian objetos de una determinada clase, en Unity se instancian entidades de un prefab.

- *camera2D*: Cámara que visualiza el escenario desde arriba y que determina el espacio que el usuario puede tocar.
- *mainMaterial*: Color o textura de una entidad en su forma natural (ej: Color del suelo, de las paredes, etc).
- *highlightMaterial*: Color que adopta una entidad al ser tocada por el usuario en el mapa.

Los métodos principales de esta clase son:

- *OnDoubleContact()*: Gatilla el audio adecuado cuando el usuario toca dos veces el objeto en cuestión. Este método depende de las clases hijas.
- *OnContact()*: Gatilla audio y vibración cuando el usuario toca una vez el objeto en cuestión o pasa su dedo por él. Su implementación depende de las clases hijas.
- **NotVoxelObject.cs**: Representa a un objeto tocable que no es baldosa. Las instancias de esta clase deben tener asociada una instancia de la clase *Voxel*, que corresponde a la baldosa que se encuentra justo debajo del objeto, determinando así sus coordenadas en el plano cartesiano.
- **Voxel.cs**: Clase que representa a una baldosa del escenario. Cada baldosa es una cuadrícula del plano cartesiano y, por lo tanto, tiene asociada sus coordenadas (arreglo de 2 números enteros).

Entidades Compartidas

En la implementación de este videojuego se tienen entidades comunes a todas las escenas. En la figura 5.38 se muestran estas entidades y su asociación con scripts.

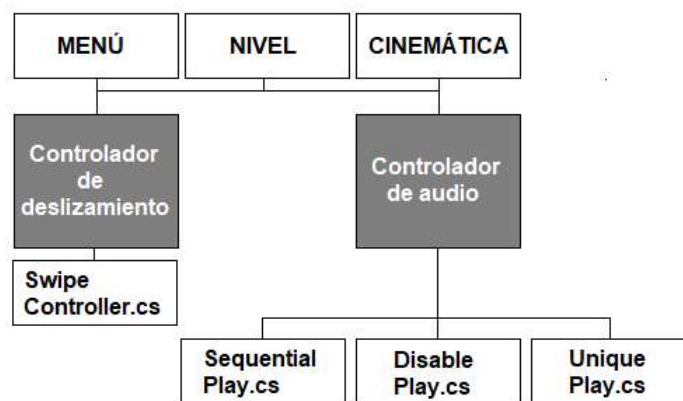


Figura 5.38: Componentes compartidos en las principales escenas (cinemática, menú y nivel).

La entidad Controlador de Deslizamiento contiene el script **SwipeController.cs**, el cual captura los deslizamientos del usuario en pantalla, determinando su dirección y actualizando variables booleanas que serán consultadas por cualquier otra clase. Las variables booleanas son *swipeUp*, *swipeDown*, *swipeRight* y *swipeLeft*.

Por otro lado, la entidad Controlador de Audio tiene 3 scripts asociados:

- **SequentialPlay.cs:** Clase estática que permite reproducir sonidos en secuencia. Se usa principalmente para unir voces que forman coordenadas.
- **DisablePlay.cs:** Clase estática que permite reproducir un sonido, deshabilitando toda funcionalidad de botones y objetos tocables en la interfaz. De esta manera, el usuario escuchará una instrucción sin realizar otras acciones en el juego que puedan acoplar más sonido y producir errores. No obstante, existe un mecanismo para adelantar una instrucción en caso de que el usuario no desee escucharla.
- **UniquePlay.cs:** Clase estática que permite reproducir un sonido, silenciando otros. Se utiliza principalmente para los botones de tal forma que cuando el usuario arrastre su dedo por varios, no se acoplen sus sonidos, sino que suene sólo el botón que el usuario está tocando en ese momento. Esta clase también permite iterar un sonido, mientras ocurre algún evento.

Datos fijos

Para guardar las soluciones y argumentos de cada ejercicio, se utilizan 2 clases estáticas:

- **SavedExercises.cs:** Clase cuyo único atributo contiene los argumentos y las soluciones de todos los ejercicios para todos los niveles. Estos datos pueden ser modificados en el editor de ejercicios implementado en el videojuego y se guardarán en el dispositivo.
- **ObjectsPerLevel.cs:** Clase cuyo único atributo contiene las instancias de GenericObject asociadas a las soluciones de los ejercicios en cada nivel del videojuego.

5.2.12. Arquitectura de Hardware

Este videojuego fue diseñado para uso personal y no se requiere de conexión a internet para utilizarlo.

La arquitectura de hardware (ver figura 5.39) consiste solamente en un teléfono móvil con sistema operativo Android que tenga instalado el videojuego (archivo con extensión .apk). El teléfono móvil debe poseer pantalla táctil, ya que esta se utiliza como interfaz de salida gráfica y sobre todo de entrada. Se recomienda el uso de auriculares para poder detectar algunos sonidos en distintos lados, como el sonido de giro a la izquierda y a la derecha, sin embargo, no es completamente necesario para desenvolverse en el juego.

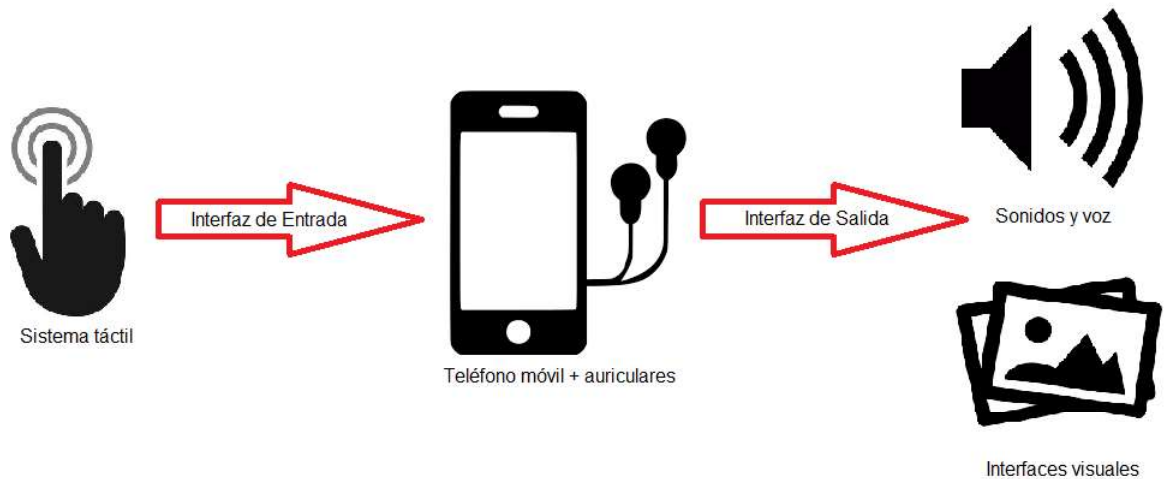


Figura 5.39: Arquitectura de Hardware del videojuego GeoHouse.

5.2.13. Justificación del diseño

El software creado en esta memoria fue diseñado para usuarios con discapacidad visual, es decir, para que las imágenes no sean necesarias para su utilización. La interfaz de salida consiste principalmente en audio y las imágenes son secundarias e incluidas para usuarios con ceguera parcial y profesores videntes.

El software es educativo y construido como videojuego para motivar el aprendizaje en los niños. En particular, se incluyen contenidos de geometría, los cuales pueden ser muy difíciles de aprender para un niño ciego.

El escenario y trama del videojuego fueron elaborados para enlazar conceptos de geometría con la vida cotidiana. El plano cartesiano puede resultar bastante abstracto para los niños durante una clase (incluso para niños videntes). Por esto, el videojuego posee un contexto que los ayudaría a entender mejor cómo aplicar esos conceptos geométricos. En particular, el videojuego hace que los usuarios pasen de vista 3D a 2D continuamente para que se entienda cómo el plano cartesiano puede representar cualquier espacio real.

Finalmente, el videojuego soporta nuevos tipos de ejercicio geométrico cuyo resultado sea una cuadrícula en el plano cartesiano. Se escogieron ejercicios de transformaciones isométricas, teniendo siempre en consideración que estos modos de juego pueden cambiar según la opinión de algunos profesores. Además, se añadió la opción extra de cambiar los argumentos de los ejercicios, de modo que un profesor pueda controlar la dificultad de cada nivel. De esta manera, el videojuego es apto y extensible para su utilización en clases de geometría con alumnos ciegos.

5.3. Presentación y análisis de resultados

5.3.1. Evaluación de Usabilidad

1. **Pauta de Observación** A continuación se presentan los resultados de la observación. Cada tarea se dividió en sub-actividades evaluadas con un “Sí”(realizado), “En parte”(no completamente realizado) o un “No”(no realizado), según el desempeño del usuario.

- (a) **Reconocimiento de Hardware:** Sólo uno de los alumnos no estaba muy acostumbrado al uso de un teléfono celular (pero sí había utilizado una tablet). En resumen, casi todos los niños estaban familiarizados con la manipulación de este tipo de dispositivo.
- (b) **Comienzo del juego:** Todos los alumnos prestaron atención a la cinemática inicial del videojuego sin realizar ningún tipo de maniobra en la pantalla del dispositivo.
- (c) **Reconocimiento de Menú Principal:** En la figura 5.40 se muestran los resultados de esta tarea.

Reconocimiento de Menú Principal

Sub-Actividad \ Sujeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Desliza su dedo horizontalmente para navegar en el menú												
Identifica la opción sugerida												
Selecciona la opción, tocando 2 veces la pantalla												

Sí
 En parte
 No
 x Sujeto ciego total

Figura 5.40: Resultados de la tarea 2: Reconocimiento de Menú Principal.

Se observa que 4 niños cumplieron en parte la sub-actividad de deslizar su dedo horizontalmente. De estos niños, los que tenían ceguera parcial presionaban primero las flechas y luego, intentaban el deslizamiento horizontal. El alumno que tenía ceguera total sí entendió la instrucción de deslizamiento, sin embargo, no tenía el dispositivo en sus manos, sino sobre la mesa, lo que no le permitió reconocer hacia qué dirección estaba deslizando su dedo y terminaba deslizando en diagonal.

Una vez que supieron cómo cambiar de opción, todos identificaron la opción sugerida (tutorial o modo simple), pero algunos no recordaban cómo seleccionarla. Otros sí recordaron tocar dos veces el botón, pero lo hicieron muy lento la primera vez y la opción no se seleccionaba.

(d) **Juego en 3D (parte 1)** En la figura 5.41 se muestran los resultados de la primera parte del juego en 3D.

Juego en 3D (parte I)

Sub-Actividad \ Sujeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Presta atención a las instrucciones al comenzar a jugar	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
No realiza maniobras en la pantalla durante las instrucciones.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Explora la pantalla, arrastrando su dedo por ella	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Identifica el botón para ir al mapa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Toca 2 veces el botón para ir al mapa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Sí
 En parte
 No
 x Sujeto ciego total

Figura 5.41: Resultados de la tarea 3: Juego en 3D (parte 1).

Algunos alumnos con ceguera parcial no recordaron lo que había que hacer, a pesar de haber escuchado las instrucciones. Puede que las voces en esta parte hayan sido muy largas o con mucha información en un sólo momento.

Durante las primeras instrucciones del tutorial, algunos niños deslizaron su dedo por la pantalla para presionar botones antes de que se silenciara la voz (lo que no les dio resultado, ya que los botones se deshabilitan durante las instrucciones). En uno de los casos, el alumno detuvo las instrucciones por accidente (pero existe una opción en el juego para volver a escucharlas).

En la exploración de la interfaz, varios usuarios hacían toques cortos en pantalla, intentando dar con el botón correcto, es decir, no arrastraban su dedo.

La mayoría de los niños identificaron el botón para dirigirse al mapa, mientras que otros necesitaron un poco más de ayuda. Al tocar ese botón dos veces, algunos alumnos con ceguera parcial lo hacían muy lentamente (como algunos casos del menú principal). Dos niños completamente ciegos solían desviar su dedo hacia abajo una vez que lo encontraban y terminaban tocando dos veces fuera del botón.

(e) **Juego en 2D:** En la figura 5.42 se muestran los resultados del juego en 2D.

Juego en 2D (mapa)												
Sub-Actividad \ Sujeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Presta atención a las instrucciones	En parte	Sí	Sí	No comenzó esta sub-actividad	Sí	En parte	Sí	Sí	En parte	En parte	En parte	Sí
No realiza maniobras en la pantalla durante las instrucciones	No	No	En parte	No comenzó esta sub-actividad	Sí	En parte	En parte	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Explora la pantalla, arrastrando su dedo por ella	En parte	Sí	En parte	No comenzó esta sub-actividad	Sí	No	En parte	En parte	En parte	Sí	Sí	Sí
Toca 2 veces las cuadrículas para saber sus coordenadas	Sí	En parte	En parte	No comenzó esta sub-actividad	Sí	No	Sí	Sí	En parte	En parte	En parte	Sí
Identifica elementos distintos en el mapa	Sí	Sí	Sí	No comenzó esta sub-actividad	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Utiliza los botones superiores	Sí	Sí	En parte	No comenzó esta sub-actividad	Sí	En parte	En parte	En parte	Sí	En parte	En parte	Sí
Navega en la sección "más opciones"	Sí	No comenzó esta sub-actividad	No comenzó esta sub-actividad	No comenzó esta sub-actividad	Sí	Sí	No comenzó esta sub-actividad	No comenzó esta sub-actividad	En parte	No comenzó esta sub-actividad	No comenzó esta sub-actividad	No comenzó esta sub-actividad
Encuentra la cuadrícula correcta a la primera	Sí	En parte	No	No comenzó esta sub-actividad	Sí	No	Sí	Sí	Sí	En parte	En parte	En parte
Vuelve a la vista 3D, tocando 2 veces el botón	Sí	Sí	En parte	No comenzó esta sub-actividad	Sí	En parte	En parte	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Sí
 En parte
 No
 No comenzó esta sub-actividad
 x Sujeto ciego total

Figura 5.42: Resultados de la tarea 4: Juego en 2D (exploración del mapa).

Un alumno se saltó las instrucciones al realizar maniobras en pantalla, lo que no le permitió escuchar todas las instrucciones. Algunos preguntaban qué había que hacer, luego de haberlas escuchado en su totalidad. Lo anterior ocurría, en general, por no comprender lo que significaba una coordenada " (x, y) ", por lo que se tuvo que dar una pequeña explicación, usando el mapa del juego como herramienta.

Al igual que con la vista 3D, algunos usuarios exploraron la pantalla antes de escuchar todas las instrucciones.

Cuando debían explorar el mapa, la mayoría de los alumnos apuntaban directamente a las cuadrículas, lo que daba buenos resultados a los que veían lo suficiente. Uno de los alumnos completamente ciegos apuntaba aleatoriamente a las cuadrículas y, luego de aconsejarle que arrastrara su dedo, lo deslizó tan rápido que no podía obtener información realmente útil del juego.

A algunos usuarios se les tuvo que recordar tocar dos veces las cuadrículas del mapa para conocer sus coordenadas.

Todos los alumnos identificaron los distintos elementos del mapa (obstáculos y cuadrícula correcta), a excepción de uno que no quiso seguir jugando, luego de escuchar las instrucciones de esta tarea.

En cuanto al uso de los botones superiores, a los alumnos con ceguera total les costaba llegar a ellos, ya que arrastraban su dedo desde abajo. A otros niños hubo que recordarles la existencia de los botones superiores, ya que no exploraban la pantalla y preguntaban cómo hacer determinada acción.

Sólo algunos niños navegaron por la sección de opciones a voluntad. Uno lo hizo por accidente, pero pudo regresar por sí mismo. No obstante, esta sub-actividad sólo se realiza si es necesario, es decir, no es obligatoria.

En general, los alumnos no demoraban mucho en encontrar la cuadrícula correcta en el mapa. El problema, en este caso, fue el hecho de que no conocían sobre plano cartesiano.

El uso del botón "Volver a la casa" fue sencillo de usar para la mayoría, a excepción de un alumno ciego total, quien tocaba dos veces el botón, pero no lo suficientemente rápido como para activarlo.

(f) **Juego en 3D (parte 2):** En la figura 5.43 se muestran los resultados de la segunda parte del juego en 3D.

Juego en 3D (parte II)

Sujeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Presta atención a las instrucciones												
No realiza maniobras en la pantalla durante las instrucciones												
Explora la pantalla, arrastrando su dedo por ella												
Avanza y gira dentro de la casa												
Utiliza los botones superiores y el doble toque en pantalla												
Navega en la sección "más opciones"												
Encuentra la posición correcta a la primera												
Vuelve a la entrada para recibir otro objeto												

Sí
 En parte
 No
 No comenzó esta sub-actividad
 x Sujeto ciego total

Figura 5.43: Resultados de la tarea 5: Juego en 3D (parte 2).

Durante las instrucciones de movimiento dentro de la casa varios usuarios comenzaron a deslizar sus dedos en pantalla, mientras seguía sonando la voz, por lo que no lograban escuchar todo lo que decía.

De modo similar al juego 3D parte 1, los usuarios no exploraban la pantalla para encontrar los botones superiores. Hubo que indicarles cómo seleccionar la posición correcta en la casa.

En general, todos aprendieron por sí solos cómo moverse dentro de la casa. Se observó que intentaron deslizar su dedo hacia abajo primero (sin resultado) y después hacia arriba, por lo que podría ser más fácil para ellos deslizar hacia abajo.

En general, los niños utilizaban el doble toque en pantalla con bastante frecuencia para saber dónde se encontraban, pero algunos no recordaban el uso de los botones superiores de la interfaz.

En la búsqueda de la posición correcta en la casa 3D, los usuarios demoraron más tiempo. Algunos volvían reiteradas veces al mapa y llegaban a la posición correcta por sí solos, pero otros tuvieron que recibir un poco de ayuda. Se observó también que algunos se guiaban por la cuadrícula verde (correcta) que se ve en el piso y no aplicaban las coordenadas para llegar a ella.

Finalmente, todos los usuarios que jugaron el modo simple entendieron cómo volver a la entrada del nivel para recibir un nuevo objeto de parte de Jimmy.

2. Cuestionario de Usuario Final para alumnos:

A continuación se presentan los resultados del Cuestionario de Usuario Final para alumnos. Este cuestionario se aplicó a los 12 niños observados, sin embargo, con uno de ellos (el sujeto 4) no hubo tiempo para completar todas las respuestas, pero sí se obtuvieron algunas. En la figura 5.44 se muestran las notas promedio de las aseveraciones correspondientes a la sección de preguntas con escala (notas del 1 al 7).

Las notas puestas por los alumnos, en general, fueron bastantes variadas. Algunos se veían bastante entusiasmados al utilizar el videojuego, mientras que otros se aburrían muy rápido, lo que se reflejaba en las notas que colocaban. Debido a lo anterior, las notas promedio son intermedias, con un promedio final de 5,5. Las notas provistas por cada sujeto de la muestra se pueden observar en los gráficos adjuntos en el Anexo J.

Las aseveraciones relativas a la dificultad y al aprendizaje (como la 4 y la 8) tienen notas más altas, lo que da a entender que el videojuego tiene una dificultad que permite mantener concentrado a un usuario durante una partida, lo que le ayudaría a aprender con un uso más prolongado de la aplicación.

Aseveración	Promedio	Número de respuestas
1.Me gusta el videojuego	5, 2	12
2.El videojuego es entretenido	5, 5	12
3.El videojuego es desafiante	5, 8	12
4.El videojuego me hace estar concentrado	6, 3	11
5.Volvería a jugar con el videojuego	5, 6	11
6.Recomendaría este videojuego a otros niños	6, 2	11
7.El videojuego me permitió entender nuevas cosas	6, 0	11
8.El videojuego tiene partes fáciles y difíciles.	6, 5	11
9.Me sentí controlando las situaciones del videojuego	5, 0	11
10.El videojuego reacciona a mis acciones	6, 4	11
11.El videojuego es fácil de utilizar	4, 6	11
12.El videojuego es motivador	4, 9	11
13.El videojuego se adapta a mi ritmo	4, 5	11
14.Me gustan los sonidos del videojuego	5, 3	11
15.Los sonidos del videojuego son claramente identificables	5, 4	11
16.Los sonidos del videojuego me transmiten información	5, 1	11
17.Me gustan las imágenes del videojuego	5, 0	9
18.Las imágenes del videojuego son claramente identificables.	4, 9	9
19.Las imágenes del videojuego me transmiten información.	5, 3	9

Figura 5.44: Nota promedio de cada aseveración del Cuestionario de Usuario Final para alumnos.

Por otro lado, los resultados de aseveraciones como la 1 o la 2, dan cuenta de que el videojuego necesita características más motivantes para los niños, ya sea en forma gráfica o auditiva. Los sonidos, por ejemplo, no tenían mucho sentido para algunos usuarios y las voces masculinas eran reconocidas como “robotizadas”. En cuanto a las imágenes, los alumnos con mayor visión detectaron la simplicidad de las gráficas y pidieron mejorarlas, aunque sí hubo niños a los que las imágenes les parecieron divertidas.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de las preguntas abiertas del Cuestionario de Usuario Final para alumnos. Las respuestas individuales de cada sujeto de prueba se adjuntan en el Anexo K:

- (a) **¿Qué te gustó del videojuego?:** El hecho de poder moverse libremente dentro de la casa fue una respuesta que se repitió en esta pregunta. Otros señalaron que les gustó la escena inicial (posterior a su rediseño gráfico). Al igual que con los resultados del cuestionario, también hubo respuestas negativas, diciendo que no les gustó nada del videojuego.
- (b) **¿Qué no te gustó del videojuego?:** A tres usuarios no les agradó el sonido y, sobre todo, la voz repetitiva con las instrucciones. A otros tres no les agradaron las imágenes "planas" del videojuego. Por otro lado, hubo un usuario al que no le gustó el juego porque no entendía los números (coordenadas) y, por ende, las instrucciones.
- (c) **¿Qué agregarías o cambiarías al videojuego?:** En este caso, las respuestas fueron variadas, pero se destacan el cambio/disminución de las voces (masculinas) y el mejoramiento de las imágenes. También hubo una sugerencia sobre colocar flechas que indiquen los deslizamientos en pantalla (lo cual se hizo en el rediseño) y otra sobre instrucciones que digan hacia dónde hay que moverse en la casa (lo que no se consideró, puesto que los niños deberían orientarse con la información de las coordenadas y puntos cardinales y no con indicaciones como "ahora gira a la derecha", "avanza 1 paso", etc).
- (d) **¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?:** Siete personas hicieron referencia al aprendizaje matemático y a la orientación. Otros dos usuarios no le hallaron ningún uso al videojuego.

3. Cuestionario de Usuario Final para profesores:

A continuación, se describen los resultados del cuestionario aplicado a 2 profesores que enseñan matemática a niños con discapacidad visual.

En las figuras 5.45 y 5.46 se muestran las notas colocadas por ellos en la sección "Preguntas con escala".

A ambos profesores les gustó el videojuego en general, aunque mencionaron que al software le faltan características lúdicas para ser más entretenido para los niños, como música y sonidos más "vivos". Coincidieron en que el videojuego es muy desafiante, los mantuvo concentrados y tiene un nivel adecuado de dificultad para sus alumnos.

Los profesores usarían el videojuego dependiendo de los contenidos y luego de ver cómo funciona en alumnos con distintos niveles de visión. En general, creyeron que los contenidos tratados en el software son pertinentes, a excepción de los ejercicios de rotación, los cuales podrían ser muy complejos todavía para los alumnos.

Como personas videntes, los profesores tuvieron dificultades para orientarse, ya que dependían mucho de las imágenes, a pesar de que las voces indicaban hacia dónde miraban. Por esta razón, no controlaban a la perfección las situaciones del juego y concluyeron que no era muy fácil de utilizar.

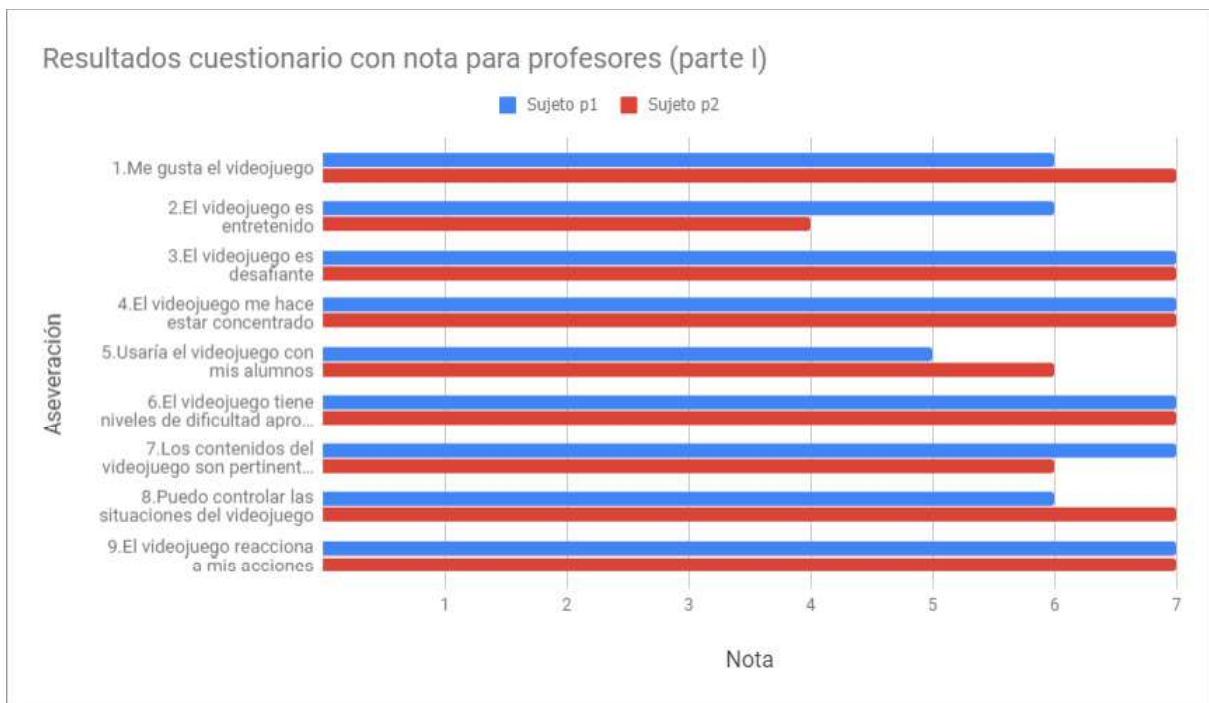


Figura 5.45: Resultados de las notas del Cuestionario de Usuario Final para profesores. Contiene las notas a las aseveraciones de la 1 a la 9.

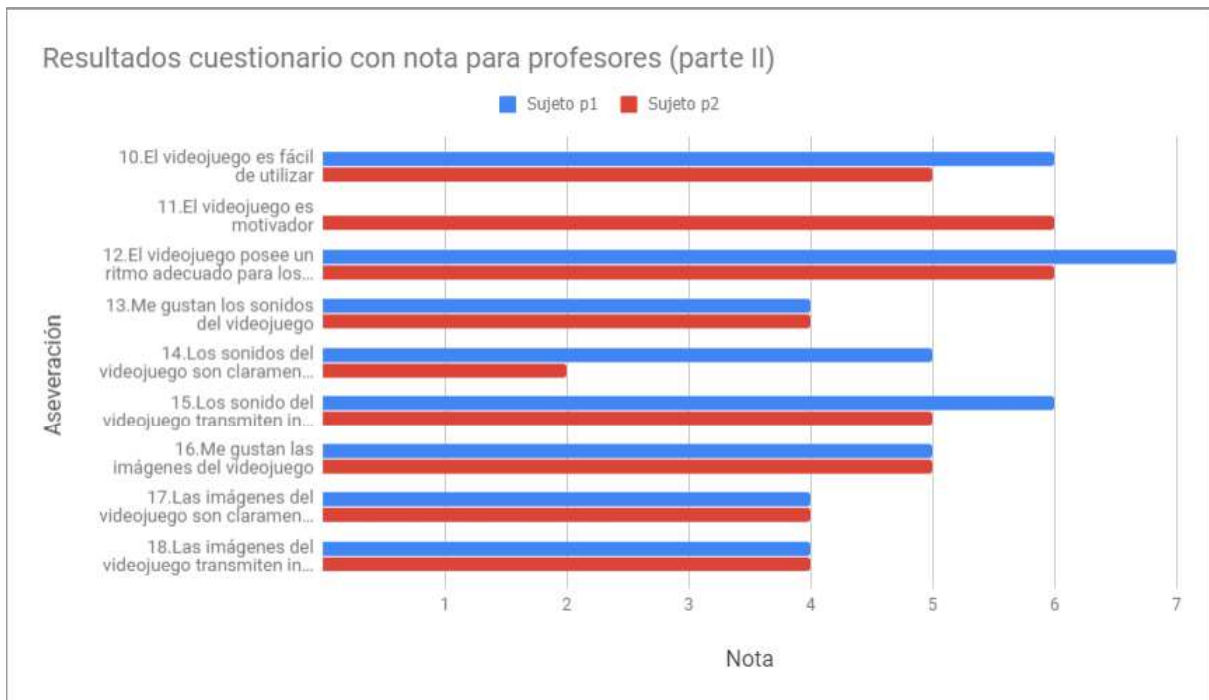


Figura 5.46: Resultados de las notas del Cuestionario de Usuario Final para profesores. Contiene las notas a las aseveraciones de la 10 a la 18.

Sujeto	P1	P2
Pregunta		
¿Qué te gustó del videojuego?	Poder moverme y si me pierdo poder ir a la cuadrícula y ubicarla	Para mí fue difícil porque es desafiante por 2 cosas: 1) Ubicarse y moverse 2) Niveles
¿Qué no te gustó del videojuego?	Los colores de las imágenes y un poco aburrida la melodía	Que sea muy abstracto, le falta más información visual y auditiva de reflexión post ejercicio.
¿Cuál crees que es el objetivo del videojuego?	Que los estudiantes practiquen y aprendan sobre diversos conceptos que pasan en matemática y que logren dominar una materia a través del juego.	1) Ayudar a la orientación en un mapa con coordenadas 2) Reforzar contenidos abordados en matemática.
¿Crees que el videojuego tiene relación con el currículum de matemáticas de 5to a 8vo básico?	Sí lo creo, ya que está dentro de los planes de estudio.	Sí, al menos en la unidad 3 "Geometría" de 8vo básico (traslaciones, reflexiones y rotación).
¿Crees que el videojuego puede incorporarse a una clase de matemáticas? Si es así ¿en qué unidades del aprendizaje usaría el videojuego?	En el plano cartesiano, en geometría de traslación, rotación, etc.	Sí, podría incorporarse como ejercicio post explicación del contenido, de forma tal que sea un reforzamiento o apoyo. Se usaría en la unidad 3 "Geometría" de 8vo básico.
¿Qué agregarías/cambiarías al videojuego?	Los colores necesitan ser revisados	1) Sonidos más representativos 2) Colores y márgenes más marcados 3) Incorporar una reflexión post ejercicio de forma gráfica y auditiva.
¿Sugiere añadir/quitar o cambiar algún tipo de ejercicio o forma de enunciarlos? ¿Cuáles?	-	Añadir y completar ciertas explicaciones en el modo práctica, por ejemplo, haciendo explícito que al tocar hacia el lado las flechas sólo se cambia la dirección y hacia abajo implica moverse.

Figura 5.47: Respuestas de los profesores a las preguntas abiertas del Cuestionario de Usuario Final.

Debido a que el videojuego no se consideró muy lúdico, uno de los profesores colocó un 6 en el aspecto de motivación (la respuesta del otro profesor fue omitida en esa aseveración) y en el gusto por los sonidos. El ritmo del juego fue calificado en general como adecuado.

Uno de los profesores indico con una nota 2 a la forma en que se identifican los sonidos, diciendo que estos eran parecidos y no sonaban lo suficientemente fuerte. Sin embargo, no fue una opinión realizada por un educador diferencial en este caso, sino por un profesor de matemáticas. Según una educadora diferencial que apoyó este trabajo de título, un usuario con ceguera tiene una mejor capacidad para diferenciar sonidos que las personas videntes.

En cuanto a las imágenes, los profesores sugirieron marcar más los bordes de murallas y baldosas, junto con mejorar el contraste de colores entre los distintos elementos de la pantalla.

En la figura 5.47 se muestran las respuestas de los profesores a las preguntas abiertas.

4. Sistema de registro:

El sistema de registro del videojuego se encontraba en desarrollo durante el período de pruebas de usabilidad. Por esta razón, no se obtuvieron datos temporales correctos de las partidas jugadas por los alumnos. Lo que sí se obtuvo durante las evaluaciones de usabilidad fueron algunos de los caminos recorridos durante el videojuego.

Como se mencionó en 5.2.8, los caminos recorridos se representan como una secuencia de cuadrículas " (x, y) ". Luego, por cada ejercicio, se rescató información textual de la forma: $(x_1, y_1)(x_2, y_2)...(x_N, y_N)$, donde N representa la última cuadrícula de ese recorrido.

Se logró registrar la información de 6 alumnos correspondientes a los sujetos 2, 3, 8, 9, 11 y 12. Los caminos se graficaron manualmente en los mapas correspondientes para su mejor visualización en este informe. Se espera que en un futuro se desarrolle una forma automática de generar estas visualizaciones y que puedan ser accedidas directamente desde el videojuego o el dispositivo. Las visualizaciones de los caminos se adjuntan en el Anexo L.

En general, cuando los niños comprendían realmente lo que debían hacer en el videojuego, no tomaron caminos muy largos para llegar a la posición correcta en la casa. Por ejemplo, uno de los registros del sujeto 9 (figura 5.48) muestra que no tuvo problemas de orientación, pero sí se encontró con obstáculos, los cuales logró rodear después de haber entendido sin ayuda lo que significaban.

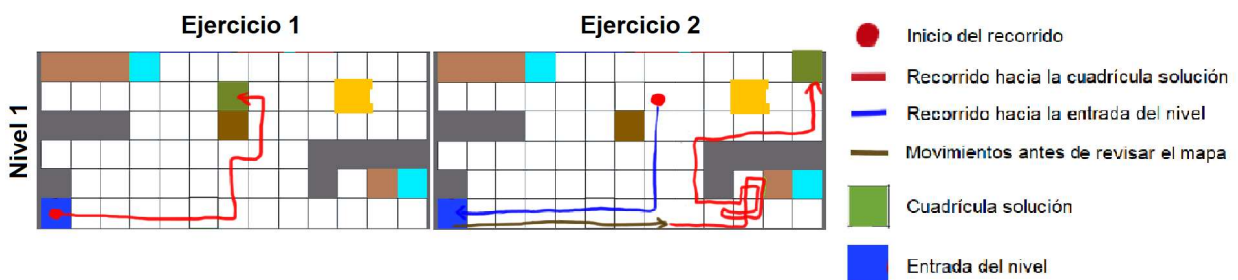


Figura 5.48: Caminos recorridos por el sujeto 9 en el nivel 1 del modo simple del juego.

Observaciones

De las evaluaciones de usabilidad, surgieron algunas observaciones generales:

- La mayoría de los alumnos acostumbra a usar dispositivos móviles. Esto les permitiría usar el videojuego por su propia cuenta (no necesariamente en la sala de clases).
- Los alumnos tienen la costumbre de realizar toques cortos en la pantalla para saber qué botones se pueden presionar. Esto no es un problema importante para niños parcialmente ciegos, pero para aquellos que no pueden valerse de las imágenes, les impide explorar la pantalla de modo que tengan una idea sobre qué lugares ya se han explorado y cuáles no. En otras palabras, un niño con ceguera total podría estar tocando muchas veces un mismo lugar de la pantalla si lo hace con toques singulares (sin arrastrar su dedo).
- Los niños totalmente ciegos deben tomar el dispositivo con las manos a la hora de utilizar el videojuego. Esto les ayudaría principalmente a controlar la dirección de sus maniobras en la pantalla y a sentir mejor las vibraciones.
- A los niños con ceguera total les cuesta mantener su dedo en una misma posición. Sucedió que este tipo de usuario encontraba un determinado botón en la interfaz y al sacar el dedo de la pantalla para realizar un doble toque, desviaba su dedo y no lograba presionar el botón que ya había encontrado. En este caso, una solución podría ser que los niños no exploren la pantalla con el dedo desde la parte inferior o central, sino que identifiquen el borde superior del dispositivo y deslicen desde allí.
- Los niños con ceguera parcial dependen mucho de su vista (como las personas videntes) al utilizar el dispositivo y no prestan real atención a las instrucciones.
- Varios de los alumnos no sabían sobre plano cartesiano. Por esta razón, algunos se aburrían un poco por no entender lo que estaban haciendo, incluso con una pequeña explicación previa.

Durante y después de las evaluaciones de usabilidad, se fueron realizando los ajustes del videojuego descritos en 5.2.10 antes de comenzar con las evaluaciones de impacto.

5.3.2. Evaluación de impacto

1. Pre y post evaluación

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de conocimientos geométricos y de representación mental aplicada a los alumnos antes y después de las sesiones de juego.

Se aprecia en las figuras 5.49 y 5.50 que hay una notable mejora en los conocimientos geométricos de los alumnos. En el caso de los alumnos de 5to básico (sujetos I2, I4, I5, I6, I9 e I10) los resultados pueden estar afectados por la unidad de geometría dictada por los profesores durante el período de sesiones de juego. Esto quiere decir que el aprendizaje obtenido por estos niños está influenciado tanto por el videojuego como por las clases de matemáticas. No obstante, el resto de los alumnos participantes (sujetos I1, I3 e I7) mostró una mejoría muy similar sin haber comenzado dichos contenidos en el aula.

Resultados finales de la evaluación de impacto

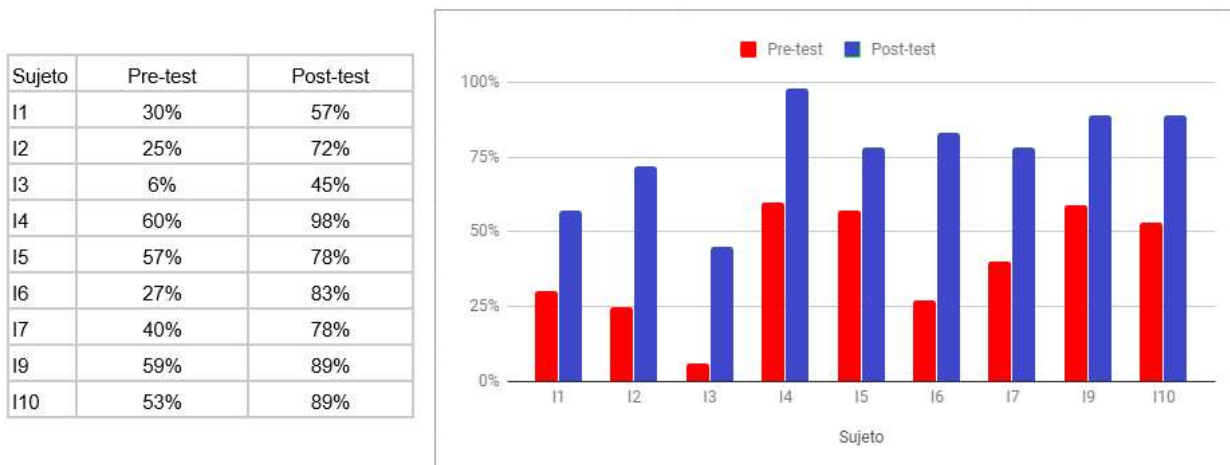
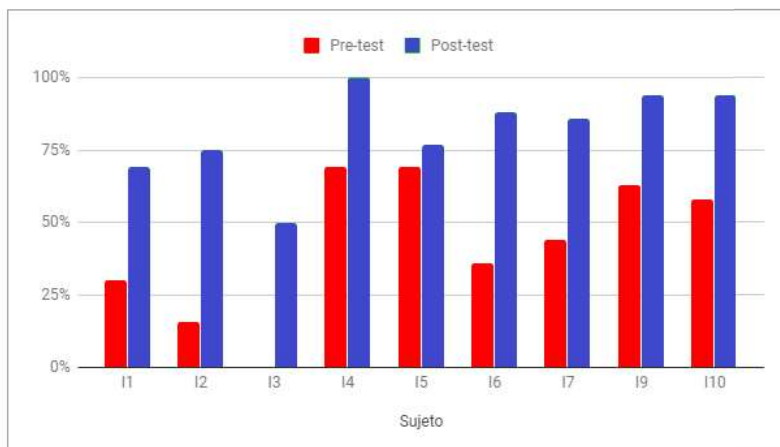


Figura 5.49: Resultados finales de la evaluación de impacto.

Resultados de la evaluación de impacto por ítem

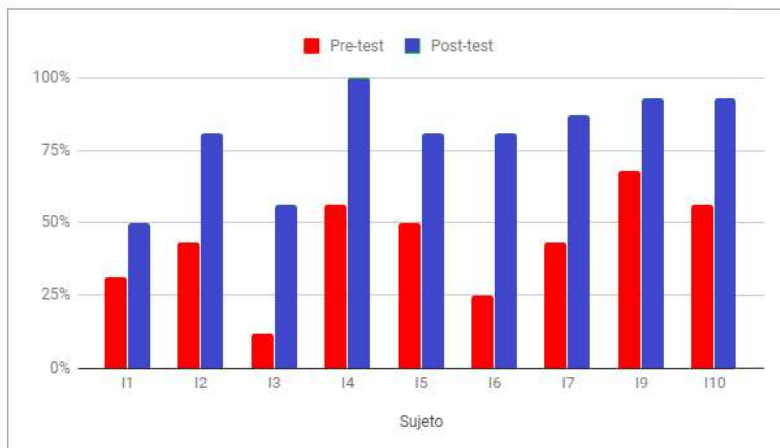
Resultados de Conceptos y Habilidades de Geometría

Sujeto	Pre-test	Post-test
I1	30%	69%
I2	16%	75%
I3	0%	50%
I4	69%	100%
I5	69%	77%
I6	36%	88%
I7	44%	86%
I9	63%	94%
I10	58%	94%



Resultados de Mapas Mentales

Sujeto	Pre-test	Post-test
I1	31%	50%
I2	43%	81%
I3	12%	56%
I4	56%	100%
I5	50%	81%
I6	25%	81%
I7	43%	87%
I9	68%	93%
I10	56%	93%



Resultados Razonamiento Espacial

Sujeto	Pre-test	Post-test
I1	28%	35%
I2	28%	57%
I3	14%	21%
I4	42%	98%
I5	35%	78%
I6	7%	71%
I7	28%	50%
I9	35%	71%
I10	35%	71%

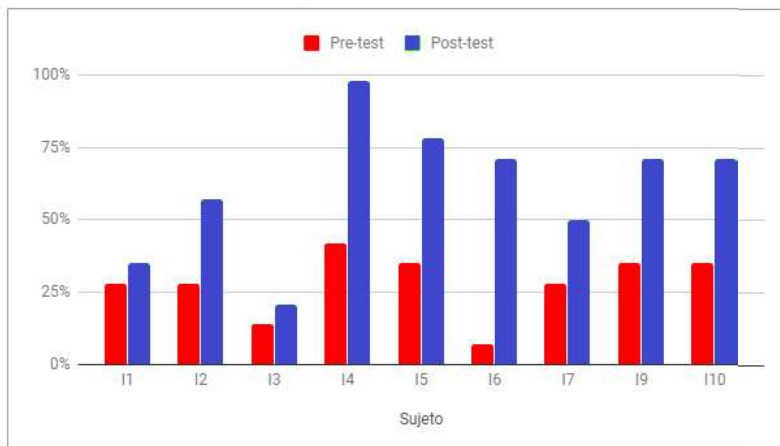


Figura 5.50: Resultados de la evaluación de impacto por ítem.

2. Sistema de Registro

Durante las sesiones de impacto, se pudo notar que a algunos alumnos les acomodaba realizar las distintas acciones del juego en un orden distinto a lo planeado, en particular, algunos se movían en la casa 3D y después seleccionaban las cuadrículas en el mapa. Esto generó inconsistencias en algunos tiempos registrados en el sistema como el período de exploración del mapa.

El *tiempo de exploración del mapa* abarca desde que se enuncia el ejercicio hasta que se encuentra la cuadrícula correcta en el mapa. No obstante, esto no quiere decir necesariamente que el jugador demore ese tiempo en encontrar dicha cuadrícula en el mapa, ya que un usuario podría desplazarse a la posición correcta en la casa (moviéndose en 3D) antes de ir al mapa 2D, por lo que el *tiempo de exploración del mapa* incluirá el tiempo de recorrido 3D más el tiempo que demore el jugador en seleccionar la cuadrícula correcta en el mapa 2D. Si ocurre lo anterior, entonces el *tiempo de llegada a destino* sería sólo el tiempo que demore el jugador en seleccionar su posición actual en el modo 3D, puesto que su actual posición ya es la correcta (ha llegado allí antes de encontrarla en el mapa).

Por esta razón, el sistema de registro debe ser corregido en el futuro para que sus datos reflejen realmente lo que se pretende saber de las partidas.

Los datos que sí mantienen su significado, independiente del estilo de juego del usuario, es el *tiempo total* del ejercicio y el *tiempo de llegada a la entrada*. El *tiempo total* es el período desde que se enuncia el ejercicio hasta que se selecciona la posición correcta en la casa 3D. La figura 5.51 muestra los resultados correspondientes a la segunda sesión de impacto (modo simple del videojuego), la cual contiene los resultados más confiables, debido a que en dicha sesión, los alumnos jugaron de manera más fluida (otras sesiones registraron mayores tiempos debido a que los usuarios necesitaban algunas explicaciones mientras jugaban y eso alteró los respectivos datos temporales).

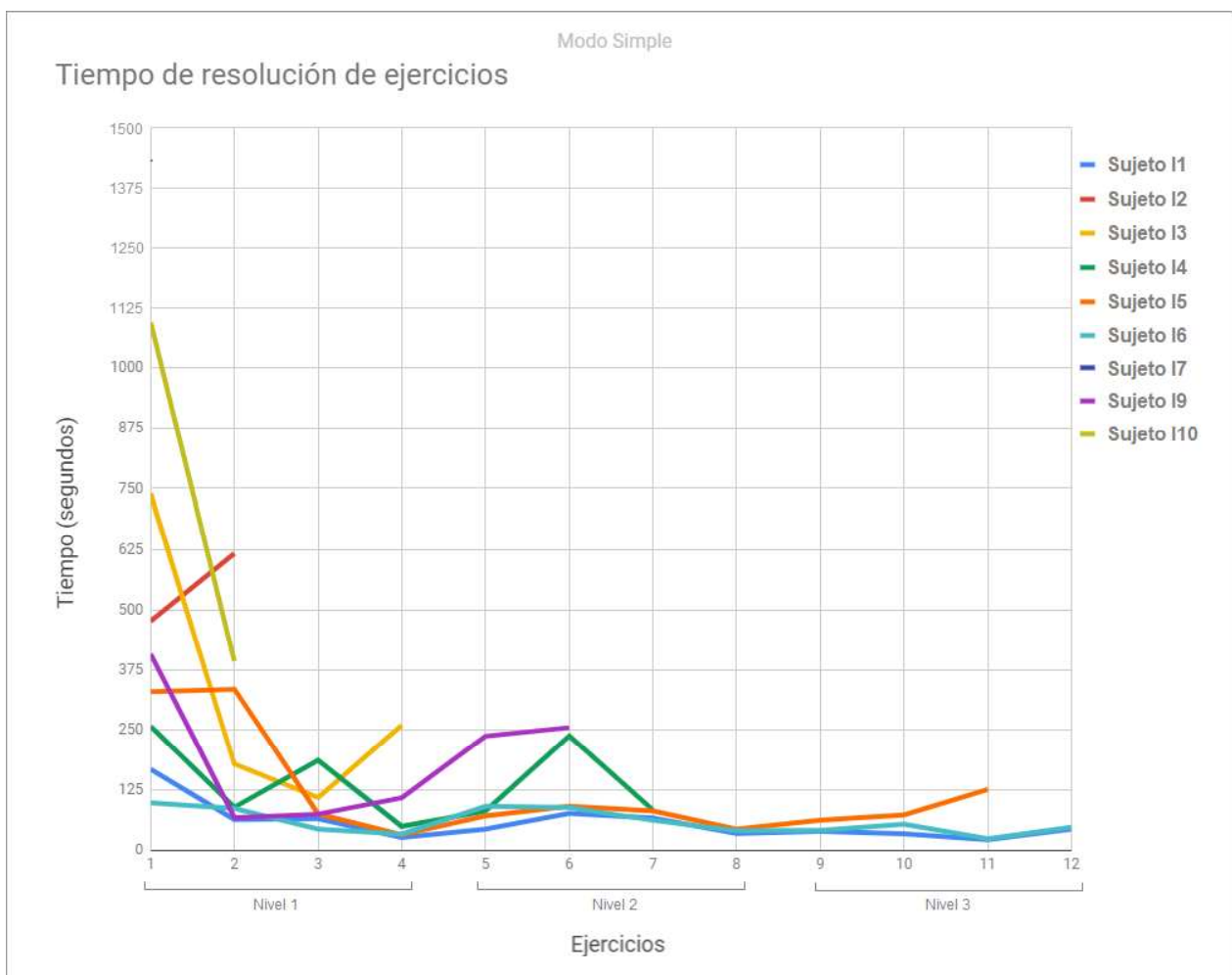


Figura 5.51: Tiempo total de los ejercicios del Modo Simple para cada sujeto participante de la evaluación de impacto.

Por otra parte, el *tiempo de llegada a la entrada* es lo que el jugador demora en dirigirse a la entrada de un nivel (cuadrícula (0,0)) para recibir un nuevo objeto. La figura 5.52 muestra estos resultados para cada sujeto en todas las oportunidades (el jugador debe dirigirse a la entrada antes de comenzar cada ejercicio, a excepción del primero de un nivel, donde el jugador comienza allí).

En ambas figuras se observa que en el primer ejercicio, en general, los tiempos fueron un poco más altos que los demás, puesto que los alumnos recién comenzaban a recordar cómo usar el videojuego (aprendido en el nivel tutorial). También se puede apreciar el hecho lógico de que, considerando que existía un tiempo límite para jugar, los niños que más rápido realizaban los ejercicios (como los sujetos I1, I5 e I6) hicieron un mayor número de éstos, mientras que los alumnos que demoraron más (como los sujetos I2, I7 e I10) avanzaron menos en el juego.

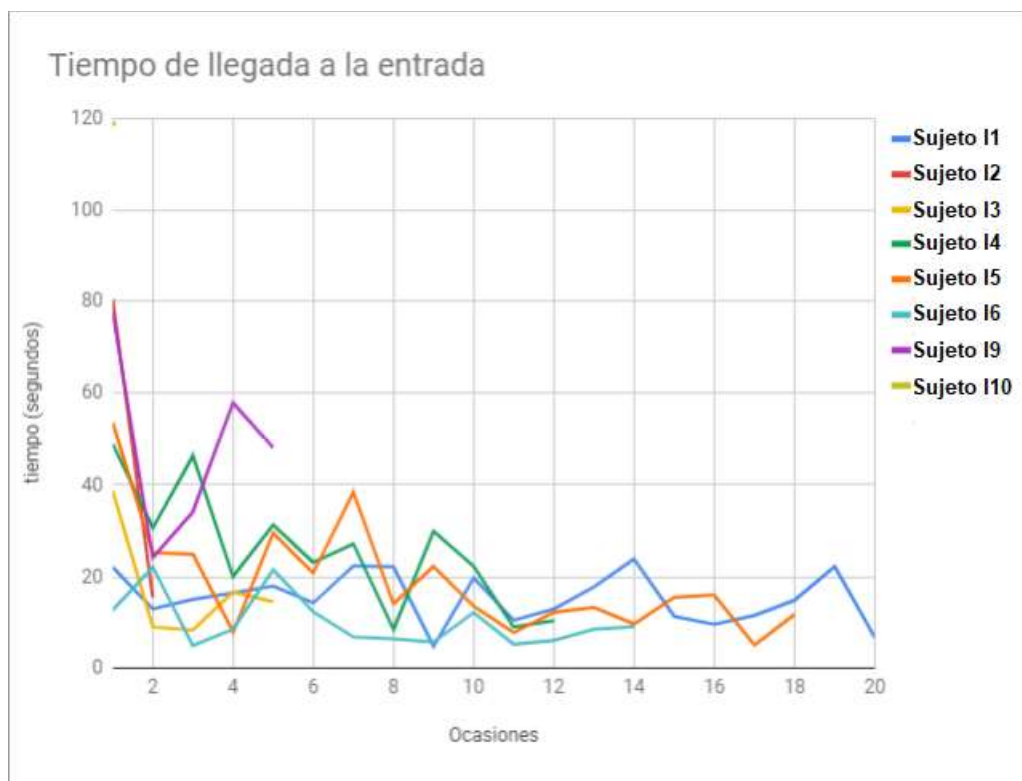


Figura 5.52: Tiempo de llegada a la entrada en cada oportunidad para cada sujeto participante.

También se obtuvieron los caminos seguidos por los alumnos al recorrer la casa 3D. En la figuras 5.53 - 5.61 se muestran los caminos recorridos de cada alumno en el videojuego. Por simplicidad, se muestran los resultados del primer piso de la casa, lo que corresponde al nivel 1 del juego en las sesiones 2, 3 y 4, el cual fue jugado al menos una vez por todos los niños que participaron de la evaluación de impacto.

Las trayectorias registradas no tienen que ver con el modo de juego (simple, traslaciones o reflexiones), ya que el ejercicio geométrico se resuelve para encontrar la cuadrícula a la cual el jugador debe llegar y, una vez que la ubica, se debe dirigir a ella desde la entrada del nivel (independiente de cómo haya descubierto dicha cuadrícula).

El desempeño general de los alumnos al recorrer la casa 3D fue bastante variado. Estas diferencias no tendrían que ver con el nivel de visión de los niños, puesto que el alumno I9 (ciego total) no presentó tantas dificultades en comparación con otros que tenían una mayor visión. Se aprecia que hubo mejoras en la trayectoria de los alumnos I2 e I5, terminando las sesiones con caminos más directos que al comienzo.

Recorridos del sujeto I1 en el primer piso de la casa (nivel 1)

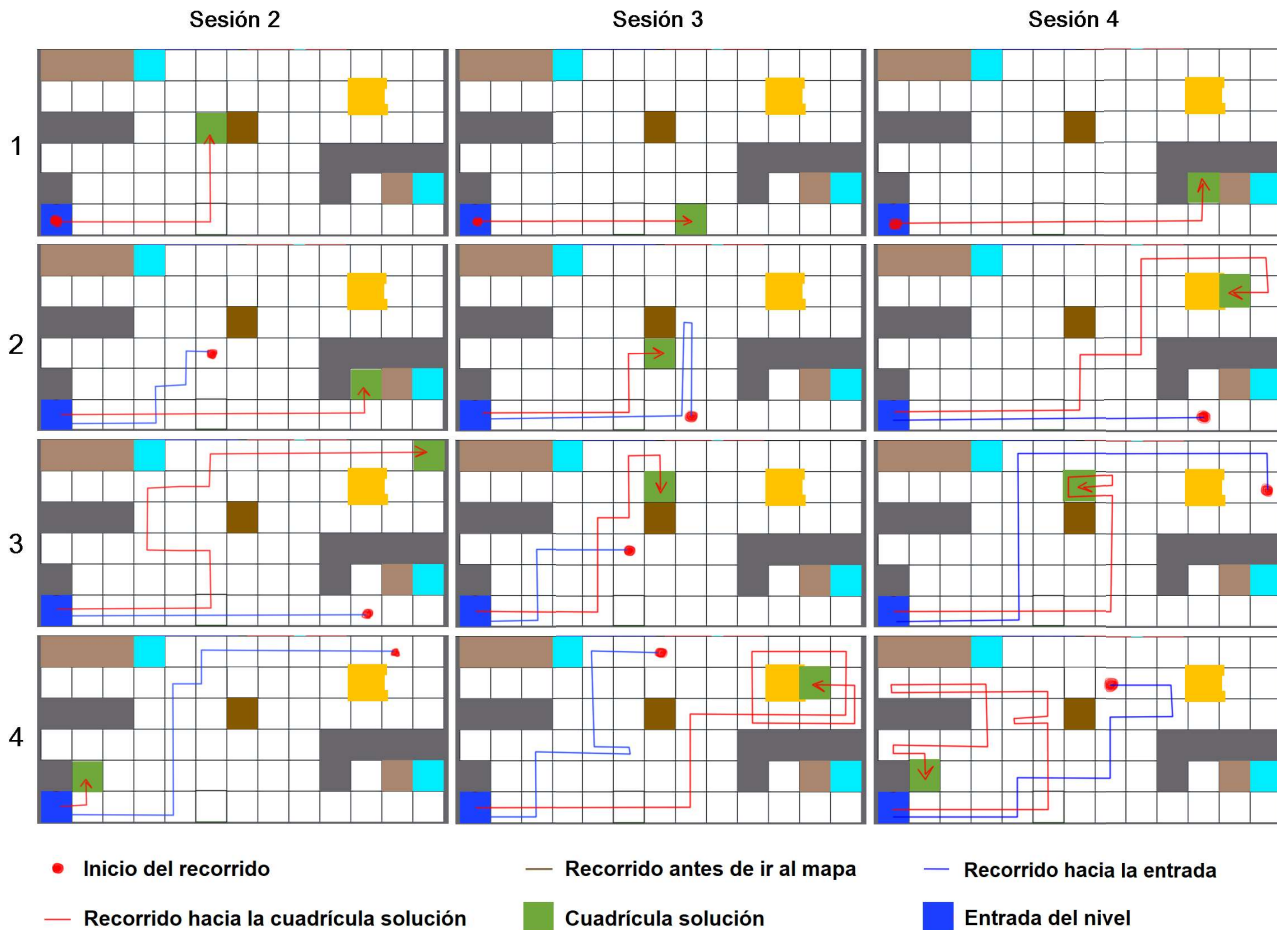


Figura 5.53: Caminos recorridos por el sujeto I1 en el primer nivel del videojuego.

Recorridos del sujeto I2 en el primer piso de la casa (nivel 1)

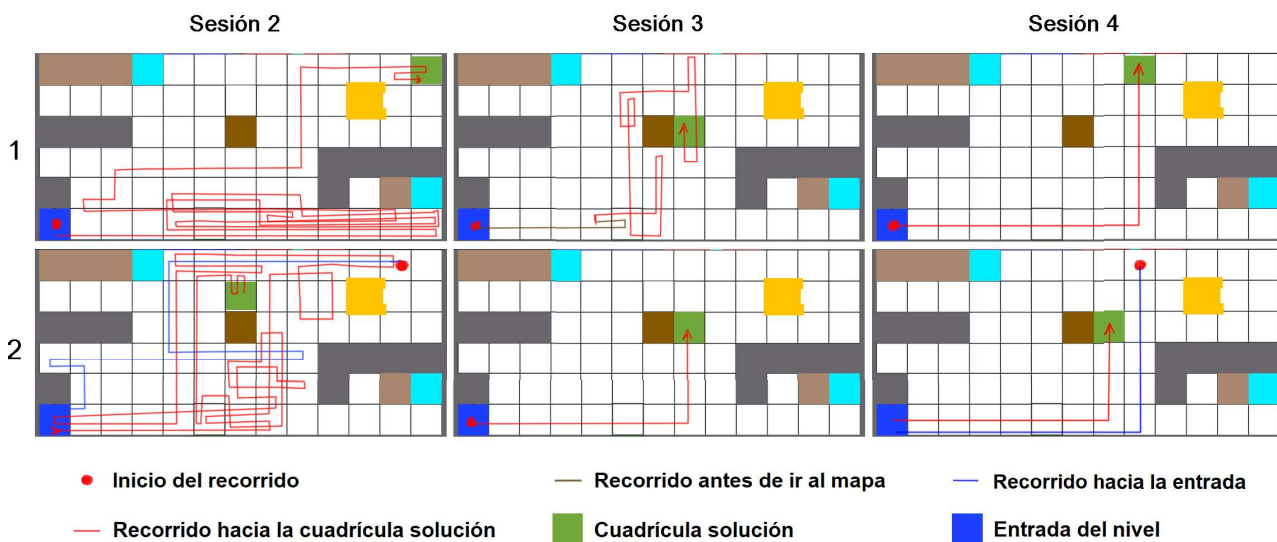


Figura 5.54: Caminos recorridos por el sujeto I2 en el primer nivel del videojuego. Se observa una notable mejora en la orientación desde la segunda hasta la última sesión.

Recorridos del sujeto I3 en el primer piso de la casa (nivel 1)

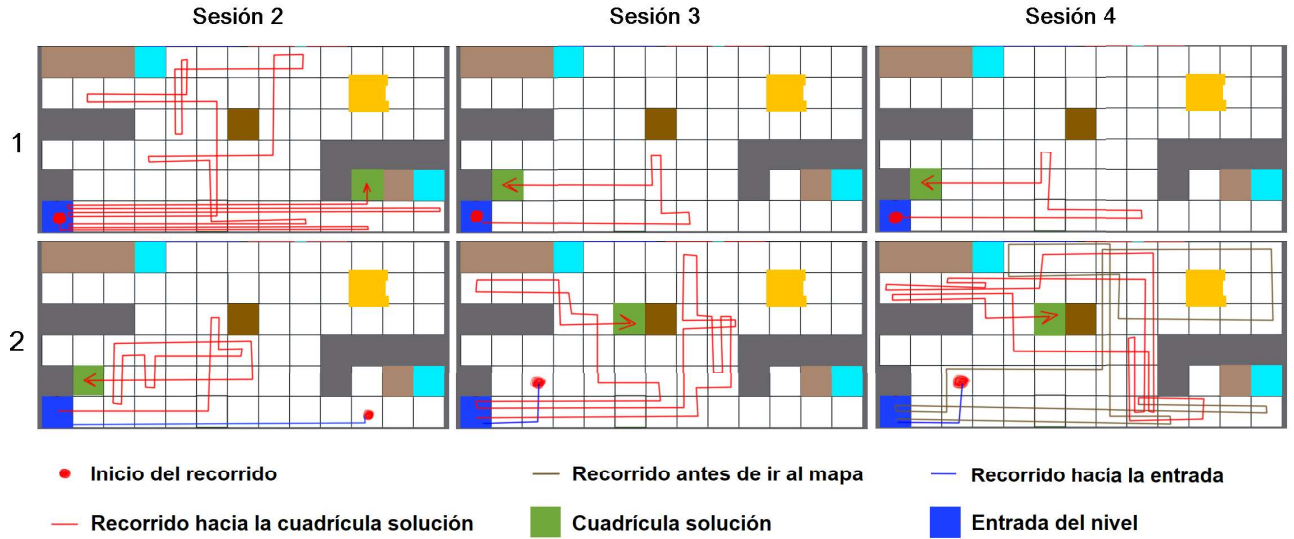


Figura 5.55: Caminos recorridos por el sujeto I3 en el primer nivel del videojuego.

Recorridos del sujeto I4 en el primer piso de la casa (nivel 1)

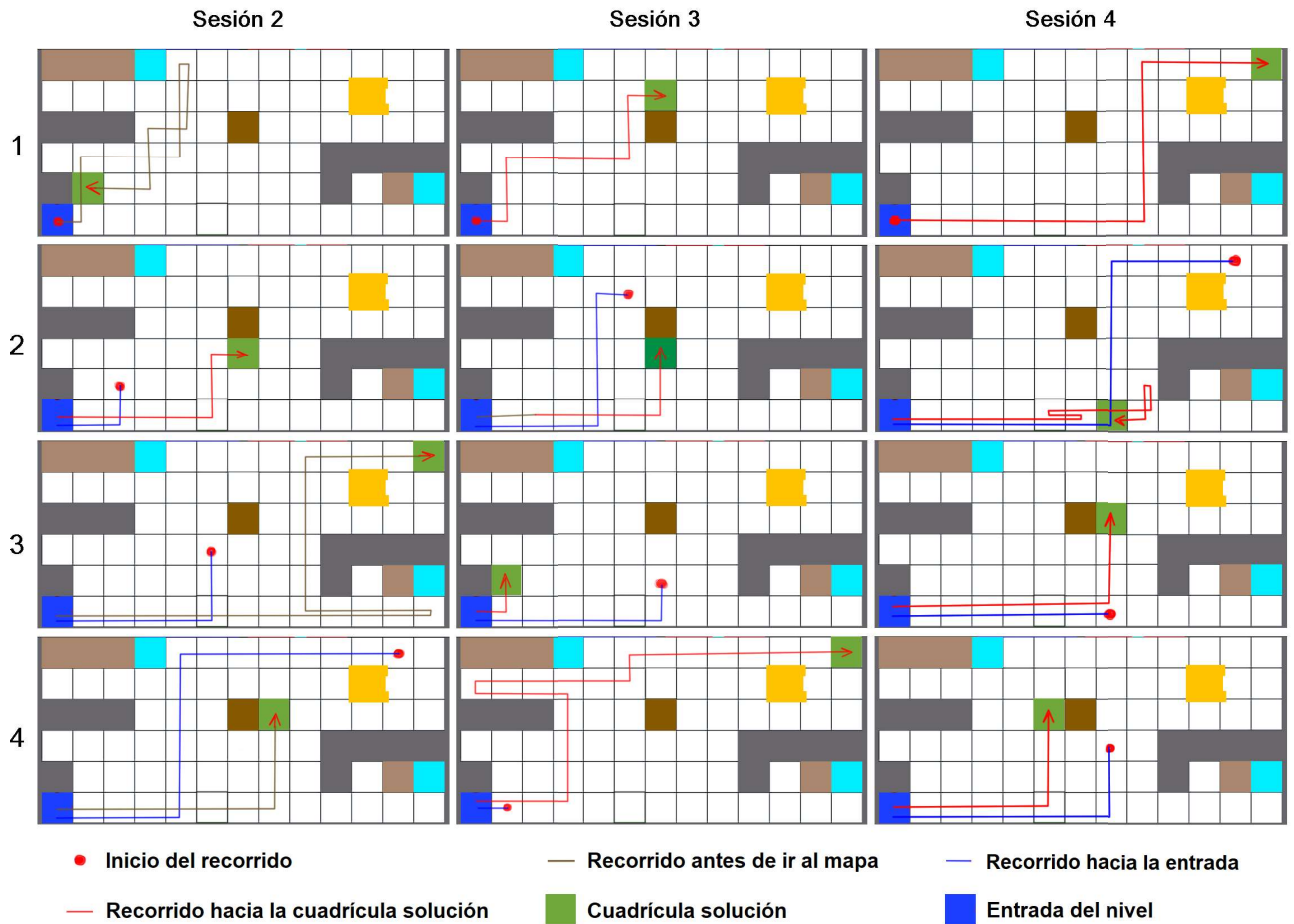


Figura 5.56: Caminos recorridos por el sujeto I4 en el primer nivel del videojuego.

Recorridos del sujeto I5 en el primer piso de la casa (nivel 1)

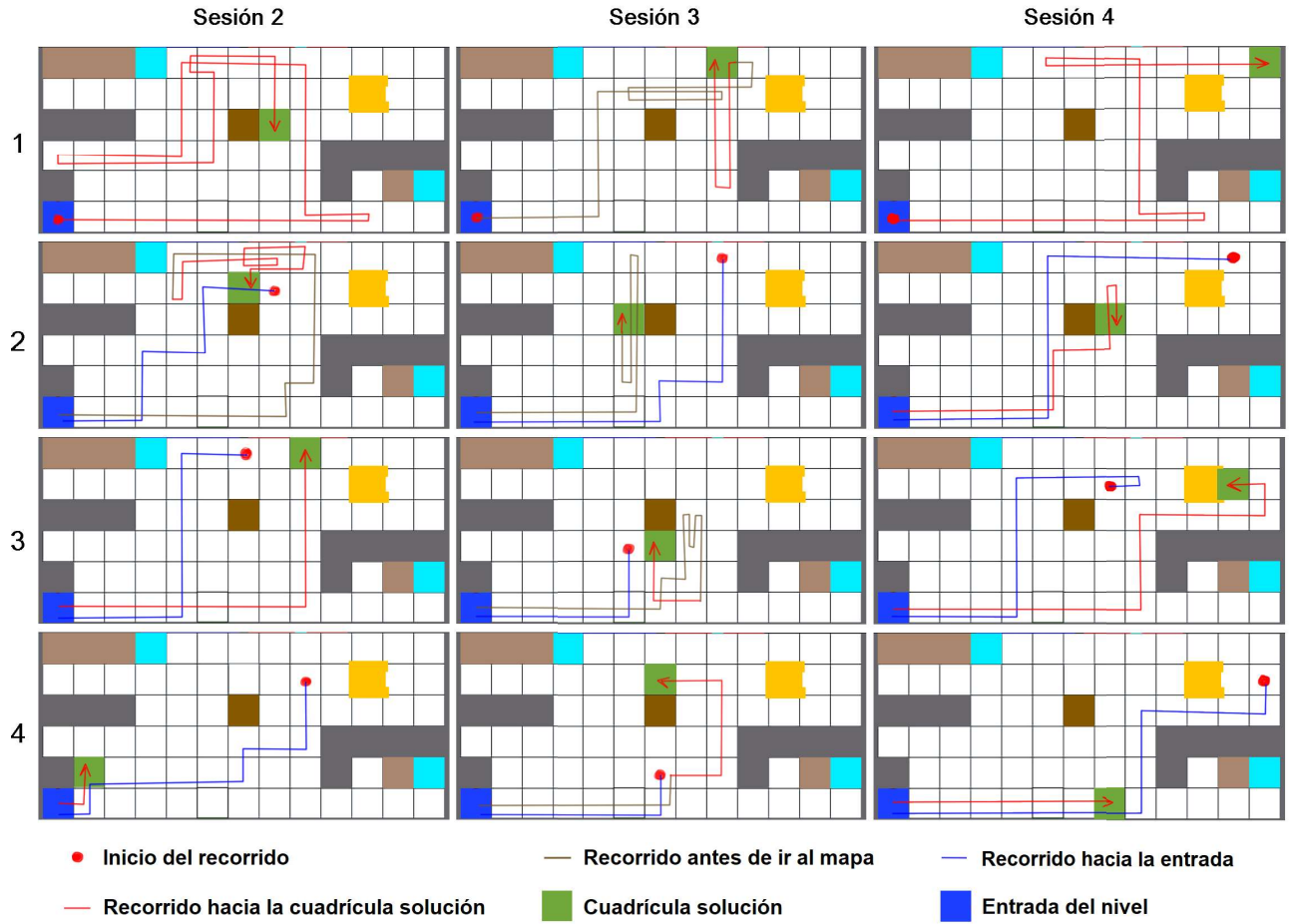


Figura 5.57: Caminos recorridos por el sujeto I5 en el primer nivel del videojuego.

Recorridos del sujeto I6 en el primer piso de la casa (nivel 1)

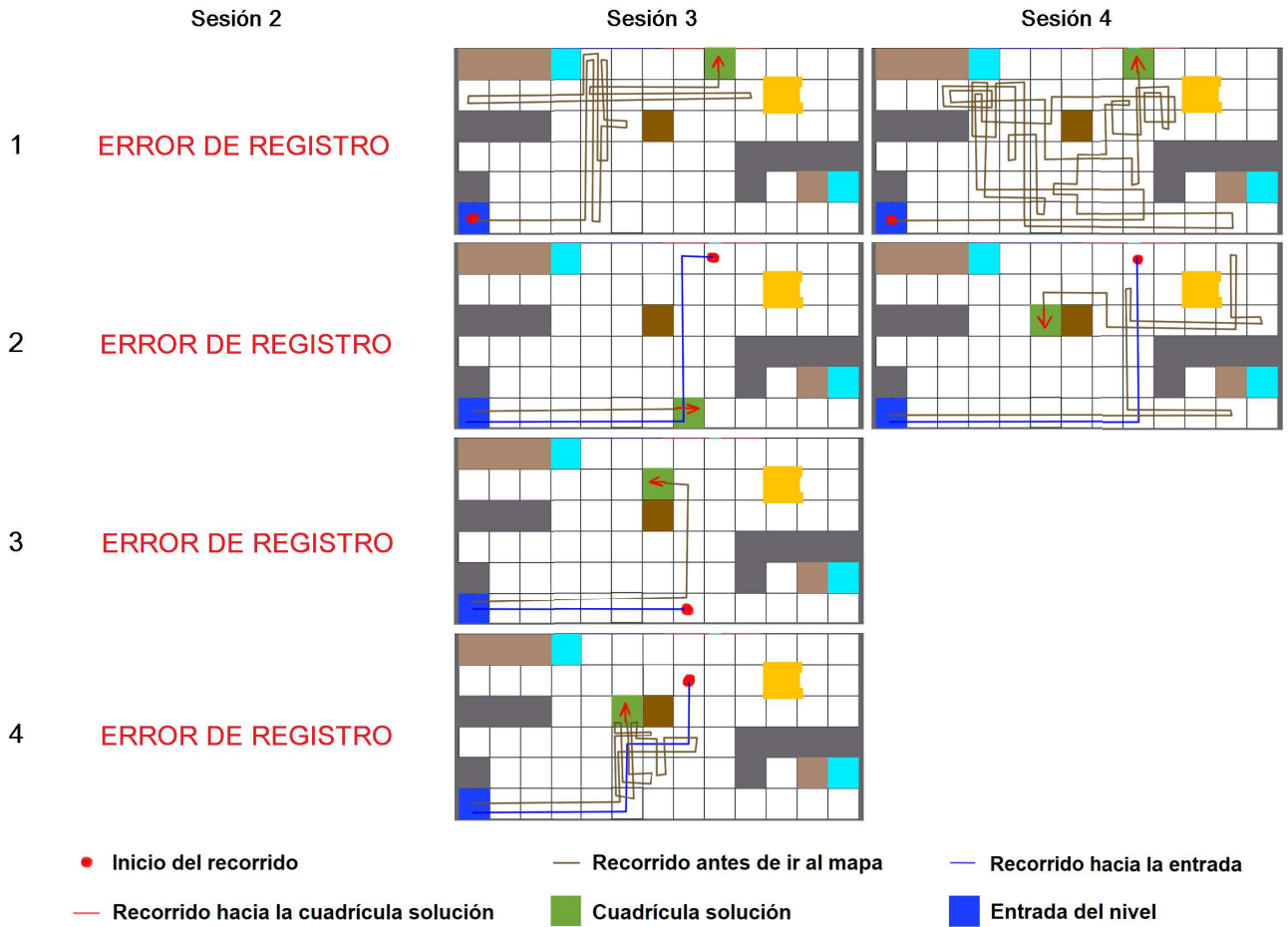


Figura 5.58: Caminos recorridos por el sujeto I6 en el primer nivel del videojuego. Por un descuido no se logró rescatar la información de la primera sesión.

Recorridos del sujeto I7 en el primer piso de la casa (nivel 1)

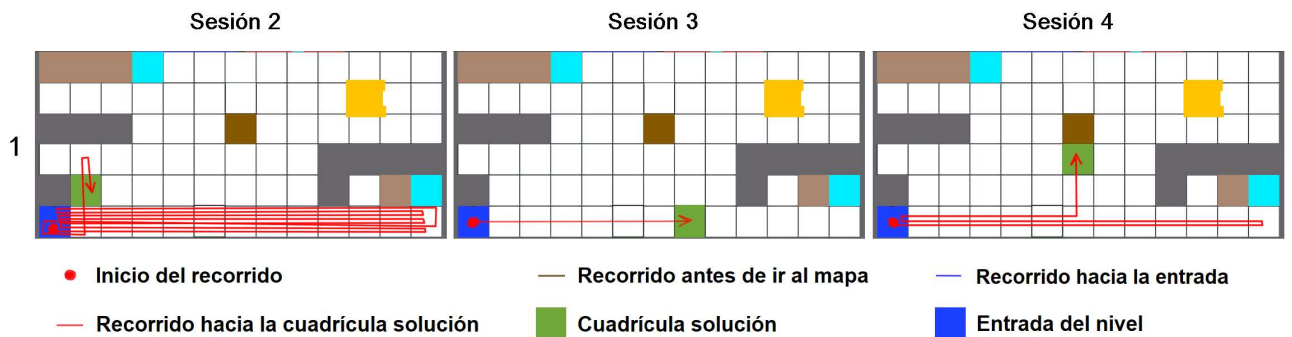


Figura 5.59: Caminos recorridos por el sujeto I7 en el primer nivel del videojuego.

Recorridos del sujeto I9 en el primer piso de la casa (nivel 1)

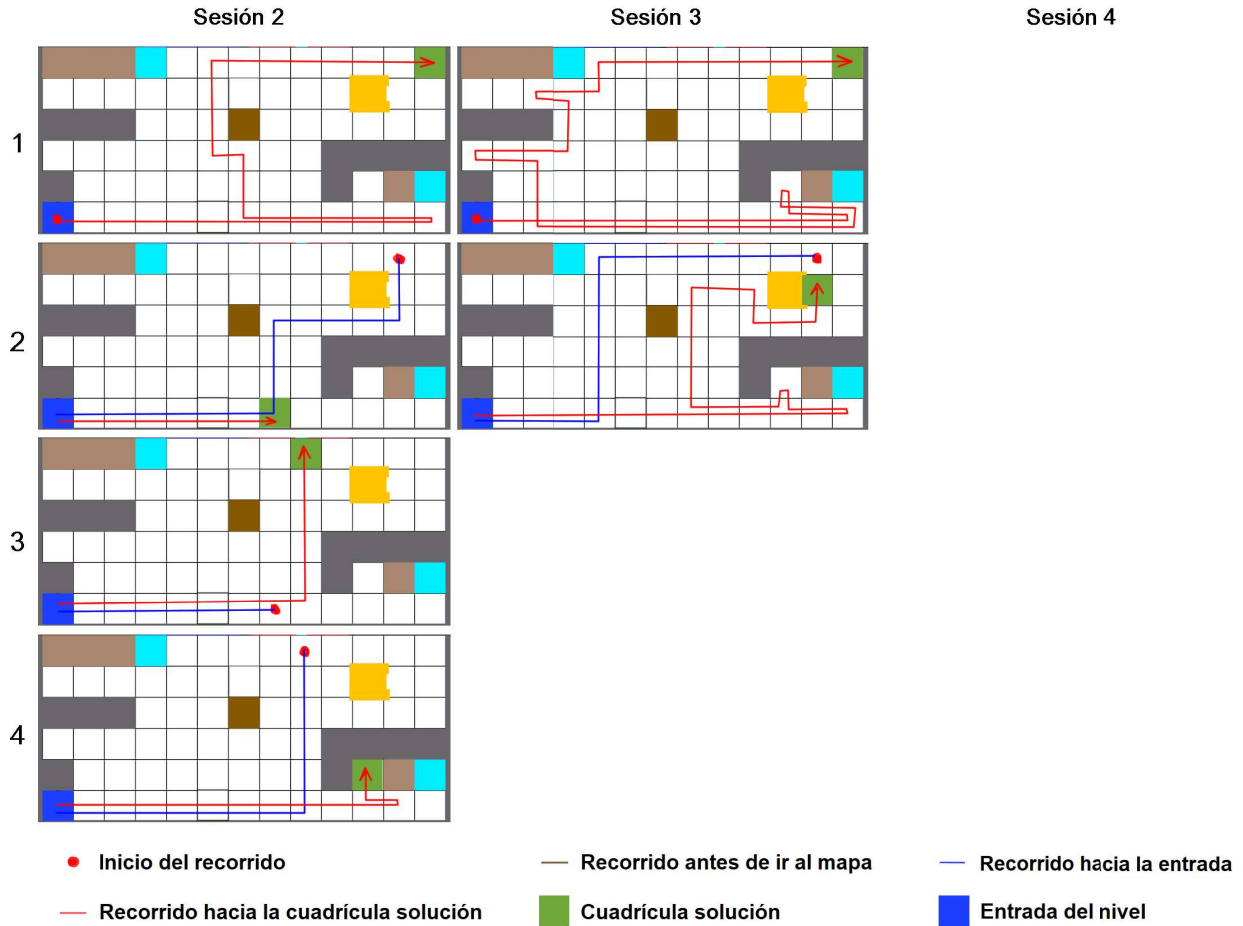


Figura 5.60: Caminos recorridos por el sujeto I9 en el primer nivel del videojuego. La sesión 4 sí se realizó, pero su tiempo de juego se acortó, por lo que no se logró registrar datos de un ejercicio completado.

Recorridos del sujeto I10 en el primer piso de la casa (nivel 1)

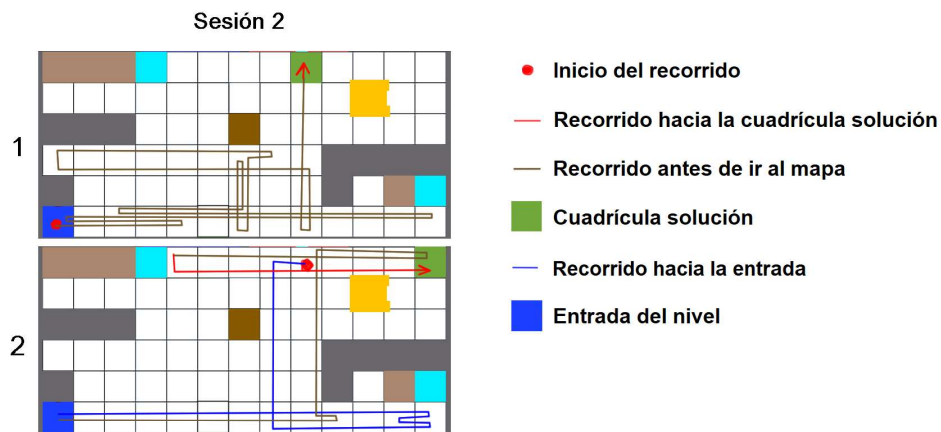


Figura 5.61: Caminos recorridos por el sujeto I10 en el primer nivel del videojuego.

Capítulo 6

Conclusiones

Este Trabajo de Título consistió en el desarrollo de un videojuego para apoyar a niños ciegos, que cursan entre 5to y 8vo básico, en la construcción de conceptos y pensamiento geométrico en contextos cotidianos. El videojuego se implementó para teléfonos móviles con pantalla táctil y sistema operativo Android, permitiendo una interacción basada principalmente en toques, vibración y sonido.

Para validar la utilidad del videojuego se realizaron evaluaciones de usabilidad tanto con niños ciegos como con sus profesores de matemática. También se realizaron evaluaciones de impacto para medir el aprendizaje ganado por los alumnos con ceguera después de interactuar durante más tiempo con el software.

6.1. Objetivos alcanzados

Esta memoria tuvo como objetivo general desarrollar un videojuego educativo para la construcción de pensamiento geométrico y su aplicación en la vida diaria en niños ciegos de 5to a 8vo básico, según su plan de estudios de geometría.

Se desarrolló finalmente un videojuego llamado Geohouse, el cual aplica conceptos geométricos relacionados con el plano cartesiano al contexto de una mudanza. El juego está pensado para alumnos desde 5to a 8vo de la enseñanza básica, quienes deberían tener al menos una idea general de lo que es el plano cartesiano, según su plan de estudios. Por otro lado, la mudanza es una situación cotidiana, debido a que permite recorrer los pisos de una casa, utilizando un mapa.

El primer objetivo específico de esta memoria fue investigar sobre interfaces y videojuegos destinados a personas con discapacidad visual. Efectivamente, se investigó sobre interfaces y software para este tipo de usuario, mediante revisiones bibliográficas y visitas a un colegio de ciegos, en donde se realizaban pruebas de usabilidad con otros videojuegos.

Cumpliendo con el segundo objetivo específico, se diseñó el videojuego incorporando contenido de geometría relacionado con plano cartesiano y transformaciones isométricas. Se desarrolló en varias iteraciones de diseño, implementación y evaluación, generando así una versión tras otra de un software funcional.

Finalmente, según el tercer objetivo específico, se evaluó la usabilidad del software y su impacto en el aprendizaje de los alumnos. Las evaluaciones de usabilidad se llevaron a cabo con alumnos y profesores del Colegio de Ciegos Santa Lucía para conocer las fallas del videojuego a nivel de interfaces e interacción. Posteriormente, se realizaron evaluaciones de impacto con más alumnos del mismo establecimiento para conocer cómo el videojuego influye en su aprendizaje de la geometría.

6.2. Dificultades

Para validar un software se necesitan hacer muchas evaluaciones de usabilidad e impacto para abarcar la mayor cantidad de usuarios posibles y, en consecuencia, obtener resultados más confiables. En este caso, el período de evaluaciones de usabilidad no pudo extenderse por más de 1 mes, lo que generó resultados de sólo 12 alumnos, lo que corresponde a una muestra reducida en comparación a otros trabajos similares.

Lo mismo sucedió con la evaluación de impacto, en donde, no sólo se contó con poco tiempo, sino que también hubo atrasos en su ejecución, debido a que los profesores del colegio debían revisar y validar las pautas de evaluación necesarias.

Por otro lado, se tenía pensado evaluar tanto la usabilidad como el impacto dentro de la sala de clases, sin embargo, esto no fue posible, puesto que la materia de geometría en el colegio se enseñaría durante el segundo semestre y no tenía sentido interrumpir las clases de matemática que trataran de otros contenidos. En principio sí se evaluó la usabilidad en la sala de matemáticas para que los alumnos no salieran del contexto de la clase, pero luego se consideró que esto no era muy bueno, puesto que los alumnos se distraen muy fácilmente (tanto los no evaluados, al saber que alguien está jugando un videojuego, como los evaluados al estar escuchando la clase a la vez que juegan).

6.3. Análisis del porqué de los resultados

En base al tiempo considerado de desarrollo y validación, el videojuego construido sólo posee niveles básicos que cumplen con los requisitos estipulados al inicio, pero que aún así puede ser extendido con más objetos y ejercicios para abarcar más contenido y disminuir su monotonía.

Los resultados de las evaluaciones de usabilidad mostraron opiniones variadas por parte de los alumnos. Para algunos el videojuego era divertido y para otros, algo aburrido. Claramente, cada niño tiene gustos diferentes y, sobre todo, altas expectativas al jugar un nuevo videojuego. Varios de los alumnos ya conocían juegos digitales y pensaban que GeoHouse iba a incluir muchas cosas más, ya que probablemente no están concientes del tiempo requerido para desarrollar una aplicación como las que conocen.

Por otro lado, los resultados de las evaluaciones de impacto indican que hubo una mejora significativa en el aprendizaje de los alumnos después de utilizar el videojuego. En el caso de 6 de los 9 alumnos evaluados, parte del aprendizaje obtenido pudo deberse también al comienzo de la unidad de geometría en el colegio durante el período de estas evaluaciones, lo que resta algo de confiabilidad a esos resultados, no obstante, también hubo una mejora importante en los otros 3 niños.

Para reforzar el significado de los resultados de la evaluación de impacto se necesitarían realizar pre y post evaluaciones a alumnos que no interactúen con el videojuego, pero que sí estén estudiando la unidad de geometría, pero eso queda fuera del alcance de esta memoria.

6.4. Reflexión sobre impacto del trabajo

Este videojuego puede ayudar a los alumnos ciegos a comprender conceptos geométricos abstractos, aplicándolos a situaciones de su vida diaria.

Este trabajo puede servir de base para la implementación de otros videojuegos educativos similares que incluyan aspectos de usabilidad importantes como, en este caso, la sensibilidad táctil de los distintos elementos de las interfaces.

Por otro lado, mostrar las distintas versiones de un videojuego a los profesores de un colegio de ciegos permite, no sólo que ellos vean avances en el proyecto y puedan dar retroalimentación, sino que también les da una idea de qué otras cosas son posibles de implementar en futuras herramientas computacionales que quisieran proponer.

6.5. Lecciones aprendidas

Con este trabajo se ha ganado experiencia con un proyecto que toma un poco más de tiempo. Los proyectos universitarios generalmente toman menos de un semestre en realizarse y, en este caso, fueron casi 9 meses desde la planificación del software hasta el término de las evaluaciones de impacto. Tener más tiempo permitió una mejor planificación, un mayor número de iteraciones y la posibilidad de validar el trabajo con usuarios reales.

Se aprendió también a interactuar más con los usuarios tanto en el período de implementación como en el período de validación. Esto implica recibir retroalimentación por parte de personas que no necesariamente conocen de computación o programación, por lo que se deben interpretar sus necesidades, las cuales no siempre coinciden con lo que dicen exactamente. Además, cada usuario es diferente, por ejemplo, en el caso de los alumnos con ceguera, cada uno tenía distintas dificultades y habilidades para interactuar con el videojuego, por lo que se debían priorizar las funcionalidades que más lograrán unificar esas necesidades.

Por otro lado, se debió lidiar con los cambios en la disponibilidad de alumnos y profesores. Los docentes, en general, no tienen mucho tiempo para asistir a reuniones, mientras que los alumnos no siempre quieren o pueden salir de su clase para participar de una evaluación con el videojuego.

6.6. Trabajo futuro

Luego de las evaluaciones de usabilidad y de impacto se identificaron los siguientes aspectos a mejorar en el videojuego:

- Sistema de vidas: Implementar el reinicio de un nivel cuando se comete una determinada cantidad de desaciertos. Esto permitiría evitar que los niños pasen los niveles del videojuego acertando al azar y sin aplicar los conceptos geométricos.

- Más objetos repetidos: Colocar más objetos repetidos y más ejercicios por nivel. Similar a lo anterior, más objetos repetidos evitaría que los alumnos supieran en dónde va el objeto sin aplicar la geometría. Por ejemplo, si hay 4 mesas en un nivel, entonces el alumno tiene 4 oportunidades de escoger al azar la ubicación correcta (habiendo memorizado la ubicación de todas las mesas), por lo que la cantidad de vidas en el juego debiese ser menor y/o incrementar la cantidad de mesas para reducir la probabilidad de que el alumno acierte de forma aleatoria.
- Rediseño de interfaz: En las evaluaciones de impacto se notó que a algunos alumnos les cuesta arrastrar el dedo horizontalmente desde un extremo al otro, ya que el mapa es muy ancho. Se podría rediseñar cada piso de la casa de modo que sean más angostos. Esto implicaría mover los botones hacia la derecha para que sean más accesibles por la mano izquierda y para que el mapa tenga más altura.
- Inclusión de más cuadrantes: Para abarcar los otros cuadrantes del plano cartesiano, se podría implementar la opción de colocar la cuadrícula (0, 0) en el medio del mapa para que las soluciones de los ejercicios incluyan valores negativos.
- Cuadrículas o ejes guía: Se podrían marcar los ejes o cuadrículas guía en ejercicios más complejos. Las marcas consistirían en colores y sonidos distintos en el mapa.
- Diseño de interfaz de edición y sistema de registro: Mejorar la interfaz del sistema de edición de ejercicios y visualizar los datos del sistema de registro dentro del juego. Se podría trabajar para que dicho sistema genere visualizaciones automáticas de los recorridos del alumno por el mapa.
- Registros de tiempo: Para que el tiempo de exploración del mapa no incluya el tiempo de recorrido 3D (como se describió en 5.3.2(Sistema de Registro)) se debería almacenar el tiempo sin depender de los estados de cada ejercicio (descritos en 5.2.3). Por ejemplo, si el jugador se encuentra en el estado 1 (cuando debe ir al mapa) y recorre la casa, entonces, se añadirían segundos al tiempo del recorrido y no a la exploración del mapa, independiente de si el estado no es el 4 (cuando se debe caminar a destino). Luego, los segundos de exploración del mapa sólo se sumarían si el jugador está realmente dentro del mapa.
- Más evaluaciones de usabilidad e impacto: Como se mencionó anteriormente, se requieren muchas pruebas de usabilidad para validar un software. Además, se entendería mejor la ganancia de aprendizaje en niños ciegos si se realizan más evaluaciones de impacto tanto en alumnos que interactúen con el videojuego como en alumnos que no lo hayan utilizado.

Bibliografía

- [1] *Libro de Resultados del II Estudio Nacional de la Discapacidad*. Servicio Nacional de la Discapacidad, 2015.
- [2] Emily Grace Adiseshiah. Rapid Prototyping isn't Helpful. Or is it? [en línea] <https://www.justinmind.com/blog/rapid-prototyping-isnt-helpful-or-is-it/> [última consulta: 17 agosto 2019], November 2016.
- [3] Marian Adusei. *Geometry Appcessory for Visually Impaired Children*, January 2017.
- [4] Dragan Ahmetovic, Cristian Bernareggi, Sergio Mascetti, Valeria Alampi, and Andrea Gerino. Math Melodies: Supporting Visually Impaired Primary School Students in Learning Math. In *Conference: the 14th Web for All Conference*, page 26, 2017.
- [5] Kevin Allain, Bas Dado, Mick Van Gelderen, Olivier Hokke, Miguel Oliveira, Rafael Bidarra, Nikolay D. Gaubitch, Richard C. Hendriks, and Ben Kybartas. An Audio Game for Training Navigation Skills of Blind Children. In *IEEE 2nd VR Workshop on Sonic Interactions for Virtual Environments (SIVE)Conference: the 14th Web for All Conference*, March 2015.
- [6] Maria C. C. Araújo, Ticianne G. R. Darin, Rossana M. C. Andrade, Jaime Sánchez, Windson Viana, Antonio R. S. Silva, Everardo Lima De Castro, Ernesto Trajano de Lima, and José Aires de C. Filho. Design and Usability of a Braille-based Mobile Audiogame Environment. In *The 31st Annual ACM Symposium*, 2016.
- [7] Oana Balan, Florica Moldoveanu, Alin Moldoveanu, and Alexandru Butean. Developing a Navigational 3d Audio Game with Hierarchical Levels of Difficulty for the Visually Impaired Players. September 2015.
- [8] Carlos Barrio. Con discapacidad visual, pero con visión de futuro. [en línea] <https://www.nobbot.com/personas/tecnologia-ciegos-apps-herramientas/> [última consulta: 17 agosto 2019], July 2018.
- [9] Luis Cayo Pérez Bueno. La revolución de los smartphones: ciegos que usan celulares. [en línea] <https://www.lazarillo.cl/es/blog/63-la-revolucion-de-los-smartphones-ciegos-que-usan-celulares> [última consulta: 17 agosto 2019], 2016.
- [10] Linda Bussell. Touch Tiles: Elementary Geometry Software with a Haptic and Auditory Interface for Visually Impaired Children. 07 2003.

- [11] Maria Claudia Buzzi, Marina Buzzi, Barbara Leporini, and Caterina Senette. Playing with geometry: a Multimodal Android App for Blind Children. 01 2015.
- [12] Erin Connors, Elizabeth Chrastil, Jaimie Sanchez, and Lotfi Merabet. Action Video Game Play and Transfer of Navigation and Spatial Cognition Skills in Adolescents who are Blind. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:133, 2014.
- [13] Andrés Cruz. Diferencias entre proyección perspectiva y ortogonal, 2014.
- [14] Marcia de Borba Campos, Jaime Sánchez, Anderson Cardoso Martins, Régis Schneider Santana, and Matias Espinoza. Mobile Navigation through a Science Museum for Users who are Blind. In *Lecture Notes in Computer Science*, volume 8515, 2014.
- [15] Matías Pardo G. "Videojuego Educativo para el Aprendizaje de Geometría en Niños no Videntes", memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Computación. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ciencias de la Computación, 2016.
- [16] Google. Ayuda de Android Accessibility: Comienza a usar Android con Talkback. [en línea] https://support.google.com/accessibility/android/answer/6283677?hl=es-419&ref_topic=3529932 [última consulta: 17 agosto 2019].
- [17] Jaime Sánchez Ilabaca. *Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible*. DOLMEN EDICIONES S.A, Santiago de Chile, 2001.
- [18] Jaime Sánchez Ilabaca. End-User and Facilitator Questionnaire for Software Usability. Usability Evaluation Test. University of Chile, 2003.
- [19] Apple Inc. Tan accesible como personal. [en línea] <https://www.apple.com/mx/accessibility/iphone/vision/> [última consulta: 17 agosto 2019].
- [20] Anant Jain. A Beginner's Guide to Rapid Prototyping. [en línea] <https://medium.freecodecamp.org/a-beginners-guide-to-rapid-prototyping-71e8722c17df> [última consulta: 17 agosto 2019], June 2018.
- [21] Orly Lahav, Hadas Gedalevitz, Steven Battersby, David Brown, Lindsay Evett, and Patrick Merritt. Virtual Environment Navigation with Look-Around Mode to Explore New Real Spaces by People who are Blind. *Disability and Rehabilitation*, 40:1072–1084, April 2018.
- [22] Orly Lahav, David Schloerb, S Kummar, and Mandayam A. Srinivasan. A Virtual Map to Support People who are Blind to Navigate through Real Spaces. *Journal of Special Education Technology*, 26:41–56, December 2011.
- [23] Mauricio Lumbreras and Jaime Sánchez. Interactive 3d Sound Hyperstories for Blind Children. *CHI '99 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 318–325, 1999.
- [24] Branko Lučić, Nataša Vujnović Sedlar, and Vlado Delić. Computer Game Lugram - Version for Blind Children. *Telfor Journal No. 1, 3*, 2011.

- [25] Sergio Luján Mora. Accesibilidad web, software, nvda. [en línea] <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=nvda> [última consulta: 17 agosto 2019].
- [26] Javier Navarro. Ecolocación - Definición, Concepto y Qué es. [en línea] <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/ecolocacion.php> [última consulta: 17 agosto 2019], March 2016.
- [27] Jakob Nielsen. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1993.
- [28] Konstantinos Papadopoulos, Marialena Barouti, and Konstantinos Charitakis. A University Indoors Audio-Tactile Mobility Aid for Individuals with Blindness. *Lecture Notes in Computer Science*, 8548:108–115, 07 2014.
- [29] Mireia Ribera, Miquel Térmens, and Maika García-Martín. Cómo realizar tests de usabilidad con personas ciegas. *El profesional de la información*, 17, January-February 2008.
- [30] Patrick Roth, Lori Stefano Petrucci, André Assimacopoulos, and Thierry Pun. From Dots to Shapes: An Auditory Haptic Game Platform for Teaching Geometry to Blind Pupils. *ICCHP 2000, International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, pages 603–610, July 2000.
- [31] Julia Schmidt. GEOVIB - An Application to Support Visually Impaired and Blind Children in Following Geometry Lectures, May 2017.
- [32] Freedom Scientific. JAWS (Job access with speech). [en línea] <https://www.freedomscientific.com/products/software/jaws/> [última consulta: 17 agosto 2019].
- [33] Jaime Sánchez. Apuntes de clase, asignatura Interacción Humano-Computador (CC5504). Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile, 2018.
- [34] Jaime Sánchez. Apuntes de clase, asignatura Taller de Usabilidad de Interfaces de Software (CC6502). Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile, 2018.
- [35] Jaime Sánchez. Apuntes de clase, Interacción Humano-Computador (CC5504): Guidelines para Interfaces Multimediales. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile, 2018.
- [36] Jaime Sánchez and Marcia de Borba Campos. Development of Navigation Skills through Audio Haptic Videogaming in Learners who are Blind. *Procedia Computer Science*, 14:102–110, 2012.
- [37] Jaime Sánchez, Matias Espinoza, Marcia de Borba Campos, and Lotfi Merabet. Enhancing Orientation and Mobility Skills in Learners who are Blind through Video gaming. In *9th ACM Conference on Creativity and Cognition*, 2013.
- [38] Jaime Sánchez, Matías Espinoza, Marcela Carrasco, and José Miguel Garrido. Modelo de videojuegos para mejorar habilidades matemático-geométricas en aprendices ciegos. *Memorias del XVII Congreso Internacional de Informática Educativa*, January 2012.

- [39] Jaime Sánchez and J P Rodríguez. Videogame for Improving Orientation and Mobility in Blind Children. January 2010.
- [40] Jaime Sánchez and Mauricio Sáenz. 3D Sound Interactive Environments for Blind Children Problem Solving Skills. *Behaviour and Information Technology*, 25(4):367–378, 2006.
- [41] Jaime Sánchez, Windson Viana, and Rossana M. de Castro Andrade. Multimodal Interfaces for Improving the Intellect of the Blind. In *XX Congreso de Informática Educativa - TISE, 2015, Santiago, Chile*, volume 1, pages 404–414, 2015.
- [42] Thomas Westin. Game Accessibility Case Study: Terraformers - a Real-Time 3d Graphic Game. January 2004.
- [43] la enciclopedia libre Wikipedia. Tiflotecnología. [en línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/Tiflotecnología> [última consulta: 17 agosto 2019].

Anexos

Anexo A. Propuestas de metáfora

1. **Adaptación a Puzzle Bobble** Una adaptación a Puzzle Bobble utilizaría conceptos relacionados con ángulos. En la figura 8.1 se muestra una imagen del juego original.



Figura 8.1: Captura de pantalla del videojuego Puzzle Bobble original.

Como se ve en la imagen, en la parte inferior central hay una especie de flecha movida como un timón por unos personajes. La esfera que están por tirar es la de color azul, la cual se encuentra al medio del timón. La idea es destruir todas las esferas superiores, reuniendo 3 o más del mismo color. En el instante mostrado en la figura, se debería lanzar la esfera azul a una zona con 2 o más esferas azules juntas (obteniendo 3) para que se destruyan.

La idea es que un niño ciego pueda tocar el centro del timón y la punta de la flecha para moverla, mientras un audio indique en qué ángulo se encuentra. También se podrían presionar las esferas superiores y que se escuche su color y su ubicación en grados ($^{\circ}$).

2. Casa desordenada

Una casa de varios pisos que sería recorrida en primera persona. En este caso, se podría chocar con paredes y objetos de la casa, mientras un audio le informe al jugador qué es cada cosa.

La metáfora sería que un niño o niña (jugador) esté en casa esperando una visita, pero la casa está muy desordenada para recibirla. Entonces, el jugador debería tomar cada objeto que esté fuera de lugar y llevarlo a su lugar correcto. Cada objeto, al ser encontrado, deberá dar información sobre su ubicación correcta en términos geométricos (traslación, reflexión, etc).

Por ejemplo, supongamos que el jugador encuentra un objeto y se le da la siguiente información: "Este objeto debe estar en el dormitorio, en el punto $(2, 8)$ desde el centro de la casa". El jugador podría acceder a un plano de la casa en 2D como el que se muestra en la figura 8.2 y que tendrá directa correspondencia con un plano cartesiano.

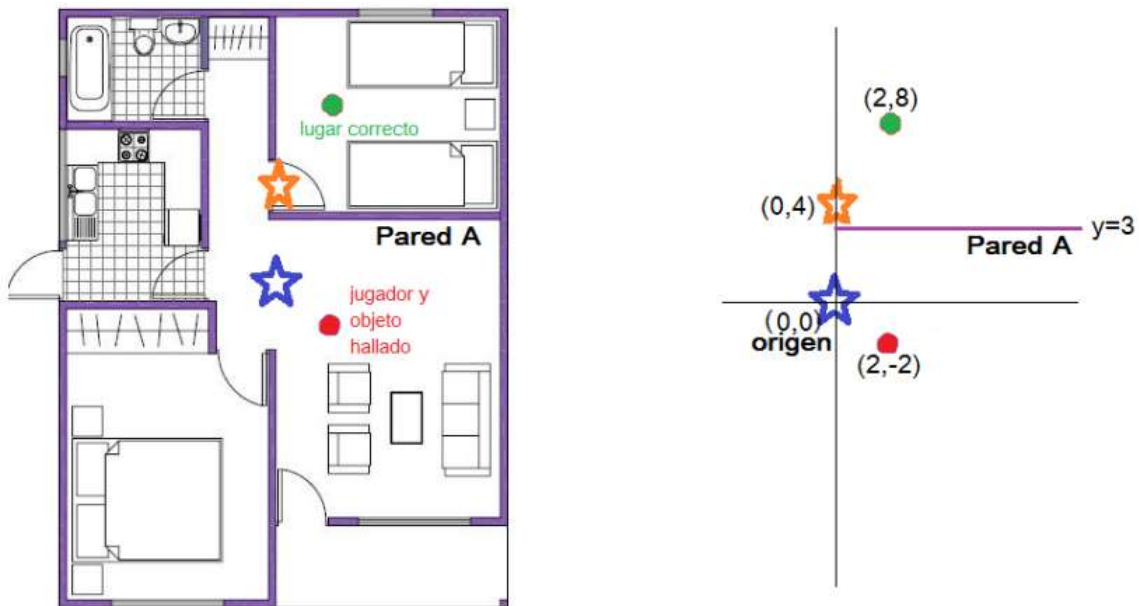


Figura 8.2: Boceto de la idea de casa desordenada (plano de la casa visto como plano cartesiano).

El jugador debería ubicar el origen del plano cartesiano (estrella azul en la imagen), ubicarse a sí mismo (punto rojo en la imagen) y al punto $(2, 8)$ dicho por la información entregada (punto verde en la imagen). En esta vista, el jugador podría identificar otros elementos como habitaciones y paredes para planificar su ruta y, posteriormente, cambiar a una vista 3D en primera persona para comenzar el recorrido y dejar el objeto en su lugar correspondiente.

Para variar los conceptos geométricos, un mismo objeto podría ser ubicado con otra información equivalente. Usando el mismo ejemplo, la información entregada podría ser: “Este objeto debería estar en el lugar resultante de aplicar una reflexión a tu ubicación actual respecto a la pared A”, lo que da como resultado el mismo punto (2, 8) en el dormitorio. Otra información equivalente puede ser: “El objeto debería estar en el punto (2, 4) respecto a la puerta del dormitorio (estrella naranja en la imagen)”, donde el jugador deberá buscar coordenadas respecto a otro punto de partida.

Otras ideas consisten en colocar objetos con una cierta rotación como, por ejemplo, “paralela a la pared A”, o tener un “timón”, como Puzzle Bobble, para ver ángulos con información del tipo “el objeto debe estar a X pasos de una puerta en un ángulo de 45° respecto a la pared A”(ver figura 8.3). Sin embargo, estas ideas podrían ser muy complicadas para los niños.

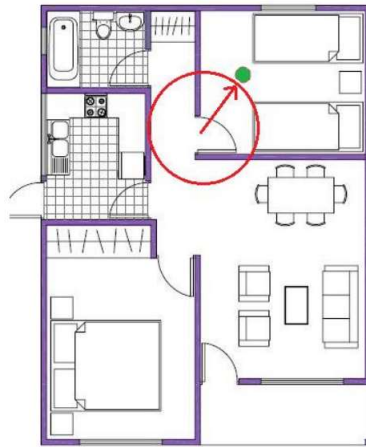


Figura 8.3: Boceto de la idea de casa desordenada, usando ángulos.

En cuanto a los niveles de dificultad, estos se podrían traducir a la cantidad de objetos a ordenar o al tipo de información entregada para cada objeto (dificultad de las preguntas geométricas).

3. Supermercado

Esta idea es similar a la casa desordenada. En este caso, el jugador comenzaría con una lista de compras y deberá recorrer los pasillos de un supermercado para recolectar cada ítem, según datos geométricos indicados en la misma lista. La información geométrica también podría ser entregada por personajes presentes dentro de la tienda (encargados, vendedores, guardías, etc).

Se podría definir la ubicación de cada objeto, no sólo en términos de x e y , sino que también en z , para representar la altura de los objetos en distintos estantes del supermercado.

Anexo B. Trama de videojuego

Trama de videojuego

Personajes: Amiga (Lucy), jugador, chofer (Jimmy).

Una (T) al comienzo de un diálogo significa que dicho texto puede volver a escucharse al seleccionar la opción "Ayuda" en el videojuego.

I Comienzo del juego (Al encender el juego):

"Bienvenido al juego GeoHouse."

Amiga: *"¡Hola!, Soy tu amiga Lucy y juntos nos estamos mudando a una nueva casa. Ahora estamos en el patio y es momento de ubicar nuestras cosas dentro de la casa. Yo ya empecé a colocar algunas, pero tengo que ir a trabajar ahora mismo, así que necesito que continúes por mí, ¿de acuerdo?, esto te ayudará a reforzar conceptos de geometría"*

Amiga: *"Él es Jimmy, el chofer del camión de mudanza."*

Chofer: *"Hola"*

Amiga: *"Él te entregará cada uno de los objetos que tendrás que ubicar dentro de la casa y por teléfono yo te diré en qué sitio va cada uno. Te dejaré un mapa para que puedas guiarte. Bueno, ya se me hace tarde, adiós"*

(*)

II Menú principal:

Jimmy: *"Estás en el menú principal. Desliza tu dedo horizontalmente en la pantalla para cambiar de opción y toca 2 veces para seleccionarla."*

Opciones:

- Tutorial: *"Practicar"*
- Sólo cuadrícula: *"Jugar modo simple"*
- Traslaciones: *"Jugar con traslaciones"*
- Rotaciones: *"Jugar con rotaciones"*
- Reflexiones: *"Jugar con reflexiones"*
- Salir: *"Salir del juego"*

III Nivel tutorial:

Modo 3D

Jimmy: *“Buena elección. Si aprendes a moverte por la casa, te será mucho más fácil ubicar los objetos más adelante. Podemos usar el mapa que te ha dado Lucy para practicar. Por teléfono ella te dirá las coordenadas de una cuadrícula y tú la buscarás en el mapa y en la casa. Comencemos!”*

Jimmy: **(T)** *“Primero debes ir al mapa. Desliza tu dedo en la parte superior de la pantalla para encontrar la opción Ir al Mapa. Tócala 2 veces para seleccionarla.”*

Lucy: (sonido de teléfono) *“Debes ir a la cuadrícula (x,y).”*

Mapa 2D

Jimmy: *“Estás en el mapa de la casa.”*

Jimmy: **(T)** *“Explora el mapa, deslizando tu dedo cuidadosamente por la pantalla. Presta atención a los distintos sonidos o vibraciones y toca 2 veces para saber de qué se trata y en qué cuadrícula se encuentra. Cuando encuentres la cuadrícula correcta, tócala 2 veces y selecciona la opción Seleccionar Cuadrícula en la parte superior. Para escuchar de nuevo cuál es la cuadrícula objetivo, puedes llamar a Lucy.”*

(Luego de seleccionar la cuadrícula correcta)

Jimmy: *“Desde ahora podrás identificar esta cuadrícula en el mapa con este sonido (...).”* **(T)** *“Vuelve a la casa para ir a la cuadrícula que acabas de encontrar. Busca la opción Volver a la Casa. Podrás regresar a este mapa cuando quieras si lo necesitas.”*

Modo 3D

Jimmy: *“Puedes moverte en la casa”.*

Jimmy: **(T)** *"Debes ir al sitio que acabas de ubicar en el mapa. Para moverte desliza tu dedo hacia (arriba/abajo) para avanzar y desliza horizontalmente para girar. Para saber dónde estás, toca 2 veces la pantalla, o vuelve a revisar el mapa. Cuando creas estar en la cuadrícula correcta. Ve a la opción Seleccionar posición en la parte superior."*

(Al terminar todos los ejercicios del tutorial)

Jimmy: *"Felicidades, has finalizado el nivel de práctica."*

(Vuelve al menú principal)(*)

IV Nivel 1:

Jimmy: *"Bien. Parece que ya estás preparado para cumplir tu misión. Estamos en el nivel 1 de tu nueva casa. Te entregaré uno a uno los objetos y deberás ubicarlos en su lugar correcto. Lucy te dirá por teléfono cuál es la cuadrícula correcta de cada uno. Comencemos!"*

(**)Jimmy: *"Aquí tienes, un(a) (nombre de un objeto)"*

Lucy: (sonido de teléfono) (enunciado del ejercicio)

Para modo simple: *"Debes ir a la cuadrícula (x,y) ."*

Para traslación: *"Debes ir a la cuadrícula resultante de la traslación de la cuadrícula (x_0, y_0) en (x', y') ."*

Para rotación: *"Debes ir a la cuadrícula resultante de la rotación en D° de la cuadrícula (x_0, y_0) respecto a la cuadrícula (x', y') ."*

Para reflexión: *"Debes ir a la cuadrícula resultante de la reflexión de la cuadrícula (x_0, y_0) respecto a $X(o Y)$ igual a x' (o y')."*

(El proceso del ejercicio sigue es igual que en el tutorial)

(Después de encontrar la ubicación correcta en la casa)

Jimmy: **(T)** *"Ven a la entrada ubicada en la cuadrícula 0,0 para recibir otro objeto"*

(Al llegar a la entrada) (**)

(Al terminar todos los ejercicios del nivel)

Jimmy: "*Felicidades, has finalizado este nivel*"

V Nivel 2 y 3:

Jimmy: "*Nivel 2*" (o 3)

(**)

(Después lo mismo que en el nivel 1)

VI Final:

Jimmy: "*¡Felicitaciones! Lo has hecho muy bien en esta misión.*"

(sonido de la puerta "Toc toc")

(aparece Lucy)

Jimmy: "*Parece que alguien ha llegado*"

(Lucy se acerca)

Lucy: "*Hola, de nuevo. ¡Wow!. La casa ha quedado muy bien. ¡Te has esforzado muchísimo! Espero que esta experiencia te haya servido. Bueno, demasiado trabajo por hoy ¿No crees? Vamos a descansar!*"

(Música final)

(Vuelve al menú) (*)

VII Opciones de juego:

Botones superiores:

Modo 2D

1. Salir del Mapa: "*Volver a la casa*"

2. Repetir coordenada objetivo: "*Llamar a Lucy*"
 - a) Al tocarla 2 veces: (sonido de teléfono) (enunciado ejercicio)
 - b) Al tocarla 2 veces (sin tener ningún objeto): "*Ven a buscar un objeto antes de llamar a Lucy*"

3. Seleccionar cuadrícula del mapa: "*Seleccionar cuadrícula*"
 - a) Al tocarla 2 veces (antes de tocar 2 veces alguna cuadrícula en el mapa): "*Toca 2 veces una cuadrícula del mapa y luego, selecciónala aquí*"
 - b) Al tocarla 2 veces (sin tener ningún objeto): "*Ven a la entrada para tomar un objeto antes de seleccionar una cuadrícula*"
 - c) Al tocarla 2 veces (respuesta correcta): "*Bien, has encontrado el lugar correcto*"
 - d) Al tocarla 2 veces (respuesta incorrecta): "*Incorrecto, sigue buscando*"

4. Más opciones: "*Más opciones*"

Modo 3D:

1. Mapa: "*Ir al Mapa*"

2. Repetir coordenada objetivo: "*Llamar a Lucy*"
 - a) Al tocarla 2 veces: (sonido de teléfono)(enunciado ejercicio)
 - b) Al tocarla 2 veces (sin tener ningún objeto): "*Ven a buscar un objeto antes de llamar a Lucy*"

3. Seleccionar cuadrícula: *"Seleccionar esta posición"*
 - a) Al tocarla 2 veces (antes de ir al mapa): *"Primero debes ubicar la cuadrícula en el mapa"*
 - b) Al tocarla 2 veces (sin tener ningún objeto): *"Ven a la entrada para tomar un objeto antes de seleccionar una cuadrícula"*
 - c) Al tocarla 2 veces (respuesta correcta): *"Bien, has llegado a la ubicación correcta en la casa"*
 - d) Al tocarla 2 veces (respuesta incorrecta): *"Incorrecto, sigue buscando"*

4. Más opciones: *"Más opciones"*

Al ingresar a "Más Opciones":

"Estás en Más Opciones"

(sólo una vez) *"Desliza tu dedo horizontalmente en la pantalla para cambiar de opción y toca 2 veces para seleccionarla"*

1. Salir de más opciones: *"Volver al juego"*

2. Ayuda: *"Ayuda"*
 - a) Al tocarla 2 veces sonará uno de los diálogos ya mostrados que tengan un **(T)** al inicio. El que se escuche dependerá de lo que deba hacer el jugador en ese momento.

3. Ir al menú principal: *"Salir al menú principal"*

Anexo C. Resultados de evaluación de iconos y sonidos

Pauta de Observación: Iconos y Sonidos

Nombre: Natalia Vidal

Asignatura: Taller de Interacción Humano-Computador (CC6501)

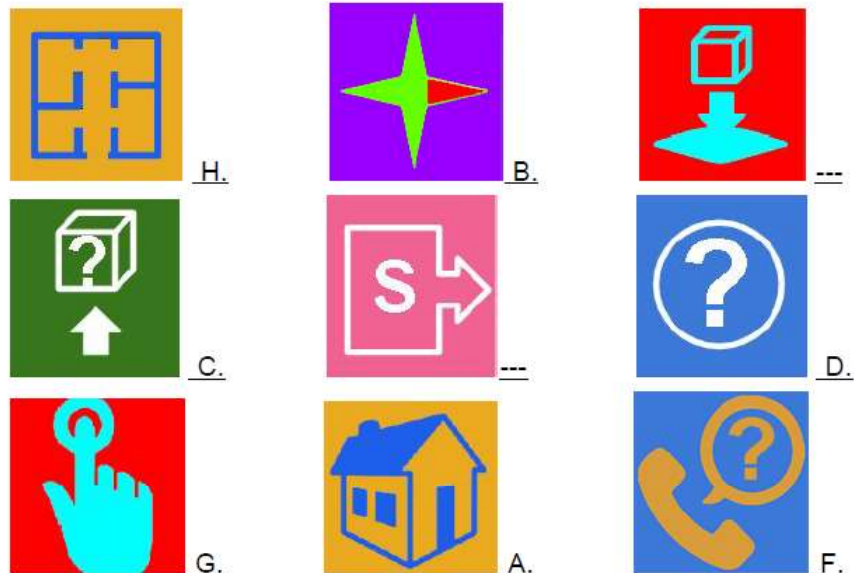
Profesor: Jaime Sánchez

Fecha de aplicación: 14-11-2018

	Información de Usuario
	Profesor y alumna
Tipo de ceguera	Parcial

1. **Introducción al tema:** Explicar sobre futuro juego para explorar una casa, moviendo objetos en ella con ayuda de un mapa.
2. **Iconos: (respondido por alumna)**

Tarea 1: Asociar iconos con acciones. (“---” significa “no responde”)



A. Revisar mapa

- B. Saber dirección
- C. Dejar un objeto aquí.
- D. Preguntar qué hay frente a mí.
- E. Ir al menú principal.
- F. Saber qué es lo que debo hacer/pedir ayuda sobre lo que hay que hacer.
- G. Seleccionar punto en el mapa.
- H. Seguir recorriendo la casa.

3. Sonidos (respondido por profesor)

Tarea 3: Asociar sonidos con acciones. (“---” significa que no se asoció a ninguno de los iconos y/o lo asoció a alguna otra acción o significado)

Lo siguiente son nombres de archivos .mp3, asociados con las acciones del jugador:

Beep: ---	Campanitas <u>F</u>	Dirección: <u>B</u>
Ir_al_mapa: <u>A</u>	Llamar: <u>F (llamar)</u>	Magia: --- “perder”
Menú: --- “abrir ayuda”	Menú3: <u>G</u>	Pregunta: <u>C ó D</u>
Salir_al_menú: --- “game over”		Seleccionar_sitio: <u>G</u>
Tocar_con_bastón: --- “tocar una puerta”		

- A. Revisar mapa
- B. Saber dirección
- C. Dejar un objeto aquí.
- D. Preguntar qué hay frente a mí
- E. Ir al menú principal
- F. Saber lo que debo hacer/pedir ayuda sobre lo que hay que hacer.
- G. Seleccionar punto en el mapa.
- H. Guardar mapa y seguir recorriendo la casa.

Comentarios: En cuanto al sonido “tocar_con_bastón.mp3”, pensado para preguntar qué es lo que hay frente al jugador, el profesor sugirió cambiarlo, porque, cuando las personas ciegas quieren conocer lo que les rodea, no lo hacen directamente con el bastón, si no que tocan con las manos, por lo que dicho sonido no tendría sentido. También sugirió colocar sonidos tipo “ir y volver” para entrar y salir de una sección determinada.

Anexo D. Algoritmos para generar ejercicios aleatorios

A continuación se muestran en pseudocódigo los algoritmos implementados que generan argumentos aleatorios en los ejercicios de transformaciones isométricas:

1. Ejercicio de traslación aleatorio

Input:

```
{  
  Solución  $(x, y)$ ,  
  Largo  $L$  del mapa (en cuadrículas),  
  Ancho  $W$  del mapa (en cuadrículas)  
}
```

x_0 = Número aleatorio en el intervalo $[0, L[$
 y_0 = Número aleatorio en el intervalo $[0, W[$

Output:

```
{  
  cuadrícula inicial =  $(x_0, y_0)$   
  vector de traslación =  $(x - x_0, y - y_0)$   
}
```

2. Ejercicio de rotación aleatorio

Input:

```
{  
  Solución  $(x, y)$ ,  
  Largo  $L$  del mapa (en cuadrículas),  
  Ancho  $W$  del mapa (en cuadrículas)  
}
```

Radio de rotación R = Número aleatorio en el intervalo $[1, \text{Min}(L, W)[$

Posibles ejes de rotación:

$$E1 = (x, y + R)$$

$$E2 = (x + R, y)$$

$$E3 = (x, y - R)$$

$$E4 = (x - R, y)$$

De estos posibles ejes E' , se descartan los que están fuera del mapa, es decir:

if $(E'x \geq L$ ó $E'y \geq W)$ **then**

 Se descarta E' .

end if

for (Eje E no descartado) **do**

$$I1 = (Ex - R, Ey)$$

$$I2 = (Ex, Ey + R)$$

$$I3 = (Ex + R, Ey)$$

$$I4 = (Ex, Ey - R)$$

▷ se obtienen 4 posibles cuadrículas iniciales

Se descartan las cuadrículas I' que están fuera del mapa o que sean la solución.

if ($I'x \geq L$ o $I'y \geq W$) **or** ($I' = (x, y)$) **then**

Se descarta I' .

end if

end for

Se descartan los ejes que no tengan ninguna cuadrícula inicial posible.

Eje de rotación $e =$ Eje al azar entre los ejes E no descartados.

Cuadrícula inicial $i =$ Cuadrícula al azar entre las posibles I del eje seleccionado.

if ($ex = ix = x$) **or** ($ey = iy = y$) **then**

Grado de rotación $D = 180$

end if

if sólo ($ex = ix$) **then**

if ($ey > iy$) **then**

if ($x > ex$) **then**

$D = 90$

else

$D = 270$

end if

else

if ($x > ex$) **then**

$D = 270$

else

$D = 90$

end if

end if

else

if ($ex > ix$) **then**

if ($y > ey$) **then**

$D = 270$

else

$D = 90$

end if

else

if ($y > ey$) **then**

$D = 90$

else

$D = 270$

end if

end if

end if

Output:

{
cuadrícula inicial $i = (ix, iy)$,
eje de rotación $e = (ex, ey)$,

```
    grado de rotación  $D$   
}
```

3. Ejercicio de reflexión aleatorio

Input:

```
{  
    Solución  $(x, y)$ ,  
    Largo  $L$  del mapa (en cuadrículas),  
    Ancho  $W$  del mapa (en cuadrículas)  
}
```

Eje de reflexión $E =$ Eje al azar entre X e Y .

if ($E = X$) **then**

```
    Valor máximo  $M = L - 1$   
    Valor solución paralela al eje  $sE = x$   
    Valor solución perpendicular al eje  $sN = y$ 
```

else

```
     $M = W - 1$   
     $sE = y$   
     $sN = x$ 
```

end if

Lista de valores de referencia $V = []$

for ($v = 0$; $v \leq M$; $v ++$) **do**

```
    if ( $|v - sE|$  es par) then  
         $v$  se añade a  $V$ .
```

```
    end if
```

end for

Se escoge un valor v^* al azar en V .

if ($v^* > sE$) **then**

```
    Valor del eje de reflexión  $vE = sE + \frac{|v^* - sE|}{2}$ 
```

else

```
     $vE = v^* + \frac{|v^* - sE|}{2}$ 
```

end if

Output:

```
{  
    cuadrícula inicial =  $(v^*, sN)$ ,  
    eje de reflexión (X o Y) =  $E$ ,  
    valor del eje de reflexión =  $vE$   
}
```

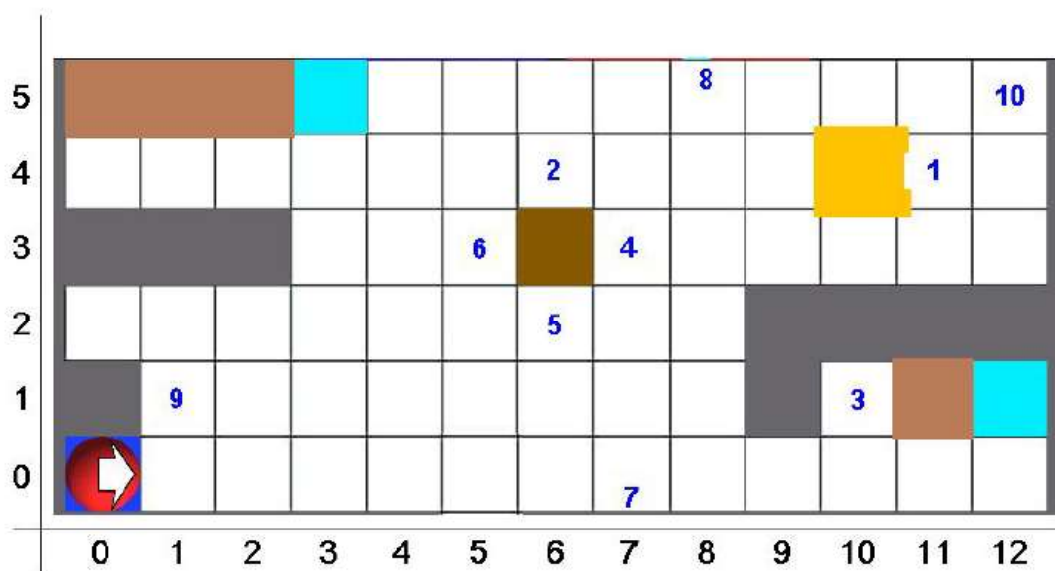
Anexo E. Documento de ejercicios de geometría

Ejercicios GeoHouse:

Ejercicios de Traslación:

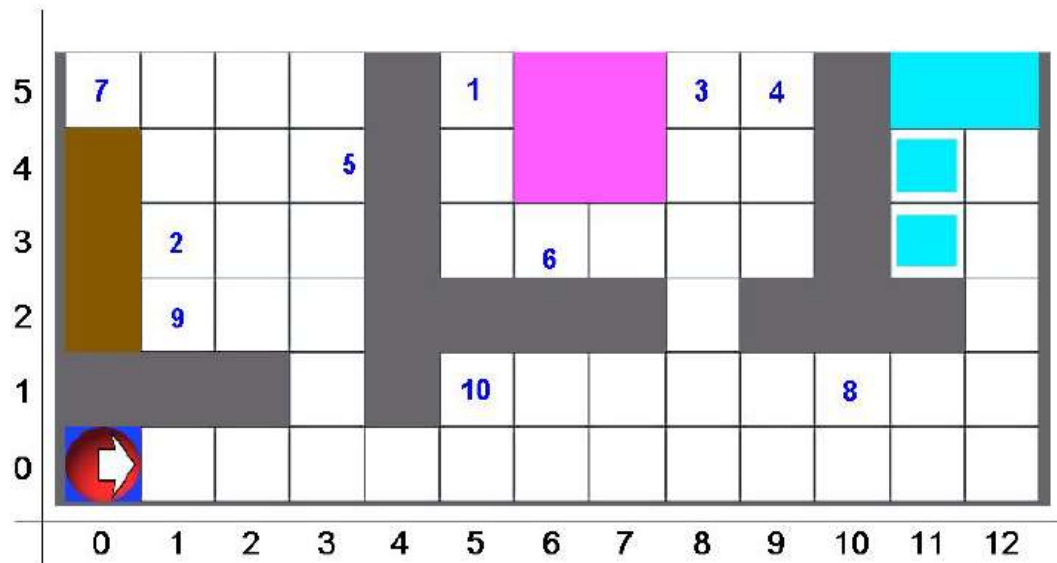
NIVEL 1 Traslación

	Cuadrícula inicial	Vector traslación	Solución
1 Mesa	(11, 3)	(0, 1)	(11, 4)
2 Silla	(4, 0)	(2, 4)	(6, 4)
3 Mesa	(6, 0)	(4, 1)	(10, 1)
4 Silla	(3, 3)	(4, 0)	(7, 3)
5 Silla	(6, 1)	(0, 1)	(6, 2)
6 Silla	(5, 1)	(0, 2)	(5, 3)
7 Cuadro	(4, 0)	(3, 0)	(7, 0)
8 Cuadro	(4, 4)	(4, 1)	(8, 5)
9 Planta	(1, 0)	(0, 1)	(1, 1)
10 Planta	(0, 4)	(12, 1)	(12, 5)



NIVEL 3 Traslación

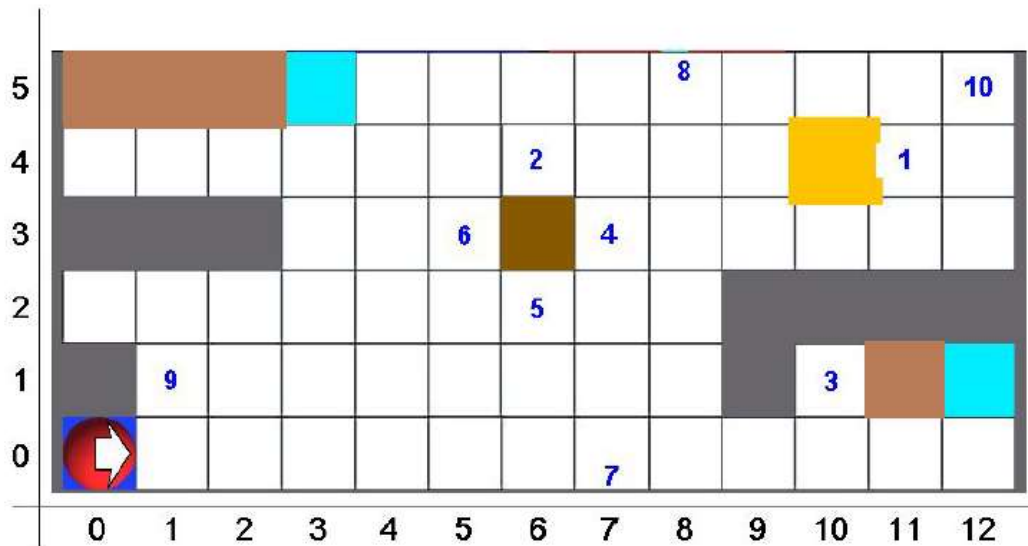
	Cuadrícula inicial	Vector traslación	Solución
1 Mesa	(12, 3)	(-7, 2)	(5, 5)
2 Silla	(8, 4)	(-7, -1)	(1, 3)
3 Mesa	(3, 2)	(5, 3)	(8, 5)
4 Lámpara	(1, 5)	(8, 0)	(9, 5)
5 Cuadro	(1, 2)	(2, 2)	(3, 4)
6 Cuadro	(5, 4)	(1, -1)	(6, 3)
7 Planta	(5, 1)	(-5, 4)	(0, 5)
8 Planta	(9, 3)	(1, -2)	(10, 1)
9 Lámpara	(2, 0)	(-1, 2)	(1, 2)
10 Cuadro	(12, 4)	(-7, -3)	(5, 1)



Ejercicios de Rotación:

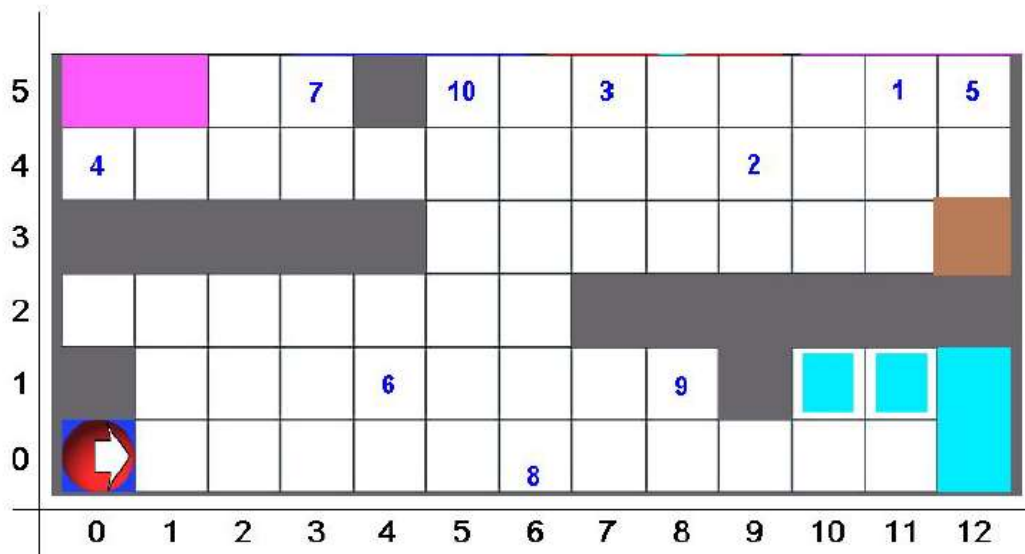
NIVEL 1 Rotación

	Cuadrícula inicial	Cuadrícula eje	Ángulo	Solución
1 Mesa	(10, 3)	(10, 4)	90°	(11, 4)
2 Silla	(6, 2)	(6, 3)	180°	(6, 4)
3 Mesa	(8, 3)	(10, 3)	90°	(10, 1)
4 Silla	(11, 3)	(9, 3)	180°	(7, 3)
5 Silla	(3, 5)	(6, 5)	90°	(6, 2)
6 Silla	(1, 3)	(3, 3)	180°	(5, 3)
7 Cuadro	(5, 2)	(7, 2)	90°	(7, 0)
8 Cuadro	(8, 1)	(8, 3)	180°	(8, 5)
9 Planta	(2, 2)	(2, 1)	90°	(1, 1)
10 Planta	(10, 3)	(10, 5)	90°	(12, 5)



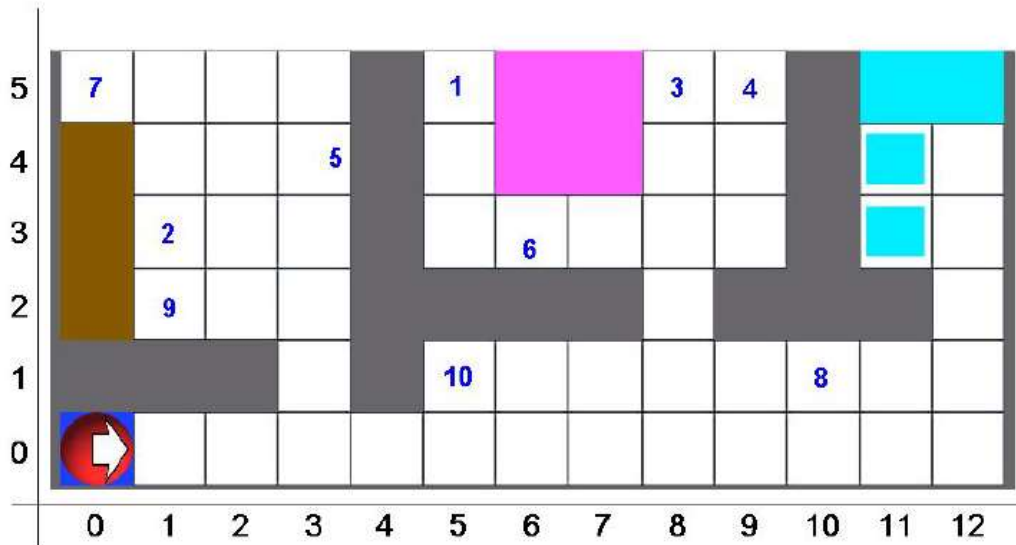
NIVEL 2 Rotación

	Cuadrícula inicial	Cuadrícula eje	Ángulo	Solución
1 Silla	(6, 0)	(11, 0)	-90°/270°	(11, 5)
2 Mesa	(9, 0)	(9, 2)	180°	(9, 4)
3 Silla	(2, 0)	(2, 5)	90°	(7, 5)
4 Mesa	(10, 4)	(5, 4)	180°	(0, 4)
5 Lámpara	(10, 3)	(12, 3)	-90°/270°	(12, 5)
6 Mesa	(4, 5)	(4, 3)	180°	(4, 1)
7 Lámpara	(0, 2)	(0, 5)	90°	(3, 5)
8 Cuadro	(10, 0)	(8, 0)	180°	(6, 0)
9 Planta	(5, 4)	(8, 4)	90°	(8, 1)
10 Planta	(9, 5)	(7, 5)	180°	(5, 5)



NIVEL 3 Rotación

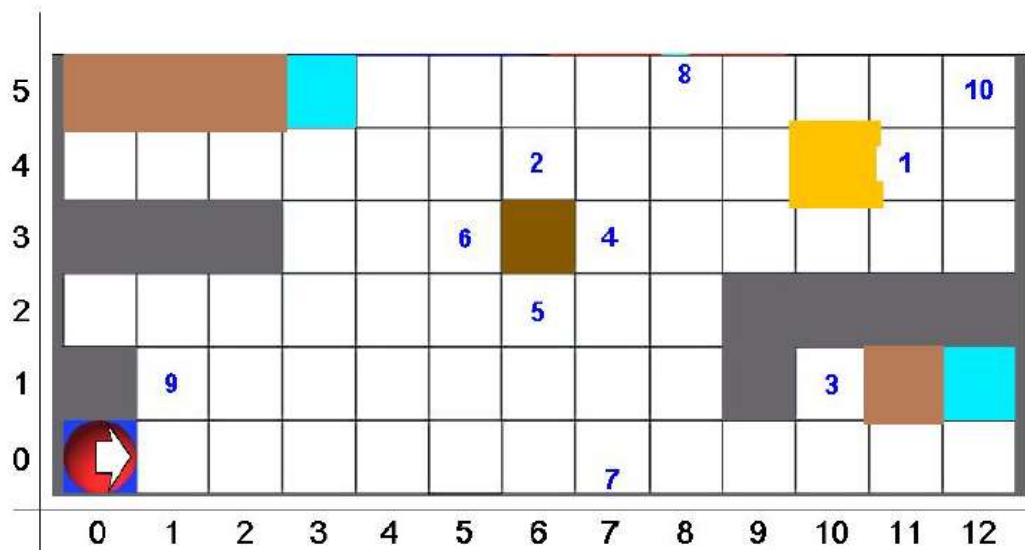
	Cuadrícula inicial	Cuadrícula eje	Ángulo	Solución
1 Mesa	(10, 0)	(10, 5)	-90°/270°	(5, 5)
2 Silla	(4, 0)	(4, 3)	-90°/270°	(1, 3)
3 Mesa	(12, 1)	(10, 3)	180°	(8, 5)
4 Lámpara	(5, 1)	(7, 3)	180°	(9, 5)
5 Cuadro	(0, 1)	(3, 1)	-90°/270°	(3, 4)
6 Cuadro	(9, 0)	(6, 0)	90°	(6, 3)
7 Planta	(3, 2)	(3, 5)	-90°/270°	(0, 5)
8 Planta	(12, 3)	(10, 3)	-90°/270°	(10, 1)
9 Lámpara	(1, 4)	(1, 3)	180°	(1, 2)
10 Cuadro	(9, 5)	(9, 1)	90°	(5, 1)



Ejercicios de Reflexión:

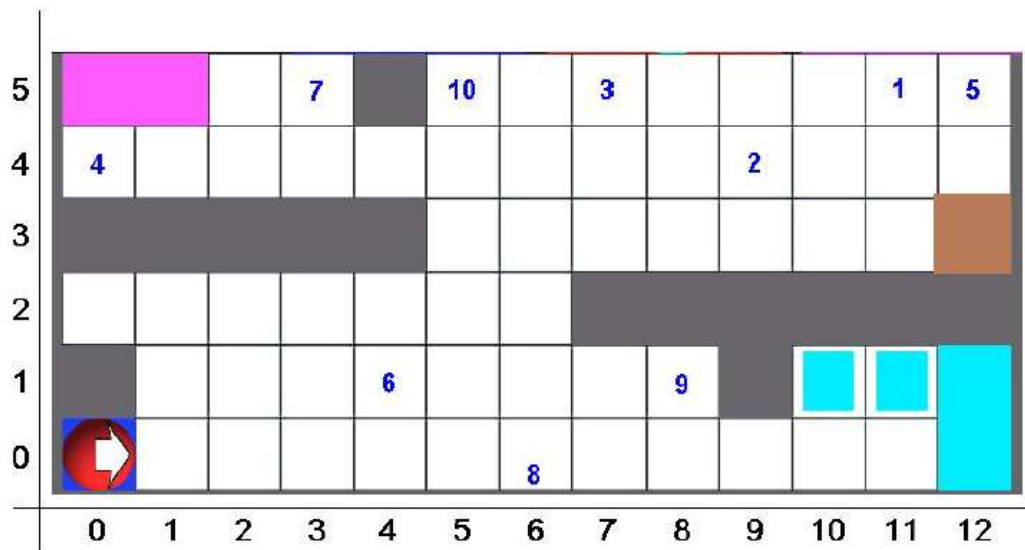
NIVEL 1 Reflexión

	Cuadrícula inicial	Eje	Valor eje	Solución
1 Mesa	(9, 4)	x	10	(11, 4)
2 Silla	(6, 0)	y	2	(6, 4)
3 Mesa	(10, 3)	y	2	(10, 1)
4 Silla	(1, 3)	x	4	(7, 3)
5 Silla	(6, 4)	y	3	(6, 2)
6 Silla	(11, 3)	x	8	(5, 3)
7 Cuadro	(3, 0)	x	5	(7, 0)
8 Cuadro	(8, 1)	y	3	(8, 5)
9 Planta	(1, 5)	y	3	(1, 1)
10 Planta	(8, 5)	x	10	(12, 5)



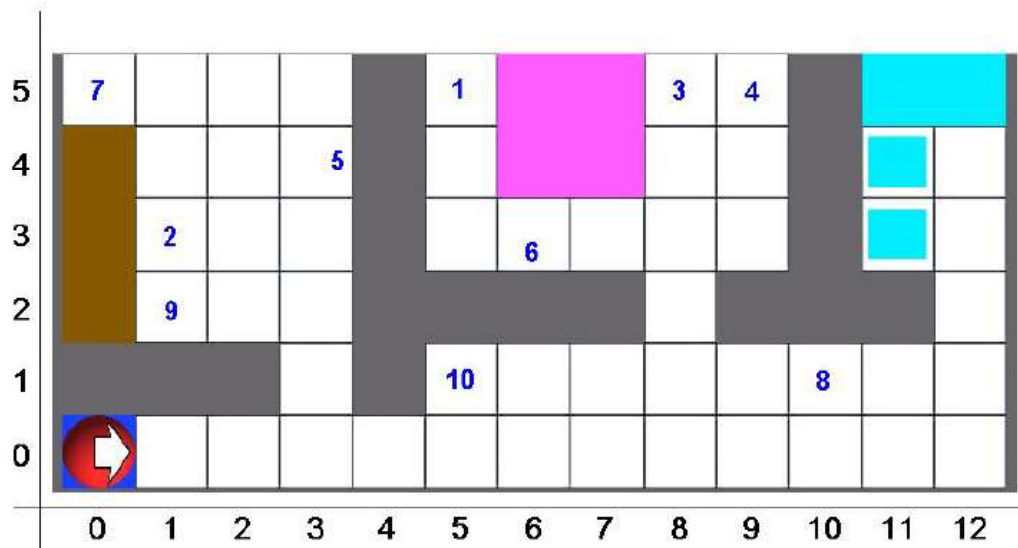
NIVEL 2 Reflexión

	Cuadrícula inicial	Eje	Valor eje	Solución
1 Silla	(5, 5)	x	8	(11, 5)
2 Mesa	(9, 0)	y	2	(9, 4)
3 Silla	(1, 5)	x	4	(7, 5)
4 Mesa	(0, 2)	y	3	(0, 4)
5 Lámpara	(0, 5)	x	6	(12, 5)
6 Mesa	(4, 5)	y	3	(4, 1)
7 Lámpara	(3, 1)	y	3	(3, 5)
8 Cuadro	(6, 4)	y	2	(6, 0)
9 Planta	(0, 1)	x	4	(8, 1)
10 Planta	(3, 5)	x	4	(5, 5)



NIVEL 3 Reflexión

	Cuadrícula inicial	Eje	Valor eje	Solución
1 Mesa	(3, 5)	x	4	(5, 5)
2 Silla	(7, 3)	x	4	(1, 3)
3 Mesa	(0, 5)	x	4	(8, 5)
4 Lámpara	(5, 5)	x	7	(9, 5)
5 Cuadro	(5, 4)	x	4	(3, 4)
6 Cuadro	(6, 1)	y	2	(6, 3)
7 Planta	(8, 5)	x	4	(0, 5)
8 Planta	(6, 1)	x	8	(10, 1)
9 Lámpara	(1, 0)	y	1	(1, 2)
10 Cuadro	(5, 3)	y	2	(5, 1)



Anexo F. Pauta de Observación

Pauta de Observación de Usuario Final: GeoHouse

Asignatura: Trabajo de Título (CC6909)

Nombre: Natalia Vidal Vargas

Profesor: Jaime Sánchez

Fecha de aplicación:

	Información de Usuario
Nombre/Número de sujeto	
Edad	
Curso	
Tipo de ceguera	

Tarea 0: Reconocimiento de Hardware (previo al uso del videojuego)

Parámetro a observar	Sí	En parte	No	Comentarios
Identifica cómo manejar un teléfono celular				

Tarea 1: Comienzo

Parámetro a observar	Sí	En parte	No	Comentarios
Parece prestar atención a la escena inicial				
Realiza maniobras con los dedos en la pantalla durante la escena inicial				

Tarea 2: Reconocimiento de Menú Principal

Parámetro a observar	Sí	En parte	No	Comentarios
Desliza su dedo horizontalmente para navegar por las opciones				
Identifica la opción sugerida (tutorial o modo simple)				
Selecciona la opción, tocando 2 veces la pantalla				

Tarea 3: Juego en 3D (principio) _____.

Parámetro a observar	Sí	En parte	No	Comentarios
Parece prestar atención a las instrucciones				
Realiza maniobras con los dedos en la pantalla durante las instrucciones				
Explora la pantalla, arrastrando su dedo				

Identifica el botón para ir al mapa				
Toca 2 veces el botón para ir al mapa				

Tarea 4: Juego en 2D

Parámetro a observar	Sí	En parte	No	Comentarios
Presta atención a las instrucciones				
Realiza maniobras con los dedos en la pantalla durante las instrucciones				
Explora la pantalla, arrastrando su dedo				
Toca 2 veces las cuadrículas para saber sus coordenadas				
Identifica elementos distintos en el mapa				

Utiliza los botones superiores				
Navega en la sección de más opciones				
Encuentra la cuadrícula correcta ¿A la primera?				
Vuelve a la casa 3D				

Tarea 5: Juego en 3D (continuación)

Parámetro a observar	Sí	En parte	No	Comentarios
Presta atención a las instrucciones				
Realiza maniobras con los dedos en la pantalla durante las instrucciones				
Explora la pantalla, arrastrando su dedo				

Avanza y gira dentro de la casa				
Utiliza los botones superiores y el doble toque en la pantalla para recibir información				
Navega en la sección de más opciones				
Encuentra la cuadrícula correcta ¿A la primera?				
Vuelve a la entrada para recibir un objeto (en modo simple)				

Anexo G. Cuestionario de Usuario Final (alumno)

Cuestionario de Usuario Final (alumno): GeoHouse

Adaptación de "Pauta resumida de Usuario Final, Evaluación de Usabilidad de Software para niños ciegos" por Jaime Sánchez.

Asignatura: Trabajo de Título (CC6909)

Nombre: Natalia Vidal Vargas

Profesor: Jaime Sánchez

Fecha de aplicación:

	Información de Usuario
Nombre/Número de sujeto	
Edad	
Curso	
Tipo de ceguera	

Preguntas con escala:

Aseveración	1	2	3	4	5	6	7	Comentarios
1.Me gusta el videojuego.								
2.El videojuego es entretenido.								
3.El videojuego es desafiante.								
4.El videojuego me hace estar concentrado.								
5.Volvería a jugar con el videojuego.								
6.Recomendaría este videojuego a otros niños.								
7.El videojuego me permitió entender nuevas cosas.								
8.El videojuego tiene partes fáciles y difíciles.								
9.Me sentí controlando las situaciones del videojuego.								

10.El videojuego reacciona a mis acciones.									
11.El videojuego es fácil de utilizar.									
12.El videojuego es motivador.									
13.El videojuego se adapta a mi ritmo.									
14.Me gustan los sonidos del videojuego.									
15.Los sonidos del videojuego son claramente identificables.									
16.Los sonidos del videojuego me transmiten información.									
17.Me gustan las imágenes del videojuego.									
18.Las imágenes del videojuego son claramente identificables.									
19.Las imágenes del videojuego me transmiten información.									

Preguntas abiertas:

1. ¿Qué te gustó del videojuego?

2. ¿Qué no te gustó del videojuego?

3. ¿Qué agregarías/cambiarías al videojuego?

4. ¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?

Comentarios finales:

Anexo H. Cuestionario de Usuario Final (profesor)

Cuestionario de Usuario Final (profesor): GeoHouse

Adaptación de "Pauta resumida de Usuario Final, Evaluación de Usabilidad de Software para niños ciegos" por Jaime Sánchez.

Asignatura: Trabajo de Título (CC6909)

Nombre: Natalia Vidal Vargas

Profesor: Jaime Sánchez

Fecha de aplicación:

	Información de Usuario
Sujeto	
Tiempo de observación	

Preguntas con escala:

Marque con una X una nota del 1 al 7 para cada una de las siguientes aseveraciones. La nota 1 quiere decir "Muy en desacuerdo" y la nota 7 "Muy de acuerdo".

Aseveración	1	2	3	4	5	6	7	Comentarios (opcional)
1.Me gusta el videojuego.								
2.El videojuego es entretenido.								
3.El videojuego es desafiante.								
4.El videojuego me hace estar concentrado.								
5.Usaría este videojuego con mis alumnos.								
6.El videojuego tiene niveles de dificultad apropiados.								
7.Los contenidos del videojuego son pertinentes para apoyar el aprendizaje en el aula.								
8.Puedo controlar las situaciones del videojuego.								

9.El videojuego reacciona a mis acciones.									
10.El videojuego es fácil de utilizar.									
11.El videojuego es motivador.									
12. El videojuego posee un ritmo adecuado para los alumnos									
13.Me gustan los sonidos del videojuego.									
14.Los sonidos del videojuego son claramente identificables.									
15.Los sonidos del videojuego transmiten información.									
16.Me gustan las imágenes del videojuego.									
17.Las imágenes del videojuego son claramente identificables.									
18.Las imágenes del videojuego me transmiten información.									

Preguntas abiertas:

1.¿Qué te gustó del videojuego?

2.¿Qué no te gustó del videojuego?

3. ¿Cuál crees que es el objetivo de este videojuego?

4. ¿Crees que el videojuego tiene relación con el currículum de matemáticas de 5to a 8vo básico?

5. ¿Crees que el videojuego puede incorporarse a una clase de matemáticas? Si es así, ¿en qué unidades del aprendizaje usaría el videojuego?

6. ¿Qué agregarías/cambiarías al videojuego?

7. ¿Sugiere añadir/quitar o cambiar algún tipo de ejercicio o forma de enunciarlos? ¿Cuáles?

Otros comentarios (opcional):

Anexo I. Pauta de evaluación de impacto

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS GEOMÉTRICOS Y REPRESENTACIÓN MENTAL PARA ALUMNOS/AS CON DISCAPACIDAD VISUAL QUE CURSAN DE 5° A 8° AÑO DE ENSEÑANZA BÁSICA

IDENTIFICACIÓN DEL APRENDIZ

Aprendiz	<input type="text"/>	Curso	<input type="text"/>	
Fecha nacimiento	<input type="text"/> Edad <input type="text"/>	Sexo	<input type="text"/> Centro educativo <input type="text"/>	
Evaluador/a	<input type="text"/>		Fecha evaluación	Inicial <input type="text"/> Final <input type="text"/>
Tipo de DV	Ceguera <input type="checkbox"/>	Baja visión <input type="checkbox"/>		
	Adquirido <input type="checkbox"/>	Congénito <input type="checkbox"/>		

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Conceptos**
- Logrado **(L)**: si el aprendiz realiza la actividad satisfactoriamente y en forma independiente **Valor = 2 puntos**
 - En Proceso **(EP)**: si el aprendiz, puede realizar la actividad sólo parcialmente. **= 1 punto**
 - No Logrado **(NL)**: si el aprendiz, es incapaz de realizar la actividad. **= 0 punto**

DIMENSIONES A EVALUAR

RESUMEN DEL DESEMPEÑO

I. Conceptos y habilidades de geometría	Evaluación inicial	Evaluación final
II. Mapas mentales	Puntaje ideal <input type="text"/> 66 puntos	Puntaje ideal <input type="text"/> 66 puntos
III. Razonamiento espacial	Puntaje obtenido <input type="text"/> puntos	Puntaje obtenido <input type="text"/> puntos
	Porcentaje de logro <input type="text"/> %	Porcentaje de logro <input type="text"/> %

Instrumento de evaluación de conocimientos geométricos y representación mental para alumnos/os con discapacidad visual
 que cursan de 5º a 8º año de enseñanza básica
 "Pensamiento Geométrico de Aprendices Ciegos a través de Interfaces Móviles – PEGACIM"

1. Conceptos y habilidades de geometría

Nº	Indicadores	E. Inicial		E. Final	
		I	EP	I	NL
1.	Explica con sus palabras conceptos de: plano cartesiano, eje X, eje Y, coordenado				
2.	Explica con sus palabras conceptos de: recta, vector, traslación, rotación, reflexión				
3.	Identifica puntos en el plano				
4.	Identifica la diferencia entre figura y cuerpo geométrico				
5.	Ubica tres figuras en el plano cartesiano a partir de una coordenada				
6.	Identifica la posición espacial de figura geométrica, según sus coordenadas en el plano cartesiano				
7.	Identifica trayectoria y nueva posición de tres figuras en el plano cartesiano				
8.	Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar rotación				
9.	Reconoce constancia de cuerpo geométrico luego de realizar traslación				
10.	Reconoce constancia de cuerpo geométrico luego de realizar rotación				
11.	Reconoce constancia de cuerpo geométrico luego de realizar traslación				
12.	Reconoce constancia de cuerpo geométrico luego de realizar reflexión				
13.	Reconoce movimientos de traslación en figuras regulares				
14.	Reconoce movimientos de rotación en figuras regulares				
15.	Reconoce movimientos de reflexión en figuras regulares				
16.	Reconoce movimientos de traslación en cuerpos geométricos				
17.	Reconoce movimientos de rotación en cuerpos geométricos				
18.	Reconoce movimientos de reflexión en cuerpos geométricos				

Puntaje obtenido ítem |

Puntaje ideal ítem |

Porcentaje de logro ítem |

Observaciones Evaluación Inicial:

Observaciones Evaluación Final:

Instrumento de evaluación de conocimientos geométricos y representación mental para alumnos/as con discapacidad visual que cursan de 5º a 8º año de enseñanza básica
 "Enseñamiento Geométrico de Aprendices Ciegos a través de Interfaces Móviles – PEGACIM"

II. Mapas mentales

Nº	Indicadores	E. Inicial			E. Final		
		L	EP	NL	L	EP	NL
1.	Marca puntos correspondientes a intersecciones y nombra la coordenada						
2.	Ubica e identifica la posición, de al menos cuatro figuras según sus coordenadas, en el plano cartesiano						
3.	Reconoce trayectoria e identifica nueva posición de figura geométrica en el plano cartesiano						
4.	Reconoce traslación en objeto de la vida diaria						
5.	Reconoce rotación en objeto de la vida diaria						
6.	Reconoce reflexión en objeto de la vida diaria						
7.	Reconoce y distingue redes de cuerpos geométricos: cubo, prisma y pirámide						
8.	Reconoce tres cuerpos geométricos a partir de las figuras geométricas que lo componen						

Puntaje obtenido ítem II

Puntaje ideal ítem II

Porcentaje de logro ítem II

16 puntos

16 puntos

Observaciones Evaluación Inicial:

Observaciones Evaluación Final:

Instrumento de evaluación de conocimientos geométricos y representación mental para alumnos/as con discapacidad visual
 que cursan de 5º a 8º año de enseñanza básica
 "Enseñamiento Geométrico de Aprendices Ciegos a través de Interfaces Móviles – FEGACIM"

III. Razonamiento espacial

Nº	Indicadores	E. Inicial			E. Final		
		L	EP	NL	L	EP	NL
1.	Realiza trisección regular con figuras dadas						
2.	Traslada figura en el plano, según vector dado						
3.	Rota figura en el plano respecto de un punto dado						
4.	Refleja figura en el plano respecto de una recta dada						
5.	Explica con sus palabras el concepto de traslación usando material concreto						
6.	Explica con sus palabras el concepto de rotación usando material concreto						
7.	Explica con sus palabras el concepto de reflexión usando material concreto						

Puntaje obtenido ítem III

Puntaje ideal ítem III 14 puntos

Porcentaje de logro ítem III

Observaciones Evaluación Inicial:

.....

.....

.....

Observaciones Evaluación Final:

.....

.....

.....

Anexo J. Resultados de Cuestionario de Usuario Final para alumnos (aseveraciones)

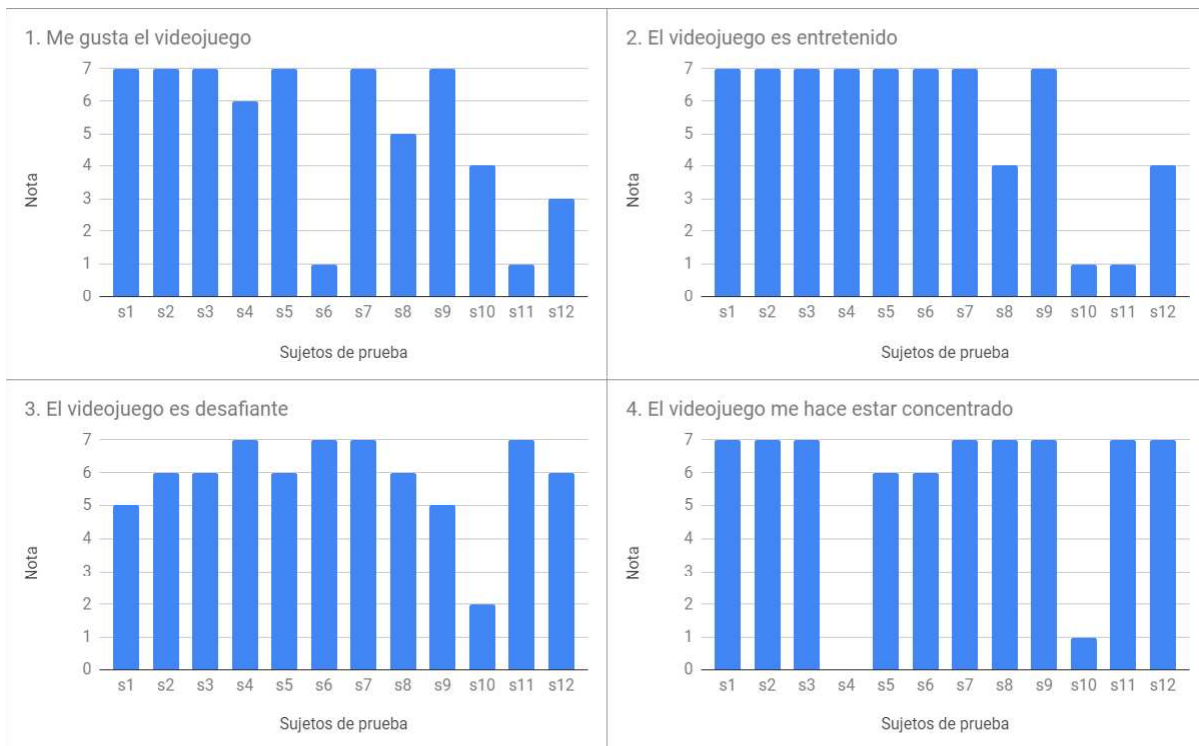


Figura 8.4: Resultados de las aseveraciones 1, 2, 3 y 4 del Cuestionario de Usuario Final para alumnos.

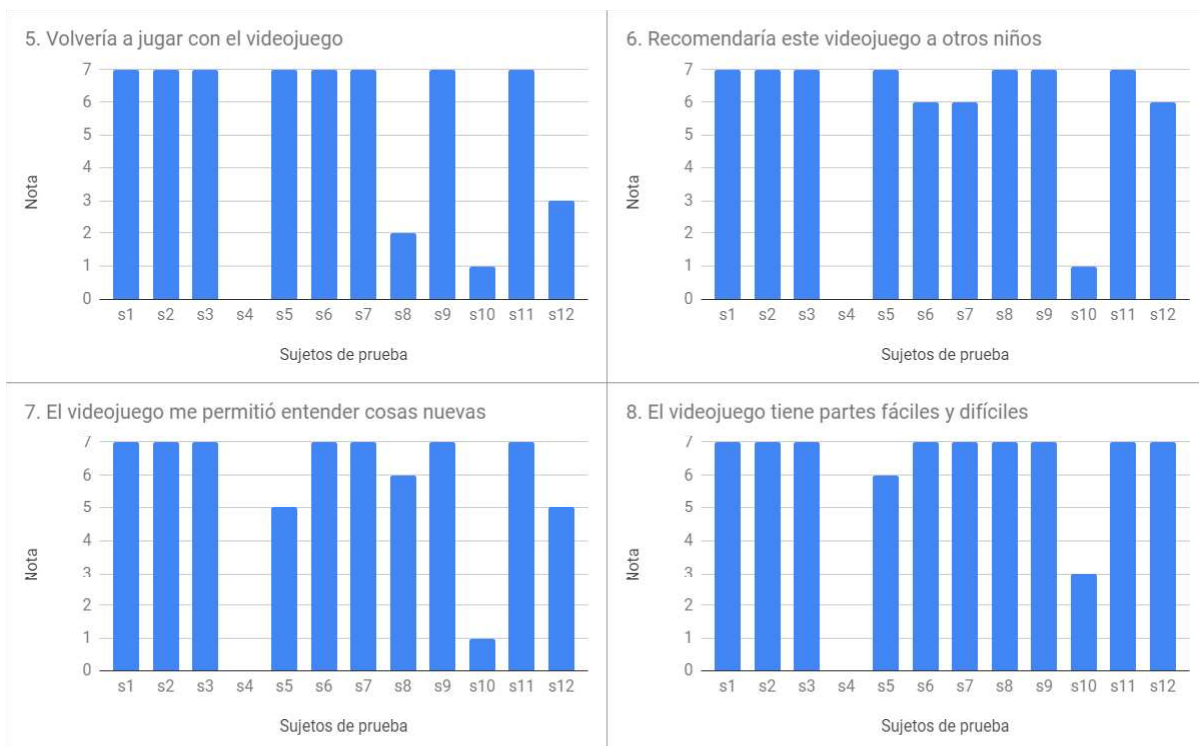


Figura 8.5: Resultados de las aseveraciones 5, 6, 7 y 8 del Cuestionario de Usuario Final para alumnos.

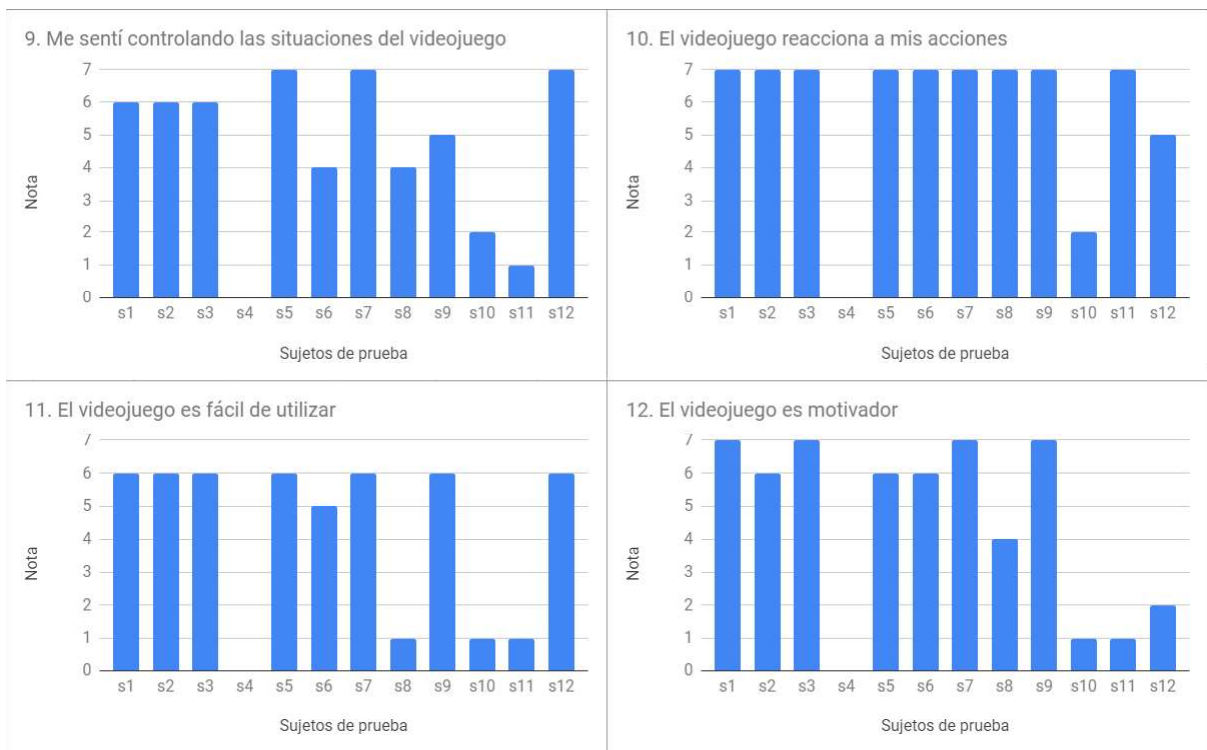


Figura 8.6: Resultados de las aseveraciones 9, 10, 11 y 12 del Cuestionario de Usuario Final para alumnos.

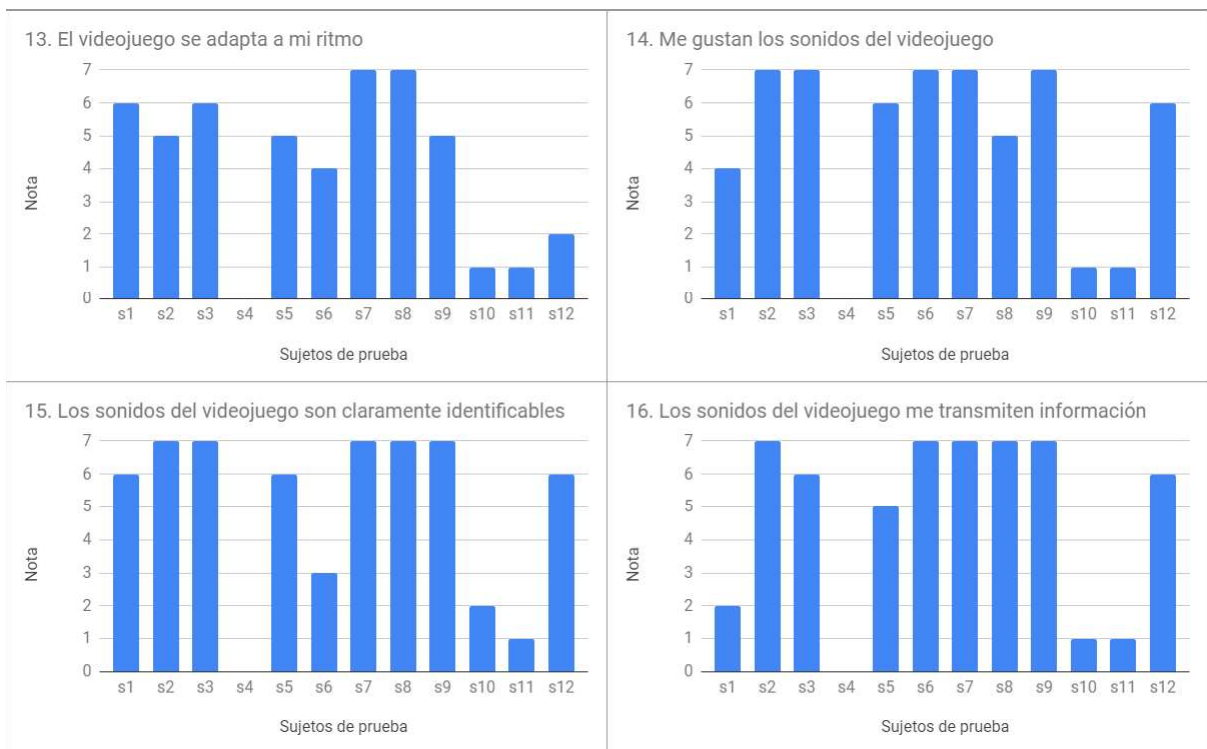


Figura 8.7: Resultados de las aseveraciones 13, 14, 15 y 16 del Cuestionario de Usuario Final para alumnos.

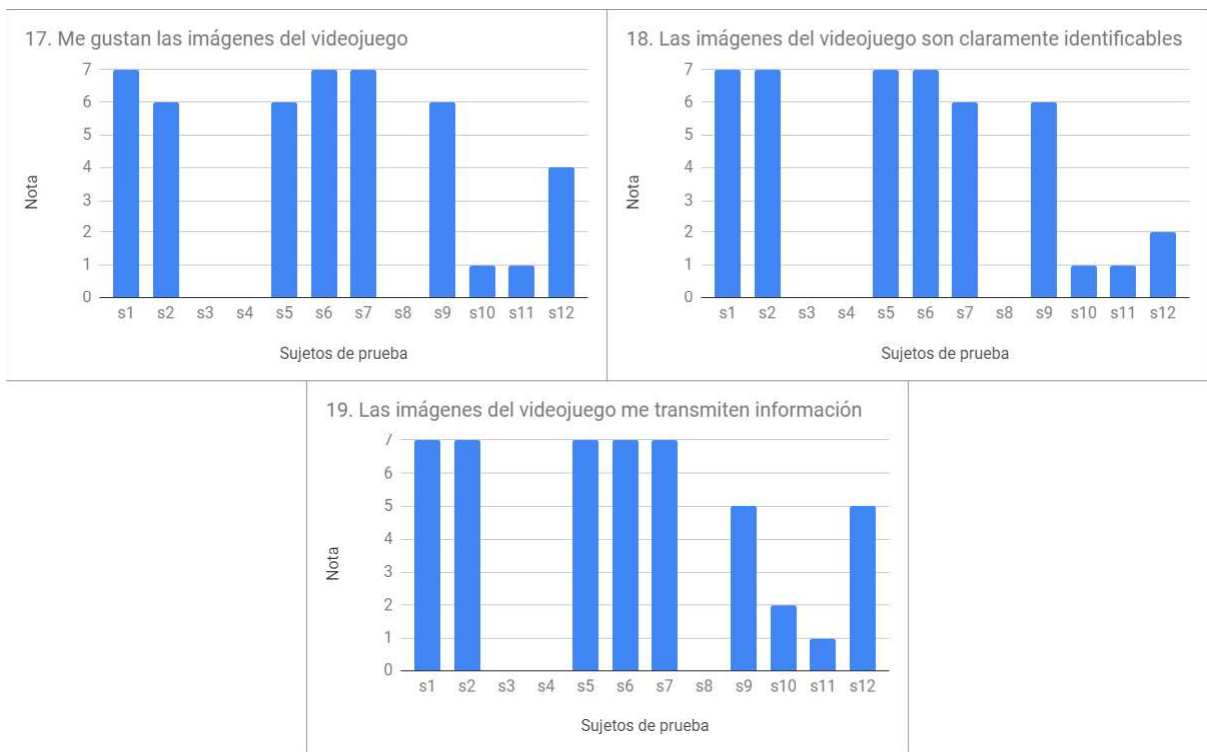


Figura 8.8: Resultados de las aseveraciones 17, 18 y 19 del Cuestionario de Usuario Final para alumnos.

Anexo K. Resultados de Cuestionario de Usuario Final para alumnos (preguntas abiertas)

Pregunta ----- Sujeto	¿Qué te gustó del videojuego?	¿Qué no te gustó del videojuego?	¿Qué agregarías o cambiarías al videojuego?	¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?
s1	Todo	Los sonidos. No cuadran algunas cosas.	Pondría más cosas al mapa para que sea más difícil	Para matemáticas y para guiarse
s2	Todo			Para aprender más
s3	Enseña			Aprender
s4	-	No entendí cómo llamar a Lucy	Poder abrir muebles y guardar cosas	
s5	Que puedes moverte libremente en la casa	Esperar instrucciones para hacer algo	Que los diálogos sean más rápidos	Sé que sirve, pero no sé cómo explicarlo
s6	Ordenar en una casa	Cuando decía (9,2) no entendía	Que diga hacia dónde hay que moverse	
s7	Lo 3D, moverse libre	Controles para moverse	Poner flechas para los controles	Para orientarme para cuando quede más ciego
s8	No sé	Muy difícil recordar los números	Cambiaría la voz del hombre	Para aprender las coordenadas
s9	Todo	Los gráficos son muy planos	Que el jugador pueda mirar hacia abajo. Que sea una casa del terror.	Para guiarme más.
s10	Con la escena inicial pensé que el juego iba a ser bueno, pero después me decepcionó.	Los gráficos no son buenos. No es entretenido.	Que los personajes sean más humanos, que se pueda elegir un personaje. Que los gráficos sean más realistas.	Nada, porque no se entiende.
s11	Nada	La voz que habla y habla	Poner otra voz.	Para nada.
s12	Los sonidos y la imagen de la escena inicial	No se entendía y las paredes son fomes	Poner paredes de otro color y cambiar la puerta	Para entretenerse, para el aprendizaje y recibir información

Anexo L. Resultados del Sistema de Registro para alumnos (evaluaciones de usabilidad)

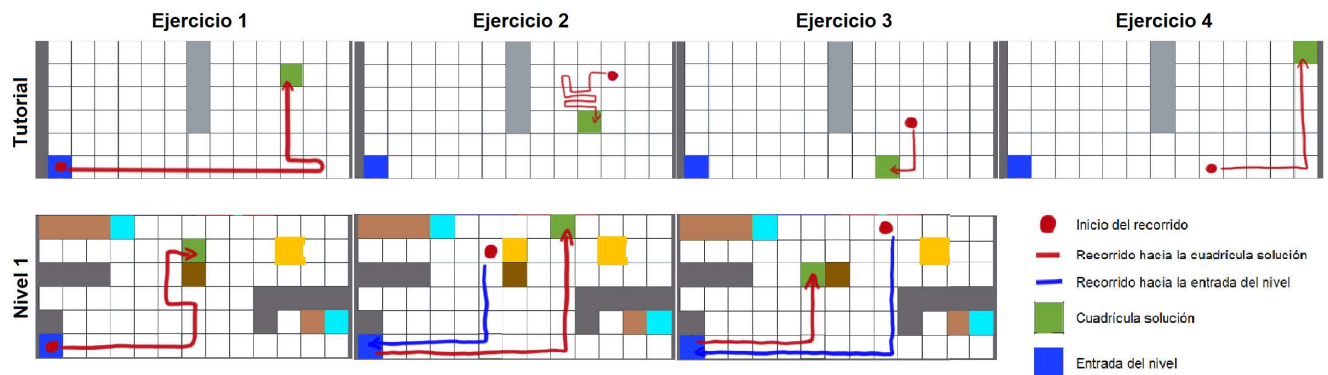


Figura 8.9: Camino recorrido por el sujeto 2 durante los ejercicios jugados.

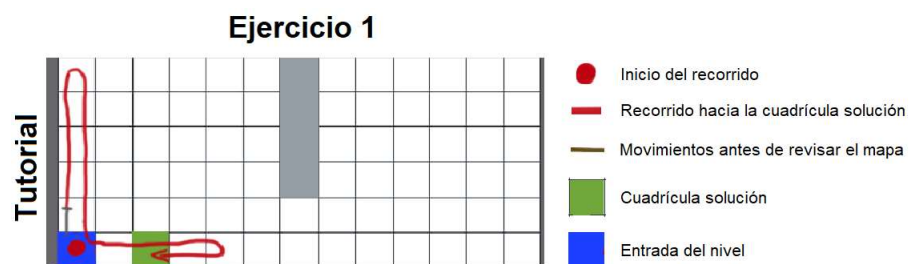


Figura 8.10: Camino recorrido por el sujeto 3 durante los ejercicios jugados.

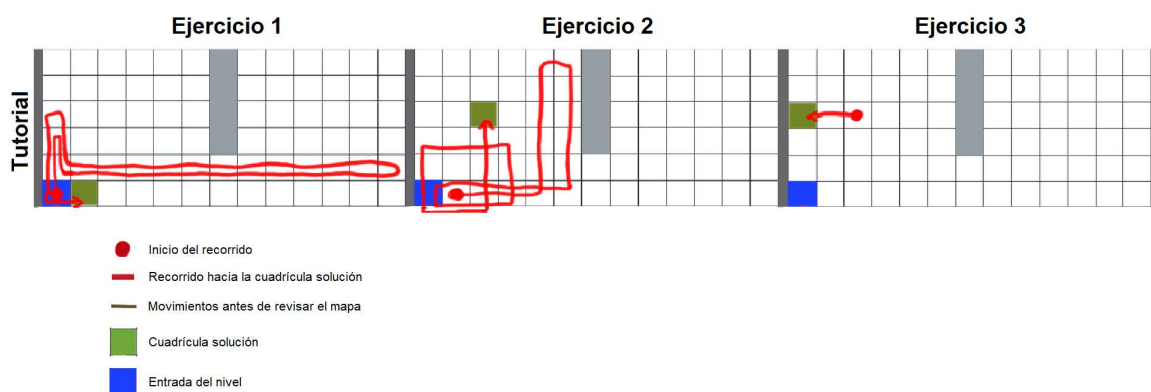


Figura 8.11: Camino recorrido por el sujeto 8 durante los ejercicios jugados.

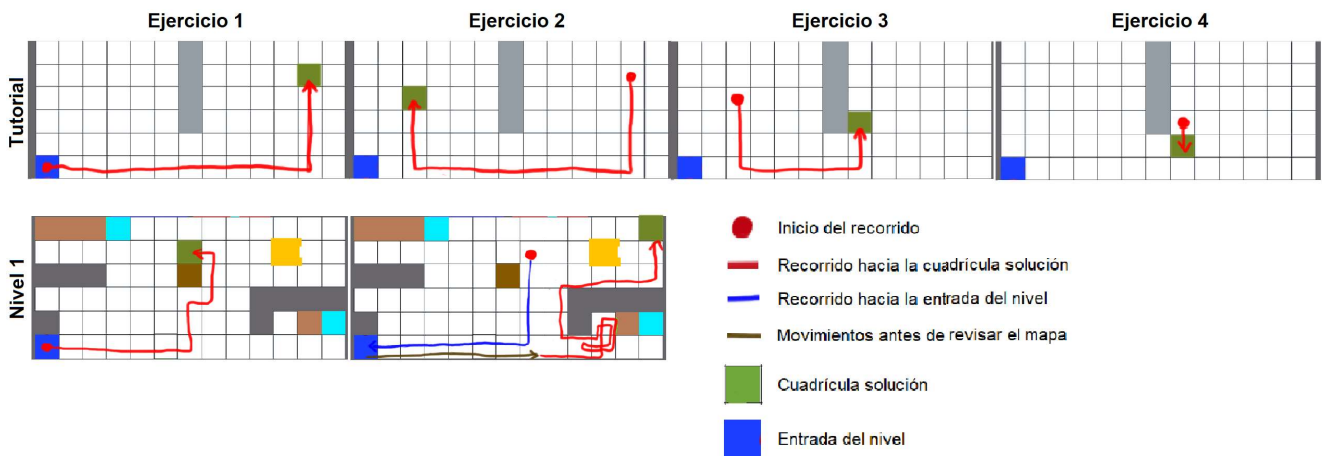


Figura 8.12: Camino recorrido por el sujeto 9 durante los ejercicios jugados.

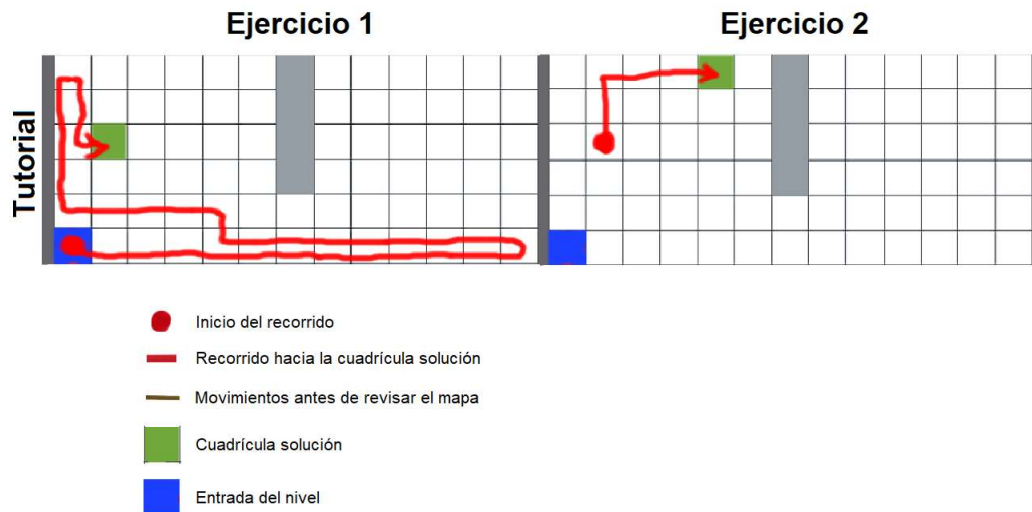


Figura 8.13: Camino recorrido por el sujeto 11 durante los ejercicios jugados.

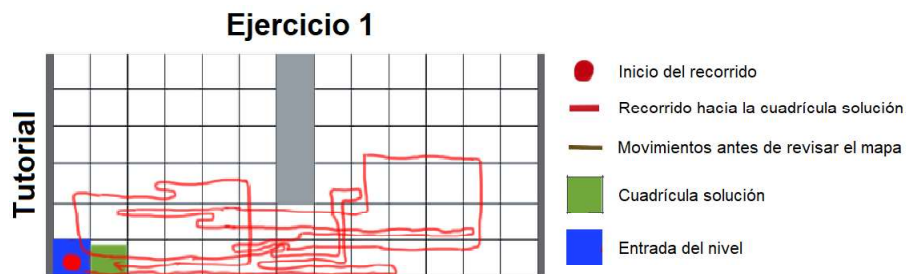


Figura 8.14: Camino recorrido por el sujeto 12 durante los ejercicios jugados.