



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Centro de Ciencias Básicas

Departamento de Sistemas de Información

Tesis

**Desarrollo de un videojuego serio orientado a personas con
discapacidad visual para el aprendizaje de matemáticas**

Presenta

Alejandro Castañeda García

para optar por el grado de Maestría en Informática y Tecnologías

Computacionales

Tutores

Dr. César Eduardo Velázquez Amador

Dr. Jaime Muñoz Arteaga

Comité Tutorial

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

Aguascalientes, Ags, 3 de octubre del 2024.

M. EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

PRESENTE

Por medio del presente como Co-Tutor designado del estudiante **ALEJANDRO CASTAÑEDA GARCÍA** con ID 148506 quien realizó la tesis titulada: **DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO SERIO ORIENTADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL PARA EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 11 de septiembre de 2024

Dr. César Eduardo Velázquez Amador
Co-Tutor de tesis

C. c. p.- Interesado
C. c. p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado
Revisado por: Depto. Control Escolar/Dirco: Secretaría de Calidad
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado

Código: DO-SEE-FC-07
Actualización: 01
Emitido: 17/05/2011

CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

M. EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES (UAA)

PRESENTE


Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **ALEJANDRO CASTAÑEDA GARCÍA** con ID 148506 quien realizó la tesis titulada: **DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO SERIO ORIENTADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL PARA EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 17 de septiembre de 2024



Dr. Jaime Muñoz Arteaga (UAA)
Co-tutor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

M. EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

PRESENTE

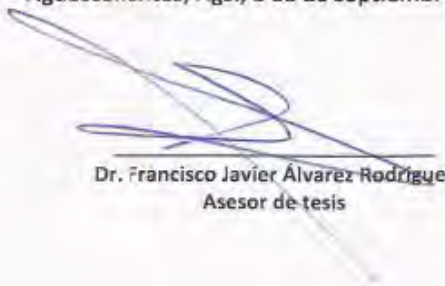
Por medio del presente como Asesor designado del estudiante **ALEJANDRO CASTAÑEDA GARCÍA** con ID 148506 quien realizó la tesis titulada: **DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO SERIO ORIENTADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL PARA EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 11 de septiembre de 2024



Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 10/02/2024

NOMBRE: Alejandro Castañeda García ID: 148506
PROGRAMA: MAESTRÍA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES LGAC (del posgrado): Gestión de sistemas y tecnologías de información para mejorar competitividad, innovación y cambio organizacional
TIPO DE TRABAJO: (X) Tesis () Trabajo práctico
TÍTULO: Desarrollo de un videojuego serio orientado a personas con discapacidad visual para el aprendizaje de matemáticas
IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Este tipo de estudios contribuyen a que la información disponible en los medios digitales sea más accesible para todos

INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
SI Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)

El egresado cumple con lo siguiente:

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
N/A Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)

En caso de Tesis por artículos científicos publicados:

- N/A Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
N/A El estudiante es el primer autor
N/A El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
N/A En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
N/A Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
N/A La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Si X
No

FIRMAS

Elaboró: * NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADESCRIPCION: Dr. Carlos Argello Arévalon Mercado
NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO: Dra. Lizeth Itzigueru Salano Romo
Revisó: NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO: Dr. Alejandro Párrilla Díaz
Autorizó: NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO: M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.
Aprobado por: D. Control Escolar/ D. Apoyo al Posg.

Código: DO-SEE-FO-15
Actualización: 01
Emisión: 20/06/19

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a la institución CONAHCYT por brindarme el apoyo necesario que me permitió aprovechar la oportunidad de continuar con mis estudios. Además, agradezco a la universidad, a mi comité tutorial, a mis profesores y compañeros por el valioso acompañamiento durante este proceso de formación académica. Por último, pero no menos importante, extiendo mi más profundo agradecimiento a mi familia, cuyo apoyo incondicional y constante ha sido fundamental para lograr este objetivo.



INDICE

1 CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN..... 7

1.1 Contexto de la Investigación.....7

1.2 Situación Problemática de Investigación y su Relevancia10

1.3 Tipo y Descripción de Propósito Genérico de la Investigación.10

2 CAPITULO 2 FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. 12

2.1 Objetivo General y Específicos de la Investigación.....12

2.2 Pregunta General y Específicas de la Investigación.13

2.3 Justificación de la investigación.13

2.4 Hipótesis o Proposiciones Específicas de la Investigación.13

3 CAPITULO 3 MARCO TEÓRICO..... 15

3.1 Desarrollo de videojuegos serios.....15

3.2 Mejores prácticas para mejorar la accesibilidad de las aplicaciones23

3.3 Principales Estudios Relacionados.25

3.4 Contribuciones y Limitaciones de Estudios Previos.....32

4. CAPITULO 4 METODOLOGÍA 34

4.1 Metodología Seleccionada para el Desarrollo de “Mathvoice”34

4.2 Fase 1. Conceptualización del Videojuego.....36

4.3 Fase 2. Planificación41

4.4 Fase 3 Elaboración44

4.5 Fase 4. Beta.....47

4.6 Fase 5. Cierre.....48

4.7 Gestión de riesgos.....49

4.8 Metodología para la investigación sobre los elementos comunes en los videojuegos serios para el aprendizaje de matemáticas52

4.9 Metodología para la investigación sobre los elementos de accesibilidad en los videojuegos serios.....56

5. CAPITULO 5 RESULTADOS 63

5.1 Videojuego “MathVoice”63

5.2 Instrumento de Evaluación70

5.3 Aplicación del Instrumento de Evaluación.....71

5.4 Análisis de Resultados75

**5.5 Análisis Comparativo entre la Investigación Actual y Estudios Previos
Relacionados78**

**5.6 Resultados de la investigación sobre los elementos comunes en los
videojuegos serios para el aprendizaje de matemáticas81**

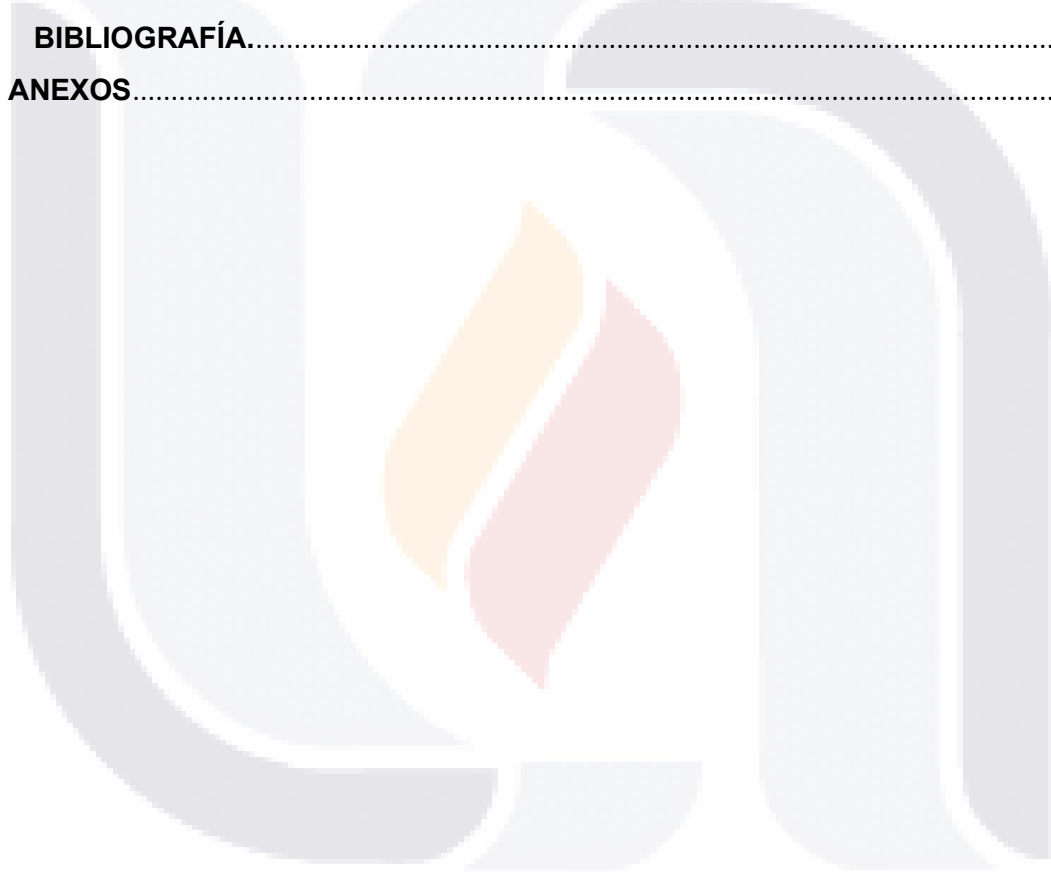
**5.7 Resultados de la investigación sobre los elementos de accesibilidad en los
videojuegos serios.....82**

5.8 Criterios de evaluación en matemáticas con resultados satisfactorios83

6. CAPITULO 6 CONCLUSIONES..... 85

7. BIBLIOGRAFÍA..... 88

8. ANEXOS..... 94

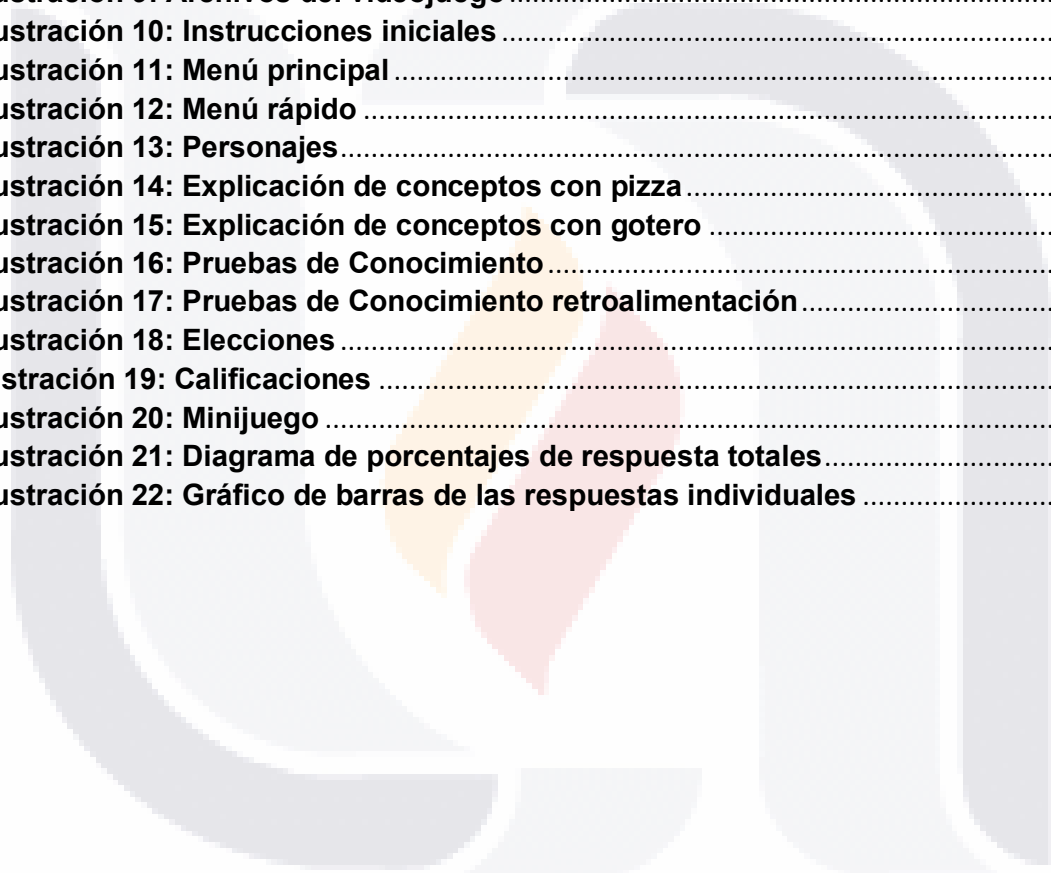


INDICE TABLAS.

Tabla 1: Metodologías para el diseño de videojuegos serios	16
Tabla 2: Recomendaciones de accesibilidad	23
Tabla 3: Videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas	25
Tabla 4: Videojuegos serios accesibles para personas con discapacidad visual	29
Tabla 5: Videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas accesibles para personas con discapacidad visual	31
Tabla 6: Objetivos y resultados educativos	37
Tabla 7: Características del videojuego serio	38
Tabla 8: Diseño de personajes	39
Tabla 9: Cronograma	42
Tabla 10: Roles	43
Tabla 11: Historias de usuario	44
Tabla 12: Sprints	44
Tabla 13: Fases de desarrollo	45
Tabla 14: Elementos de accesibilidad en “Mathvoice”	46
Tabla 15: Cambios y ajustes de Mathvoice	47
Tabla 16: Listado de riesgos identificados	50
Tabla 17: Planes de mitigación y contingencia	51
Tabla 18: Videojuegos serios orientados al aprendizaje de las matemáticas.	53
Tabla 19: Videojuegos serios con accesibilidad para personas con discapacidad visual	58
Tabla 20: Instrumento de evaluación	72
Tabla 21: Análisis de frecuencia generales	75
Tabla 22: Análisis de frecuencia individuales	77
Tabla 23: Comparación entre investigación actual e investigaciones relacionadas.	78
Tabla 24: Elementos comunes encontrados en los artículos seleccionados	81
Tabla 25: Elementos de accesibilidad encontrados en los artículos seleccionados	82
Tabla 26: Criterios de evaluación referentes al aprendizaje de matemáticas	83

INDICE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Metodología SUM	34
Ilustración 2: Diseño de capítulos	39
Ilustración 3: Diseño de escenas Capítulo 1	41
Ilustración 4: Diseño de escenas Capítulo 2	41
Ilustración 5: Diseño de escenas Capítulo 3	41
Ilustración 6: Evidencia fotográfica del primer estudiante	48
Ilustración 7: Evidencia fotográfica del segundo estudiante	49
Ilustración 8: Evidencia fotográfica del tercer estudiante	49
Ilustración 9: Archivos del videojuego	63
Ilustración 10: Instrucciones iniciales	64
Ilustración 11: Menú principal	65
Ilustración 12: Menú rápido	66
Ilustración 13: Personajes	66
Ilustración 14: Explicación de conceptos con pizza	67
Ilustración 15: Explicación de conceptos con gotero	67
Ilustración 16: Pruebas de Conocimiento	68
Ilustración 17: Pruebas de Conocimiento retroalimentación	68
Ilustración 18: Elecciones	69
Ilustración 19: Calificaciones	69
Ilustración 20: Minijuego	70
Ilustración 21: Diagrama de porcentajes de respuesta totales	76
Ilustración 22: Gráfico de barras de las respuestas individuales	77



RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar un videojuego serio para el aprendizaje de las matemáticas orientado a las personas con discapacidad visual. Esta iniciativa surge debido a la problemática que se está teniendo en la educación de México con relación al área de las matemáticas. Para garantizar la accesibilidad y efectividad del videojuego, se investigaron los elementos comunes que se han utilizado en los videojuegos serios relacionados con la enseñanza de las matemáticas, así como las características de accesibilidad implementadas en otros videojuegos educativos. Además, se tomaron en cuenta guías de accesibilidad proporcionadas por organismos internacionales como la WCAG, para tomarlas en consideración en el desarrollo del videojuego serio y de esta manera satisfacer las necesidades del usuario con discapacidad visual. Para la selección de metodología, se exploraron diversas opciones para el desarrollo de videojuegos serios, seleccionando la metodología SUM como la más adecuada para este tipo de proyecto debido al tamaño del equipo y recursos disponibles. Siguiendo la metodología, se trabajó en conjunto con el tutor para ir realizando varias versiones beta del videojuego, y una vez teniendo una experiencia satisfactoria haciendo pruebas a ojos vendados, finalmente se procedió a realizar una última prueba con estudiantes de Centro de Atención Múltiple V en el estado de Aguascalientes. En esa prueba con los estudiantes se obtuvo su retroalimentación a través del instrumento de evaluación de ILOBLIND, el cual pretende medir la calidad y satisfacción de los objetos de aprendizaje para los estudiantes con discapacidad visual. Los resultados que se obtuvieron fueron mayormente positivos por parte de los estudiantes, aunque se identificaron varios puntos a mejorar. Este trabajo puede servir como base para futuros proyectos en el campo de los videojuegos serios, proporcionando una guía para el diseño y desarrollo de herramientas educativas accesibles.

ABSTRACT:

This research aims to develop a serious video game for learning mathematics, specifically designed for people with visual impairments. This initiative arises from the challenges currently faced in mathematics education in Mexico. To ensure the accessibility and effectiveness of the video game, common elements used in serious games related to mathematics teaching were investigated, along with accessibility features implemented in other educational video games. Additionally, accessibility guidelines provided by international organizations such as the WCAG were considered in the development of the serious game to meet the needs of visually impaired users. For the methodology selection, various options for the development of serious games were explored, ultimately choosing the SUM methodology as the most suitable for this type of project due to the team size and available resources. Following this methodology, multiple beta versions of the game were developed in collaboration with the project tutor. After achieving a satisfactory experience through blindfolded testing, a final test was conducted with students from the “Centro de Atención Múltiple V” in the state of Aguascalientes. In this test, feedback was gathered from the students using the ILOBLIND evaluation instrument, which aims to measure the quality and satisfaction of learning objects for students with visual impairments. The results were mostly positive, though several areas for improvement were identified. This work can serve as a foundation for future projects in the field of serious games, providing a guide for the design and development of accessible educational tools.

1 CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.

En esta sección se abordará un concepto clave en esta investigación como lo son los videojuegos serios. Además, se contextualizará la problemática en la educación en el área de las matemáticas y la situación de discapacidad visual en México y el mundo. Se explorará como la tecnología se ha ido adaptando para ser más accesible para las personas con discapacidad. Finalmente, se definirá el tipo de investigación y su propósito genérico.

1.1 Contexto de la Investigación.

Videojuegos serios

Dentro de todas las categorías que se pueden encontrar en los videojuegos, hay una especialmente enfocada en la educación denominada videojuegos serios (Zhu et al., 2020), los cuales, aparte de tener el propósito de entretener, se utilizan como una herramienta educativa y altamente motivacional con la capacidad de cambiar las actitudes de los usuarios, desarrollar habilidades y despertar conciencia acerca de ciertos campos en específico como la salud, rehabilitación, educación, política, defensa, marketing, entre otros.(Moizer et al., 2019)

El término “videojuego serio” se empieza a utilizar por los años 70, en la publicación (Clark Abt, 1970) de Abt, para referirse a los juegos que tienen un propósito más allá que el de la diversión, sino que tienen un propósito educativo explícito y cuidadosamente planeado. En esos tiempos se utilizó el termino refiriéndose a los juegos de mesa y de cartas, aunque la definición propuesta se puede trasladar fácilmente a la era digital. Zyda define a los videojuegos serios como: una prueba mental, jugada a través de una computadora en concordancia con reglas específicas, que utiliza el entretenimiento para promover la capacitación corporativa o de gobierno, educacional, en salud, en política pública y en objetivos de comunicación estratégicos.(Zyda, 2005).

Dificultades del aprendizaje de las matemáticas en la educación

En la enseñanza matemática tradicional se ha puesto un énfasis en el trabajo de clase con ejercicios rutinarios a los cuales los estudiantes dan una solución mecánica, sin dar oportunidad a que el alumno reflexione sobre estos procesos, lo cual ha generado una separación entre los conceptos teóricos y su aplicabilidad (Araya, 2007), por lo que el alumno pierde el interés al pensar que las matemáticas son sólo formulas a memorizar.

En una investigación (Arroyo Hernández et al., 2023) en dónde se analizó la evidencia acerca de las Dificultades Específicas de Aprendizaje en Matemáticas (DEAM), se identificó que las dificultades de aprendizaje se presentan en los años iniciales de escolaridad, dónde no se logra afianzar el conocimiento de las cuatro operaciones básicas, por lo que para superar estas dificultades y que no se agraven en un futuro, es importante llegar a un diagnóstico temprano de las DEAM por parte de instrumentos estandarizados, así como de dar enfoque en la formación inicial y continua de los docentes utilizando nuevas metodologías de enseñanza.

Las dificultades de aprendizaje pueden relacionarse con diferentes aspectos, entre los cuales se pueden mencionar la metodología de enseñanza usada por los profesores y la falta de recursos concretos o tecnologías que satisfagan las necesidades de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes (Sá & Zaqueu, 2023), por lo que resulta primordial utilizar tecnologías que brinden acceso a la información y que promuevan el aprendizaje centrado en las necesidades de cada estudiante para poder solventar estas dificultades.

Discapacidad visual en México y el mundo

Según datos de (OMS, 2023) a nivel mundial se calcula que aproximadamente 2,200 millones de personas viven con algún deterioro de la visión cercana o distante, datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Procuraduría Federal del Consumidor, 2022), señalan que en México existen 2 millones 691 mil personas con una deficiencia visual debido a problemas oculares como: errores de refracción (miopía, hipermetropía, astigmatismo y

presbicia), catarata senil, degeneración macular, glaucoma, retinopatía diabética y opacidad en la córnea.

Tipos de discapacidad visual

La Clasificación Internacional de Enfermedades 11 (OMS, 2022) categoriza el deterioro de la visión en dos grupos: deterioro de la visión cercana y de la visión distante.

Deterioro de la visión distante:

- Leve: agudeza visual inferior a 6/12 o igual o superior a 6/18.
- Moderado: agudeza visual inferior a 6/18 o igual o superior a 6/60.
- Grave: agudeza visual inferior a 6/60 o igual o superior a 3/60.
- Ceguera: agudeza visual inferior a 3/60.

Deterioro de la visión cercana:

- Agudeza visual cercana inferior a N6 o M.08 a 40 cm.

Adaptación de la tecnología digital para optimizar la accesibilidad de personas con discapacidad visual.

Para que la información en medios digitales sea accesible para todas las personas se han creado diversos estándares, por ejemplo, el conocido como WCAG, el cual provee de directrices basadas en cuatro principios: Perceptibilidad, Operabilidad, Comprensibilidad y Robustes.

La perceptibilidad tiene como objetivo que toda la información, ya sea textual, en imagen o cualquier formato multimedia, sea perceptible para los usuarios.

La operabilidad describe la necesidad de todos los usuarios de utilizar la navegación e interfaz de usuario de forma efectiva, incluyendo la interacción con el teclado, ratón y otros dispositivos de entrada.

La comprensibilidad indica que el contenido digital debe ser claro y comprensible para todos los usuarios.

La robustez se refiere a que se tiene que asegurar que el contenido digital sea suficientemente robusto para ser interpretado por las diferentes tecnologías de asistencia (Hamideh Kerdar et al., 2024)

Cabe destacar que este estándar es un trabajo en desarrollo que sigue actualizándose con el pasar del tiempo, por lo que ofrece un amplio margen para mejoras futuras.

1.2 Situación Problemática de Investigación y su Relevancia.

Las matemáticas han sido un problema en el aprendizaje de los estudiantes mexicanos desde la educación básica, según los resultados obtenidos en las evaluaciones Planea 2019 (Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación, 2021) en el estado de Aguascalientes, de 346 secundarias evaluadas, el 61.9% mostró que más del 50% de los alumnos no contaron con los aprendizajes mínimos en matemáticas.

Debido a esta situación, se muestra una clara necesidad de reforzar el aprendizaje de las matemáticas utilizando diferentes metodologías con las que sea posible obtener un mejor resultado, por ejemplo, la utilización de videojuegos serios, los cuales pueden ser un complemento que ayude a los estudiantes a tener un mayor interés y motivación al momento de estar estudiando.

Realizando la búsqueda en la base de datos de EBSCO, ERIC y ResearchGate utilizando los términos clave “videojuegos serios” + “discapacidad visual” + “matemáticas”, además de su variante en inglés con las palabras clave “serious games” + “visual impairment” + “mathematics”, se encontraron escasos artículos relacionados con videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas diseñado específicamente para las personas con alguna discapacidad visual. Además, durante el desarrollo de esta investigación, se encontró una falta de guías o procesos para el desarrollo de videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas orientado a estudiantes con discapacidad visual.

1.3 Tipo y Descripción de Propósito Genérico de la Investigación.

Tipo de Investigación: Se trata de una investigación cuasiexperimental, ya que no se asignaron a los participantes con aleatoriedad.

Propósito: Investigación mixta con el propósito de desarrollo/diseño de un nuevo artefacto: el prototipo funcional del videojuego serio que cumpla con los requerimientos de accesibilidad para las personas con discapacidad visual.



2 CAPITULO 2 FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

En esta sección se presentarán el objetivo general y específicos de la investigación, junto con la pregunta general y preguntas específicas que están vinculadas a dichos objetivos. A continuación, se justificará la realización de esta investigación y, finalmente, se expondrán las hipótesis específicas de la investigación.

2.1 Objetivo General y Específicos de la Investigación.

El objetivo general de esta investigación de tipo cuasiexperimental es realizar un prototipo de videojuego serio para apoyar el aprendizaje de conocimientos básicos en matemáticas dirigido a niños y adolescentes con algún tipo de discapacidad visual, siguiendo las directrices para hacer un videojuego serio de calidad y que satisfaga las necesidades del usuario.

Objetivos específicos:

OE1. Reconocer los elementos básicos que debe contener un videojuego serio para el aprendizaje de las matemáticas

OE2. Reconocer los elementos de accesibilidad que debe contener un videojuego serio para que las personas con discapacidad visual puedan tener una buena experiencia de uso del software

OE3. Encontrar la metodología más adecuada para el desarrollo del videojuego serio.

OE4. Desarrollar el prototipo funcional del videojuego serio

OE5. Determinar la satisfacción del uso del videojuego serio utilizando un instrumento de evaluación publicado

2.2 Pregunta General y Específicas de la Investigación.

Pregunta general

¿Es posible desarrollar un videojuego serio que brinde niveles aceptables de satisfacción según las necesidades de las personas con discapacidad visual?

Preguntas específicas de investigación:

1. ¿Cuáles son los elementos básicos que debe contener un videojuego serio para el aprendizaje de las matemáticas?
2. ¿Cuáles son los elementos de accesibilidad que debería tener un videojuego serio para que personas con discapacidad visual puedan tener una buena experiencia de uso?
3. ¿Cuál es la metodología más adecuada para el desarrollo del videojuego serio?
4. ¿Cuál fue el proceso de desarrollo para el prototipo funcional del videojuego serio?
5. ¿Se pueden obtener niveles aceptables de satisfacción con el uso del videojuego serio utilizando el instrumento de evaluación propuesto por el Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador (Amador et al., 2023a)?

2.3 Justificación de la investigación.

Proponer un recurso que pueda apoyar a los estudiantes con algún tipo de discapacidad visual para poder reforzar el conocimiento aritmético obtenido durante las clases y que puedan manejarlo de una manera satisfactoria.

La cantidad de usuarios potenciales que pudieran beneficiarse de esta investigación, tomando en cuenta la población con alguna discapacidad visual en México, se compone de 2 millones 691 mil personas según el censo del INEGI 2020 (Procuraduría Federal del Consumidor, 2022).

2.4 Hipótesis o Propositiones Específicas de la Investigación.

Proposición Nula:

P0: "El videojuego serio no logró alcanzar niveles aceptables de satisfacción según los instrumentos de evaluación utilizados"

Proposición Alternativa:

PA: “El videojuego serio logró alcanzar niveles aceptables de satisfacción según los instrumentos de evaluación utilizados”



3 CAPITULO 3 MARCO TEÓRICO.

En esta sección se abarcarán diferentes metodologías para el desarrollo de videojuegos serios, esto con el objetivo de seleccionar la más apropiada de utilizar en este proyecto, posteriormente, se explorará acerca de las mejores prácticas de accesibilidad en el desarrollo de contenido digital. Además, se recopilarán distintos estudios relacionados con el tema de esta investigación y se mencionarán las aportaciones y limitaciones encontradas de los estudios relacionados.

3.1 Desarrollo de videojuegos serios

La producción de un videojuego serio puede considerarse como un proceso de ingeniería de software, dónde se requiere la participación de un equipo multidisciplinario, incluyendo al usuario final(Cano et al., 2016). Considerando las limitaciones de equipo y recursos disponibles para esta investigación, se llevó a cabo una revisión de la literatura con el objetivo de identificar una metodología que se ajustara a estas condiciones.

Se realizó una recopilación (Tabla 1) de varias metodologías para el desarrollo de videojuegos serios, tomando en cuenta los siguientes criterios:

Criterios de aceptación:

Que se incluyera una descripción detallada de las actividades a realizar en cada etapa.

Que sea aplicable a pequeños grupos de desarrollo con recursos limitados.

Criterios de exclusión:

Que se presenten etapas de desarrollo de manera vaga, sin un proceso claro o estructurado.

Que están diseñadas para proyectos de gran escala y no pueden ser adaptadas o reducidas para equipos con recursos limitados.

Tabla 1: Metodologías para el diseño de videojuegos serios

	Descripción
Artículo	Serious Games Accessibility Design Model for Low-Vision Children (Othman et al., 2023)
Objetivo	Proponer un diseño de videojuego serio enfocado a los niños con debilidad visual.
Descripción del método	Se divide en dos actividades principales: El diseño del videojuego serio y la validación de un experto. En la fase de diseño se realiza un prototipo de baja fidelidad utilizando los elementos del videojuego (historia, retos, recompensas, fantasía y reglas), así como los elementos pedagógicos (objetivos de aprendizaje, teoría y contenidos). Después, el prototipo se evalúa por expertos utilizando evaluaciones heurísticas para valorar su usabilidad, con el propósito de validar la accesibilidad del modelo diseñado para el videojuego serio.
Resultados	En las evaluaciones realizadas por los expertos al prototipo del videojuego serio, se obtuvo un porcentaje aceptable de usabilidad en cada uno de los componentes evaluados (accesibilidad, juego y aprendizaje)

Continuación Tabla 1

	Descripción
Artículo	Play-Centric Designing of a Serious Game Prototype for Low Vision Children(Othman et al., 2020)
Objetivo	Poner a prueba un prototipo de videojuego serio enfocado a niños con debilidad visual utilizando un

	diseño centrado en la jugabilidad para obtener retroalimentación de los usuarios.
Descripción del método	<p>El diseño centrado en la jugabilidad es un método iterativo que se divide en cuatro fases: concepción, diseño y prototipado, testeo del juego e implementación. En la fase de concepción se definen los objetivos, género, contenido, historia, personajes, temática y usuario final del videojuego serio. En la fase de diseño y prototipado se realiza el diagrama de flujo de la historia y se realiza el prototipo de baja fidelidad.</p> <p>En la fase de testeo del videojuego se utilizan diferentes métodos para obtener la retroalimentación de los usuarios. En la fase de implementación se utiliza la retroalimentación obtenida para implementarlas en el prototipo.</p>
Resultados	Con la retroalimentación obtenida, hay varios aspectos del juego que deberían mejorarse, como la experiencia del juego, historia, desafíos, recompensas e interfaz.

Continuación Tabla 1

	Descripción
Artículo	A Document Oriented Model for the Desing of Serious Games(Mcmahon, 2007)
Objetivo	Promover un enfoque teórico del aprendizaje, centrado en elementos del juego como los objetivos, el desafío y la fluidez, y por hacer hincapié en la documentación para proporcionar el rigor necesario para su uso como parte de un modelo de gestión de proyectos más amplio.
Descripción del método	El modelo se basa en cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

	<p>Análisis de la situación: Se explora el potencial del producto y la viabilidad del videojuego para el público objetivo.</p> <p>Propuesta de diseño: Proporciona una descripción más detallada del juego para ayudar a comunicar los objetivos y la estrategia general del juego.</p> <p>Diseño de la documentación: Es menos formal y detallada que la Documentación de Producción, cumple la función de ayudar en la comunicación interna del equipo.</p> <p>Documentación de Producción Proporciona especificaciones detalladas del producto final que puedan ser utilizadas por programadores y artistas gráficos.</p> <p>Finalmente, cuenta con un nivel de evaluación de prototipos para poder equilibrar el diseño del videojuego con la retroalimentación obtenida.</p>
Resultados	<p>En el estudio (McMahon, 2009) realizado a un grupo de estudiantes universitarios que implementaron el modelo, se registró un gran éxito, tanto por la documentación de diseño producida como por el valor que los estudiantes le otorgaron.</p>

Continuación Tabla 1

	Descripción
Artículo	<p>Designing educational games: Key elements and methodological approach(De Lope et al., 2017)</p>
Objetivo	<p>La metodología propuesta tiene como objetivo desarrollar videojuegos educativos en donde la historia toma un rol mayor.</p>

<p>Descripción del método</p>	<p>La metodología tiene un enfoque iterativo e incremental que permite la generación de prototipos ágiles siguiendo cinco fases, las cuales se describen a continuación:</p> <p>Arranque: Se definen el tipo de juego, las habilidades educativas por adquirir y un diseño inicial de la historia.</p> <p>Diseño: Es juego es estructurado en actos, escenas, escenarios, acciones y diálogos.</p> <p>Producción: Utilizando los productos realizados en la fase de Diseño, se llevan a cabo las tareas de programación, animación, modelado de personajes, objetos, escenarios y la sincronización del sonido.</p> <p>Test: Se genera el prototipo para realizar la evaluación del desempeño del videojuego.</p> <p>Postproducción: Se aplican los parches o actualizaciones requeridas para corregir o mejorar el videojuego.</p>
<p>Resultados</p>	<p>En trabajos futuros, se planea validar la propuesta con las partes involucradas (equipo de desarrollo, pedagogos, diseñadores, etc.) para validar la metodología propuesta.</p>

Continuación Tabla 1

	Descripción
<p>Artículo</p>	<p>A New Methodology of Design and Development of Serious Games(Barbosa et al., 2014)</p>
<p>Objetivo</p>	<p>Metodología alineada con la idea de incorporar tareas educativas en paralelas al juego principal, por ejemplo, con el uso de minijuegos para reforzar los objetivos de</p>

	aprendizaje por medio de experiencias de aprendizaje motivantes y atractivas.
Descripción del método	Esta metodología propone el diseño del videojuego en varios niveles, y para cada nivel se asocia un mecanismo de aprendizaje. Estos mecanismos de aprendizaje están relacionados con el videojuego principal, pero son independientes y son jugados en paralelo al videojuego principal. Los mecanismos pueden ser diversos, por ejemplo, pueden tomar la forma de puzzles, trivias, pruebas o minijuegos.
Resultados	Se obtuvieron valoraciones positivas de los usuarios que probaron el videojuego desarrollado con esta metodología, se espera poder probarlo en un futuro en escuelas secundarias para evaluar su efectividad con más detalle.

Continuación Tabla 1

	Descripción
Artículo	Methodology to Develop Serious Games for Primary Schools(Alaoui et al., 2021)
Objetivo	Optimización de la metodología GLUPS (Procesos de Desarrollo de Videojuegos Serios) para una mayor adecuación a los videojuegos serios destinados a niños.
Descripción del método	Se define en cuatro fases del ciclo de vida del proyecto, las cuales son: lanzamiento, preproducción, producción y transición. Las fases de lanzamiento y preproducción principalmente involucran el modelado, análisis de requerimientos y diseño. La fase de producción principalmente involucra actividades de

	<p>implementación, también podría involucrar modelado y diseño adicional.</p> <p>Por último, en la fase de transición, se realiza el testeo, le evaluación de los aprendizajes y la administración del proyecto.</p>
Resultados	<p>Se adapto la metodología para encajar mejor con el perfil de desarrolladores de software que no sean expertos necesariamente en el desarrollo de videojuegos.</p>

Continuación Tabla 1

	Descripción
Artículo	<p>Designing educational games through a conceptual model based on rules and scenarios (Zarraonandia et al., 2015)</p>
Objetivo	<p>Presentar un modelo conceptual para organizar de manera modular y desde diferentes perspectivas, las características más significantes de un videojuego serio, para facilitar su reusó y así poder producir nuevas variantes de un mismo videojuego que puedan ser utilizadas para encajar con diferentes propósitos educativos.</p>
Descripción del método	<p>Se describen dos submodelos diferentes e independientes. El modelo de perspectiva de reglas del juego: describe las reglas y rúbrica del videojuego, es decir, como debe ser jugado el videojuego.</p> <p>El modelo de perspectiva del escenario: define el ambiente virtual en el cual será jugado el videojuego, es decir, la interfaz proveída para interactuar con el juego y el conjunto de servicios adicionales disponibles.</p>

	El diseño del videojuego se obtiene a través de coincidir los elementos de un específico conjunto de reglas con los elementos del escenario.
Resultados	Los resultados obtenidos después de poner a prueba el modelo sugieren que puede ser útil para la generación de ideas y la colaboración multidisciplinaria entre miembros del equipo de desarrollo. En una segunda prueba en la que se desarrollaron diversos videojuegos utilizando este modelo para después ser probados por los estudiantes, se obtuvieron respuestas muy positivas de parte de los alumnos y maestros.

Continuación Tabla 1

	Descripción
Artículo	Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos (Metodología SUM) (Acerenza et al., 2009)
Objetivo	Tiene como objetivo desarrollar videojuegos de calidad en tiempo y costo, así como la mejora continua del proceso para incrementar su eficacia y eficiencia. Pretende obtener resultados predecibles, administrar eficientemente los recursos y riesgos del proyecto, y lograr una alta productividad del equipo de desarrollo.
Descripción del método	Las cinco fases secuenciales son: concepto, planificación, elaboración, beta y cierre. Las fases de concepto, planificación y cierre se realizan en una única iteración, mientras que elaboración y beta constan de múltiples iteraciones. Adicionalmente se tiene una gestión de riesgos la cual está presente en el desarrollo de todas las diferentes fases.

Resultados	Los resultados obtenidos en el estudio realizado por Murillo (Murillo Sanchez et al., 2018), fueron que utilizar esta metodología les permitió un avance rápido, validado y documentado del proyecto, esto debido a la facilidad de comunicación entre todo el equipo y el control de los avances.
------------	--

3.2 Mejores prácticas para mejorar la accesibilidad de las aplicaciones

Para mejorar la accesibilidad en las aplicaciones digitales, existen diversas guías de mejores prácticas que detallan las funciones de accesibilidad a considerar. Por ejemplo, en el desarrollo de la aplicación realizada por (Ghidini et al., 2016), la cual fue probada por los usuarios con discapacidad visual, se mencionan las siguientes medidas que tomaron en cuenta para hacer su aplicación accesible a los usuarios con discapacidad visual: la interacción por comandos de voz y el uso del muti-touch, además de diseñar la interfaz utilizando un fondo de alto contraste y colores en primer plano para habilitar que los usuarios de visión baja puedan identificar mejor los componentes en la pantalla. También se desarrolló de manera que pudiera utilizarse con el lector de pantalla, añadiendo una descripción a los componentes que pudieran interactuar con el usuario.

A continuación, se presenta una tabla (Tabla 2) en la que se muestran las mejores prácticas encontradas por Whitaker (Whitaker, 2020) para el desarrollo de aplicaciones accesibles en Android. En la primera columna, se menciona el tipo de discapacidad para la cual está dirigida, en la segunda columna se menciona el nombre de la práctica y en la tercera columna la descripción de la práctica.

Tabla 2: Recomendaciones de accesibilidad

Tipo de discapacidad	Mejor práctica	Descripción
Debilidad Visual, Ceguera	Material Design	Utilizar los controles incorporados de Android y seguir los principios de Material Design de Google.

Debilidad Visual	Tamaño mínimo	Para todos los elementos interactivos, se recomienda un tamaño mínimo de 48 pixeles relativos.
Debilidad Visual, Ceguera	Textos alternativos	Asegurarse de que todo el contenido que no sea de texto tenga un texto alternativo
Cualquier discapacidad visual	Adaptabilidad	Crear contenido que pueda ser presentado de diferentes maneras sin perder información o estructura.
Debilidad Visual, Ceguera	Hints	Utilizar pistas para proveer de contexto a los EditText, dando una breve explicación del tipo de entrada esperada.
Daltonismo	Color personalizable	Algunas personas, como las que experimentan dislexia, síndrome de Irlen, o daltonismo, puede beneficiarse de la capacidad de personalizar los colores de fondo.
Debilidad Visual	Tamaño de textos ajustables	Dar opción para redimensionar el tamaño del texto sin perder información o funcionalidad
Debilidad visual, Ceguera	Compatibilidad con teclados físicos	Asegurarse que la aplicación sea navegable utilizando un teclado externo
Debilidad Visual	Texto de alto contraste	Se utiliza un borde de color opuesto al del texto original.

Debilidad Visual, Ceguera	Etiquetar elementos	Es importante proveer a los usuarios de etiquetas útiles y descriptivas para cada elemento de la UI.
Debilidad visual, Ceguera	Comandos de voz	Reconocimiento de comandos de voz para ejecutar ciertas acciones
Debilidad visual, Ceguera	Uso del multi-touch	Utilizar distintos gestos con el tactil de la pantalla para ejecutar ciertas acciones.
Debilidad visual, Daltonismo	Modo oscuro	El alto contraste del modo oscuro puede hacer más fácil la distinción entre elementos.

3.3 Principales Estudios Relacionados.

Videojuegos serios para personas con debilidad visual

Se realizó una investigación con los motores de búsqueda de ERIC, ResearchGate, Google Académico, EBSCO con las palabras clave “serious games”, “visually impairment”, “learning mathematics” y se seleccionaron estudios relacionados que abordan tres áreas clave para el desarrollo de esta investigación.

1. Los videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas (Tabla 3)
2. Los videojuegos serios accesibles para personas con discapacidad visual (Tabla 4)
3. Los videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas accesibles para personas con discapacidad visual (Tabla 5)

Tabla 3: Videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas

Elemento	Descripción
Título del estudio	The impact of serious games in mathematics fluency: A study in Primary Education(Fraga-Varela et al., 2021)

Objetivo	El objetivo es conocer el impacto del uso de juegos serios en las aulas de educación primaria, concretamente en la fluidez matemática del alumnado.
Metodología	Se realizó una investigación cuasiexperimental, sin grupo control y con varios grupos experimentales.
Resultados	Los resultados muestran una mejora significativa de la fluidez matemática con el uso de juegos serios en los distintos cursos y grupos estudiados.
Características del videojuego serio	Genera una ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con los tiempos de respuesta y las tasas de error. Provee ayuda a través de un asistente virtual que se adapta a las necesidades específicas del estudiante. Tiene un sistema de gamificación de recompensas las cuales pueden ser mejoras para su personaje y diplomas. Los maestros pueden monitorear el proceso con herramientas específicas que proveen información a través de la colección de datos del sistema.

Continuación Tabla 3

Elemento	Descripción
Título del estudio	Getting From Here to There! Testing the Effectiveness of an Interactive Mathematics Intervention Embedding Perceptual Learning(Ottmar et al., 2015)
Objetivo	¡Examinar el uso del videojuego serio “From here to there!” para explorar los beneficios posibles en el comportamiento de los estudiantes y las ganancias en el aprendizaje.
Metodología	Se realizó una investigación cuasiexperimental donde se formaron tres grupos de estudiantes, uno de control y los otros dos con una versión diferente de la aplicación.

Resultados	La comprensión matemática de los estudiantes mejoró 8,5% durante los 4 periodos de clase que se estuvo utilizando la aplicación.
Características del videojuego serio	Sistema de recompensas con niveles de dificultad desbloqueables. Uso de puntaje para mantener la motivación y dar seguimiento del progreso. Uso de pistas para ayudar en un problema. Uso de puzzles para que el usuario pueda interactuar física y dinámicamente con los elementos algebraicos.

Continuación Tabla 3

Elemento	Descripción
Título del estudio	Sixth-Grade Students' Experiences of a Digital Game-Based Learning Environment: A Didactic Analysis (Gök & İnan, 2021)
Objetivo	Hacer uso de un videojuego serio con un enfoque en las interacciones basadas en el conocimiento.
Metodología	Se utilizó una combinación de la Teoría de Situaciones Didácticas (TDS) y aprendizaje basado en juegos digitales. Se realizó un estudio describiendo las experiencias de los estudiantes utilizando el videojuego serio.
Resultados	Los resultados muestran que los juegos digitales diseñados de acuerdo con TDS podrían usarse como una herramienta eficaz para preparar un entorno centrado en el estudiante y alcanzar conocimientos matemáticos.
Características del videojuego serio	Hay 3 niveles de dificultad (fácil, intermedio y difícil). Cada nivel incluye 12 ejercicios, siendo 36 ejercicios en total por los tres niveles. Se maneja una interfaz sencilla, con una

	pantalla para las instrucciones y enseguida las pantallas de los niveles.
--	---

Continuación Tabla 3

Elemento	Descripción
Título del estudio	Serious Game Design Process, Study Case: Sixth Grade Math(Álvarez-Rodríguez et al., 2014)
Objetivo	La investigación se centra en la producción a larga escala de juegos, la resolución de problemas relacionado a esta producción y presenta una solución a la falta de procesos de la producción para juegos en gran escala.
Metodología	Se propone un proceso de diseño de videojuego que consiste en 5 fases: Requerimientos, Diseño, Desarrollo, Testeo y Mejora Continua
Resultados	Los estudiantes mostraron un gran interés en el uso de los videojuegos serios, además de incrementar su nivel de conocimiento de manera significativa en corto periodo de tiempo.
Características del videojuego serio	Se realizaron varios minijuegos en los que se trataban competencias específicas, como lo son operaciones entre números naturales, operaciones entre números fraccionales, medición y conversión, porcentajes, probabilidades, etc.

Tabla 4: Videojuegos serios accesibles para personas con discapacidad visual

Elemento	Descripción
Título del estudio	A Serious Game Accessible to People with Visual Impairments(Salvador-Ullauri et al., 2017)
Objetivo	Presenta una propuesta de videojuego serio para personas con discapacidad visual con el objetivo de reforzar las habilidades de cálculo binario para los estudiantes de ingeniería.
Metodología	Se adaptaron las pautas para la accesibilidad en videojuegos propuesta por Park y Kim (Park & Kim, 2013) y se siguieron las recomendaciones de (Jaramillo-Alcázar & Luján-Mora, 2017)
Resultados	Con esta investigación se contribuye a los estudios relacionados con las metodologías de aprendizaje y entretenimiento para las personas con discapacidad visual.
Características del videojuego serio	Presenta un desafío para identificar el valor decimal de un número binario. Se provee un tiempo suficiente para seleccionar la respuesta correcta. Se siguen una serie de recomendaciones para el desarrollo de videojuego serio, como lo pueden ser el uso de un lenguaje simple, customización de letras en su color o tamaño, menús accesibles, opciones para el daltonismo, opciones para alto contraste, entre otras opciones para hacer la experiencia más accesible para las personas con discapacidad visual.

Continuación Tabla 4

Elemento	Descripción
Título del estudio	Hungry Cat—A Serious Game for Conveying Spatial Information to the Visually Impaired(Chai et al., 2019)

Objetivo	Ayudar a desarrollar mapas mentales espaciales en las personas con discapacidad visual para probar su orientación y movilidad en entornos virtuales a través del videojuego serio.
Metodología	El juego se evaluó con 30 estudiantes con discapacidad, la evaluación consistió en una prueba utilizando el videojuego serio para encontrar ítems clave.
Resultados	Los resultados obtenidos demuestran la capacidad del videojuego serio para transmitir información espacial y ayudar al desarrollo de mapas mentales espaciales sobre los entornos virtuales.
Características del videojuego serio	Selección de avatares, Retroalimentación auditiva y háptica al momento de aproximarse a un obstáculo, Mapa explorable, Ítems coleccionables, Puntos de guardado, Sistema de score, Múltiples niveles. Uso de sensores disponibles en el celular.

Continuación Tabla 4

Elemento	Descripción
Título del estudio	Inclusive digital learning through serious games: a clipping for inclusion (Escudeiro et al., 2019)
Objetivo	Desarrollar la conciencia espacial y la orientación del jugador, donde el usuario es guiado exclusivamente a través del sonido
Metodología	Se utilizó el modelo Social Networking Learning para evaluar el módulo pedagógico, la personalización y usabilidad del juego.
Resultados	No se encontraron resultados respecto al uso de este videojuego serio en particular.

Elementos del videojuego serio	Manejo de ítems, Guiado exclusivamente por sonido, Exploración, Pistas en audio, Obstáculos, Sistema de score, Escenario.
--------------------------------	---

Tabla 5: Videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas accesibles para personas con discapacidad visual

Elemento	Descripción
Título del estudio	Mathematics for all: a Game-Based Learning Environment for Visually Impaired Students(Ferreira & Cavaco, 2014)
Objetivo	Ayudar y motivar a estudiantes con discapacidad visual para aprender y disfrutar de las matemáticas.
Metodología	Se utilizaron test de evaluación antes y después del acceso al videojuego. Se realizó una investigación cuasiexperimental por un periodo de prueba de un mes.
Resultados	Los resultados obtenidos sugieren que el juego puede tener una influencia positiva en el rendimiento de matemáticas.
Características del videojuego serio	Todas las características son complementadas con audio y se utiliza audio especializado 2d durante el juego. Fue diseñado para estudiantes con baja visibilidad y ceguera total. Tiene una historia cautivadora apropiada para el rango de edad de los estudiantes. Maneja tres personajes con los que los estudiantes se pueden identificar. El juego combina tres modos: modo historia, modo aventura y modo aprendizaje. Utiliza una interfaz visual simple, haciendo que los personajes sean más grandes respecto a los objetos en el escenario, utilizando colores brillantes en la ropa y en el cabello de los personajes.

Continuación Tabla 5

Elemento	Descripción
Título del estudio	Math Melodies: Supporting Visually Impaired Primary School Students in Learning Math(Ahmetovic et al., 2017)
Objetivo	Desarrollar un software educativo diseñado para facilitar el aprendizaje de matemáticas en estudiantes de primaria, con un enfoque especial en la accesibilidad para los usuarios con discapacidad visual.
Metodología	Se siguió la metodología de diseño participativo, en donde se involucraron 4 maestros expertos en la educación para alumnos ciegos y 3 estudiantes de primaria ciegos.
Resultados	Después de una evaluación realizada por estudiantes con y sin discapacidad visual, todos los participantes coincidieron en que la aplicación era accesible y entretenida.
Características del videojuego serio	Presenta 19 diferentes tipos de ejercicios, cada uno con diferentes niveles de dificultad, sigue una historia de aventura que está organizada en 10 capítulos, permite la exploración de los elementos audiovisuales y provee de una retroalimentación multimodal (auditiva, visual y táctil). Presenta diferentes escenarios como pueden ser una ciudad, playa o montaña.

3.4 Contribuciones y Limitaciones de Estudios Previos

Los estudios anteriores muestran que hubo una mejora significativa con el uso de los videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas, esto fue debido a la experimentación mediante el uso del videojuego serio por varias sesiones con diferentes grupos de estudiantes, en dónde se pudo comprobar que los resultados obtenidos después de la utilización del videojuego serio fueron mejores respecto a las pruebas realizadas anteriormente. Sin embargo, los estudios que se lograron encontrar en donde se involucren los videojuegos serios para el aprendizaje de las

matemáticas con herramientas de accesibilidad para las personas con discapacidad visual fueron escasos.



4. CAPITULO 4 METODOLOGÍA

En esta sección se mencionará la metodología seleccionada para desarrollar el videojuego serio y las razones por las cuales se eligió. Después se documentará cada fase de desarrollo de la metodología. Finalmente, se mencionará la metodología utilizada para las investigaciones sobre los elementos comunes en los videojuegos serios para el aprendizaje de matemáticas y los elementos de accesibilidad encontrados en videojuegos serios en general.

4.1 Metodología Seleccionada para el Desarrollo de “Mathvoice”

Para el desarrollo del videojuego serio se seleccionó la metodología de SUM, la cual fue publicada por la Universidad de la República en Montevideo, Uruguay (Acerenza et al., 2009), y consta de cinco fases, además de una gestión de riesgos que se va desarrollando a lo largo de cada fase, como se muestra en el esquema presentado en la Ilustración 1.

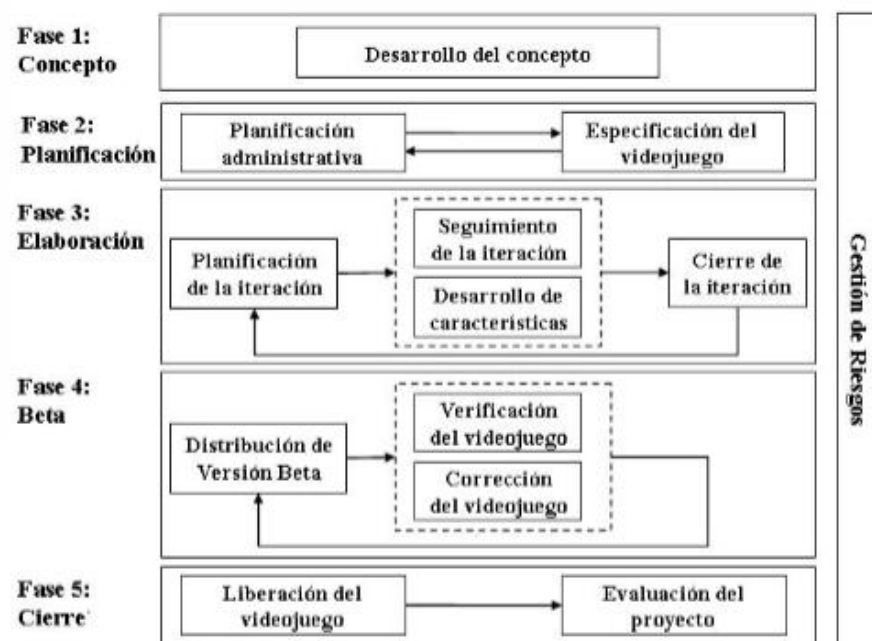


Ilustración 1: Metodología SUM (Acerenza et al., 2009)

La primera fase de “Concepto” tiene como objetivo definir los conceptos del negocio, como son el público objetivo y el modelo de negocio (para esta investigación el videojuego se proporciona de manera gratuita a la institución del Centro de Atención Múltiple V del estado de Aguascalientes), los elementos del videojuego, como son sus principales características, personajes, historia, ambientación, entre otros y técnicos como son el lenguaje de programación y herramientas de desarrollo utilizadas.

La segunda fase de “Planificación” tiene como objetivo planificar las siguientes fases del proyecto, para ello se define un cronograma del proyecto junto con sus principales hitos, se definen a los miembros del equipo y sus roles, se realizan las historias de usuario que recopilan los requerimientos del videojuego, y se programan los sprints, que son un periodo de tiempo fijo para poder completar los requerimientos establecidos anteriormente.

La tercera fase de “Elaboración” tiene como objetivo implementar el videojuego, esto se logra a través de un trabajo iterativo e incremental para desarrollar una versión ejecutable del videojuego, en donde se registran las tareas, cambios y ajustes realizados durante el desarrollo.

La cuarta fase de “Beta” tiene como objetivo evaluar la versión ejecutable del videojuego, para poder detectar mejoras que se puedan implementar en el videojuego o errores que deban ser corregidos, este proceso finaliza al alcanzar un nivel de calidad aceptable en el videojuego.

La quinta fase de “Cierre” tiene como objetivo entregar la versión final del videojuego al cliente y realizar la evaluación con los usuarios, para esta investigación de utilizo el instrumento de evaluación realizado por el Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador (Amador et al., 2023a)

La gestión de riesgos tiene como objetivo minimizar la ocurrencia y el impacto de los problemas que puedan surgir en el proyecto, esta gestión se desarrolla a lo largo de cada una de las fases ya que los problemas pueden surgir en cualquiera de las cinco fases mencionadas anteriormente.

Cada una de las fases de esta metodología fue aplicada en el desarrollo de Mathvoice. En los próximos apartados de este capítulo se documenta detalladamente el proceso llevado a cabo. Esta metodología fue seleccionada por los siguientes motivos:

- La metodología SUM tiene como objetivos desarrollar videojuegos de calidad en tiempo y costo, los cuales son factores muy determinantes en esta investigación debido a que se cuentan con recursos limitados.
- Se estima que el desarrollo de este videojuego serio puede completarse en menos de un año con un solo desarrollador, por lo que se ajusta al contexto de la metodología SUM
- Además, el seleccionar una metodología ágil es útil para que, en caso de haber cualquier problema durante el desarrollo, se pueda acoger al cambio de una forma adecuada.
- El diseño de prototipos tiene como objetivo que la accesibilidad y jugabilidad del videojuego serio sea disfrutable para los usuarios con discapacidad visual.
- Incluye la participación del usuario final a través la realización de pruebas en prototipos de baja fidelidad del videojuego serio para obtener retroalimentación
- El desarrollo del videojuego serio se puede ir refinando con estas pruebas con la intención de mejorar la experiencia de los usuarios.

4.2 Fase 1. Conceptualización del Videojuego

Introducción

El propósito de esta fase es introducir los conceptos y motivaciones del proyecto Mathvoice

Visión

Mathvoice es un juego narrativo en donde a través de una historia de fantasía se mencionarán las diferentes clasificaciones que tienen los números numéricos y las características de cada una de ellas.

En la siguiente tabla (Tabla 6), se detallan los objetivos educativos que se pretenden cumplir con el desarrollo de este proyecto.

Tabla 6: Objetivos y resultados educativos

Objetivos	Resultados
Reconocimiento de Clasificaciones Numéricas	Los estudiantes podrán identificar y nombrar adecuadamente las diferentes clasificaciones numéricas, como números naturales, enteros, racionales, irracionales, reales, imaginarios y complejos.
Clasificación y Categorización	Los estudiantes podrán clasificar números en las categorías apropiadas según sus propiedades y características matemáticas, como decidir si un número es racional o irracional.
Comunicación Matemática	Los estudiantes podrán comunicar eficazmente las propiedades y clasificaciones de los números en contextos matemáticos y cotidianos, utilizando terminología precisa.

Género: Novela gráfica

Mecánica de juego: El jugador podrá seguir los diálogos de manera manual o automática, podrá regresar a un dialogo anterior si lo desea, en la parte de las pruebas tendrá que seleccionar la respuesta correcta, en caso de que la mayoría de las respuestas sean incorrectas volverá a reiniciarse la prueba, una vez finalizada la prueba se volverá a la historia principal.

Características: En la tabla 7 se detallan las características que tendrá el videojuego.

Tabla 7: Características del videojuego serio

Característica	Descripción
Jugabilidad e interacción	Ratón y teclado
Gráficos	Diferentes escenarios y personajes en 2d
Sonidos	Funcionalidad de texto a voz, diferentes efectos de sonido de retroalimentación

Ambientación

El juego se sitúa en un mundo de fantasía en la edad media donde existen los grandes castillos, los aventureros, la magia y las criaturas mitológicas.

Historia

Diseño inicial de la historia y personajes principales

Pedro: Es el protagonista de la historia, es curioso y le encanta aprender nuevas cosas.

Merlín: Es el mago dueño del castillo, es un guía para el protagonista.

Hada: Es una criatura mitológica caprichosa que quiere adueñarse del castillo

Minotauro: Es una criatura mitológica que se enfada cuando alguien pone un pie en su jardín.

Un día soleado, Pedro sale en búsqueda de aventuras, en su camino se encuentra un grandioso castillo, llevado por su curiosidad, Pedro se dirige al castillo y se encuentra con el dueño, el mago Merlín, quién está teniendo problemas ya que criaturas mitológicas han invadido su castillo, por lo que le pide a Pedro su ayuda para hacer que se vayan a cambio de una jugosa recompensa, mediante las enseñanzas y la guía de Merlín, Pedro ira superando distintos desafíos matemáticos que pondrán a prueba sus conocimientos, si es capaz de superarlas, tendrá el honor de empuñar la espada del famoso Rey Arturo.

Para el diseño de los personajes, se utilizó la herramienta de Adobe Firefly, en la Tabla 8 se muestra a detalle cómo se obtuvo el diseño de cada personaje.

Tabla 8: Diseño de personajes

Personaje	Como se obtuvo	Link
Pedro	Se utilizo la siguiente indicación: Caricatura de un niño aventurero de la época medieval sin fondo	https://firefly.adobe.com/inspire/images
Merlín	Se utilizo la siguiente indicación: Caricatura del mago Merlín sin fondo	https://firefly.adobe.com/inspire/images
Minotauro	Se utilizo la siguiente indicación: Caricatura de un minotauro sin fondo	https://firefly.adobe.com/inspire/images
Hada	Se utilizo la siguiente indicación: Caricatura de un hada cuerpo completo sin fondo	https://firefly.adobe.com/inspire/images

Diseño de capítulos

El videojuego serio consta de un total de 3 capítulos, como se muestra en la **Ilustración 1**, a continuación, se describe más concretamente la narrativa:

- **Introducción:** Una introducción que presenta al protagonista, el cual en un viaje de aventuras se encuentra con un misterioso castillo.
- **Desarrollo:** Durante el desarrollo, una estructura repetitiva ocurre, en donde el protagonista, junto con la ayuda del mago Merlín, tendrá que enfrentarse a diversas pruebas de conocimientos para hacer que las criaturas se marchen del castillo
- **Final:** El protagonista tomará su recompensa y tendrá su descanso antes de salir a por nuevas aventuras.



Ilustración 2: Diseño de capítulos

Diseño de escenas

Cada capítulo está dividido en varias escenas, a continuación, se describen detalladamente las escenas que incluye cada capítulo.

Escenas del capítulo 1:

- 1) Se presenta al protagonista, el cual se trata de un pequeño caballero, que, cansado luego de un largo viaje de aventuras, busca alojamiento en un misterioso castillo que se ha aparecido en su camino.
- 2) El protagonista llega caminando al castillo, toca la puerta y casi inmediatamente, como si alguien lo estuviera esperando, se abre la puerta dejándolo pasar.
- 3) El mago Merlín, reconoce al muchacho por unas antiguas profecías y le pide ayuda para hacer que las criaturas mitológicas se marchen de su castillo.
- 4) Pedro acepta la petición a cambio de una recompensa, la cual no se desvelará hasta el final de la historia.

Escenas del capítulo 2:

- 1) Se presentan las criaturas mitológicas, empezando por el hada en el salón principal y después el minotauro en el jardín del castillo
- 2) Al pedir a las criaturas que se marchen, estas desafiaran al protagonista a una prueba de conocimientos matemáticos.
- 3) El mago Merlín conjura un hechizo que detiene el tiempo para todos, excepto para él y el protagonista.
- 4) El mago Merlín y el protagonista dan un repaso a varios temas matemáticos.
- 5) La magia de Merlín llega a su límite y el tiempo vuelve a la normalidad
- 6) La criatura sigue el desafío sin darse cuenta del hechizo, el protagonista tendrá que responder correctamente a las preguntas relacionadas con los temas que repaso anteriormente con Merlín.

Escenas del capítulo 3:

- 1) El mago Merlín desvela la recompensa para el protagonista, la cual se trata de una espada que pertenecía al rey Arturo

- 2) El protagonista, luego de lograr sacar la espada de su pedestal, se toma un descanso en el castillo y al día siguiente se despide del mago Merlín.
- 3) El protagonista vuelve a su hogar y muestra orgulloso su nueva espada.

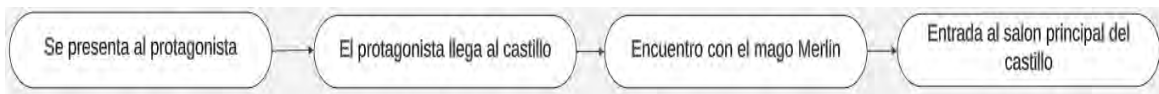


Ilustración 3: Diseño de escenas Capítulo 1

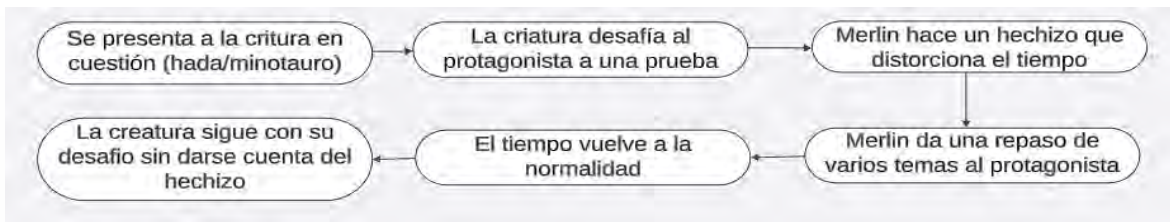


Ilustración 4: Diseño de escenas Capítulo 2

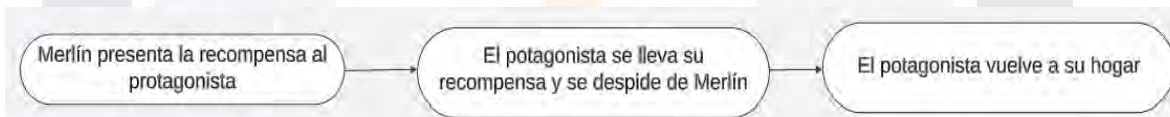


Ilustración 5: Diseño de escenas Capítulo 3

Audiencia objetivo

Usuarios de 10 a 14 años, con alguna discapacidad visual, ya sea debilidad visual o ceguera total, con alguna o nula experiencia utilizando videojuegos.

Plataformas de Hardware

Se tiene planeado que funcione sólo para computadoras con sistema operativo Windows.

Tecnologías y Herramientas

Se utilizará la plataforma de desarrollo de Ren 'Py, los gráficos serán creados a través de la inteligencia artificial y los sonidos recolectados a través de internet.

4.3 Fase 2. Planificación

A continuación, en la Tabla 9, se presenta el cronograma detallado, incluyendo las semanas referenciales, las tareas específicas a ejecutar, los resultados esperados, así como las fechas de inicio y conclusión.

Tabla 9: Cronograma

Semana referencial	Fecha inicio-fin(si aplica)	Tareas específicas	Resultado esperado(si aplica)
1		Desarrollo del concepto	Concepto del juego
2		Planificación administrativa y especificación del videojuego	Plan del proyecto
3	19/02/2024 al 23/02/2024	Iteración de Elaboración 1	
4	26/02/2024 al 1/03/2024	Iteración de Elaboración 1	Prototipo del videojuego v1.0 (versión ejecutable)
5	02/03/24	Iteración Beta 1	
6	12/03/24	Iteración Beta 1	Evaluación y errores encontrados, lista de cambios, prototipo v2.0
7	13/03/24	Iteración Beta 2	
8	14/04/24	Iteración Beta 2	Evaluación y errores encontrados, lista de cambios, prototipo v3.0
9	24/05/24	Liberación del videojuego	Videojuego Mathvoice

En la Tabla 10 se detalla los roles asignados junto con los nombres de los miembros del equipo encargados de cada posición en el proceso del desarrollo del videojuego.

Tabla 10: Roles

Roles	Nombre	Descripción del rol
Equipo de desarrollo	Alejandro Castañeda García	Es responsable de la programación y del desarrollo del código del videojuego, de la creación u obtención de los gráficos y efectos sonoros y de diseñar la interacción del jugador con el videojuego.
Productor interno	Alejandro Castañeda García	Es responsable de facilitar el proceso de desarrollo, de gestionar al equipo y optimizar la eficiencia.
Verificador Beta	Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador	Es responsable de llevar a cabo la verificación funcional del videojuego, lo que implica probar el juego en una versión casi final para detectar errores, verificar que las funciones respondan adecuadamente, y asegurar que la experiencia del jugador sea la esperada.
Clientes	Centro de Atención Múltiple (CAM)	Es responsable de asegurar que el desarrollo del videojuego cumpla con las expectativas y necesidades de los usuarios finales, es decir, los alumnos con discapacidad visual pertenecientes al CAM.

Se especificaron los requisitos funcionales a través de las historias de usuario (ver Anexo A) para definir las necesidades y características que satisfacer el videojuego serio. En la Tabla 11 se muestra un resumen de las historias.

Tabla 11: Historias de usuario

Id	Nombre	Prioridad	Estimación
H01	Visualizar menú de inicio	1	1
H02	Botones de fácil acceso durante el videojuego	3	1
H03	Visualizar puntuaciones	4	2
H04	Tamaño y tipo de fuente por defecto	5	1
H05	Pruebas de conocimiento	2	5
H06	Minijuego espada pedestal	6	5

En la Tabla 12, se realizó la definición de los sprints en las fechas definidas para la fase de elaboración tomando en cuenta las historias con sus criterios de aceptación y niveles de prioridad y estimación.

Tabla 12: Sprints

Sprint	Fecha de inicio	Fecha de fin	Identificador de historias
1	15/02/2024	29/02/2024	H01- Visualizar menú de inicio H05- Pruebas de conocimiento
2	01/03/2024	15/01/2024	H02 - Botones de fácil acceso durante el videojuego H03 - Visualizar puntuaciones H04 - Tamaño y tipo de fuente por defecto H06 - Minijuego espada enterrada en el pedestal

4.4 Fase 3 Elaboración

Se realizaron las iteraciones según el cronograma y se ajustaron varios aspectos visuales y sonoros para mejorar la experiencia de los usuarios. A continuación, en

la Tabla 13, se describen en la siguiente tabla las tareas, cambios y ajuste realizados durante las semanas de desarrollo.

Tabla 13: Fases de desarrollo

Fase de desarrollo	Tareas realizadas	Cambios y ajustes realizados
Semana 1	Construcción de la historia Elección y adecuación de imágenes para escenarios/personajes Elección y adecuación de los efectos de sonido Para la elaboración de las imágenes de los personajes y escenarios se utilizó la herramienta de inteligencia artificial adobe Firefly, además se obtuvieron imágenes y sonidos de uso libre a través de internet.	Se ajustaron los escenarios para que estuvieran en una resolución de 1920x1080 pixeles, se ajustaron el tamaño de los personajes para que se vean proporcionados al tamaño de la pantalla, se modificaron los audios para que tuvieran un volumen moderado
Semana 2	Construcción de las pruebas de conocimiento	Se incluyeron sonidos de retroalimentación para las respuestas correctas, se incluyó retroalimentación de texto a voz en caso de que la respuesta fue incorrecta
Semana 3	Diseño del menú principal Diseño de los botones de fácil acceso durante el juego	Se modifico el menú principal y los botones de fácil acceso durante el juego para que cumplieran con los criterios de aceptación

Semana 4	Visualización de las puntuaciones obtenidas durante las pruebas Selección de tipo de fuente por defecto Desarrollo del minijuego espada enterrada en el pedestal	Se modifico la configuración del juego para que la letra por defecto para que cumpliera con los criterios de aceptación
----------	--	---

Los elementos de accesibilidad que se implementaron en el desarrollo de “Mathvoice”, tomando en cuenta el diseño de prototipos centrado en la jugabilidad para niños con baja visión, fueron los presentados en la Tabla 14

Tabla 14: Elementos de accesibilidad en “Mathvoice”

Elementos de accesibilidad	Descripción
Multimedia (audio, texto, gráficos, y animaciones)	Se activo por defecto la funcionalidad de texto a voz para todos los elementos de la pantalla. Se utilizaron efectos de sonido para dar más inmersión en la historia y como forma de retroalimentación. Los diálogos pueden ser repetidos en caso de ser necesario. Se utilizaron colores contrastantes para el color del texto y el fondo (blanco y negro respectivamente). Se utiliza por defecto el tipo de letra “Atkinson Hyperlegible”, la cual está diseñada para lectores con baja visión.

	Uso de colores brillantes en los gráficos
Navegación	Navegación simplificada utilizando botones de fácil acceso durante el juego
Lenguaje	Lenguaje fácil de entender para un niño
Velocidad de los objetos	El uso de animaciones es limitado, con una velocidad lenta y en una sola dirección
Diseño de pantalla	Diseño de pantalla sencillo, sólo con los elementos indispensable para evitar la carga cognitiva

4.5 Fase 4. Beta

Después de haber desarrollado los requerimientos recolectados de las historias de usuario, se realizó una primera versión ejecutable del videojuego serio para poder hacer pruebas a ojos cerrados junto con el asesor de tesis, el Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador. Durante estas pruebas, se recopilaron diversos cambios destinados a mejorar la usabilidad del videojuego, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 15.

Tabla 15: Cambios y ajustes de Mathvoice

Versión del videojuego serio	Cambios y ajustes realizados
Versión 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • Se modifico el texto por defecto en el menú de accesibilidad • Se modificaron diálogos del videojuego • Se modifico la forma de acceder al menú rápido • Se incluyo un apartado de créditos
Versión 3.0	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluyo una pantalla de instrucciones • Se incluyeron nuevas decisiones en las pruebas para intentarlo de nuevo, rendirse o salir del juego

	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluyo la opción de “Salir del juego” en el menú rápido
--	---

4.6 Fase 5. Cierre

Una vez implementados los últimos cambios, se llevó a cabo una prueba final con tres estudiantes del Centro de Atención Múltiple No. 5, en el estado de Aguascalientes. Dicha intervención, la cual tuvo una duración de 60 minutos, consistió en las siguientes actividades:

- Presentación introductoria del videojuego serio a los estudiantes, donde se mencionaron el concepto del videojuego, los objetivos de la intervención, el modo de juego, los controles, etc.
- Uso del videojuego por parte de los estudiantes, hasta completar todo el contenido de este.
- Aplicación del Instrumento desarrollado por el Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador(Amador et al., 2023a) a cada uno de los alumnos.
- Entrega de los archivos del videojuego serio al maestro y a los estudiantes.

A continuación, se presentan fotografías tomadas durante el uso del videojuego serio “Mathvoice” con los estudiantes con discapacidad visual en el Centro de Atención Múltiple No. 5 en el estado de Aguascalientes.

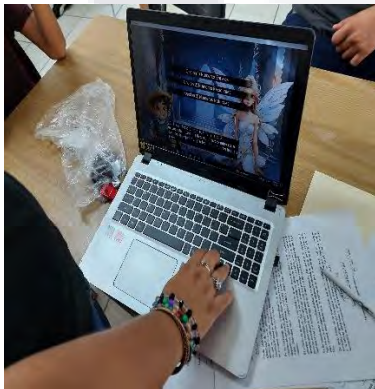


Ilustración 6: Evidencia fotográfica del primer estudiante



Ilustración 7: Evidencia fotográfica del segundo estudiante

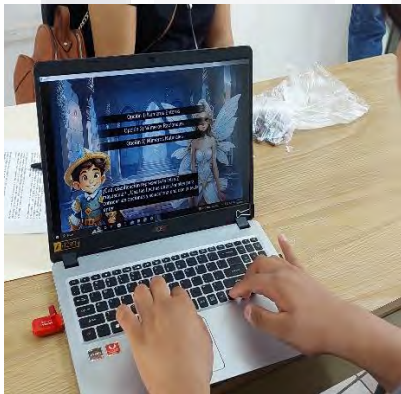


Ilustración 8: Evidencia fotográfica del tercer estudiante

En general, el videojuego serio fue del agrado de los estudiantes, pudieron utilizarlo fácilmente debido a las instrucciones claras y precisas presentadas durante el juego, la información presentada les pareció de utilidad para su aprendizaje y les gustaría seguir jugándolo y lo recomendarían a otras personas. Se mencionaron también aspectos a mejorar como son algunas pronunciaciones del lector de voz en las que al leer el símbolo “-“como negativo, lo leía como un guion, por lo que algunas preguntas resultaban complicadas de entender.

4.7 Gestión de riesgos

“Esta fase se realiza durante todo el proyecto con el objetivo de minimizar la ocurrencia y el impacto de problemas”(Acerenza et al., 2009). A continuación, se presenta la Tabla 16 con los riesgos identificados a lo largo del desarrollo del proyecto, en orden de izquierda a derecha, la quinta columna se refiere al impacto

que puede tener el riesgo, representado por valores entre 1 y 5, siendo 5 el de más alto impacto y 1 el más bajo, la sexta columna es el porcentaje de probabilidad de ocurrencia del riesgo y la séptima columna se obtiene multiplicando la probabilidad por el riesgo, lo cual nos proporciona una medida de ordenamiento para los riesgos.

Tabla 16: Listado de riesgos identificados

ID R	Fecha	Riesgo	Descripción	I	P	M
1	19/02/2024	Carencias en apartado grafico	Se tiene experiencia y herramientas limitadas en la creación de imágenes digitales que puedan incluirse en el videojuego.	3	70	2.1
2	19/02/2024	Carencias en apartado sonoro	Se cuenta con un equipo de sonido básico y no se tiene experiencia en la creación de efectos de sonido.	3	70	2.1
3	1/3/2024	Errores en el proceso de desarrollo	No se cuenta con experiencia siguiendo esta metodología de desarrollo. Pueden ocurrir errores en el proceso haciendo que el juego se retrase, tener que rehacer ciertas actividades, entre otras cosas.	5	30	1.5
4	15/03/2024	Retraso en los tiempos de entrega	Al tener falta de experiencia, se puede caer en estimaciones erróneas, abarcar más elementos de los que puedan cumplirse, etc. y	5	30	1.5

			esto puede llevar a que el juego no se termine en tiempo y forma.			
5	23/03/2024	La plataforma de desarrollo puede no responder a las necesidades del juego	Al no tener experiencia con la plataforma de desarrollo puede pasar que sea complicado o imposible implementar alguna función.	4	40	1.6

Además, se realizaron planes de mitigación y de contingencia para cada riesgo identificado, como se muestra en la Tabla 17

Tabla 17: Planes de mitigación y contingencia

ID R	Estrategia de mitigación	Estrategias de contingencia
1	Utilizar herramientas de inteligencia artificial para crear imágenes que sean adecuadas para el videojuego y buscar imágenes que puedan ser utilizadas de manera libre a través de sitios de internet.	En caso de no encontrar alguna imagen en específico que se requiera para el videojuego, utilizar herramientas básicas para la creación de las imágenes
2	Buscar sonidos en internet que puedan ser utilizados de manera libre.	En caso de requerir un sonido en específico que no se pueda encontrar en internet, grabar el sonido utilizando programas de edición.
3	Tener asesorías periódicas con el tutor. Anotar cada desviación en el proceso lo antes posible e intentar corregirla.	En caso de no poder cumplir con alguna parte del proceso, hacer la adaptación para que se ajuste a la investigación y documentarlo.

4	Acotar los requerimientos para cubrir los requerimientos más primordiales Establecer y desarrollar en orden de prioridad de los requerimientos	En caso de haber algún retraso, incrementar el tiempo destinado para el desarrollo en la siguiente iteración
5	Realizar varias versiones de prototipos.	Realizar cambios en los requerimientos que sean muy complicados de implementar.

4.8 Metodología para la investigación sobre los elementos comunes en los videojuegos serios para el aprendizaje de matemáticas

En la investigación se buscaron publicaciones que presentaran casos exitosos de videojuegos serios para el área de matemáticas, para identificar los elementos comunes que han sido probados por los usuarios finales y que han tenido resultados positivos en la enseñanza de las matemáticas.

De los elementos comunes resultantes, se buscó facilitar el análisis mediante un cuadro comparativo para visualizar la frecuencia con la que se presentan estos elementos comunes y de esta manera seleccionar los elementos que tengan una mayor representación en los estudios analizados. Tener una comprensión sólida de cuáles son los elementos más esenciales de los videojuegos serios puede facilitar el proceso de desarrollo y darle más consistencia al resultado final.

Para la elaboración de esta revisión de literatura se utilizaron los motores de búsqueda de ERIC, EBSCO, ELSEVIER, Google Académico y ResearchGate utilizando los siguientes términos: (seriousgames OR educationalgames) AND (Mathematics).

Criterios de inclusión para la búsqueda de artículos

Se seleccionaron aquellos estudios en donde se mencionarán los elementos que constituyen al videojuego serio, en donde el videojuego serio haya sido probado por

los usuarios finales, que hayan tenido resultados positivos para el propósito con el que fueron diseñados y que se hayan publicado entre los años 2013 – 2024.

Criterios de exclusión para la búsqueda de artículos

Aquellos artículos que estén en un lenguaje diferente al español o el inglés.

A continuación, se presenta la Tabla 18 con los videojuegos serios analizados y los elementos comunes que fueron recopilados. Las columnas que se manejaron son:

- **Id:** Este es un identificador que se le dio a la publicación para poder representarla mejor en el cuadro comparativo.
- **Publicación:** Este es el nombre de la publicación seleccionada junto con la respectiva cita.
- **Resumen:** Es un breve resumen acerca del videojuego serio y su objetivo.
- **Elementos encontrados:** Son las características que contiene el videojuego serio en base a lo que se indica en la publicación.

Tabla 18: Videojuegos serios orientados al aprendizaje de las matemáticas.

Id	Articulo	Resumen	Elementos encontrados
1A	JeuTICE: An Arabic Serious Game to Enhance Mathematics Skills of Young Children(Tazouti et al., 2019)	Se trata de una serie de 3 minijuegos que abarcan los temas de números, superficies y medidas.	Retos, reglas, personajes, escenarios, sistema de score, niveles de dificultad, sistema de recompensas, minijuegos, retroalimentación.
2A	An Augmented Reality Mathematics Serious Game(Malvasi et al., 2022)	El videojuego serio, utilizando la realidad aumentada, permite la visualización, manipulación y exploración de funciones matemáticas.	Escenarios, retos, reglas, retroalimentación.

3A	Serious games for higher education mathematics: quest for wisdom -the horn of odin(Taralunga et al., 2021)	El videojuego serio tiene como objetivo enseñar relaciones matemáticas usando una historia ambientada en la mitología nórdica.	Minijuegos, historia, personajes, escenarios, mapa, pistas, retos, reglas, retroalimentación.
4A	Serious Games in High School Mathematics Lessons: An Embedded Case Study in Europe (Barbieri et al., 2021)	El videojuego serio tiene como mecánica principal el competir contra otro jugador en un combate de magia utilizando hechizos que se conjuran resolviendo ecuaciones lineales.	Niveles de dificultad, escenarios, personajes, modos de juego (multijugador online, solitario, práctica), retos, reglas, sistema de score, retroalimentación.
5A	El rol del juego digital en el aprendizaje de las matemáticas: experiencia conjunta en escuelas de básica primaria en Colombia y Brasil (Cadavid Julian et al., 2016)	El videojuego serio con temática de un mundial de futbol tiene como objetivo enseñar la suma y resta de fracciones.	Modos de juego, minijuegos, inventario, retos, reglas, escenario, personajes, sistemas de recompensas, retroalimentación.
6A	La Alfabetización Cuantitativa en estudiantes de Tercer Grado de Primaria a través de un Juego Serio(Fernández-Robles et al., 2019)	Se presenta un videojuego serio para facilitar el desarrollo de habilidades para trabajar con números naturales, comprender las relaciones entre ellos y resolver operaciones matemáticas.	Niveles de dificultad, minijuegos (comparación, sumas, restas, multiplicación y división), retos, reglas (límite de intentos), retroalimentación (colores y sonido dependiendo de la respuesta)
7A	El videojuego “El Misterio de la Pirámide”, una propuesta interactiva para el aprendizaje de las matemáticas(Carvajal Gutiérrez et al., 2016)	El videojuego serio tuvo como objetivo principal fortalecer el pensamiento geométrico y espacial.	Historia, personajes, escenarios, retos, reglas, mapa, sistema de recompensas, pistas.

8A	Sixth-Grade Students' Experiences of a Digital Game-Based Learning Environment: A Didactic Analysis (Gök & İnan, 2021)	El videojuego serio trata de que el usuario descubra secuencias numéricas y patrones para que pueda ganar en los múltiples niveles.	Niveles de dificultad, retos, reglas, escenarios, sistema de score, historia, retroalimentación.
9A	Getting From Here to There!: Testing the Effectiveness of an Interactive Mathematics Intervention Embedding Perceptual Learning(Ottmar et al., 2015)	Videojuego serio que tiene como objetivo introducir a los estudiantes conceptos matemáticos a través de la resolución de puzzles.	Sistema de recompensas, niveles de dificultad, sistema de score, pistas, retos, reglas, retroalimentación.
10A	Short Serious Games Creation under the Paradigm of Software Process and Competencies as Software Requirements. Case Study: Elementary MathCompetencies(Barajas et al., 2015)	Se trata de una colección de videojuegos serios cortos que tienen el propósito de enseñar las competencias matemáticas para los estudiantes de sexto grado de primaria en México.	Niveles de dificultad, pistas, sistema de recompensas (personalización del avatar, diplomas virtuales), sistema de score, retos, reglas, personajes, escenarios, retroalimentación.
11A	Design Principles for Serious Games in Mathematics(Chorianopoulos et al., 2014)	Se diseñó un videojuego serio que enseña la suma y resta de números con signo.	Escenarios, personajes, historia, sistema de recompensas, retos, reglas, niveles de dificultad, retroalimentación
12A	Effects of a Progressive Prompting-based Educational Game on Second Graders' Mathematics Learning Performance and	El videojuego serio trata de resolver problemas de suma y resta de dos pasos, utilizando la historia del héroe	Pistas, mapa, escenarios, retos, reglas, historia, personajes, niveles de dificultad, retroalimentación.

	Behavioral Patterns(Yang et al., 2018)	que debe de salvar al reino de una maldición.	
13A	Impact of online flexible games on students' attitude towards mathematics (Mavridis et al., 2017)	El juego consiste en nueve diferentes retos, con varias preguntas relacionadas con conceptos de aritmética, algebra y geometría.	Historia, personajes, retos, reglas, sistema de score, retroalimentación, niveles de dificultad, pistas.
14A	The effect of surprising events in a serious game on learning mathematics(Wouters et al., 2017)	El videojuego serio fue desarrollado específicamente para el aprendizaje del razonamiento proporcional en la educación secundaria.	Niveles de dificultad, historia, personajes, retos, reglas, retroalimentación, minijuegos, sistema de recompensas, sistema de score.
15A	The impact of serious games in mathematics fluency: A study in Primary Education(Fraga-Varela et al., 2021)	Es un videojuego serio que busca reforzar el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas de suma, resta, multiplicación y división.	Niveles de dificultad, pistas, sistema de recompensas, sistema de score, personajes, retos, reglas.

4.9 Metodología para la investigación sobre los elementos de accesibilidad en los videojuegos serios

En la investigación se buscaron publicaciones que presentaran elementos de accesibilidad en videojuegos serios dirigidos a personas con discapacidad visual, para identificar los elementos de accesibilidad que han sido probados por los usuarios finales y que han tenido resultados positivos.

De los elementos de accesibilidad resultantes, se buscó facilitar el análisis mediante un cuadro comparativo para visualizar la frecuencia con la que se presentan estos elementos de accesibilidad y de esta manera seleccionar los elementos que tengan

una mayor representación en los estudios analizados. Tener una comprensión sólida de cuáles son los elementos de accesibilidad más necesarios en los videojuegos serios orientados a personas con discapacidad visual puede facilitar el proceso de desarrollo y darles una mejor experiencia a los usuarios finales.

Para la elaboración de esta revisión de literatura se utilizaron los motores de búsqueda de ERIC, EBSCO, ELSEVIER, Google Académico y ResearchGate utilizando los siguientes términos: (seriousgames OR educationalgames) AND (Visually Impairment).

Criterios de inclusión para la búsqueda de artículos

Se seleccionaron aquellos estudios en donde se mencionarán los elementos de accesibilidad que se integraron al videojuego serio, en donde el videojuego serio haya sido probado por los usuarios finales, que hayan tenido resultados positivos para el propósito con el que fueron diseñados y que se hayan publicado entre los años 2013 – 2024.

Criterios de exclusión para la búsqueda de artículos

Aquellos artículos que estén en un lenguaje diferente al español o el inglés.

A continuación, se presentan la Tabla 19, con los videojuegos serios analizados y los elementos de accesibilidad que fueron recopilados. Las columnas que se manejaron son:

- Id: Este es un identificador que se le dio a la publicación para poder representarla mejor en el cuadro comparativo.
- Publicación: Este es el nombre de la publicación seleccionada junto con la respectiva cita.
- Resumen: Es un breve resumen acerca del videojuego serio y su objetivo.
- Elementos de accesibilidad encontrados: Son las características de accesibilidad que se implementaron en el videojuego serio en base a lo que se indica en la publicación.

Tabla 19: Videojuegos serios con accesibilidad para personas con discapacidad visual

ID	Artículo	Resumen	Elementos de accesibilidad encontrados
1b	Hungry Cat—A Serious Game for Conveying Spatial Information to the Visually Impaired(Chai et al., 2019)	El videojuego serio transmite información espacial de habitaciones virtuales y ayuda al desarrollo de mapas mentales espaciales.	Pistas auditivas, uso de sensores (acelerómetro y magnetómetro), pistas hápticas (vibración), texto a voz.
2b	Inclusive digital learning through serious Games: a clipping for inclusion (Escudeiro et al., 2019)	El juego tiene como objetivo desarrollar la conciencia espacial y orientación del usuario, por medio de un ambiente donde el jugador es guiado por el sonido.	Videojuego serio: “The field trip”: Pistas auditivas, Texto a voz.
3b	Inclusive digital learning through serious Games: a clipping for inclusion (Escudeiro et al., 2019)	Morseline es un juego multijugador en el que se ayuda a los usuarios a aprender código morse integrando herramientas de accesibilidad.	Vídeo juego serio: “Morseline”: Texto a voz, voz a texto.
4b	A Serious Game Accessible to People	El objetivo de este juego es el	Texto personalizable, color personalizable,

	with Visual Impairments(Salvador-Ullauri et al., 2017)	reforzamiento de las habilidades de cálculo binario para estudiantes de ingeniería.	modo para daltónicos (gráficos blanco y negro), modo de alto contraste, pistas auditivas, texto a voz.
5b	An Interactive Training Game Using 3D Sound for Visually Impaired People(Lee et al., 2013)	Este juego ayuda a aprender a cruzar la calle de manera segura a las personas con discapacidad visual.	Texto a voz, Uso de sensores, pistas auditivas, audio 3d
6b	Improving the Audio Game-Playing Performances of People with Visual Impairments Through Multimodal Training(Bălan et al., 2017)	El juego trata de mejorar la navegación espacial en el entorno 3d utilizando métodos auditivos y hápticos.	Audio 3d, pistas hápticas, pistas auditivas.
7b	Unseen: a 3D immersive experience game for visually impaired individuals(Rodrigues et al., 2023)	Es un juego que utiliza audio binaural para crear una experiencia de juego 3D inmersiva, con el objetivo de promover la accesibilidad y la inclusión digital tanto para jugadores con visión como para	Audio 3d, pistas auditivas, texto a voz.

		personas con discapacidad visual.	
8b	An immersive game of simulated visually impaired(Lei et al., 2021)	El juego integra los sentidos del oído, la vista y el tacto, para que los jugadores puedan experimentar la vida desde la perspectiva de una persona ciega y reflexionar sobre los problemas de accesibilidad en la sociedad actual.	Texto a voz, pistas auditivas.
9b	Videojuego serio para ejercitar la memoria de usuarios con discapacidad visual(Amador et al., 2022)	El propósito de este juego es ayudar a las personas con discapacidad visual a desarrollar y ejercitar la memoria por medio de notas que puede escuchar y tocar con su móvil.	Texto a voz, modo de alto contraste, texto personalizable, pistas auditivas, gestos táctiles.
10b	Desarrollo y evaluación de un videojuego serio accesible para promover la cultura y turismo(Flores Garzón et al., 2019)	Este juego promueve el turismo mediante la interacción y aprendizaje acerca de los lugares de interés en el Ecuador	Modo de alto contraste, texto personalizable, texto a voz, modo para daltonismo

1c	Mathematics for all: a Game-Based Learning Environment for Visually Impaired Students(Ferreira & Cavaco, 2014)	La meta principal de este videojuego es ayudar y motivar a los estudiantes ciegos a aprender y tener gusto a las matemáticas.	Modo de alto contraste, texto a voz, pistas auditivas.
2c	Math Melodies: Supporting Visually Impaired Primary School Students in Learning Math(Ahmetovic et al., 2017)	Se centra en la enseñanza de matemáticas a niños de primaria utilizando la historia, sonidos y minijuegos para estimular su atención.	Texto a voz, pistas auditivas.
3c	Videojuego educativo para el desarrollo del pensamiento geométrico en niños con discapacidad visual (Echeverría & Sánchez, 2020)	Es un juego donde el usuario debe resolver diferentes problemas geométricos sobre un plano cartesiano por medio de la pantalla táctil.	Gestos táctiles, Texto a voz, Pistas auditivas.
4c	Videojuego educativo para el aprendizaje de geometría en niños no videntes (Pardo & Sánchez, 2017)	Se trata de un juego que apoya el aprendizaje de los conceptos de geometría rotación, traslación y reflexión, y refuerza además las habilidades de orientación	Pistas auditivas, Pistas Hápticas, Texto a voz.



5. CAPITULO 5 RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos utilizando las metodologías vistas en la sección de Metodología, primero se muestran las características presentes en el videojuego serio desarrollado, seguido del instrumento de evaluación utilizado (ILOBLIND junto con el análisis de los resultados obtenidos utilizando el instrumento. Después, se muestran los resultados de las investigaciones sobre los elementos comunes en los videojuegos serios para el aprendizaje de matemáticas y los elementos de accesibilidad encontrados en videojuegos serios en general.

5.1 Videojuego “MathVoice”

Para ejecutar el videojuego “Mathvoice”, se requiere del archivo ejecutable junto con las carpetas contenedoras de los archivos del videojuego.

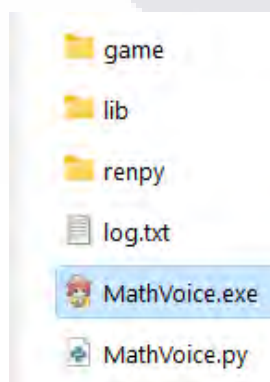


Ilustración 9: Archivos del videojuego

Al ejecutar el archivo 'MathVoice.exe', se despliega un mensaje inicial que es leído mediante la función de texto a voz, proporcionando al usuario las instrucciones necesarias para navegar por el menú principal. Todo el texto que aparece en las pantallas del videojuego es también narrado utilizando dicha función.

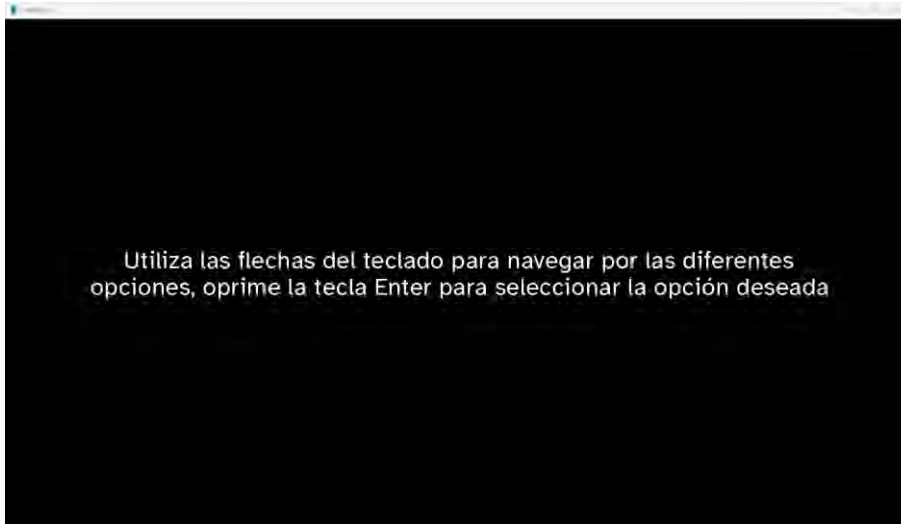


Ilustración 10: Instrucciones iniciales

Después se mostrará el menú principal, el cual consta de un total de 8 opciones, las cuales consisten en:

- Continuar: Para continuar una partida ya iniciada, en caso de que exista
- Comenzar: Empezar una nueva partida
- Cargar: Para cargar una partida guardada
- Opciones: Para configurar el tamaño de la ventana, velocidad del texto, volumen de música, voces y sonidos
- Accesibilidad: Para configurar el tamaño y tipo de la letra, el espacio entre líneas, activar el modo de alto contraste y la función de texto a voz
- Créditos: Se muestran las fuentes de los sonidos, imágenes e información utilizados para la creación del videojuego
- Ayuda: Se muestran los controles del teclado

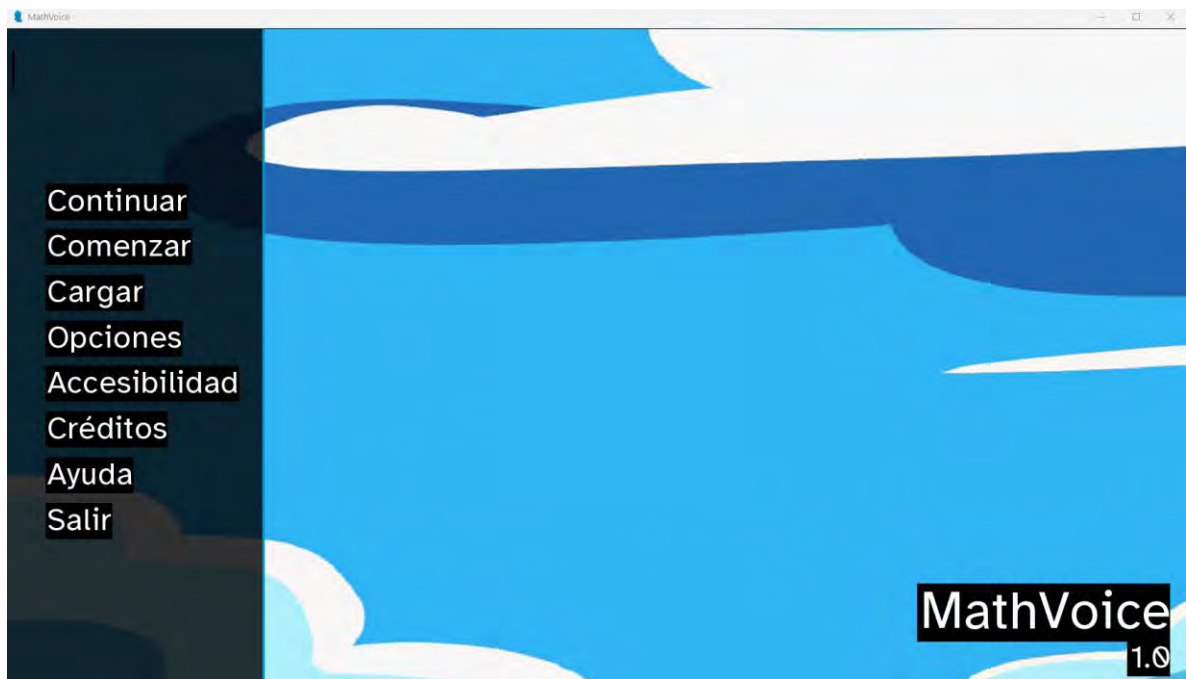


Ilustración 11: Menú principal

Una vez dentro del juego, se da una explicación de los controles del juego, los cuales son:

- Tecla “Espacio” para avanzar en el dialogo
- Tecla “n” para regresar a un dialogo anterior
- Tecla “m” para activar/desactivar el menú rápido
- Teclas direccionales para recorrer las opciones
- Tecla “Enter” para seleccionar la opción deseada

Al presionar la tecla “m”, se muestra un menú de fácil acceso situado en la parte inferior de la pantalla, el cual consiste en:

Auto: Avance automático del dialogo del videojuego

Atrás: Volver a un dialogo anterior

Guardar R: Guardado rápido de la partida

Accesibilidad: Acceso directo al menú de Accesibilidad

Configuración: Acceso directo al menú de Accesibilidad

Calificaciones: Lista de los resultados obtenidos en las pruebas de conocimiento

Salir del juego: Botón para cerrar el videojuego.



Ilustración 12: Menú rápido

A lo largo del juego se irán mostrando diferentes personajes, los cuales son: Pedro el niño aventurero, el mago Merlín, la hada y el minotauro. Los detalles acerca de la historia y los personajes pueden ser consultados la sección de Metodología en el apartado 4.2



Ilustración 13: Personajes

Durante el videojuego se van dando explicaciones acerca de los conjuntos numéricos utilizando elementos de la vida cotidiana, por ejemplo, las rebanadas de una pizza para explicar el conjunto de los números racionales o contar las gotas que caen de un gotero para explicar los números naturales.



Ilustración 14: Explicación de conceptos con pizza

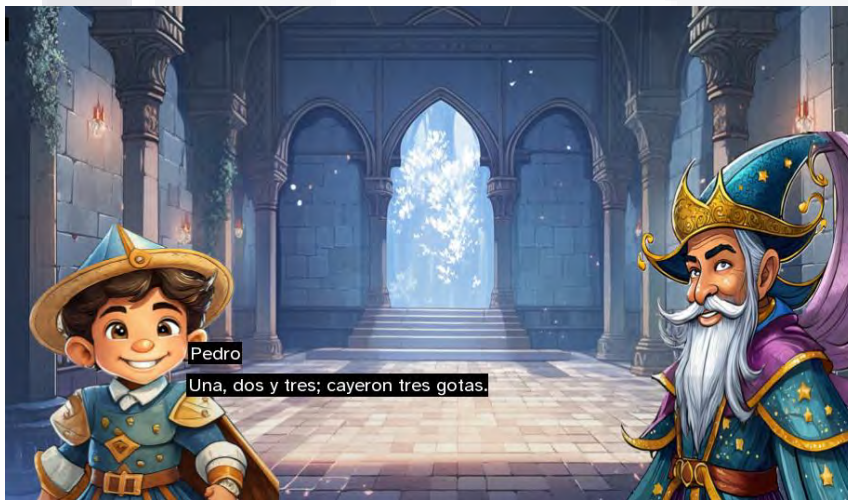


Ilustración 15: Explicación de conceptos con gotero

Las pruebas de conocimiento es una parte del juego en donde el jugador deberá responder correctamente a diez preguntas relacionadas con los conceptos explicados anteriormente durante el videojuego.

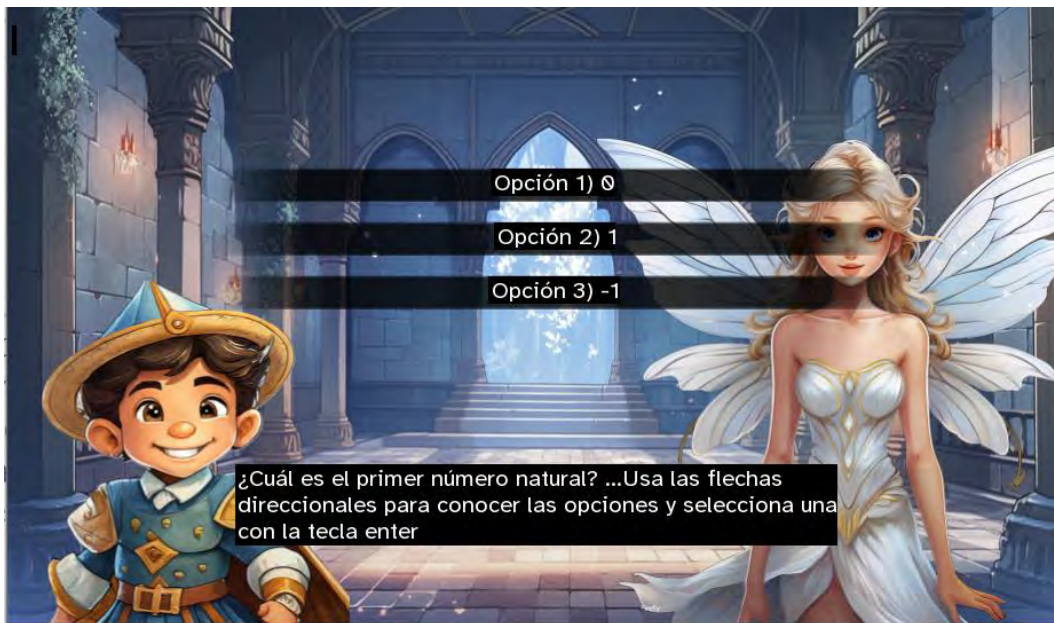


Ilustración 16: Pruebas de Conocimiento

En caso de que la respuesta haya sido errónea, se dará una retroalimentación acerca de cuál sería la respuesta correcta.



Ilustración 17: Pruebas de Conocimiento retroalimentación

El jugador puede decidir cómo desea continuar el juego en caso de no superar alguna prueba, para evitar la frustración y permitirle seguir descubriendo otros conceptos.



Ilustración 18: Elecciones

Los aciertos obtenidos en cada una de las pruebas pueden consultarse dando clic en el botón de “Calificaciones” en el menú rápido, donde se mostrará una pantalla con los aciertos obtenido en cada prueba

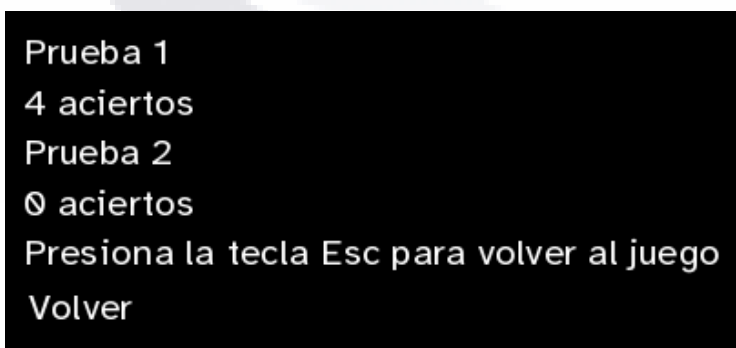


Ilustración 19: Calificaciones

Al final, se podrá jugar a un minijuego donde se tendrá que sacar la espada del rey Arturo, donde se tendrá un tiempo de 10 segundos para hacer la mayor cantidad de clics con el ratón. Dependiendo de la puntuación obtenida se obtendrán distintos mensajes, los cuales pueden ser: "Bien hecho", "Excelente", "Impresionante" y "Alucinante".



Ilustración 20: Minijuego

5.2 Instrumento de Evaluación

El instrumento de evaluación utilizado es el denominado ILOBLIND (Amador et al., 2023b), el cual pretende medir la calidad de los objetos de aprendizaje para las personas con discapacidad visual. Esto se realiza utilizando la teoría de servicio, empleando la satisfacción del usuario para determinar la calidad de los objetos de aprendizaje.

Para la creación de ILOBLIND, se utilizó de base otro instrumento, SERVQUAL (Parasuraman et al., 1988), el cual tiene como objetivo medir la calidad de un servicio, utilizando una escala de opción múltiple para evaluar la percepción del cliente respecto a la calidad del servicio en venta de mercancías y proveedores de servicios.

El instrumento fue elaborado siguiendo los siguientes constructores independientes: calidad del sistema, calidad de la información, calidad del servicio y entretenimiento. Como parte de los elementos dependientes, se encuentran los siguientes constructores: calidad percibida del objeto de aprendizaje y satisfacción obtenida.

El instrumento está compuesto por un total de 44 preguntas, las cuales permiten evaluar la satisfacción con el uso del objeto de aprendizaje y está diseñado para aplicarse una única vez, después de que el usuario haya concluido el uso con el objeto de aprendizaje.

Es importante notar la relación cercana o de dependencia entre el instrumento para determinar la calidad del objeto de aprendizaje y la evaluación del objeto de aprendizaje en sí, ya que el instrumento para evaluar la calidad también toma el rol de guía para el desarrollo de objetos de aprendizaje de alta calidad.

5.3 Aplicación del Instrumento de Evaluación

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del instrumento (Amador et al., 2023a) de evaluación (Tabla 20). Este instrumento fue contestado por tres estudiantes con discapacidad visual que participaron en la prueba del videojuego serio. Los resultados se presentan en una escala de Likert, donde: 5 = "Completamente de acuerdo", 4 = "De acuerdo", 3 = "Indeciso", 2 = "Un poco en desacuerdo", y 1 = "Completamente en desacuerdo".

En la Tabla 18 se presenta en la primera columna las preguntas del instrumento de evaluación, las tres columnas a la derecha son las respuestas de cada estudiante, siendo el estudiante 1 el E1, el estudiante 2 el E2 y el estudiante 3 el E3. En la última columna se presenta el promedio de cada pregunta utilizando los resultados de los estudiantes.

Tabla 20: Instrumento de evaluación

Preguntas	E1	E2	E3	Promedio
1.- Es fácil encontrar el videojuego.	5	5	5	5
2.- El videojuego se carga, accesa o comienza a funcionar rápidamente.	5	5	5	5
3.- El funcionamiento del videojuego es rápido.	5	5	5	5
4.- Es fácil usar y navegar o desplazarse en el videojuego.	5	5	4	4.67
5.- Es fácil llegar a cualquier parte del videojuego.	5	4	4	4.33
6.- Es fácil encontrar con lo que deseo jugar en el videojuego.	5	4	5	4.67
7.- La voz del lector de texto es clara y entendible.	4	4	4	4
8.- El volumen de la voz del lector de texto es el adecuado.	5	5	4	4.67
9.- La descripción de elementos como imágenes, videos, tablas y listas, me pareció adecuada.	4	5	4	4.33
10.- La descripción hablada de cada pantalla del videojuego me ayudó a imaginármela en la mente.	4	5	4	4.33
11.- En todo momento me pude ubicar en qué parte del videojuego me encontraba	5	4	4	4.33
12.- Los materiales (texto hablado, descripción de las imágenes, descripción de las animaciones, videos, audios, descripción de las ligas, bibliografía, etc.) fueron suficientes y adecuadamente seleccionados y utilizados para jugar en forma adecuada.	4	5	4	4.33
13.- El funcionamiento del videojuego se realiza sin problemas.	4	4	4	4
14.- El videojuego está siempre disponible para ser usado.	5	5	5	5

15- Me gusta el orden de las actividades en el videojuego.	4	4	5	4.33
16.- El videojuego me proporciona información sobre mis aciertos y errores en las actividades que realizo y me da información para ir mejorando.	5	4	5	4.67
17.- Las actividades me permiten darme cuenta cuanto he aprendido con el videojuego.	4	5	4	4.33
18.- El videojuego explica claramente sus respuestas y estas me ayudan también a aprender.	5	5	4	4.67
19.- El videojuego presenta información sobre quién lo hizo	5	5	5	5
20.- El videojuego me presenta información actualizada.	5	5	5	5
21.- Considero que la información presentada en el videojuego es verdadera.	5	5	5	5
22.- Puedo entender sin problemas la información presentada en el videojuego.	4	3	4	3.67
23.- El videojuego presenta información de interés.	4	4	5	4.33
24.- El videojuego enfatiza o señala los aspectos importantes del contenido.	4	5	5	4.67
25.- El videojuego va guardando información sobre mis aciertos y errores en las actividades que realizo.	4	5	4	4.33
26.- El videojuego me ofrece ayuda cuando encuentro algún error o problema en el funcionamiento al usarlo (Por ejemplo, cuenta con un tutorial para su uso, o cuenta con funciones de ayuda o me proporciona algún número de teléfono, correo electrónico, chat, etc.).	3	4	4	3.67
27.- El videojuego me ofrece ayuda cuando encuentro información o instrucciones que no entiendo. (Por ejemplo, cuenta con un tutorial para su uso, o cuenta	3	4	4	3.67

con funciones de ayuda o me proporciona algún número de teléfono, correo electrónico, chat, etc.).				
28.- Cuando apareció algún tipo de problema al jugar, la ayuda que me proporcionó el videojuego realmente me sirvió.	4	4	4	4
29.- El videojuego permite indicar mi nombre o seleccionar según mis gustos algún personaje, color, música o el volumen.	3	3	3	3
30.- El videojuego protege y no comparte la información de mis actividades.	5	5	5	5
31.- El videojuego protege y no comparte mi información personal con otros sitios o personas.	5	5	5	5
32.- Las actividades del videojuego hacen que me den ganas de seguir jugando con él.	4	4	5	4.33
33.- La aparición de personajes en el videojuego hacen que me guste usarlo.	4	4	5	4.33
34.- El videojuego es divertido.	5	5	5	5
35.- El videojuego es motivador	5	5	5	5
36.- Me gustaría utilizar de nuevo el videojuego y puedo recomendarlo.	4	4	5	4.33
37.- Considero que la información presentada en el videojuego es importante para mí o me puede servir.	5	5	4	4.67
38.- Me gustó el videojuego.	4	4	5	4.33
39.- El videojuego resultó ser igual de bueno o mejor de lo que yo esperaba.	4	5	5	4.67
40.- En general considero que el videojuego me puede facilitar el aprendizaje.	5	5	5	5

41.- En general considero que los aspectos técnicos como el tiempo que tarda en cargarse, la facilidad de uso y el tener siempre disponible el videojuego son adecuados.	4	4	5	4.33
42.- En general considero que la información del videojuego se encuentra bien presentada y es adecuada y suficiente.	5	5	4	4.67
43.- En general considero que las actividades del videojuego son adecuadas y suficientes para aprender el tema	4	5	5	4.67
44.- En general considero que el videojuego se encuentra bien construido.	4	5	4	4.33

5.4 Análisis de Resultados

Debido a que el tamaño de la muestra es muy reducido ya que se trata de un tipo de usuario muy específico (estudiantes de 10 a 14 años con alguna discapacidad visual) se optó por hacer un análisis de frecuencias (Tabla 21) de las respuestas obtenidas mediante el instrumento de evaluación utilizado. También se realizó un diagrama circular (Ilustración 17) para facilitar la visualización de los porcentajes obtenidos.

Tabla 21: Análisis de frecuencia generales

Valor	Frecuencia	Porcentaje
1	0	0%
2	0	0%
3	6	4.5455%
4	55	41.6666%
5	71	53.7879%



Ilustración 21: Diagrama de porcentajes de respuesta totales

La interpretación de la tabla y el diagrama anterior muestra que, del total de 132 respuestas obtenidas de los estudiantes, el 53.78% manifestó estar completamente de acuerdo, el 41.66% estuvo de acuerdo, y solo el 4.54% de las respuestas fueron indecisas en relación con la calidad y satisfacción percibidas al utilizar el videojuego serio “Mathvoice” por parte de los estudiantes

A continuación, se hará un análisis de las respuestas por cada estudiante, siendo el estudiante 1 el E1, el estudiante 2 el E2 y el estudiante 3 el E3. Se realizó una tabla (Tabla 22) y un diagrama circular (Ilustración 18) en base a las respuestas proporcionadas de cada estudiante, se omitieron los valores 1 y 2 ya que no hubo ninguna respuesta con ese valor. El porcentaje se calculó teniendo en cuenta el total de respuestas por alumno.

Tabla 22: Análisis de frecuencia individuales

Estudiante	Valor	Frecuencia	Porcentaje
E1	3	3	6.8182%
E1	4	20	45.4545%
E1	5	21	47.7273%
E2	3	2	4.5455%
E2	4	16	36.3636%
E2	5	26	59.0909%
E3	3	1	2.2727%
E3	4	19	43.1818%
E3	5	24	54.5455%

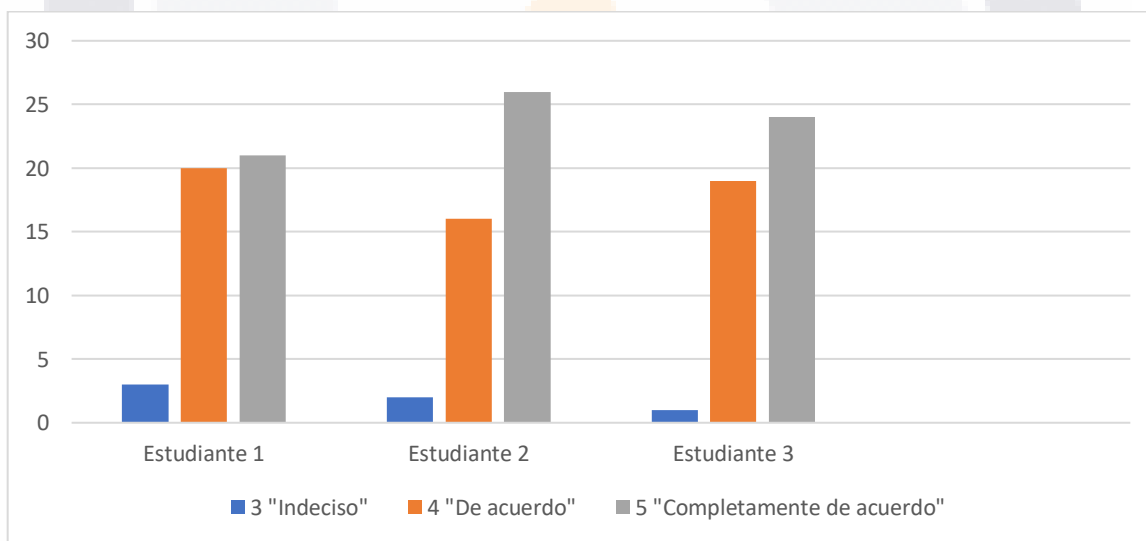


Ilustración 22: Gráfico de barras de las respuestas individuales

La interpretación de la tabla y el gráfico anterior muestra que, del total de 43 respuestas obtenidas de cada estudiante, el 47.72% de las respuestas de E1, el 59.09% de E2 y el 54.54% de E3 indicaron estar completamente de acuerdo. Mientras que el 45.45% de las respuestas de E1, el 36.36% de E2 y 43.18% de E3 indicaron estar de acuerdo. Solamente el 6.81% de las respuestas de E1, 4.54% de E2 y 2.27% de E3 fueron indecisas. Todas estas respuestas son en relación con la calidad y satisfacción percibidas al utilizar el videojuego serio "Mathvoice" por parte

de los estudiantes. Como aspectos a mejorar se obtuvieron las recomendaciones de dar explicaciones más detalladas en las preguntas en el último nivel del videojuego serio y corregir la pronunciación de algunas preguntas con los símbolos matemáticos.

5.5 Análisis Comparativo entre la Investigación Actual y Estudios Previos Relacionados

En la siguiente tabla (Tabla 23) se realiza una comparación entre el trabajo desarrollado en esta investigación y los estudios previos relacionados con el desarrollo de un videojuego serio para el aprendizaje de las matemáticas con herramientas de accesibilidad para personas con discapacidad visual.

Tabla 23: Comparación entre investigación actual e investigaciones relacionadas

Elemento	Descripción
Investigación	Investigación Actual
Objetivos Pedagógicos	Enseñar los conceptos relacionados con los conjuntos numéricos.
Enfoque Metodológico	Se utiliza la metodología SUM(Acerenza et al., 2009) para el desarrollo del videojuego y el instrumento de evaluación de ILOBLIND(Amador et al., 2023a) para la evaluación de la satisfacción por parte de los usuarios.
Tecnologías Empleadas	Se utilizo el motor para el desarrollo de juegos de Ren 'Py, el cual cuenta con funciones de accesibilidad integradas como lo son la función de voz a texto, el modo de alto contraste y personalización del color, tamaño y tipo de letra.
Resultados obtenidos	Se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la satisfacción de los estudiantes con el uso del instrumento ILOBLIND.
Innovaciones	A través de una historia de fantasía, los jugadores se adentran en un mundo donde los conceptos de los conjuntos numéricos se presentan de manera accesible y divertida. A medida que progresa, se

	encontrará con seres mitológicos que le lanzarán desafiantes acertijos, retándolo a aplicar su conocimiento matemático para superarlos y continuar su camino.
--	---

Continuación Tabla 23

Elemento	Descripción
Investigación	Mathematics for all: a Game-Based Learning Environment for Visually Impaired Students(Ferreira & Cavaco, 2014)
Objetivos Pedagógicos	Fue desarrollado para matemáticas de educación secundaria, se tocan temas de probabilidad, proporcionalidad y funciones.
Enfoque Metodológico	Para la evaluación se siguió la metodología de Virvou(Virvou et al., 2005), la cual consiste en aplicar un quiz de evaluación antes y después de que los estudiantes prueben el videojuego.
Tecnologías Empleadas	El videojuego fue implementado en XNA Game Studio con el kit RPG para el desarrollo del videojuego.
Resultados obtenidos	Los estudiantes que tuvieron acceso a la versión completa del videojuego tuvieron una mejora de 2.5 de respuestas correctas en la calificación del segundo quiz en comparación al primero.
Innovaciones	Es posible adaptar el videojuego para añadir otros módulos de matemáticas a través de la edición de los archivos XML.

Continuación Tabla 23

Elemento	Descripción
Investigación	Math Melodies: Supporting Visually Impaired Primary School Students in Learning Math(Ahmetovic et al., 2017)
Objetivos Pedagógicos	Tiene como objetivo enseñar las matemáticas incluidas en el plan de estudios de educación primaria

Enfoque Metodológico	Durante el desarrollo del videojuego se utilizó la metodología de diseño participativo para definir el paradigma de interacción y los ejercicios.
Tecnologías Empleadas	Se utilizó el entorno de desarrollo de iOS para crear el videojuego, el cual está diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles de Apple.
Resultados obtenidos	Los estudiantes que probaron el videojuego les resultó fácil de entender, destacando los sonidos y melodías como entretenidas.
Innovaciones	Fue la primera aplicación en móviles para el aprendizaje de las matemáticas accesible para niños con discapacidad visual. Se tuvo la participación de expertos en educación para personas con discapacidad visual para el desarrollo del videojuego.

Continuación Tabla 23

Elemento	Descripción
Investigación	Videojuego educativo para el aprendizaje de geometría en niños no videntes (Pardo & Sánchez, 2017)
Objetivos Pedagógicos	Se trata de un juego que apoya el aprendizaje de los conceptos de geometría rotación, traslación y reflexión, y refuerza además las habilidades de orientación
Enfoque Metodológico	Se realizaron una serie de prototipos con evaluaciones continuas por parte de los usuarios finales. Para evaluar la usabilidad se utilizaron el cuestionario de usuario final (Sánchez, 2015a) y la pauta de evaluación heurística. (Sánchez, 2015b)
Tecnologías Empleadas	Para el desarrollo del videojuego se utilizó la plataforma de desarrollo de Unity
Resultados obtenidos	El videojuego recibió una aceptación positiva por parte de los usuarios, cumpliendo con criterios de usabilidad y presentando oportunidades para mejoras futuras y evaluaciones más detalladas

Innovaciones	Puede ser jugado solamente utilizando un joystick el cual también proporciona una retroalimentación háptica, la cual combinada con los estímulos auditivos ayudan a las personas con discapacidad visual a construir imágenes mentales mejorando su experiencia en el juego.
--------------	--

5.6 Resultados de la investigación sobre los elementos comunes en los videojuegos serios para el aprendizaje de matemáticas

De los estudios analizados en la sección de Metodología en el apartado 4.7, se realizó el siguiente cuadro comparativo (Tabla 24) con la intención de visualizar los elementos más representativos de los estudios analizados.

En la Tabla 24 se muestran listadas cada una de las características y en las columnas se representan las publicaciones mediante un Id, se registra de manera gráfica con una (X) si la característica estuvo presente en el videojuego serio y se deja un espacio en blanco en caso contrario.

Tabla 24: Elementos comunes encontrados en los artículos seleccionados

Elementos Comunes	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a
Historia			X				X	X			X	X	X	X	
Escenarios	X	X	X	X	X		X	X		X	X				
Personajes	X		X	X	X		X			X	X	X	X	X	X
Retos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reglas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Niveles de dificultad	X			X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Modos de juego				X	X										
Sistema de recompensas	X				X				X	X	X			X	X
Retroalimentación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de score	X			X				X	X	X			X	X	X
Pistas			X				X		X	X		X	X		X
Mapa			X				X					X			
Inventario					X										
Minijuegos	X		X		X	X								X	

Los elementos comunes que estuvieron presentes en el total de los 15 videojuegos serios analizados fueron los retos, reglas y retroalimentación, los elementos que se repitieron en más de la mitad de los videojuegos fueron los escenarios, personajes, niveles de dificultad y en menos de la mitad de los videojuegos fueron la historia,

modos de juego, sistema de recompensas, sistema de score, pistas, mapa, inventario y minijuegos.

5.7 Resultados de la investigación sobre los elementos de accesibilidad en los videojuegos serios

De los estudios analizados en la sección de Metodología en el apartado 4.8, se realizó el siguiente cuadro comparativo (Tabla 25) con la intención de visualizar los elementos de accesibilidad más representativos de los estudios analizados.

En la Tabla 25 se muestran listadas cada una de las características y en las columnas se representan las publicaciones mediante un Id, se registra de manera gráfica con una (X) si la característica estuvo presente en el videojuego serio y se deja un espacio en blanco en caso contrario.

Tabla 25: Elementos de accesibilidad encontrados en los artículos seleccionados

Elementos de accesibilidad	Artículos														Total
	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b	1c	2c	3c	4c	
Pistas auditivas	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	13
Pistas hápticas	X					X								X	3
Uso de sensores	X				X										2
Texto a voz	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	13
Voz a texto			X												1
Modo de alto contraste				X					X	X	X				4
Modo para daltonismo				X						X					2
Texto personalizable				X					X	X					3
Color personalizable				X											1
Audio 3d					X	X	X								3
Gestos táctiles									X				X		2

Los elementos de accesibilidad que se repitieron en más de la mitad de los videojuegos serios analizados fueron las pistas auditivas y el texto a voz, y en menos de la mitad de los videojuegos fueron las pistas hápticas, uso de sensores, voz a texto, modo de alto contraste y para daltonismo, texto y color personalizable, audio 3d y los gestos táctiles.

5.8 Criterios de evaluación en matemáticas con resultados satisfactorios

La Tabla 26 presenta los criterios de evaluación empleados en investigaciones sobre videojuegos serios para el aprendizaje de las matemáticas, junto con las mejoras observadas en el rendimiento académico de los estudiantes.

Tabla 26: Criterios de evaluación referentes al aprendizaje de matemáticas

Investigación	Criterios de evaluación	Resultados
La Alfabetización Cuantitativa en estudiantes de Tercer Grado de Primaria a través de un Juego Serio(Fernández-Robles et al., 2019)	Habilidades con números naturales, números racionales y operaciones matemáticas.	Hubo un incremento en los resultados en el post-test del 11.4% en números naturales, del 4.3% en números racionales y del 14.2% en operaciones matemáticas respecto al pre-test.
JeuTICE: An Arabic Serious Game to Enhance Mathematics Skills of Young Children(Tazouti et al., 2019)	Elementos teóricos de medición, superficies y números.	Se logro aumentar la calificación en el post-test un 10.92% para los elementos de medición, 15.00% para los elementos de superficies y 17.39% para los elementos numéricos respecto al pre-test.
The impact of serious games in mathematics fluency: A study in Primary Education(Fraga-Varela et al., 2021)	Cálculo de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones	Se logro pasar de una calificación media de 8.99 en el pre-test a una calificación media de 17.79 en el post-test

<p>Short Serious Games Creation under the Paradigm of Software Process and Competencies as Software Requirements. Case Study: Elementary MathCompetencies(Barajas et al., 2015)</p>	<p>Manejo de figuras sólidas, cálculo de áreas, figuras y polígonos, fracciones y producto cruzado</p>	<p>Los porcentajes de mejora en el post-test fueron de aproximadamente 33.3% en Manejo de figuras sólidas, 35.7% en áreas: 75% fracciones y 54.5% en figuras y polígonos. En el producto cruzado no se obtuvieron mejoras.</p>
<p>El rol del juego digital en el aprendizaje de las matemáticas: experiencia conjunta en escuelas de básica primaria en Colombia y Brasil (Cadavid Julian et al., 2016)</p>	<p>Los criterios utilizados fueron: lectura y representación de fracciones, amplificación, simplificación, equivalencia y orden, múltiplos y divisores, M.C.M., M.C.D., fracciones homogéneas, fracciones heterogéneas, y aplicaciones</p>	<p>Los resultados del post-test tuvieron una mejoría del 214.79% para el grupo de Julio Cesar Garcia, 54.75% para el grupo de Santa Bertilla Boscarin y del 23.34% para el grupo de Monteiro Lobato, respecto a los resultados obtenidos en el pre'test</p>

6. CAPITULO 6 CONCLUSIONES

En esta sección, se da respuesta a los objetivos planteados en la sección de Formulación de la Investigación utilizando la información obtenida a lo largo de este trabajo de tesis. Finalmente, se comentan los planes a futuro donde se comenta la aportación que puede tener este trabajo en futuras investigaciones relacionadas con el desarrollo de los videojuegos serios.

A continuación, se nombrarán los objetivos específicos y las preguntas de investigación y como se fueron cumpliendo durante el desarrollo de este trabajo.

En cumplimiento del OE1 “Reconocer los elementos básicos que debe contener un videojuego serio para el aprendizaje de las matemáticas” y dando respuesta a la pregunta de investigación “¿Cuáles son los elementos básicos que debe contener un videojuego serio para el aprendizaje de las matemáticas?”

Respuesta: Los elementos comunes que fueron integrados en el desarrollo del videojuego serio fueron: historia, personajes, retos, reglas, retroalimentación, escenarios y minijuegos;

En cumplimiento del OE2 “Reconocer los elementos de accesibilidad que debe contener un videojuego serio para que las personas con discapacidad visual puedan tener una buena experiencia de uso del software” y dando respuesta a la pregunta de investigación “¿Cuáles son los elementos de accesibilidad que debería implementar un videojuego serio para que personas con discapacidad visual puedan tener una buena experiencia de uso?”

Respuesta: los elementos de accesibilidad que fueron implementado son las pistas auditivas, texto a voz, modo de alto contraste y personalización del tamaño y tipo de letra.

En cumplimiento del OE3 “Encontrar la metodología más adecuada para el desarrollo del videojuego serio” y dando respuesta a la pregunta de investigación “¿Cuál es la metodología más adecuada para el desarrollo del videojuego serio?”

Respuesta: La metodología SUM (Murillo Sanchez et al., 2018) fue la seleccionada para la creación del videojuego ya que fue la más adecuada para el tipo de investigación realizada, los detalles completos del proceso de selección se pueden encontrar en la sección de Metodología en el apartado 4.1.

En cumplimiento del OE4 “Desarrollar el prototipo funcional del videojuego serio” y dando respuesta a la pregunta de investigación “¿Cuál fue el proceso de desarrollo para el prototipo funcional del videojuego serio?”

Respuesta: Se realizaron pruebas con los ojos vendados junto con el tutor el Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador para recibir retroalimentación con el objetivo de ir mejorando el videojuego. Una vez finalizado, se realizó una prueba final con estudiantes ciegos del Centro de Atención Múltiple V (CAM) en el estado de Aguascalientes.

En cumplimiento del OE5 “Determinar la satisfacción del uso del videojuego serio utilizando un instrumento de evaluación publicado” y dando respuesta a la pregunta de investigación “¿Se pueden obtener niveles aceptables de satisfacción con el uso del videojuego serio utilizando el instrumento de evaluación propuesto por el Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador (Amador et al., 2023a)?”

Respuesta: Se obtuvo la retroalimentación de los estudiantes con el instrumento de evaluación ILOBLIND (Amador et al., 2023a), obteniendo resultados altamente positivos por parte de los estudiantes, en la sección de Resultados en el apartado 5.4. se puede encontrar en detalle el análisis de los resultados obtenidos.

En cumplimiento de la hipótesis formulada “El videojuego serio logró alcanzar niveles aceptables de satisfacción según los instrumentos de evaluación utilizados”

Respuesta: El videojuego serio si logró alcanzar niveles aceptables de satisfacción según los instrumentos de evaluación utilizados. En general la recepción del videojuego serio fue positiva por parte de los estudiantes, las instrucciones claras y los controles sencillos hicieron que la navegación por el videojuego se facilitara, mientras que los elementos de accesibilidad como la función de voz a texto, el modo de alto contraste y la personalización de texto y volumen fueron imprescindibles para su uso y la inclusión de una historia y personajes de fantasía resulto entretenida para los estudiantes, quienes también mencionaron algunos aspectos a mejorar como son la pronunciación de ciertos símbolos numéricos y mayor detalle en las explicaciones de algunas preguntas.

Como planes a futuro, se podría incorporar la funcionalidad para que el docente pueda incorporar de una manera sencilla nuevo contenido al videojuego serio para de esta forma poder tocar diferentes temas, ya sea de matemáticas o de otras materias. Además, llevar a cabo una investigación con un mayor número de participantes que utilicen el videojuego serio durante un período más prolongado podría proporcionar resultados más precisos sobre su experiencia y el nivel de aprendizaje alcanzado.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Acerenza, N., Coppes, A., Mesa, G., Viera, A., Fernández, E., Lorenzo, T., & Vallespir, D. (2009). *Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos*. 171–176.
- Ahmetovic, D., Alampi, V., Bernareggi, C., Gerino, A., & Mascetti, S. (2017). Math Melodies. *Proceedings of the 14th International Web for All Conference*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3058555.3058583>
- Alaoui, Y., El Achaak, L., & Bouhorma, M. (2021). *Methodology to Develop Serious Games for Primary Schools* (pp. 195–205). https://doi.org/10.1007/978-3-030-66840-2_15
- Álvarez-Rodríguez, F. J., Barajas-Saavedra, A., & Muñoz-Arteaga, J. (2014). Serious Game Design Process, Study Case: Sixth Grade Math. *Creative Education*, 05(09), 647–656. <https://doi.org/10.4236/CE.2014.59077>
- Amador, C. E. V., Arteaga, J. M., Rodríguez, F. J. Á., Salas, J. P. C., Soto, D. T., & Cuevas, A. I. O. (2023a). An instrument for the determination of learning objects quality for students with visual impairment integrating the services theory (ILOBlind). *Universal Access in the Information Society*, 22(4), 1175–1183. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00890-y>
- Amador, C. E. V., Arteaga, J. M., Rodríguez, F. J. Á., Salas, J. P. C., Soto, D. T., & Cuevas, A. I. O. (2023b). An instrument for the determination of learning objects quality for students with visual impairment integrating the services theory (ILOBlind). *Universal Access in the Information Society*, 22(4), 1175–1183. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00890-y>
- Amador, C. E. V., Arteaga, J. M., Salas, J. P. C., Silva, H. A. A., & Martínez, J. C. A. (2022). Videojuego serio para ejercitar la memoria de usuarios con discapacidad visual. *AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA EDUCACIÓN Y EL APRENDIZAJE*, 478.
- Araya, R. G. (2007). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación En Educación Matemática*, 2, 11–44. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6890>
- Arroyo Hernández, L., Ramos Cisternas, D., Peña Bravo, D., Flores Alberto, S., Choquehuanca Subieta, Y., Campos Venegas, D., & Salgado, O. (2023). Dificultad específica de aprendizaje de las matemáticas: Evidencia disponible en Iberoamérica. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 15(2), 63–74. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v15i2.124>
- Bălan, O., Moldoveanu, A., Moldoveanu, F., Nagy, H., Wersényi, G., & Unnórsson, R. (2017). Improving the Audio Game–Playing Performances of People with Visual Impairments through Multimodal Training. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 111(2), 148–164. <https://doi.org/10.1177/0145482X1711100206>
- Barajas-s, A., Álvarez-r, F. J., Mendoza-g, R., & Oviedo-de-luna, A. C. (2015). Short Serious Games Creation under the Paradigm of Software Process and Competencies as Software Requirements. Case Study: Elementary Math Competencies. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 14(2).

- Barbieri, G. G., Barbieri, R., & Capone, R. (2021). Serious Games in High School Mathematics Lessons: An Embedded Case Study in Europe. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), em1963. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10857>
- Barbosa, A. F. S., Pereira, P. N. M., Dias, J. A. F. F., & Silva, F. G. M. (2014). A New Methodology of Design and Development of Serious Games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/817167>
- Cadavid Julian, J. M., Piedrahita Ospina, A. A., & Rosecler Bez, M. (2016). El rol del juego digital en el aprendizaje de las matemáticas: experiencia conjunta en escuelas de básica primaria en Colombia y Brasil. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 11(2), 30–51.
- Cano, S., Munoz Arteaga, J., Collazos, C. A., Gonzalez, C. S., & Zapata, S. (2016). Toward a methodology for serious games design for children with auditory impairments. *IEEE Latin America Transactions*, 14(5), 2511–2521. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7530453>
- Carvajal Gutiérrez, G., Rojas Zambrano, P. A., & Murcia Londoño, E. (2016). El videojuego “El Misterio de la Pirámide”, una propuesta interactiva para el aprendizaje de las matemáticas. *Anduli*, 15, 177–188. <https://doi.org/10.12795/ANDULI.2016.115.10>
- Chai, C., Lau, B., & Pan, Z. (2019). Hungry Cat—A Serious Game for Conveying Spatial Information to the Visually Impaired. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(1), 12. <https://doi.org/10.3390/mti3010012>
- Chorianopoulos, K., Giannakos, M. N., & Chrisochoides, N. (2014). Design Principles for Serious Games in Mathematics. *Proceedings of the 18th Panhellenic Conference on Informatics*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/2645791.2645843>
- Clark Abt. (1970). Serious Games. *Viking Press*.
- Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación. (2021). Indicadores estatales de la mejora continua de la educación. Aguascalientes. *Información Del Ciclo Escolar 2018-2019*.
- De Lope, R. P., Medina-Medina, N., Soldado, R. M., Garcia, A. M., & Gutierrez-Vela, F. L. (2017). Designing educational games: Key elements and methodological approach. *2017 9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 63–70. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2017.8055812>
- Echeverría, A., & Sánchez, J. (2020). *Videojuego educativo para el desarrollo del pensamiento geométrico en niños con discapacidad visual* [Tesis Pregrado]. Universidad de Chile.
- Escudeiro, P., Teixeira, D., Galasso, B., Neto, N., & Costa, F. (2019). Inclusive Digital Learning through Serious Games: A Clipping for Inclusion. *International Association for Development of the Information Society*.
- Fernández-Robles, J., Gaytán-Lugo, L., Hernández-Gallardo, S., & García-Ruiz, M. (2019). La Alfabetización Cuantitativa en estudiantes de Tercer Grado de Primaria a través de un Juego

Serio. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, 18(1), 131–147.
<https://doi.org/10.17398/1695-288X.18.1.131>

Ferreira, F., & Cavaco, S. (2014). Mathematics for all: a Game-Based Learning Environment for Visually Impaired Students. In *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE* (Vol. 2015). <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044493>

Flores Garzón, Edwin Patricio, Intriago Echeverría, & Luis José. (2019). *Desarrollo y evaluación de un videojuego serio accesible para promover la cultura y turismo* [Tesis de pregrado]. Universidad de las Américas.

Fraga-Varela, F., Vila-Couñago, E., & Martínez-Piñeiro, E. (2021). The impact of serious games in mathematics fluency: A study in Primary Education. *Comunicar*, 29(69), 115–125.
<https://doi.org/10.3916/C69-2021-10>

Ghidini, E., Almeida, W. D. L., Manssour, I. H., & Silveira, M. S. (2016). Developing apps for visually impaired people: Lessons learned from practice. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2016-March*, 5691–5700.
<https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.704>

Gök, M., & İnan, M. (2021). Sixth-grade students' experiences of a digital game-based learning environment: A didactic analysis. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 6(2), 142–157. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v6i2.13687>

Hamideh Kerdar, S., Bächler, L., & Kirchhoff, B. M. (2024). The accessibility of digital technologies for people with visual impairment and blindness: a scoping review. *Discover Computing*, 27(1), 24. <https://doi.org/10.1007/s10791-024-09460-7>

Jaramillo-Alcázar, A., & Luján-Mora, S. (2017). *Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments*. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145416>

Lee, H.-P., Huang, Y., & Sheu, T.-F. (2013). An Interactive Training Game Using 3D Sound for Visually Impaired People. *International Association for Development of the Information Society*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:2870697>

Lei, J., Huang, X., Chang, T., Wu, Q., Long, Y., & Jiang, X. (2021). An immersive game of simulated visually impaired. *EAI Endorsed Transactions on E-Learning*, 7(22), 170254.
<https://doi.org/10.4108/eai.1-7-2021.170254>

Malvasi, V., Gil-Quintana, J., & Bocciolesi, E. (2022). The Projection of Gamification and Serious Games in the Learning of Mathematics Multi-Case Study of Secondary Schools in Italy. *Mathematics*, 10(3), 336. <https://doi.org/10.3390/math10030336>

Mavridis, A., Katmada, A., & Tsiatsos, T. (2017). Impact of online flexible games on students' attitude towards mathematics. *Educational Technology Research and Development*, 65(6), 1451–1470. <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9522-5>

Mcmahon, M. (2007). A Document Oriented Model for the Design of Serious Games. *ECU Publications*.

- McMahon, M. (2009). *Using the DODDEL model to teach serious game design to novice designers*. In Same Places, Different Spaces. Proceedings Ascilite Auckland 2009. <http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland09/procs/mcmahon.pdf>
- Moizer, J., Lean, J., Dell'Aquila, E., Walsh, P., Keary, A. (Alfie), O'Byrne, D., di Ferdinando, A., Miglino, O., Friedrich, R., Asperges, R., & Sica, L. S. (2019). An approach to evaluating the user experience of serious games. *Computers & Education, 136*, 141–151. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2019.04.006>
- Murillo Sanchez, X., Rocha, A., Ibañez Illanes, A., Quiroz Perez, J., Sahonero, G., & Palacios, F. (2018). *Implementacion de la metodologia SUM modificada para el desarrollo de videojuegos orientados al aprendizaje en Bolivia*.
- OMS. (2022). *CIE-11. Deficiencia Visual*. <https://icd.who.int/browse11/l-m/es#/http%3a%2f%2fid.who.int%2fcd%2fentity%2f30317704?view=G0>
- OMS. (2023). *Ceguera y discapacidad visual*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Othman, N. I., Azan, N., & Mohamed, H. (2020). Play-Centric Designing of a Serious Game Prototype for Low Vision Children. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11*(5). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110528>
- Othman, N. I., Mohamed, H., & Mat Zin, N. A. (2023). Serious Games Accessibility Design Model for Low-Vision Children. *Advances in Human-Computer Interaction, 2023*, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2023/9528294>
- Ottmar, E., Landy, D., Goldstone, R., & Weitnauer, E. (2015). *Getting from here to there: Testing the effectiveness of an interactive mathematics intervention embedding perceptual learning*. https://www.researchgate.net/publication/281102405_Getting_from_here_to_there_Testing_the_effectiveness_of_an_interactive_mathematics_intervention_embedding_perceptual_learning
- Parasuraman, A. P., Zeithaml, V., & Berry, L. (1988). SERVQUAL A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing, 64*, 12–40.
- Pardo, A., & Sánchez, J. (2017). *Videojuego educativo para el aprendizaje de geometría en niños no videntes*. Universidad de Chile.
- Park, H.-J., & Kim, S.-B. (2013). *Guidelines of Serious Game Accessibility for the Disabled*. 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICISA.2013.6579380>
- Procuraduría Federal del Consumidor. (2022, April 14). *Ojo con tu salud visual*. [https://www.gob.mx/profeco/documentos/ojo-con-tu-salud-visual?state=published#:~:text=Datos%20del%20Censo%20de%20Poblaci%C3%B3n,y%20pre, sbicia\)%2C%20catarata%20senil%2C](https://www.gob.mx/profeco/documentos/ojo-con-tu-salud-visual?state=published#:~:text=Datos%20del%20Censo%20de%20Poblaci%C3%B3n,y%20pre, sbicia)%2C%20catarata%20senil%2C)
- Rodrigues, C. S. C., Nazareth, V., Azevedo, R. O., Barbosa, P., & Werner, C. (2023). Unseen: a 3D immersive experience game for visually impaired individuals. *Anais Do II Workshop Sobre*

Interação e Pesquisa de Usuários No Desenvolvimento de Jogos (WIPlay 2023), 13–27.
<https://doi.org/10.5753/wiplay.2023.236096>

- Sá, R. M. B. de, & Zaqueu, L. da C. C. (2023). ENSINO DA MATEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL E ESTUDANTES VIDENTES COM DIFICULDADE DE APRENDIZAGEM: UM ESTUDO DE INTERVENÇÃO COM O MULTIPLANO E O MATERIAL DOURADO. *Revista Inter Ação*, 48(1), 186–199. <https://doi.org/10.5216/ia.v48i1.73271>
- Salvador-Ullauri, L., Jaramillo-Alcázar, A., & Luján-Mora, S. (2017). *A Serious Game Accessible to People with Visual Impairments*. 84–88. <https://doi.org/10.1145/3175536.3175576>
- Sánchez, J. (2015a). Pauta de Evaluación de Usabilidad de Usuario Final, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. In *Carrera de Ingeniería Civil en Computación*. Universidad de Chile.
- Sánchez, J. (2015b). Pauta de Evaluación Heurística de Usabilidad, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. In *Carrera de Ingeniería Civil en Computación*. Universidad de Chile.
- Taralunga, O.-I., Heidtmann, P., & Krokos, M. (2021). *SERIOUS GAMES FOR HIGHER EDUCATION MATHEMATICS: QUEST FOR WISDOM – THE HORN OF ODIN*. 4706–4716. <https://doi.org/10.21125/iceri.2021.1081>
- Tazouti, Y., Boulaknadel, S., & Fakhri, Y. (2019). JeuTICE: An Arabic Serious Game to Enhance Mathematics Skills of Young Children. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14(22), 252. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i22.11119>
- Virvou, M., Katsionis, G., & Manos, K. (2005). Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness. *Educational Technology & Society*, 8, 54–65.
- Whitaker, R. (2020). Developing Inclusive Mobile Apps: Building Accessible Apps for iOS and Android. *Developing Inclusive Mobile Apps: Building Accessible Apps for IOS and Android*, 1–342. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5814-9>
- Wouters, P., van Oostendorp, H., ter Vrugte, J., vanderCruyssen, S., de Jong, T., & Elen, J. (2017). The effect of surprising events in a serious game on learning mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 48(3), 860–877. <https://doi.org/10.1111/bjet.12458>
- Yang, K.-H., Chu, H.-C., & Chiang, L.-Y. (2018). Effects of a Progressive Prompting-based Educational Game on Second Graders' Mathematics Learning Performance and Behavioral Patterns. *Educational Technology & Society*, 21(2), 322–334. <https://dibpxy.uaa.mx/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=141913019&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Zarraonandia, T., Diaz, P., Aedo, I., & Ruiz, M. R. (2015). Designing educational games through a conceptual model based on rules and scenarios. *Multimedia Tools and Applications*, 74(13), 4535–4559. <https://doi.org/10.1007/s11042-013-1821-1>

Zhu, L., Cao, Q., & Cai, Y. (2020). Development of augmented reality serious games with a vibrotactile feedback jacket. *Virtual Reality and Intelligent Hardware*, 2(5), 454–470. <https://doi.org/10.1016/J.VRIH.2020.05.005>

Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25–32. <https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>





8. ANEXOS

Anexo A. Especificación de características

Código: H01

Nombre: Visualizar menú de inicio

Cómo usuario del videojuego

Deseo visualizar un menú como primera pantalla que contenga las opciones de “Comenzar”, “Cargar”, “Opciones”, “Accesibilidad”, “Ayuda” y “Salir”

Para poder comenzar a jugar, cargar una partida, configurar las opciones generales y de accesibilidad del videojuego y visualizar en la ayuda los controles del teclado.

Prioridad: 1

Estimación: 1

Criterios de aceptación:

El menú constará de 6 botones en los cuales se deberá observar la descripción asignada en la historia de usuario.

Los botones deberán estar ordenados de la siguiente manera:

1. Comenzar
2. Cargar
3. Opciones
4. Accesibilidad
5. Ayuda
6. Salir

Los botones deberán ser totalmente funcionales para ser capaces de redirigir a otra pantalla según sea el caso.

Código: H02

Nombre: Botones de fácil acceso durante el videojuego

Cómo usuario del videojuego

Deseo poder tener los siguientes botones de fácil acceso durante el juego: “Atrás”, “Accesibilidad”, “Configuración”, “Guardado R.” y “Calificaciones”

Para repetir el dialogo anterior, acceder a las opciones de accesibilidad y configuración, realizar un guardado rápido y para mostrar las calificaciones obtenidas en la partida.

Prioridad: 3

Estimación: 1

Criterios de aceptación:

Los botones deberán tener un fácil acceso durante el juego

Cuando se presione deberán presentar las pantallas correspondientes a cada botón

Código: H03

Nombre: Visualizar puntuaciones

Cómo usuario del videojuego

Deseo tener un botón para visualizar el score obtenido en cada prueba de conocimiento

Para así conocer mi puntaje en cada una de ellas.

Prioridad: 4

Estimación: 2

Criterios de aceptación:

Cuando se presione el botón “Calificaciones” durante el juego se presentará otra pantalla donde se muestre la información del score obtenido hasta ese momento

por cada prueba. Si no existe una puntuación para alguna prueba todavía deberá aparecer con el valor de 0. La pantalla deberá contener el botón de “REGRESAR” para volver al juego. Ningún dato mostrado podrá ser modificado

Código: H04

Nombre: Tamaño y tipo de fuente por defecto

Cómo usuario del videojuego

Deseo que por defecto el texto del videojuego este en modo de alto contraste, tenga un tipo de letra legible y tamaño de letra grande.

Para que la historia del videojuego sea accesible a los usuarios con debilidad visual

Prioridad: 2

Estimación: 1

Criterios de aceptación:

Los textos tendrán por defecto el tipo de letra “Atkinson-Hyperlegible” con un tamaño de 40 pixeles, el texto usara fondo negro con letras blancas para dar un alto contraste.

Código: H05

Nombre: Pruebas de conocimiento

Cómo usuario del videojuego

Deseo poder visualizar las preguntas, las opciones de respuesta y la puntuación que llevo hasta el momento.

Para poder escoger las respuestas que aparezcan en pantalla y así ir ganando puntos en caso de escoger la correcta para sumar la mayor cantidad posible

Prioridad: 1

Estimación: 5

Criterios de aceptación:

Las preguntas aparecerán en un orden aleatorio para que la experiencia sea diferente en cada partida

Cuando el usuario seleccione su respuesta, se reproducirá un sonido de retroalimentación positivo o negativo y la puntuación del usuario se incrementará en caso de que la respuesta sea correcta.

Al finalizar la prueba se presentará la puntuación obtenida.

En caso de que la puntuación obtenida sea <5 el usuario tendrá que repetir la prueba.

Código: H06

Nombre: Minijuego espada enterrada en el pedestal

Cómo usuario del videojuego

Deseo tener un minijuego para conseguir la espada.

Para añadir una forma diferente de interactuar con el videojuego

Prioridad: 6

Estimación: 3

Criterios de aceptación:

El minijuego consistirá en realizar clics o presionar la tecla f lo más rápido posible durante el tiempo establecido de 5 segundos.

Habrà un sonido de retroalimentación para cada clic o presión de la tecla

Al finalizar el minijuego se presentará la puntuación obtenida.

Dependiendo de la puntuación obtenida se obtendrán distintos mensajes, los cuales pueden ser: "Bien hecho", "Excelente", "Impresionante" y "Alucinante".