



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUAUCHINANGO**

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**“Desarrollo de una aplicación
móvil de matemáticas para infantes
de fase 2 (preescolar) y fase 3
(primaria) con TEA”**

TESIS

Que para obtener el grado de
**MAESTRO EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

Presenta:

Gerardo Garrido González

M23315018

Director de Tesis: **Dr. Gregorio Castillo Quiroz**
Codirector de Tesis: **Mtro. Hugo Hernández Cabrera**

Huauchinango, Pue. junio 2026

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la ciudad de Huauchinango, Puebla, siendo las **09:00** horas del día **25 de junio de 2026** se reunieron los miembros del Comité Sinodal designado por el H. Consejo de Posgrado de la Maestría en Tecnologías de la Información del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, para examinar y evaluar la tesis de grado titulada:

Desarrollo de una aplicación móvil de matemáticas para infantes de fase 2 (preescolar) y fase 3 (primaria) con TEA

Presentada por el (la) alumno (a):

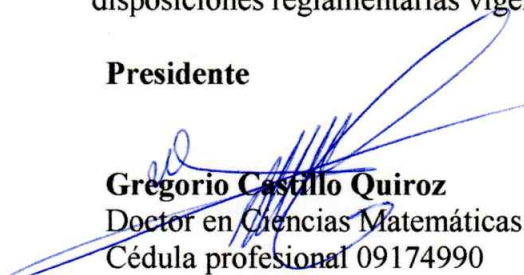
GERARDO GARRIDO GONZALEZ, con número de control M23315018

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Después de intercambiar opiniones los miembros de la comisión manifestaron la aprobación e impresión final de la tesis, en virtud que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

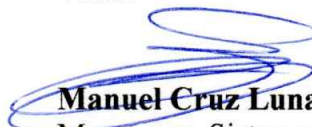
Presidente


Gregorio Castillo Quiroz
Doctor en Ciencias Matemáticas
Cédula profesional 09174990

Secretario


Hugo Hernández Cabrera
Maestro en Sistemas Computacionales
Cédula profesional 8157886

Vocal


Manuel Cruz Luna
Maestro en Sistemas Computacionales
Cédula profesional 8257588

Suplente


Aldo Hernández Luna
Maestro en Ingeniería
Cédula profesional 11606723



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUAUCHINANGO
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Sello de la institución



Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango
Dirección Académica
Subdirección de Posgrado e Investigación

Huauchinango, Puebla, 25/Junio/2026

Oficio: SPeI/148/2026

Asunto: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DEFINITIVA DE TESIS

ING. GERARDO GARRIDO GONZALEZ
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN
PRESENTE

Por este conducto tengo el agrado de comunicarle que el jurado designado para que Usted obtenga el grado de **MAESTRO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**, ha informado a esta Subdirección de Posgrado e Investigación, su aceptación para la impresión Definitiva de su trabajo de tesis, en el cual lleva por título:

"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE MATEMÁTICAS PARA INFANTES DE FASE 2 (PREESCOLAR)
Y FASE 3 (PRIMARIA) CON TEA"

Por lo anterior se autoriza la impresión de su trabajo, esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

La técnica en armonía con la naturaleza para un mundo mejor ®

C. FERNANDO GONZÁLEZ CRUZ
SUBDIRECTOR DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUAUCHINANGO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c. c. p. C. Aldo Hernández Luna, Coordinación de la Maestría en Tecnologías de la Información

c. c. p. C. Gregorio Castillo Quiroz, Presidencia del Consejo de Posgrado de la Maestría en Tecnologías de la Información

c.c.p. Archivo.



Av. Tecnológico No. 80, Colonia 5 de octubre Huauchinango, Puebla.
C.P. 73173 Tels. 7767625250 y 767625260 Ext. 1101
e-mail: dir_dhuauchinango@tecnm.mx / www.huauchinango.tecnm.mx



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE
HUAUCHINANGO
La técnica en armonía con la naturaleza para un mundo mejor



2026
año de
Margarita
Maza

Resumen

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) comprende un grupo de afecciones del neurodesarrollo que impactan la comunicación, la interacción social y el aprendizaje. En México, la estadística de prevalencia y la necesidad de herramientas educativas inclusivas bajo el modelo de la Nueva Escuela Mexicana exigen de estrategias innovadoras. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar y validar "MATTEA" (nombre derivado de una combinación entre matemáticas y TEA), una aplicación móvil educativa de matemáticas diseñada específicamente para los infantes con TEA en la fase 2 (preescolar) y fase 3 (1° y 2° de primaria).

La metodología empleada fue de tipo aplicada y tecnológica, utilizando el marco de trabajo ágil Scrum complementado con el Diseño Centrado en el Usuario (DCU). Esto permitió un desarrollo iterativo e incremental de la aplicación utilizando el motor gráfico Unity. La herramienta incluye módulos interactivos de conteo y reconocimiento numérico, integrando estímulos visuales y auditivos adaptados a las características sensoriales de la población objetivo.

Para evaluar la pertinencia y funcionalidad del software, se realizó una validación de campo con la colaboración de 10 docentes especialistas de la Supervisión de Educación Especial, Zona Escolar 001 de Huauchinango, Puebla. Los resultados demostraron que la aplicación es un recurso didáctico funcional y motivador que favorece la inclusión educativa. Asimismo, el estudio permitió identificar hallazgos clave sobre la importancia del contraste cromático y la retroalimentación auditiva positiva en el diseño de interfaces para usuarios neurodivergentes. Se concluye que MATTEA constituye una herramienta tecnológica viable que apoya el desarrollo de habilidades matemáticas básicas, promoviendo la autonomía y el aprendizaje significativo en infantes con TEA.

Palabras clave: Trastorno del Espectro Autista (TEA), Aplicación Móvil, Matemáticas Educativas, Scrum, Inclusión Digital.

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) encompasses a group of neurodevelopmental conditions that impact communication, social interaction, and learning. In Mexico, prevalence statistics and the need for inclusive educational tools under the New Mexican School model demand innovative strategies. This research work aimed to develop and validate "MATTEA" (name derived from the integration of Mathematics and ASD), an educational mobile application for mathematics specifically designed for children with ASD in phase 2 (preschool) and phase 3 (1st and 2nd grade of primary school).

The methodology employed was applied and technological, utilizing the Scrum agile framework complemented by User-Centered Design (UCD). This allowed for an iterative and incremental development of the application using the Unity graphics engine. The tool includes interactive modules for counting and number recognition, integrating visual and auditory stimuli adapted to the sensory characteristics of the target population.

To evaluate the software's pertinence and functionality, a field validation was conducted with the collaboration of 10 specialized teachers from the Special Education Supervision, School Zone 001 of Huauchinango, Puebla. The results demonstrated that the application is a functional and motivating didactic resource that favors educational inclusion. Furthermore, the study identified key findings regarding the importance of chromatic contrast and positive auditory feedback in interface design for neurodivergent users. It is concluded that MATTEA constitutes a viable technological tool that supports the development of basic mathematical skills, promoting autonomy and meaningful learning in children with ASD.

Keywords: Autism Spectrum Disorder (ASD), Mobile Application, Educational Mathematics, Scrum, Digital Inclusion.

Dedicatoria

A mi madre, por ser fundamental en mi vida, por sus enseñanzas, por ayudarme a comprender la importancia de seguir estudiando sin importar las condiciones en las que te encuentres con su ejemplo, por creer siempre en mí, todo el esfuerzo que hizo para ayudarme de joven tiene un impacto tan grande que sin su apoyo no sería la persona que soy ahora.

A mi esposa, por su amor incondicional motivándome a comenzar el proceso de admisión y posteriormente continuar con la maestría, sin duda fue fundamental en la decisión de continuar estudiando para superarme profesionalmente.

A mi hija, que es la fuente de energía que recarga mi batería con una sonrisa, un abrazo y un beso, esto es por ti princesa, nunca voy a rendirme contigo como motivación, desde que llegaste a mi vida, el mundo a mi alrededor se transformó por completo de tal manera que solo quiero ser mejor cada día.

Agradecimientos

A Dios, por permitirme vivir el proceso de estudiar una maestría y poder llegar a este momento, por brindarme la fortaleza necesaria para culminar esta meta profesional, espero que sea un paso para continuar fortaleciendo mis conocimientos y habilidades tecnológicas.

Al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, mi alma máter, es sin duda alguna la institución por la que siento mayor identidad, gracias por brindarme los espacios y las herramientas para mi formación académica de posgrado.

De manera especial, expreso mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. Gregorio Castillo Quiroz, por su acertada dirección, su paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo a lo largo de este proceso, siempre muy acertado, me ha permitido comprender mejor varios procesos de investigación y clarificar mis ideas, es el mejor apoyo académico que pude tener. Es un gran profesor, investigador y sobre todo un gran ser humano. Gracias por impulsarme a mantener el rigor académico y técnico en cada etapa de esta investigación.

A la Mtra. Clara Lilia Escorza González, Supervisora de Educación Especial de la Zona Escolar 001, por abrirme las puertas de su zona sin conocerme y permitirme colaborar estrechamente con su equipo de trabajo. Su disposición y apoyo fueron fundamentales para que el proyecto pasara de ser una idea a una herramienta real, me ha inspirado para esforzarme por ayudar a los infantes con TEA.

Al comité de tesis, por sus aportaciones en forma de comentarios puntuales para fortalecer el proyecto de investigación, realmente esto fue un trabajo en equipo que me ayudó a fortalecer el proyecto, gracias.

A las docentes y especialistas que brindaron su experiencia profesional para validar este proyecto, sin su ayuda no habría tenido la orientación adecuada, sus observaciones fueron invaluable para perfeccionar esta herramienta en beneficio de los infantes:

- Lic. María Fernanda Ibey Florentino
- Lic. Isayah Melisa Pinto de León Vite
- Lic. Dania Mariel Breton Solano

- Lic. María Fernanda Uribe Martínez
- Lic. Diana Laura Hernández del Ángel
- Lic. Blanca Irais Melo Jardinez

A mi familia, que, con sus diferentes acciones han permitido mantener mi mente fuerte y activa para seguir avanzando en el proyecto hasta verlo concluido.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo otorgado con motivo de mi participación en el Primer Coloquio Internacional “Reflexiones frente a la inclusión laboral de las personas con discapacidad en el contexto iberoamericano”. Este respaldo representó un estímulo muy importante para continuar fortaleciendo mi formación académica, mi compromiso con las personas con discapacidad, la sociedad en general y mi participación en actividades de vinculación y divulgación del conocimiento.

Tabla de contenidos

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos	iv
Tabla de contenidos.....	vi
Lista de figuras.....	ix
Lista de tablas	xii
Lista de acrónimos y abreviaturas (nomenclatura)	xiii
Capítulo I. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes y estado del arte	1
1.2 Planteamiento y delimitación del problema	9
1.3 Objetivo general	12
1.4 Objetivos específicos	12
1.5 Justificación	13
1.6 Hipótesis general	14
1.7 Motivación para elaborar la investigación	14
1.8 Organización de la tesis	15
1.9 Publicaciones de sustento	16
Capítulo II. Marco Teórico.....	19
2.1 Marco conceptual.....	19
2.1.1 Educación	20
2.1.1.1 Problema	20
2.1.2 Trastorno del Espectro Autista (TEA)	21
2.1.3 Desarrollo cognitivo en la infancia.....	22
2.1.4 Educación inclusiva.....	23
2.1.5 Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).....	23
2.1.6 TIC's aplicadas en la educación	24
2.1.7 Tecnología educativa y educación móvil.....	25
2.1.8 Gamificación como motor de aprendizaje.....	27
2.1.9 Pertinencia para el Trastorno del Espectro Autista (TEA)	28
2.1.10 Diseño de interfaces educativas en entornos 3D	28
2.1.11 Unity como motor para el desarrollo de aplicaciones educativas.....	30

2.1.12 Metodologías ágiles para el desarrollo de aplicaciones educativas.....	31
2.2 Fundamentos teóricos	33
Capítulo III. Marco Metodológico	35
3.1 Tipo de investigación.....	35
3.2 Enfoque metodológico.....	35
3.3 Participantes y contexto.....	36
3.4 Procedimiento de investigación.....	36
3.4.1 Fases metodológicas.....	37
3.4.1.1 Análisis de requerimientos.....	37
3.4.1.2 Diseño	40
3.4.1.3 Desarrollo del prototipo.....	44
3.4.1.4 Pruebas y ajustes	49
3.4.1.5 Validación pedagógica	49
3.5 Metodología ágil	52
3.5.1 Definición de roles	53
3.5.2 Pila del Producto (Product Backlog)	53
3.5.3 Planificación de Sprints (Iteraciones).....	54
3.5.4 Refinamiento del Backlog y Evolución del Diseño	55
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.7 Criterios de validación	59
3.8 Consideraciones éticas	59
Capítulo IV. Resultados y discusión.....	61
4.1 Desarrollo del Prototipo Funcional	61
4.2 Módulos de aprendizaje matemático.....	62
4.3 Validación con expertos	78
4.3.1 Análisis cualitativo de la retroalimentación	78
4.3.2 Validación de contenido y usabilidad	79
4.3.3 Prueba piloto en escenario real.....	82
4.4 Discusión de resultados.....	83
4.4.1 Análisis comparativo con soluciones existentes.....	84
4.4.2 Contrastación entre teoría y práctica en el diseño visual.....	86
4.4.3 Funcionalidad en contextos de educación especial	87
4.4.4 Comparativa de interfaces	88
4.4.5 Motivación y reforzamiento positivo	89

4.4.6 Limitaciones y necesidad de progresión.....	89
Conclusiones.....	91
Propuesta y recomendaciones.....	92
Trabajos futuros	93
Referencias.....	95

Lista de figuras

Figura 1.1 Artículo publicado. Se aceptó y publicó un artículo de investigación sobre la maqueta del proyecto.	17
Figura 1.2 Reconocimiento por participación de una ponencia de Maquetación de aplicación móvil de matemáticas para los infantes con TEA.	18
Figura 3.1 Esquema del procedimiento de investigación. Adaptado de Scrum y Diseño Centrado en el Usuario.	36
Figura 3.2 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Qué ejercicios desea incluir?	38
Figura 3.3 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Cómo interactuarán los infantes con la aplicación?	38
Figura 3.4 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Debe la aplicación permitir ajustes de dificultad?	39
Figura 3.5 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Qué tipos de retroalimentación se proporcionarán?	39
Figura 3.6 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Qué expectativas tiene respecto al rendimiento?.....	40
Figura 3.7 Resultados de formulario para determinar la pertinencia del diseño de la interfaz de usuario. Pregunta: ¿Cómo calificaría la facilidad de uso de la interfaz de la aplicación?	41
Figura 3.8 Resultados de formulario para determinar la pertinencia del diseño de la interfaz de usuario. Pregunta: Considerando las necesidades específicas de los infantes con TEA, ¿cree que el diseño de la aplicación aborda adecuadamente estas necesidades?.....	41
Figura 3.9 Resultados de formulario para determinar la pertinencia del diseño de la interfaz de usuario. Pregunta: Considerando las necesidades específicas de los infantes con TEA, ¿la aplicación ofrece suficientes opciones de personalización y ajustes de accesibilidad para adaptarse a diversas necesidades sensoriales y cognitivas?.....	42

Figura 3.10 Concentración de información del formulario en 4 dimensiones.....	43
Figura 3.11 Primer prototipo con funcionalidades.....	44
Figura 3.12 Prototipo de escenario funcional, pero con áreas de oportunidad de diseño....	45
Figura 3.13 Primer escenario funcional considerando diseño y experiencia de usuario.	46
Figura 3.14 Segundo escenario funcional considerando diseño y experiencia de usuario. .	46
Figura 3.15 Primer escenario funcional considerando diseño y experiencia de usuario.	47
Figura 3.16 Primer escenario. Colección de aviones.	48
Figura 3.17 Primer escenario. Colección de aviones con otra cantidad derivado de la redistribución aleatoria.	48
Figura 3.18 Prototipo inicial de menús y navegación en 2D. El diseño se realizó en Figma.	56
Figura 3.19 Propuesta inicial de actividades y configuración. El diseño se realizó en Figma.	56
Figura 3.20 Interfaz de selección de actividades. El diseño se realizó en Figma.	57
Figura 4.1 Pantalla de inicio con el logotipo “Made with Unity” y transición al menú principal.	62
Figura 4.2 Escenario de conteo de aviones aleatorios con respuesta en posición aleatoria y distractores versátiles.	63
Figura 4.3 Conteo de balones aleatorios con respuesta en posición variable y distractores diversos.	64
Figura 4.4 Escenario jurásico.....	65
Figura 4.5 Conteo de tiranosaurios rex aleatorios con respuesta en posición variable y distractores diversos.....	65
Figura 4.6 Botón “Siguiente”.....	66
Figura 4.7 Botón recargar.	66
Figura 4.8 Menú final.	67

Figura 4.9 Escenario de aviones considerando el conteo.	68
Figura 4.10 Escenario de aviones después de usar el botón recargar.	68
Figura 4.11 Escenario de balones considerando el conteo.	69
Figura 4.12 Escenario de carros considerando el conteo.	69
Figura 4.13 Escenario de ositos considerando el conteo.	70
Figura 4.14 Escenario de tiranosaurio rex considerando el conteo en un escenario jurásico.	71
Figura 4.15 Escenario de tiranosaurio rex al usar botón recargar.	72
Figura 4.16 Escenario de tiranosaurio rex cuando se contesta correctamente.	72
Figura 4.17 Escenario de tiranosaurio rex cuando se contesta incorrectamente.	73
Figura 4.18 Escenario de braquiosaurios considerando el conteo en un escenario jurásico.	73
Figura 4.19 Escenario de triceratops considerando el conteo en un escenario jurásico.	74
Figura 4.20 Escenario de tiranosaurios rex considerando comparación de tamaños en un escenario jurásico.	75
Figura 4.21 Escenario de tiranosaurios rex mostrando que oscila entre preguntar por el más pequeño y el más grande.	75
Figura 4.22 Escenario cuerpos geométricos considerando reconocimiento del cuerpo y el color.	76
Figura 4.23 Escenario cuerpos geométricos mostrando que cambian los cuerpos y colores al azar.	77
Figura 4.24 Escenario cuerpos geométricos mostrando que motiva a seguir intentando ante un error.	77
Figura 4.25 Evaluación de la pertinencia pedagógica de las actividades propuestas.	80
Figura 4.26 Valoración de la interfaz para usuarios con TEA.	81
Figura 4.27 Percepción de alineación con la NEM.	81
Figura 4.28 Calificación global del proyecto por parte de las docentes expertas.	82

Lista de tablas

Tabla 1.1 Contenidos de la fase 2 del plan sintético	2
Tabla 1.2 Contenidos de fase 3 del plan sintético.....	6
Tabla 3.1 Tabla de validación cualitativa de parte de docentes expertas.	49
Tabla 3.2 Asignación de roles de Scrum.	53
Tabla 3.3 Historias de usuario. Se concentran aquí los requerimientos funcionales.	54
Tabla 3.4 Cronograma de Sprints. De manera sencilla se presenta el cronograma de trabajo para los Sprints.....	54
Tabla 3.5 Evolución del diseño y desarrollo del proyecto.	58
Tabla 4.1 Matriz de hallazgos durante la prueba piloto con infantes con TEA (N=4).	83
Tabla 4.2 Análisis comparativo de las características entre MATTEA y soluciones existentes.....	84
Tabla 4.3 Matriz de características y funcionalidades competitivas entre MATTEA y otras aplicaciones comerciales.....	85
Tabla 4.4 Comparativa entre versión móvil y versión de escritorio.	88

Lista de acrónimos y abreviaturas (nomenclatura)

DCU: Diseño Centrado en el Usuario.

DUA: Diseño Universal para el Aprendizaje.

HU: Historia de Usuario (Requerimiento en la metodología empleada).

MTI: Maestría en Tecnologías de la Información.

NEM: Nueva Escuela Mexicana.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

SEP: Secretaría de Educación Pública.

TEA: Trastorno del Espectro Autista.

TEACCH: *Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children* (Tratamiento y Educación de Niños con Autismo y Problemas de Comunicación Relacionados).

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

W3C: *World Wide Web Consortium* (Consortio de la World Wide Web).

PDA: Proceso de Desarrollo de Aprendizaje

Capítulo I. Introducción

"La educación inclusiva en México atraviesa un momento de transformación, especialmente impulsado por el modelo educativo de la Nueva Escuela Mexicana, el cual exige estrategias innovadoras que garanticen el derecho a aprender de todas las niñas, niños y adolescentes, independientemente de sus condiciones neurobiológicas. En este contexto, la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) emerge como un catalizador fundamental para derribar barreras de aprendizaje, especialmente para estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA).

El presente capítulo establece los cimientos de la investigación orientada al desarrollo del software, una aplicación móvil diseñada para fortalecer las habilidades matemáticas en infantes de fase 2 (preescolar) y fase 3 (1° y 2° de primaria). A lo largo de las siguientes secciones, se exponen los antecedentes y el estado del arte que dan sustento a la necesidad de herramientas tecnológicas adaptadas. Asimismo, se delimita la problemática actual en el contexto de la zona 01 de educación especial en Huauchinango, Puebla, identificando los desafíos que enfrentan tanto los docentes como los estudiantes en la adquisición de saberes numéricos.

Finalmente, se definen los objetivos generales y específicos que guían este desarrollo bajo la metodología Scrum, así como la justificación social y técnica que valida la pertinencia de este proyecto como un recurso didáctico funcional para la educación especial."

1.1 Antecedentes y estado del arte

Los trastornos del espectro autista (TEA) son un grupo de afecciones diversas. Se caracterizan por algún grado de dificultad en la interacción social y la comunicación. Otras características que presentan son patrones atípicos de actividad y comportamiento; por ejemplo, dificultad para pasar de una actividad a otra, gran atención a los detalles y reacciones poco habituales a las sensaciones (Organización Mundial de la Salud, 2023). Al ser un espectro, existe una amplia gama de características distintas que podemos encontrar en los niños con TEA lo que hace necesario identificar herramientas que favorezcan su aprendizaje en cada caso.

En México con el modelo de la Nueva Escuela Mexicana, se considera que los contenidos de los programas de estudio son una disposición de conocimientos y saberes de un Campo formativo que cobran sentido más allá de su significado en la relación que existe entre ellos y los ejes articuladores, tratando de vincular el conocimiento con la realidad mediante la problematización, en la Tabla 1.1 se han concentrado los contenidos y PDA del plan sintético en su fase 2, específicamente sobre matemáticas.

Tabla 1.1 Contenidos de la fase 2 del plan sintético

Contenido	Procesos de desarrollo de aprendizaje (PDA)		
	Fase 2 (Preescolar)		
	1°	2°	3°
Los saberes numéricos como herramienta para resolver situaciones del entorno, en diversos contextos socioculturales.	Reconoce números en su contexto sociocultural e interpreta su significado (saber la dirección de su casa, su peso o talla, hacer compras, entre otros).	Usa números con distintos propósitos y en distintas situaciones.	Dice la serie numérica en orden y amplía su rango de conteo.
	Dice en su lengua materna, números.	Dice en orden los números que conoce y gradualmente amplía su rango de conteo.	Cuenta objetos y elementos de su entorno en su lengua materna con diversos propósitos.
	Usa números en juegos y situaciones cotidianas de su entorno.	Cuenta objetos y elementos de su entorno.	Construye colecciones y las compara mediante distintas estrategias para determinar cuál tiene más o menos elementos.
	Interpreta situaciones numéricas que se le plantean y estima sus resultados.	Compara colecciones de pocos elementos y las representa con dibujos o símbolos personales.	Representa cantidades, con dibujos, símbolos personales y numerales e interpreta los registros de sus pares.
	Cuenta objetos de su hogar y escuela con diferentes propósitos.	Propone códigos personales para representar datos en forma gráfica.	Construye y compara colecciones, usando distintas estrategias.
		Resuelve de manera colaborativa situaciones sencillas que involucran números y que implican juntar, agregar, separar o quitar elementos.	Ordena elementos de una serie y usa números ordinales para expresar el lugar que ocupa cada elemento.
		Se familiariza con el uso de monedas y billetes en diversas situaciones e intuye su valor.	Organiza y registra información en tablas o cuadros sencillos.

		Intercambia con sus pares lo que ha aprendido sobre los números, para reconocer maneras más eficientes y usarlos en su entorno sociocultural en diversas situaciones.	Propone, de manera colaborativa, formas de resolver situaciones cotidianas e imaginarias que involucran acciones de agregar, juntar, quitar, separar comprar e igualar cantidades. Reconoce el valor de monedas y billetes al usarlos en situaciones reales y de juego y estima para qué le alcanza. Intercambia con sus pares, saberes numéricos para plantear problemas y encontrar distintas estrategias para resolverlos de formas diversas y equitativas. Conoce formas de contar en otras culturas, como la maya, que usa rayas y puntos para representar los números.
El dominio del espacio y reconocimiento de formas en el entorno desde diversos puntos de observación y mediante desplazamientos o recorridos.	Usa el espacio inmediato al desplazarse y hacer recorridos en los que ubica, de manera intuitiva, la posición de objetos y personas. Reconoce algunas características del paisaje geográfico y usa referencias personales para ubicar elementos, objetos y lugares. Visualiza y describe con su propio lenguaje y en su lengua materna algunas características de forma en objetos cotidianos y las asocia con cuerpos geométricos. Reconoce patrones de repetición y crecimiento. Construye y reproduce objetos, figuras y escenarios (una torre	Ubica personas, objetos y elementos de su entorno con referentes personales y los comunica a sus pares y otras personas. Establece relaciones de orientación y direccionalidad al interactuar y desplazarse en su entorno (hacia, desde, atrás, arriba, de vuelta). Reconoce a partir de puntos de referencias personales de interioridad proximidad, a las personas, objetos y elementos de su comunidad. Toma en cuenta que sus pares tienen otros referentes que debe considerar, ya que tienen otro punto de vista espacial.	Expresa la posición y ubicación de objetos, lugares y personas con respecto a su cuerpo y a otros objetos; usa gradualmente referentes convencionales. Interpreta y comunica en su lengua materna recorridos y trayectorias con referentes espaciales de orientación y proximidad (cerca, lejos, arriba, abajo, delante, detrás, derecha, izquierda). Planifica y dibuja recorridos, de su comunidad y de otros espacios, que contribuyen a reconocer el lugar donde vive. Observa y reconoce atributos geométricos en objetos y elementos de su entorno, y los describe

	una casa, un monumento o un paisaje, entre otros) con bloques, materiales de arte y del entorno.	Reconoce semejanzas y diferencias entre las formas de los objetos de su entorno, explora y describe algunas características geométricas. Identifica formas geométricas en objetos de su entorno y los representa con dibujos y líneas. Distingue y reproduce patrones de repetición o crecimiento en una secuencia. Crea formas y composiciones geométricas con materiales de arte y construcción. Juega con el tangram para hacer composiciones y arma rompecabezas.	con sus palabras y con términos convencionales. Representa y reproduce objetos, animales y plantas con el tangram, bloques de construcción, modelado, doblado de papel o con dibujos. Crea patrones de repetición y crecimiento para hacer secuencias. Imagina y anticipa los cambios que ocurrirán al manipular, apilar, rasgar y transformar objetos, haciendo composiciones geométricas.
Las magnitudes de longitud, peso, capacidad y tiempo en situaciones cotidianas del hogar y del entorno sociocultural.	Compara “a ojo” y de manera perceptiva, la longitud de dos objetos y dice cuál es más largo o corto. Estima y expresa si un camino es más largo o corto que otro. Distingue objetos pesados y ligeros. Trasvasa líquidos con diferentes propósitos y se familiariza con lo que le cabe a un recipiente. Ordena actividades cotidianas y juegos que lleva a cabo en su casa y escuela, para identificar el paso del tiempo (desde que se levanta hasta que llega a la escuela o secuencias en los juegos).	Compara la longitud de dos o más objetos de uso cotidiano de manera directa o por superposición, contrasta sus ideas con sus pares. Estima si un lugar está más cerca o lejos que otro, y propone formas de medirlo para comprobarlo. Sopesa dos o más objetos para comparar su peso y dice cuál es más pesado o ligero que otro. Organiza actividades y juegos con sus pares, estableciendo una secuencia en su duración al llevarlas a cabo. Utiliza palabras relacionadas con el paso del tiempo que aprende en su contexto social,	Estima y compara la longitud de dos o más objetos con apoyo de un intermediario, y expresa cuál es más largo, más corto, más ancho, más angosto o si son iguales; contrasta sus ideas con las de sus pares y la representa de manera gráfica. Mide objetos, áreas o distancias con unidades no convencionales que tiene al alcance y explica por qué son apropiadas; las representa de manera gráfica. Usa balanzas o básculas para comparar el peso de dos o más objetos. Trasvasa arena o líquidos entre recipientes de distintos tamaños y formas para medir su

		tales como: antes, después, primero, al final, temprano, en la mañana, en la tarde, en la noche, entre otras.	capacidad, y dice en cuál cabe más o menos. Percibe el paso del tiempo mediante eventos y procesos, con apoyo de la observación de cambios en la naturaleza, como el día y la noche, las estaciones del año, las temporadas de cosecha, el crecimiento de seres vivos o cualquier evento importante de la comunidad. Hace uso de instrumentos que miden el paso del tiempo tales como calendarios, relojes de arena, solares, digitales y análogos.
Clasificación y experimentación con objetos y elementos del entorno que reflejan la diversidad de la comunidad o región.	Identifica de manera intuitiva la forma en que se organizan los objetos en su hogar y escuela: lo que hay en la cocina, en la sala, en los estantes de su escuela, en el espacio escolar, entre otros. Explora las características de elementos y objetos de su entorno y establece con sus pares, semejanzas y diferencias; usa materiales del arte para representarlas. Observa y manipula objetos a su alcance para explorar sus características y experimentar con ellos, siguiendo normas de seguridad.	Compara y organiza elementos del entorno, como objetos cotidianos o artesanías de su comunidad, de acuerdo con uno los criterios definidos con sus pares: color, forma, tamaño, textura o uso. Organiza por sus semejanzas, objetos y elementos de su entorno, con un propósito definido y los representa mediante dibujos, símbolos, pictogramas en cuadros y tablas sencillas. Mezcla o combina elementos de su entorno e identifica reacciones diversas, siguiendo normas de seguridad.	Recolecta objetos y elementos de su entorno para observarlos, hacer preguntas y explorar sus características y comportamiento. Dialoga con sus pares para definir criterios de clasificación de objetos y elementos del entorno natural y sociocultural, que respondan a distintos propósitos. Elabora e interpreta registros para organizar objetos y elementos del entorno mediante dibujos, tablas símbolos o pictogramas; los explica a otras personas, en su lengua materna y con sus palabras. Experimenta, de manera colaborativa, con elementos y objetos del entorno y reconoce si hay cambios o transformaciones en ellos, manteniendo normas de seguridad. Usa herramientas diversas en situaciones

			experimentales: lupas, microscopios, goteros, vasos medidores, balanzas, termómetro, lámparas, cernidores, entre otros.
--	--	--	---

Fuente: SEP

Estos contenidos poseen distinto nivel de concreción y dificultad dependiendo de la fase a la que pertenezcan, considerando el óptimo desarrollo intelectual de los niños, niñas y adolescentes. Se pueden organizar por acontecimientos y temas de interés o por situaciones de aprendizaje que se consideren oportunos (SEP, 2023). Es importante decir que este programa es flexible y permite adaptarse lo mejor posible al contexto del estudiante, esto permite adecuarse a las necesidades y características de los infantes con TEA.

En el campo “Saberes y Pensamiento Científico” se espera trabajar y fortalecer los contenidos de los programas sintéticos que se han concentrado en la Tabla 1.2, aquí se tiene una referencia específica para trabajar conforme a la NEM.

Tabla 1.2 Contenidos de fase 3 del plan sintético

Contenido	Procesos de desarrollo de aprendizaje	
	Fase 3 (1° y 2° de primaria)	
	1°	2°
Estudio de los números.	Expresa oralmente la sucesión numérica en su lengua materna y en español, primero hasta 20, luego hasta 40, posteriormente hasta 60 y finalmente hasta 120 elementos, o hasta donde sea posible en su lengua materna, de manera ascendente y descendente a partir de un número dado. A través de situaciones cotidianas, cuenta, ordena, representa de diferentes formas, interpreta lee y escribe la cantidad de elementos de una colección, primero de hasta 5 después hasta de 10 y paulatinamente de hasta 100 elementos. Identifica regularidades en la sucesión numérica hasta 100.	Expresa oralmente la sucesión numérica hasta 1000, en español y hasta donde sea posible en su lengua materna, de manera ascendente y descendente a partir de un número dado. A través de situaciones cotidianas cuenta, ordena, representa de diferentes formas, interpreta, lee y escribe la cantidad de elementos de colecciones con menos de 1000 elementos; identifica regularidades en los números que representan unidades, decenas y centenas. Utiliza los símbolos “<”, “>” o “=” para comparar u ordenar dos números.
Construcción de la noción de suma y resta, y su relación como operaciones inversas.	Reconoce, a partir de la resolución de situaciones que implican agregar, quitar, juntar, comparar, y completar, que la suma es el total de dos o más	Representa con diferentes expresiones aditivas (suma y resta) cantidades menores a 1000.

	cantidades y la resta, como la pérdida de elementos en una colección. Resuelve problemas vinculados a su contexto que implican sumas o restas (sin hacer uso del algoritmo convencional) con cantidades de hasta dos dígitos; representa de diversas formas (material concreto, representaciones gráficas) sumas y restas, incluyendo los signos “+”, “-”, “=” y numerales. Utiliza, explica y comprueba sus estrategias para calcular mentalmente sumas o restas con números naturales de una cifra.	Resuelve problemas que implican avanzar (suma) y retroceder (resta) en la recta numérica. Resuelve situaciones problemáticas vinculadas a su contexto que implican sumas utilizando agrupamientos y el algoritmo convencional con números de hasta dos cifras. Utiliza, explica y comprueba sus estrategias para calcular mentalmente sumas o restas con números naturales de hasta dos cifras.
Construcción de la noción de multiplicación y división, y su relación como operaciones inversas.		Resuelve problemas vinculados a su contexto que requieren multiplicar con apoyo de material concreto, sumas iteradas o arreglos rectangulares, que involucran números menores o iguales a 10; reconoce a la multiplicación como la operación que resuelve problemas en los que siempre se suma la misma cantidad y utiliza el signo “$\times$” (por) para representarla. Distingue y explica diferencias entre problemas que se resuelven con sumas de sumandos diferentes y problemas que se resuelven con sumas de sumandos iguales. Utiliza y explica diversas estrategias para calcular mentalmente multiplicaciones de números naturales menores que 10. Resuelve, mediante diversos procedimientos, problemas que implican repartos con divisores menores que 10 y dividiendo de dos cifras.
Cuerpos geométricos y sus características.	Observa y manipula objetos de su entorno para identificar y describir líneas rectas o curvas, caras planas o curvas; los representa mediante diversos procedimientos.	Clasifica objetos de su entorno o cuerpos geométricos de acuerdo con distintos criterios (caras planas o curvas caras iguales); los construye usando cajas, bloques o cubos.
Figuras geométricas y sus características.	Representa animales, plantas y objetos utilizando el tangram y otras figuras geométricas, para reconocer y describir oralmente y por escrito sus nombres y propiedades (forma y número de lados y vértices),	Construye composiciones geométricas cada vez más complejas, por el tipo de figuras o por el número de “piezas”, con el uso del tangram y geoplano.

	utilizando paulatinamente un lenguaje formal para referirse a ellas.	Clasifica y describe polígonos por el número de lados en triángulos, cuadriláteros, pentágonos, hexágonos y octágonos, utilizando paulatinamente un lenguaje formal para referirse a sus propiedades (número de vértices y lados); los construye sobre retículas de cuadrados o puntos.
Medición de longitud, masa y capacidad.	Compara la longitud de objetos de manera directa e indirecta con apoyo de un intermediario (objetos o partes de su cuerpo); determina cuál es el mayor, el menor o si son iguales y expresa el resultado de la comparación en su lengua materna y en español, con dibujos y numerales. Sopesa objetos para estimar cuál tiene mayor o menor masa; comprueba su estimación con el apoyo de una balanza.	Estima, mide compara, ordena y registra longitudes, usando unidades arbitrarias (objetos o instrumentos de medida) de su comunidad y las representa en rectas numéricas. Compara capacidades y masas, usando unidades de medida de la comunidad, o unidades arbitrarias; representa los resultados con dibujos y numerales.
Medición del tiempo	Utiliza términos como antes, después, hoy, ayer, mañana, etc., en su lengua materna y en español, para describir y registrar cronológicamente actividades en un periodo determinado (día, semana, mes) con el apoyo de calendarios; reconoce que la semana está integrada por siete días que ocurren cíclicamente.	Describe y registra cronológicamente en tables, pictogramas o calendarios, hechos y fenómenos naturales y sociales en periodos (día, semana, mes y año), utilizando los términos de su comunidad (actividad recurrente durante todo el ciclo escolar); reconoce que el año está integrado por doce meses que ocurren cíclicamente.
Organización e interpretación de datos.	Elabora registros de datos mediante distintos recursos como pictogramas o tablas para responder preguntas de su interés.	Recolecta, organiza, representa e interpreta datos en tablas o pictogramas para responder preguntas de su interés.

Fuente: SEP

En la Tabla 1.2 se puede observar los contenidos referentes a “Los saberes numéricos como herramienta para resolver situaciones del entorno, en diversos contextos socioculturales” en la Nueva Escuela Mexicana en la fase 2 y como es que va aumentando la dificultad de acuerdo con grado que se encuentren (SEP, 2023), cabe destacar que la fase 2 aplica para 1º, 2º y 3º de preescolar y la fase 3 considera a 1º y 2º de primaria, que son los niveles que se consideran en esta investigación.

1.2 Planteamiento y delimitación del problema

Los planes y programas de estudios de educación básica dicen: “el buen trato y el bienestar se basan en una convivencia que tiene como principio ético la inclusión colectiva e institucional entendida como la forma que tienen las escuelas de dar respuesta, responsabilizarse, cuidar y atender a cualquier niña, niño y adolescente que por su condición de salud género, capacidad, clase, etnia, lengua, nacionalidad, condición migratoria requiere cobijo de la comunidad escolar, así como una respuesta institucional” (SEP, 2023), es en ese sentido, indispensable considerar las necesidades de los infantes de segunda fase y tercera fase (1° y 2° de primaria) con TEA.

Por otra parte, “La Estrategia Nacional de Educación Inclusiva, coloca en el centro el aprendizaje de niñas, niños, adolescentes y jóvenes para garantizar su derecho a la educación; independientemente de sus capacidades, circunstancias, necesidades, estilos y ritmos de aprendizaje” (SEP, 2023), lo que permite resaltar la importancia de buscar estrategias para fortalecer la asimilación de conocimiento de los infantes con TEA.

“La inclusión educativa al ser un proceso activo y participativo en la comunidad escolar implica cambios tanto en la filosofía y en la práctica educativa, como en el currículo y en la organización escolar. Estos cambios no solo afectan a los alumnos con necesidades específicas de apoyo, sino que tienen un alcance general para todos los alumnos” (Dueñas Buey, 2010). Esto permite identificar que se debe incluir a todas las personas en la educación, en este caso, se enfoca en incluir a los infantes con TEA y en particular el aprendizaje de las matemáticas para ellos.

Convivir y actuar con un enfoque de inclusión social es un proceso complejo que requiere involucramiento, acciones coordinadas, concordancia en criterios de todos los actores sociales que tienen que ver con el ámbito académico. Precisamente la apertura de las escuelas para fomentar la participación en todas las actividades como parte de una comunidad educativa y de la sociedad, es indispensable (Juárez Núñez, 2010).

Aprender matemáticas es vital para todos los niños, especialmente aquellos con TEA, ya que facilita la realización de actividades diarias de forma autónoma, como contar objetos, manejar dinero, medir, pesar alimentos y leer el tiempo en distintos dispositivos. Además, esta habilidad es altamente valorada culturalmente, y quienes la poseen suelen tener mejores oportunidades laborales y sociales (López Palacios, 2017).

Las matemáticas son una lengua universal esencial para la comunicación y comprensión técnica y científica. Es vital desarrollar competencias matemáticas en la Primera Infancia para que los niños puedan usarlas en situaciones escolares y profesionales (Cardoso & Cerecedo, 2008).

En general, no se diferencia un patrón de rendimiento académico (bajo o alto) en ortografía y lectura, sin embargo, en habilidades básicas con números, en promedio, son más bajos (Estes A., 2010), esto permite observar la necesidad de incorporar estrategias que permitan atender a infantes con TEA para fortalecer el desarrollo del conocimiento matemático en ellos.

Las matemáticas desempeñan un papel crucial en el desarrollo cognitivo de los niños, proporcionando habilidades fundamentales para su futuro académico y vida cotidiana (National Council of Teachers of Mathematics, 2020). Sin embargo, la enseñanza de las matemáticas de infantes con TEA presenta desafíos únicos debido a sus características cognitivas, comunicativas y de procesamiento sensorial (Hyde C., 2019).

Proloquo2Go. Ayuda a comunicarse a personas que les cuesta trabajo hacerlo de forma convencional, esto favorece a los infantes con TEA (AssistiveWare, 2023).

Autism Therapy with MITA. Es una herramienta de intervención temprana para los infantes con TEA con dificultad en el lenguaje, que permite trabajar de acuerdo con las características de estos infantes (LLC, ImagiRation, 2023).

ModMath. Es una app gratuita para iPad que ayuda a resolver operaciones matemáticas y algunas algebraicas para niños con dislexia, TDAH, autismo, dispraxia y otras discapacidades, es de gran ayuda, pero solo sirve en iPad (ModMath, 2023).

El objetivo de esta tesis es desarrollar una aplicación móvil educativa de matemáticas adaptada a las necesidades de los infantes de segunda fase y tercera fase (1° y 2° de primaria) con TEA. Se concibe como una herramienta inclusiva y efectiva que proporcione un entorno interactivo y adaptado, fomentando el aprendizaje y la comprensión de habilidades matemáticas básicas en este grupo de niños.

Esta investigación se fundamentó en la revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con el TEA y la enseñanza de las matemáticas en segunda fase y tercera fase (1° y 2° de primaria) con apoyo de la supervisión de educación especial en Huauchinango, Puebla, México.

La metodología de este trabajo de investigación implicará el diseño y desarrollo de la aplicación móvil, teniendo en cuenta el aprendizaje y la adaptación a las características individuales de los niños con TEA. Se realizarán pruebas y evaluaciones para validar la efectividad y la usabilidad, con la participación de niños y educadores.

Los resultados de esta investigación tienen como objetivo contribuir al campo de la educación inclusiva y al desarrollo de herramientas tecnológicas que apoyen el aprendizaje de las matemáticas en infantes de segunda fase y tercera fase (1° y 2° de primaria) con TEA. Se espera que sea una solución innovadora y efectiva para mejorar el acceso y la calidad de la enseñanza de las matemáticas en este grupo de infantes.

A lo largo de este documento, se detallan los fundamentos teóricos, el diseño metodológico, los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de este estudio, con el

propósito de brindar una contribución significativa al campo de la educación inclusiva y al desarrollo de recursos tecnológicos para niños con TEA."

1.3 Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil que proporcione un entorno interactivo y adaptado para que los infantes de segunda fase (preescolar) y tercera fase (1° y 2° de primaria) con TEA desarrollen habilidades matemáticas de manera inclusiva y efectiva, mejorando su comprensión de las matemáticas.

1.4 Objetivos específicos

- Analizar los contenidos de los planes y programas de matemáticas actuales de segunda fase (preescolar) y tercera fase (1° y 2° de primaria).
- Identificar las necesidades y preferencias de aprendizaje de infantes de segunda fase y tercera fase con TEA en matemáticas.
- Evaluar las barreras comunes que enfrentan los infantes de segunda fase y tercera fase al aprender conceptos matemáticos.
- Diseñar una interfaz de usuario amigable e intuitiva que tome en cuenta las particularidades sensoriales y cognitivas de los infantes con TEA de segunda y tercera fase.
- Integrar elementos visuales, auditivos y táctiles que favorezcan la inclusión y adaptabilidad de los infantes de segunda fase y tercera fase con TEA.
- Crear módulos de aprendizaje basados en conceptos matemáticos para segunda fase y tercera fase.
- Incorporar actividades lúdicas e interactivas que fomenten la motivación e interés en el aprendizaje matemático.
- Incluir apoyos visuales como pictogramas o ayudas visuales, que favorezcan la comprensión de instrucciones y conceptos.
- Validar la efectividad visual y funcional del prototipo de la aplicación mediante retroalimentación de docentes especializados.

- Desarrollar materiales didácticos interactivos adaptados a las fases 2 y 3

1.5 Justificación

Es fundamental que los infantes de segunda fase y tercera fase desarrollen habilidades matemáticas en una etapa temprana debido a que desde ese momento se vuelve parte importante de su vida cotidiana, como para realizar transacciones sencillas en comercios de su contexto, para identificar señales que les permitan ubicarse cerca de puntos de su interés como la escuela y su casa; reconocer formas, distancias, espacios o reconocer números y sus usos.

El proyecto tiene como objetivo crear una herramienta interactiva de matemáticas para infantes de segunda y tercera fase con trastorno del espectro autista. Considerando que dicho espectro es una condición neurobiológica que impacta en la maduración cognitiva y la conducta social de los individuos, presentando desafíos en áreas como la comunicación, la interacción y el aprendizaje. Los infantes de segunda fase y tercera fase TEA pueden enfrentar dificultades adicionales para desarrollar habilidades matemáticas básicas como la asimilación del sentido numérico, el entendimiento de forma, espacio y medida. En consecuencia, existe la necesidad de incorporar recursos tecnológicos o estrategias didácticas que promuevan la comprensión y dominio de estas destrezas.

El uso de aplicaciones móviles permite al estudiante acceder a la aplicación desde cualquier lugar en el que se encuentre, también permite personalización para que favorezca su uso. Por otro lado, le permite al estudiante una interacción que cada vez es más común en toda la población.

El proyecto se desarrolla con la colaboración de la supervisión de educación especial de Huauchinango, Puebla, México, que tiene a su cargo docentes especializados en toda la educación básica de la región y que pueden retroalimentar eficientemente el desarrollo de la aplicación móvil, solicitando requerimientos fidedignos y cercanos a los usuarios finales.

Para el proyecto se usará la metodología ágil Scrum, que te permite estar en contacto constante con los docentes que podrán ver los avances y retroalimentar constantemente en

cada sprint, esto permite que el proyecto evolucione favorablemente y, de ser necesario, realizar cambios en el momento oportuno.

Una aplicación de este tipo permite beneficiar a los niños con TEA, mejorar su desempeño académico en matemáticas y fortalece su confianza, independencia y sus habilidades de la vida cotidiana.

1.6 Hipótesis general

El uso de una aplicación móvil educativa de matemáticas diseñada específicamente para infantes de segunda y tercera fase con Trastorno del Espectro Autista (TEA) favorece la interacción, motivación y comprensión inicial de habilidades matemáticas básicas, al integrar elementos visuales, auditivos y táctiles que se alinean con sus necesidades de aprendizaje específicas.

1.7 Motivación para elaborar la investigación

A lo largo de los años trabajando en sector educativo, se han observado barreras en desarrollo educativo de estudiantes con discapacidad. El trabajo directo con estos estudiantes a lo largo de la experiencia docente ha generado el interés por contribuir a la mejora de los procesos de aprendizaje y por lo tanto su calidad de vida. Al descubrir la convocatoria del banco de proyectos que proporcionaba la Maestría en Tecnologías de la Información del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, se identificó una oportunidad perfecta para mostrar compromiso hacia una educación inclusiva. Este proyecto es más que un compromiso profesional; es una misión personal y profesional para apoyar a aquellos en la sociedad cuyas necesidades a menudo quedan en segundo plano, bajo la firme convicción de ayudar y contribuir a la sociedad.

La creación de una app de matemáticas específicamente diseñada para los infantes con TEA representa una esperanza para llenar un vacío en los recursos educativos disponibles. A pesar de la existencia de algunas plataformas educativas, su generalidad,

barreras lingüísticas y costos limitan su accesibilidad y eficacia para nuestro público objetivo en Huauchinango, Puebla. El proyecto busca superar estas barreras, ofreciendo una herramienta personalizada y accesible que potencie las habilidades matemáticas esenciales para la vida cotidiana de estos infantes.

Desde una perspectiva profesional, este proyecto representa un paso adelante hacia la aspiración de aplicar la tecnología con la educación matemática. En especial, el aprendizaje de las tecnologías que se necesitan, serán de mucha utilidad para poder continuar desarrollando programas que contribuyan a la sociedad en la educación matemática y uso de tecnologías de creación de mundos virtuales en 3D.

La colaboración con la supervisión de educación especial en Huauchinango ha sido una fuente de inspiración y un recordatorio del impacto que podemos tener en la sociedad. Esta experiencia ha reafirmado el compromiso de contribuir a una sociedad más inclusiva, no solo para los infantes que se beneficiarán directamente, sino para todos aquellos cuyas vidas serán alcanzadas positivamente por esta labor conjunta.

Además, como parte de la metodología de trabajo se ha llevado a cabo una maquetación completa en su etapa de diseño, incluyendo interfaces de inicio, selección de usuario, configuración y actividades matemáticas distribuidas por grado escolar. Esta estructura ha sido validada por 10 docentes de educación preescolar y de inclusión educativa, quienes emitieron sugerencias como: mejorar la visibilidad de algunos elementos visuales, uso de colores pasteles, e inclusión de retroalimentación motivacional para los usuarios.

1.8 Organización de la tesis

El presente trabajo de investigación se estructura en cuatro capítulos fundamentales que describen el proceso de diseño, desarrollo y validación de la aplicación móvil. La organización del documento es la siguiente:

Capítulo I. Introducción: Permite tener un panorama general de la investigación, detallando los antecedentes, el planteamiento del problema y la justificación del proyecto. También se definen los objetivos generales y específicos, la hipótesis de trabajo y las motivaciones personales y profesionales que impulsaron este desarrollo tecnológico.

Capítulo II. Marco Teórico: Fundamenta las bases conceptuales y teóricas que sustentan el proyecto. Se abordan temas clave como el Trastorno del Espectro Autista (TEA), el desarrollo cognitivo en la infancia, las estrategias didácticas para la enseñanza de matemáticas y los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), así como la relevancia de la tecnología móvil en la educación inclusiva.

Capítulo III. Marco Metodológico: Describe el enfoque de investigación aplicada y tecnológica implementado. Se detalla la implementación de la metodología ágil Scrum complementada con el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), especificando los roles, la planificación de *sprints*, las herramientas de desarrollo (como Unity) y los instrumentos de validación aplicados con los docentes especialistas.

Capítulo IV. Resultados y discusión: Presenta el prototipo funcional de la aplicación MATTEA, mostrando las interfaces y módulos de aprendizaje desarrollados. Además, se analizan los resultados obtenidos tras la validación de campo, discutiendo los hallazgos y recomendaciones sobre la usabilidad, la paleta de colores y la pertinencia pedagógica de la herramienta.

Finalmente, se exponen las **Conclusiones** generales del estudio, seguidas de una sección de **Propuestas y recomendaciones** para futuras iteraciones del software, cerrando con las referencias bibliográficas que dan soporte académico a la tesis.

1.9 Publicaciones de sustento

Se propuso un artículo de investigación en INGECO, el congreso internacional de innovación, que fue aceptado, publicado y presentado en una ponencia el 13 de noviembre como lo confirman las Figuras 1.1 y 1.2.

MAQUETACIÓN DE APLICACIÓN MÓVIL DE MATEMÁTICAS PARA INFANTES CON TEA

LAYOUT OF A MATHEMATICS MOBILE APPLICATION FOR CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD)



Ing. Gerardo Garrido González¹
Dr. Gregorio Castillo Quiroz²
Mtro. Manuel Cruz Luna³
Mtro. Hugo Hernández Cabrera⁴

RESUMEN

Este artículo presenta la maquetación de “MATTEA”, una aplicación móvil educativa diseñada específicamente para mejorar las habilidades matemáticas básicas de infantes de segunda fase (preescolar) y tercera fase (1° y 2° de primaria) con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Con la integración de tecnología educativa, la aplicación busca proporcionar una plataforma accesible y personalizable que fomente la autonomía y el desarrollo cognitivo en este grupo demográfico único. A través de un enfoque de diseño centrado en el usuario, se realizaron encuestas y entrevistas con educadores especializados para identificar necesidades específicas y preferencias de interacción. La aplicación incorpora funcionalidades clave como personalización, actividades educativas interactivas y una interfaz intuitiva que facilita la navegación para los usuarios. Este estudio destaca la importancia de desarrollar herramientas educativas inclusivas que puedan adaptarse a las necesidades específicas de aprendizaje.

ABSTRACT

This article presents the layout of “MATTEA,” an educational mobile application specifically designed to improve the basic mathematical skills of children in the second phase (preschool) and third phase (1st and 2nd grade) with Autism Spectrum Disorder (ASD). By integrating educational technology, the

Figura 1.1 Artículo publicado. Se aceptó y publicó un artículo de investigación sobre la maquetación del proyecto.

Fuente: <http://congresoineco.org.mx>.

Se presentó de acuerdo con el programa del congreso el miércoles 13 de noviembre, se puede ver en la Figura 1.2 reconocimiento por la participación en la ponencia “MAQUETACIÓN DE APLICACIÓN MÓVIL DE MATEMÁTICAS PARA LOS INFANTES CON TEA”.



Figura 1.2 Reconocimiento por participación de una ponencia de Maquetación de aplicación móvil de matemáticas para los infantes con TEA.

Fuente: <http://congresoineco.org.mx>.

Capítulo II. Marco Teórico

El desarrollo de una aplicación móvil orientada a la mejora de habilidades matemáticas en infantes con TEA requiere un sustento teórico que use en conjunto los fundamentos educativos y tecnológicos implicados. Considerando esto, este capítulo establece el marco teórico que permite identificar y comprender las características de TEA y su relación con los procesos cognitivos de aprendizaje, considerando los PDA en especial en infantes.

Se analizarán los elementos del TEA y las etapas del desarrollo cognitivo en la infancia, para poder identificar las necesidades respecto a comunicación, sentidos y de procesamiento que influyen en la apropiación del pensamiento matemático. También se abordan los principios de educación inclusiva y el Diseño Universal para el Aprendizaje, todo esto teniendo como eje rector la Nueva Escuela Mexicana.

Por otro lado, se analizan fundamentos sobre la tecnología educativa como: el aprendizaje móvil, gamificación y entornos virtuales tridimensionales. Todo esto concluyendo con la importancia de emplear metodologías ágiles como estrategia de gestión para el proceso de desarrollo del software de forma iterativa.

De esta manera se establecen las bases teóricas que orientan las decisiones de diseño y desarrollo del proyecto.

2.1 Marco conceptual

El presente capítulo explica los fundamentos conceptuales y teóricos que dan un fuerte sustento del diseño y creación de la aplicación. Se comienza con una revisión del Trastorno del Espectro Autista (TEA) y las etapas del desarrollo cognitivo en la infancia, que son elementos fundamentales para comprender las necesidades particulares de esta población.

Consecutivamente, se menciona la Educación inclusiva y el Diseño Universal para el Aprendizaje, alineados con el modelo educativo de “La Nueva Escuela Mexicana” para justificar la pertinencia pedagógica de este proyecto de investigación.

También se analizan las bases tecnológicas que dan soporte a la propuesta incluyendo el impacto del aprendizaje móvil, la gamificación y el uso de entornos en 3D con fines

cognitivos. Para concluir se describe la elección de metodologías ágiles como estrategia para gestionar un desarrollo de software flexible y centrado en el usuario.

2.1.1 Educación

El sistema formativo en México es un factor sumamente importante para el desarrollo humano integral; ha impulsado el quehacer científico, el progreso económico constante y que se forme un pensamiento crítico entre otros aspectos. Estas transformaciones van ligadas a las mejoras curriculares a través de las distintas reformas a lo largo del tiempo, cada una de ellas ha tratado de actualizar la educación de acuerdo con los avances del mundo, una incorporación de la tecnología de manera exponencial. Cada estrategia ha propiciado mejoras sustanciales, pero nunca se termina de mejorar, por lo que es necesario seguir investigando para contribuir en mejores resultados para toda la población académica.

A través del tiempo se fueron actualizando los contenidos o temas para que sean más relevantes para la comunidad y la edad del estudiante en todas las asignaturas incluidas en los programas, podemos notar estos cambios al platicar con padres o abuelos, en ocasiones ellos mencionan que en los primeros grados de primaria aprendían multiplicación, división, fracciones y hasta raíz cuadrada, haciendo una comparación con la actualidad donde esos algoritmos se ven en varios grados, gradualmente y con estrategias distintas. Algunas personas critican esto porque desde una perspectiva inmediata pareciera que hay un retroceso en la dificultad de los temas, sin embargo, si se analizan los programas actuales, tienen otras intenciones, permiten la adquisición de conocimiento gradual a través de fomentar el proceso cognitivo de las personas de acuerdo con su edad, también se puede profundizar en la implementación de los contenidos en el uso directo en su vida, lo que hace de esto aprendizajes significativos.

2.1.1.1 Problema

Algo que se ha observado constante a través de los años desde 1994 es que para preescolar no se deben aprender los algoritmos de suma y resta, la operatoria en esa etapa no va incluida en los temas o contenidos, por el contrario, se deben concentrar en el conteo. Se ha sugerido inicialmente el uso de los problemas como una herramienta de aprendizaje, pero también como un propósito incluso para infantes de preescolar, justamente respecto al conteo

esto abre una gama importante de posibilidades, ya que es importante identificar la definición de problema o qué significa en ámbitos de educación. Analizando esto, normalmente un problema es concebido como un texto que tiene datos y hay que calcular algo, pero es importante saber que esa estructura no representa lo mismo para distintos individuos, para algunos podría ser un problema y para otros no, se presenta un texto para clarificar esto:

“María tiene 5 canicas, si su papá le regala 3, ¿Cuántas tendrá?”

Para quien este leyendo este enunciado no representa un problema porque es muy fácil y la solución se obtiene realizando una suma, sin embargo, para un infante de edad preescolar muy probablemente sí represente un problema, porque es algo que no sabe de inmediato, que debe analizar y buscar una o varias estrategias para resolver, pero cabe mencionar, que la intención de los programas no es que lo resuelva con una suma (operatoria) sino con el conteo. Tratando de clarificar esto, un problema debe representar una situación conflictiva que implique elegir y seguir una o varias estrategias para poder solucionarla, debe representar un reto cognitivo posible, si es demasiado complicado el propósito académico tampoco se cumplirá.

Actualmente la Nueva Escuela Mexicana hace incorporaciones importantes, hace énfasis en inclusión de todo tipo, considerando a todos los individuos como parte importante en la educación. Se hace notar la importancia de la comunidad, su reconocimiento.

2.1.2 Trastorno del Espectro Autista (TEA)

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es una condición del neurodesarrollo que afecta la comunicación, la interacción social y la flexibilidad de pensamiento, presentando además particularidades sensoriales. Su abordaje desde la educación requiere herramientas didácticas adaptadas que atiendan la diversidad cognitiva, comunicativa y sensorial de los infantes. En este contexto, la tecnología móvil emerge como una aliada estratégica que facilita el aprendizaje mediante recursos interactivos y personalizables.

El presente proyecto se fundamenta en la comprensión del Trastorno del Espectro Autista (TEA) como una manifestación de la neurodiversidad, término que reconoce la variabilidad natural del funcionamiento neurológico humano (Armstrong, 2010). Desde esta

perspectiva, el objetivo no es corregir ni normalizar al sujeto, sino diseñar entornos de aprendizaje que respeten y respondan a sus formas particulares de procesamiento cognitivo, sensorial y social.

2.1.3 Desarrollo cognitivo en la infancia

El desarrollo cognitivo se refiere al conjunto de procesos mediante los cuales el ser humano adquiere, organiza y utiliza el conocimiento. En el contexto educativo de la primera infancia, comprender estos procesos es vital para diseñar herramientas didácticas que sean congruentes con la madurez mental del estudiante. Según la teoría del desarrollo cognitivo (Inhelder, 2007), los infantes que cursan la Fase 2 y el inicio de la Fase 3 se encuentran transitando entre dos estadios fundamentales: el *preoperacional* (de 2 a 7 años) y el inicio del *operacional concreto* (de 7 a 11 años).

1. **Estadio Preoperacional (Fase 2):** En esta etapa, el pensamiento del niño es simbólico y egocéntrico. Aunque comienzan a entender que un símbolo (un número escrito) representa una cantidad, su comprensión depende en gran medida de la percepción visual inmediata. Los infantes aprenden mejor manipulando objetos físicos o representaciones tangibles antes que conceptos abstractos. Por ello, el aprendizaje matemático debe cimentarse en experiencias concretas de conteo y clasificación.
2. **Transición a Operaciones Concretas (Fase 3):** Al ingresar a la educación primaria, los niños comienzan a desarrollar el pensamiento lógico. Adquieren la capacidad de realizar operaciones mentales como la seriación (ordenar objetos) y la conservación de la cantidad (entender que el número de objetos es el mismo independientemente de su distribución espacial).

Implicaciones para el aprendizaje matemático en infantes con TEA

Si bien estas etapas ofrecen un marco general, el desarrollo cognitivo en infantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA) puede presentar un perfil heterogéneo o "disarmónico". A menudo, estos estudiantes muestran fortalezas notables en el procesamiento visual y la

memoria sistemática, pero enfrentan desafíos en la abstracción y la flexibilidad cognitiva (funciones ejecutivas).

Para un infante con TEA en estas fases educativas, las matemáticas no deben presentarse únicamente como un lenguaje abstracto. Requieren de un "andamiaje" visual y estructurado que les permita vincular el mundo físico con el numérico. El uso de **apoyos visuales** y la **predictibilidad** en las tareas —elementos centrales de metodologías como TEACCH— son esenciales para reducir la carga cognitiva y favorecer la asimilación de conceptos básicos como el sentido numérico, la forma, el espacio y la medida.

En concordancia con los planes de estudio vigentes, el desarrollo cognitivo no es un proceso aislado, sino que se nutre de la interacción con el entorno. Por tanto, las herramientas tecnológicas deben fungir como mediadores que respeten el ritmo individual del niño, proporcionando retroalimentación inmediata que refuerce la conexión lógica entre la acción (tocar un objeto) y el resultado (el conteo).

2.1.4 Educación inclusiva

La educación inclusiva, en consonancia con la (UNESCO, 2020), se entiende como un proceso que busca identificar y remover barreras para el aprendizaje, promoviendo una cultura escolar que valore la diferencia como riqueza. En México, este principio se articula en la Nueva Escuela Mexicana y se operacionaliza mediante el Acuerdo SEP 08/08/23, el cual organiza los saberes por campos formativos y fases del trayecto educativo. Este proyecto se alinea específicamente con el campo "Saberes y Pensamiento Científico", en las fases 2 y 3.

2.1.5 Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)

Además, se integra el enfoque del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), el cual propone múltiples medios de representación, expresión y compromiso para favorecer el aprendizaje significativo en todos los estudiantes (CAST, 2018). Este modelo resulta especialmente pertinente para la población con TEA, cuya respuesta a los estímulos es diversa y demanda opciones que contemplen diferentes canales perceptivos y expresivos.

2.1.6 TIC's aplicadas en la educación

La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ecosistema educativo no constituye solo una actualización instrumental, sino una reconfiguración profunda de los mecanismos de acceso y construcción del conocimiento. Más allá de entenderlas como un repositorio de herramientas digitales, las TIC actúan hoy como mediadores cognitivos que transforman la relación tripartita entre el estudiante, el objeto de estudio y el contexto de aprendizaje, algo que ha evolucionado y mejorado a través del tiempo, con el desarrollo y entendimiento de la tecnología como herramienta académica. Su adopción, por tanto, no obedece a una moda tecnológica, sino a la urgencia de sincronizar las prácticas escolares con la realidad de una sociedad digitalizada y la diversidad de ritmos de aprendizaje que convergen en el aula.

Para su uso en cuestiones educativas, el despliegue tecnológico ha permitido transitar desde modelos instruccionales rígidos hacia arquitecturas pedagógicas flexibles. En estos nuevos entornos, el estudiante abandona la pasividad para convertirse en el actor principal (el individuo como parte fundamental en los últimos modelos educativos) de su proceso formativo. Mediante interfaces interactivas, se habilita la exploración y la experimentación directa, proporcionando una retroalimentación inmediata que es crítica en las etapas tempranas del desarrollo cognitivo, justo las que considera el proyecto en las fases 2 y 3. La tecnología, bien aplicada, logra anclar conceptos abstractos a la realidad inmediata del alumno, dotando al aprendizaje de una funcionalidad práctica y significativa.

Bajo la óptica de la educación inclusiva, las TIC desempeñan un rol democratizador. Lejos de ser un lujo, se convierten en prótesis cognitivas y sensoriales capaces de derribar barreras de participación. La maleabilidad del software permite personalizar la experiencia educativa: desde el ajuste de contrastes visuales hasta la modulación de estímulos auditivos, facilitando la inclusión de estudiantes con necesidades específicas. Aquí, la ingeniería de software se pone al servicio de la equidad, garantizando que el acceso al currículo no dependa de las limitaciones biológicas o contextuales del individuo.

No obstante, existe un riesgo latente: la digitalización vacía. Para que aplicaciones educativas —como las que se proponen en este trabajo— sean efectivas, su estructura técnica debe atenderse a una intención pedagógica clara. Se requiere diseñar experiencias donde la

visualización y la interacción aporten un valor añadido que el papel no puede ofrecer, algo indispensable en áreas complejas como el pensamiento matemático.

Es en esta combinación equilibrada entre ingeniería y pedagogía donde se sitúa el proyecto. En la propuesta, las TIC no son un fin estético, sino el andamiaje necesario para materializar experiencias de aprendizaje matemático accesibles. Al aprovechar las capacidades multimedia y la interactividad de los dispositivos actuales, se busca a ofrecer un entorno donde la tecnología actúe de forma transparente, sirviendo como soporte para que el infante construya conceptos, refuerce habilidades y, sobre todo, aprenda en un entorno libre de las barreras tradicionales.

2.1.7 Tecnología educativa y educación móvil

La tecnología se ha tratado de incorporar a ámbitos educativos desde los programas de 1994, en donde se solicitaba su uso en la medida de lo posible, en las aulas se usaba muy poco, tal vez una grabadora o un proyector de acetatos, pero no había infraestructura suficiente para un uso intensivo, las escuelas que tenían mayores recursos tenían alguna computadora con algunos programas sencillos dirigidos totalmente por la maestra.

Avanzando en el tiempo, para 2011 con la incorporación de “Las competencias” se invitaba a incluir la tecnología con mayor ahínco, aunque no se formalizaba demasiado, ni era tan claro; en esos tiempos la tecnología había avanzado significativa, era más cercana a la población, era mucho más común tener un celular y algunos docentes tenían una computadora portátil que podían llevar clases, dependiendo de su habilidad y conocimiento se empezaron a usar las siguientes actividades tecnológicas:

- Uso de tablas y gráficas en Excel
- Búsqueda de información en internet
- Presentaciones en Power Point
- Uso de programas didácticos
- Análisis de videos
- Dibujo digital
- Proyección en salas de computo

El uso de la tecnología en esta etapa permitió ampliar su uso en el sector educativo, pero no terminó de permear en toda la planta docente.

Para 2018 se formalizó más el uso de la tecnología y varios de los programas educativos solicitaban su uso en actividades específicas, que muchas veces se incluían ahí mismo a través de un link o el nombre de un programa o tecnología en especial. Para esto ayudó que muchos de los docentes ya tenían dentro de su formación el uso de tecnología en ámbitos educativos, además de cursos y actualizaciones de parte del gobierno.

En 2022 hubo un cambio significativo con la NEM que también menciona la inclusión de tecnología en los procesos cognitivos académicos, incluso desde la formación docente, donde se preparan para hacer uso de las siguientes tecnologías:

- Tablas, formulas y gráficas en Excel.
- Presentaciones digitales en Power Point, Canva, Genially, etc.
- Pizarras digitales.
- Creación de videos.
- Foros.
- Juegos educativos.
- Gamificación.
- Mapas conceptuales y mentales digitales.

A esto podemos sumar la reciente incorporación de la IA generativa en contextos educativos, ya que el gobierno ha fomentado bastantes cursos para que los docentes se apoyen éticamente de estas herramientas, ampliando aún más la implementación de tecnología en las aulas.

La integración de dispositivos móviles en el aula ha dado lugar al paradigma del *m-learning* (aprendizaje móvil), el cual permite extender los procesos educativos más allá de los límites del espacio y tiempo tradicionales. Para la población infantil, y específicamente para aquellos con necesidades educativas especiales, las tabletas y dispositivos táctiles no son meros soportes de información, sino herramientas cognitivas que facilitan la interacción directa con el objeto de conocimiento, pero dicho paradigma genera mucha controversia en

la sociedad, debido a que muchos padres y docentes no lo ven como una herramienta académica.

La Cognición Incorporada en entornos táctiles. El uso de esta tecnología se sustenta teóricamente en la cognición incorporada. Según Varela, Thompson y Rosch (1991), el conocimiento no es un procesamiento abstracto aislado en el cerebro, sino que emerge de la interacción constante entre cuerpo, mente y entorno.

Para un contexto en donde se desarrolla una herramienta matemática digital, esto implica que el acto físico de tocar la pantalla, arrastrar un objeto 3D o presionar un botón no es solo una acción motriz, sino parte fundamental del proceso de razonamiento matemático. Al manipular virtualmente los elementos del conteo, el infante "incorpora" el concepto numérico a través de la experiencia sensoriomotora, lo cual es crucial en etapas donde el pensamiento es eminentemente concreto.

2.1.8 Gamificación como motor de aprendizaje

Por otro lado, la estrategia pedagógica que articula estas interacciones es la **gamificación**. Esta no debe entenderse simplemente como "jugar", sino como la integración de dinámicas y mecánicas de juego en contextos de aprendizaje formal para activar la motivación intrínseca (Deterding, 2011).

La gamificación es un tema ampliamente importante en entornos formativos, sin embargo, es igualmente desaprovechado, porque normalmente se implementa “actividades lúdicas” y aunque ambas hacen referencia al juego, tienen diferentes usos y estructuras, lúdico hace referencia al entretenimiento, en educación se usa para hacer divertida la adquisición de conocimiento, por otro lado la gamificación extrae las mecánicas de diseño de los videojuegos para crear objetivos, incentivos, logros y puede planearse para un día, una semana, un mes o un ciclo escolar. Por tal motivo, se puede comparar con lo que encontramos en las características de un videojuego.

Para los estudiantes que enfrentan barreras de aprendizaje, la gamificación ofrece un entorno seguro donde el error no es penalizado socialmente, sino que se convierte en una oportunidad de intento iterativo. Elementos como la retroalimentación inmediata (audios de

"¡Correcto!" o sonidos de validación) y la progresión visual funcionan como reforzadores positivos que mantienen la atención sostenida, un desafío común en el neurodesarrollo.

2.1.9 Pertinencia para el Trastorno del Espectro Autista (TEA)

La evidencia sugiere que estas herramientas son particularmente efectivas en la población con TEA (Bai, 2020). Esto se debe a que la tecnología ofrece un entorno predecible y controlable, libre de la ambigüedad social y el lenguaje no verbal complejo que suele generar ansiedad en las interacciones humanas directas. La aplicación móvil actúa como un mediador neutro que ofrece estímulos visuales y auditivos consistentes, facilitando la comprensión de instrucciones y fomentando la autonomía del estudiante en la resolución de problemas matemáticos.

Con la inmersión de la tecnología, los infantes con TEA han aumentado el uso de la tecnología de manera habitual, adquiriendo incluso algunas habilidades de manipulación de dispositivos electrónicos que, en ocasiones superan a las de sus padres. El uso de programas educativos en dispositivos móviles es totalmente viable.

2.1.10 Diseño de interfaces educativas en entornos 3D

El diseño de interfaces educativas representa un elemento indispensable en el desarrollo de recursos tecnológicos destinados al aprendizaje, en especial cuando estos se orientan a poblaciones con necesidades educativas específicas, como los infantes con TEA. En este contexto, la interfaz no debe concebirse únicamente como un componente estético, es decir, no solo debe verse bien sino debe servir como un mediador cognitivo que influye directamente en la forma en que el usuario percibe, interpreta y procesa la información.

Normalmente, al analizar el mercado, podemos observar que muchas aplicaciones educativas han sido desarrolladas en entornos de 2 dimensiones, los cuales presentan información mediante elementos planos, iconos y botones estáticos. Si bien este enfoque resulta funcional en ciertos contextos, diversos estudios señalan que, en las primeras etapas del desarrollo cognitivo, el aprendizaje se ve favorecido cuando el estudiante interactúa con representaciones que guardan mayor similitud con el mundo físico (Piaget, 1997). De

acuerdo con estas ideas, esto cobra especial relevancia en infantes que están en el estadio preoperacional y en la transición hacia las operaciones concretas, como es el caso de los estudiantes de fase 2 y fase 3, donde pasan de usar procesos matemáticos de conteo para resolver situaciones problemáticas para transitar hacia la operatoria en primaria.

Desde la perspectiva de la cognición incorporada, el conocimiento no se adquiere de manera abstracta ni aislada, sino que surge a partir de la interacción entre el cuerpo, la mente y el entorno (Varela, 1997). Esto significa que los entornos tridimensionales permiten que el aprendizaje matemático se construya a partir de la manipulación directa de objetos virtuales, donde acciones como tocar, señalar, desplazar o seleccionar elementos forman parte del proceso cognitivo. El conteo de objetos deja de ser una actividad sin significado y se transforma en una experiencia perceptiva y motriz integrada que permite generar procesos cognitivos que se afianzan en el estudiante.

Para los infantes con TEA, el uso de interfaces 3D ofrece ventajas adicionales. Diversas investigaciones señalan que estos estudiantes suelen presentar fortalezas en el procesamiento visual y en la atención a detalles espaciales, mientras que enfrentan mayores dificultades en la abstracción y en la generalización de conceptos (Hyde et al., 2019). Los entornos tridimensionales facilitan la identificación de objetos mediante características como volumen, profundidad, textura y sombra, reduciendo la ambigüedad visual y favoreciendo la discriminación figura-fondo, un aspecto crítico en actividades de conteo y clasificación.

Asimismo, las interfaces 3D permiten crear escenarios contextualizados que simulan situaciones cercanas a la realidad del infante, esto fortalece el aprendizaje significativo. Al interactuar con objetos familiares (aviones, balones, animales o elementos del entorno que les guste), el estudiante puede establecer una relación más directa entre el concepto matemático y su uso en la vida cotidiana, pensando en que los escenarios sean una simulación de su realidad. Este principio se alinea con los enfoques de la Nueva Escuela Mexicana, que promueven la contextualización del aprendizaje y su vinculación con el entorno sociocultural del alumno (SEP, 2023).

Pensando en la perspectiva desde del diseño inclusivo, los entornos tridimensionales también facilitan la incorporación de apoyos visuales y auditivos de manera integrada. La posibilidad de controlar la iluminación para apoyar a cada escenario de la mejor manera

considerando la paleta de colores, el ritmo de las animaciones y la retroalimentación sonora permite reducir la sobreestimulación sensorial, al tiempo que se mantiene la claridad visual de los elementos interactivos. Esto resulta congruente con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), al ofrecer múltiples formas de representación y compromiso ajustadas a las características particulares del usuario (CAST, 2024).

En el caso del proyecto, la transición de un diseño inicial en 2D hacia un entorno 3D se cambió debido a la necesidad de mejorar la interacción, la identificación de objetos y la motivación del usuario. La implementación de escenarios tridimensionales permitió generar experiencias más dinámicas y cercanas a la realidad del infante, algo que los expertos llegaron a solicitar de manera importante, favoreciendo el conteo activo y evitando la memorización mecánica de respuestas. De este modo, el diseño de la interfaz se convierte en un componente pedagógico clave que articula los fundamentos teóricos del desarrollo cognitivo, la educación inclusiva y la tecnología educativa, tres elementos que son fundamentales para el éxito del proyecto.

2.1.11 Unity como motor para el desarrollo de aplicaciones educativas

El desarrollo de aplicaciones para poblaciones con necesidades educativas específicas exige una infraestructura tecnológica capaz de integrar estímulos visuales, auditivos y mecánicas de interacción sin sacrificar la accesibilidad o la estabilidad. Bajo esta premisa, la selección del motor de desarrollo trasciende lo meramente técnico para convertirse en una decisión pedagógica, pues condiciona directamente el alcance, la adaptabilidad y la escalabilidad del recurso didáctico.

Para el proyecto, se seleccionó Unity (Unity, 2016) no solo por su robustez como motor multiplataforma, sino por su capacidad para gestionar entornos bidimensionales y tridimensionales, físicas y sistemas de audio en tiempo real. Estas cualidades permiten transitar de interfaces estáticas a experiencias inmersivas (Realidad Aumentada o Virtual), un requisito indispensable para fomentar el aprendizaje mediante la manipulación directa de objetos virtuales.

Desde una perspectiva teórica, el motor facilita la materialización de principios como la cognición incorporada y el aprendizaje experiencial. Al permitir interacciones táctiles y

tridimensionales, Unity transforma la acción del usuario —que deja de ser puramente operativa— en un elemento central para la construcción del conocimiento, favoreciendo el pensamiento concreto.

En el contexto de la educación inclusiva y la atención al Trastorno del Espectro Autista (TEA), la herramienta ofrece un control granular sobre el entorno. Esto permite parametrizar la experiencia sensorial: ajustar paletas de color, regular la intensidad lumínica y diseñar retroalimentación auditiva inmediata. Dicha flexibilidad es clave para mitigar la sobreestimulación y garantizar la claridad visual, alineándose con los principios del Diseño Centrado en el Usuario.

Asimismo, la arquitectura de Unity favorece dos aspectos estratégicos para la viabilidad del proyecto:

1. **Portabilidad:** Su capacidad de compilación multiplataforma (Android, Windows, WebGL) desde un código base único asegura que la app pueda desplegarse tanto en aulas de educación especial como en entornos domésticos, independientemente de la infraestructura tecnológica disponible.
2. **Iteración Ágil:** Su estructura modular es compatible con metodologías ágiles, permitiendo integrar cambios derivados de la retroalimentación docente —como ajustes de dificultad o nuevos escenarios— sin comprometer la integridad del sistema.

Finalmente, Unity ha fungido como un entorno integrador que articula los fundamentos pedagógicos del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) con mecánicas de gamificación. Al gestionar sistemas de recompensas y progresión libres de penalización, se promueve un entorno seguro donde el error es formativo, reduciendo la ansiedad y fomentando la motivación intrínseca del infante. En suma, la elección de este motor se justifica al proveer el soporte necesario para una experiencia educativa interactiva, inclusiva y, sobre todo, significativa.

2.1.12 Metodologías ágiles para el desarrollo de aplicaciones educativas

A diferencia del desarrollo de software convencional, donde los requerimientos suelen definirse estáticamente desde etapas tempranas en muchas ocasiones, la creación de

aplicaciones educativas opera en un entorno de alta variabilidad pedagógica y cognitiva, especialmente aquí, los usuarios o maestros suelen tener solicitudes o necesidades que no se mencionaron al principio. Este contexto, particularmente en la educación inclusiva, exige abandonar la rigidez estructural de modelos tradicionales como el de cascada en favor de enfoques metodológicos que prioricen la flexibilidad y la capacidad de respuesta ante la diversidad de los usuarios finales (Pressman, 2010).

En este contexto académico, las metodologías ágiles se consolidan como una estrategia fundamental. Al basarse en la entrega incremental de funcionalidades y la evaluación constante, permiten que el software no se conciba como un producto cerrado, sino como un sistema en constante evolución (Schwaber & Sutherland, 2020), para fines del proyecto en la maestría podemos avanzar sin coartar la posibilidad de una posterior mejora y ampliación del proyecto. Esta cualidad es crítica para proyectos educativos, donde la herramienta tecnológica debe sincronizarse con procesos de enseñanza-aprendizaje que son dinámicos y adaptativos, cuando pensamos en estos procesos debemos estar conscientes que existen diversos factores que alteran las características que se requieren del proyecto.

La implementación de ciclos cortos de desarrollo (iteraciones) transforma la validación del software: en lugar de verificar únicamente la estabilidad técnica, se evalúa continuamente la pertinencia pedagógica, la usabilidad y la adecuación curricular. Para el desarrollo de herramientas dirigidas a estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA), esta dinámica iterativa adquiere un valor estratégico, pues permite detectar y corregir barreras de aprendizaje en fases tempranas. Aspectos como la saturación sensorial de la interfaz, los tiempos de respuesta, la claridad de la retroalimentación o algún detalle técnico pueden ajustarse sobre la marcha, evitando la consolidación de diseños técnicamente funcionales, pero pedagógicamente ineficaces (Norman, 2013).

Asimismo, la agilidad fomenta una convergencia interdisciplinaria real. El desarrollo deja de ser una tarea aislada de programación para convertirse en un diálogo constante entre desarrolladores, docentes especialistas y familias. Esta colaboración asegura que las decisiones técnicas —desde la arquitectura del sistema hasta la elección de *assets* gráficos— estén subordinadas a criterios educativos y a las necesidades específicas del alumnado.

En el caso específico del proyecto, la adopción de una metodología ágil trascendió la simple gestión de tareas; funcionó como un mecanismo de refinamiento pedagógico. Las iteraciones permitieron, por ejemplo, validar la transición de interfaces bidimensionales a entornos tridimensionales y calibrar los sistemas de retroalimentación auditiva. Estos cambios no respondieron a fallas de programación, sino a hallazgos derivados de la interacción directa con el entorno educativo, demostrando que la metodología ágil es coherente con los principios del Diseño Centrado en el Usuario (Mariño, Alfonso, & Arduino, 2020).

En definitiva, la elección de metodologías ágiles para el desarrollo de recursos como la aplicación que se está desarrollando no es una decisión puramente técnica, sino una postura metodológica que garantiza la creación de herramientas contextualizadas, accesibles y alineadas con la realidad operativa del aula de educación especial.

2.2 Fundamentos teóricos

Desde el punto de vista del desarrollo didáctico y tecnológico, la creación de la app se apoya en el Diseño Centrado en el Usuario (Norman, 2013), el cual privilegia las características, necesidades y limitaciones de los usuarios finales. Esta aproximación es especialmente relevante en entornos inclusivos, donde la accesibilidad cognitiva y sensorial es prioritaria (Consortium, 2020).

En la fase de análisis de requerimientos, se consideraron los aportes del modelo TEACCH, propuesto por Mesibov y Shea (2010), que subraya la importancia de la estructuración visual y la predictibilidad en la enseñanza a infantes con autismo. Este modelo fue considerado en la organización modular, el uso de pictogramas y las opciones de configuración personalizadas que ofrece el proyecto.

En términos curriculares, se tomó como referencia el Programa Sintético de la SEP (SEP, 2023), en particular los contenidos relacionados con el pensamiento matemático en las fases mencionadas. Dichos contenidos fueron traducidos en actividades digitales que permiten el conteo, la comparación, la clasificación y la identificación de patrones de forma

lúdica e interactiva. Esta contextualización garantiza no solo la pertinencia pedagógica, sino también su valor institucional.

El proyecto fue desarrollado bajo la metodología ágil Scrum, esto permitió una producción iterativa, validada por usuarios expertos (docentes en educación especial) a lo largo de múltiples sprints. La retroalimentación obtenida orientó ajustes en navegación, nivel de dificultad, lenguaje visual y verbal, y forma de retroalimentación, todo conforme a los principios del diseño universal y la educación emocional.

Por último, la validación empírica del prototipo se complementó con observaciones específicas sobre colores, textos y elementos gráficos, como se registra en el documento "Opinión sobre una fase funcional del proyecto". Esto refuerza el valor del diseño participativo y la vinculación entre teoría, política pública y práctica docente.

La revisión de los fundamentos teóricos expuestos —desde la variabilidad cognitiva del espectro autista hasta la necesidad de entornos digitales predecibles y estructurados— evidencia que el proceso para crear la aplicación no puede regirse por esquemas de producción rígidos o lineales. La naturaleza del objetivo planteado, que busca la creación de una herramienta inclusiva y funcional, exige una aproximación metodológica capaz de operacionalizar estos principios pedagógicos en soluciones tecnológicas concretas.

En consecuencia, la selección de la metodología no es arbitraria, sino que responde a la necesidad crítica de articular la ingeniería de software con la sensibilidad educativa. Se requiere un marco de trabajo que tolere la incertidumbre y privilegie la adaptación progresiva mediante la validación constante con docentes especialistas. Bajo esta premisa, el capítulo siguiente detalla la implementación de una estrategia híbrida que amalgama la agilidad técnica con el Diseño Centrado en el Usuario, asegurando así que cada fase del desarrollo guarde estricta congruencia con el propósito de inclusión digital que vertebra esta investigación.

Capítulo III. Marco Metodológico

Este capítulo describe claramente la estrategia metodológica utilizada para la creación del proyecto, considerando la investigación con un enfoque aplicado y desarrollo tecnológico. Se detalla la articulación de Scrum como un marco de trabajo apropiado para implementar los principios del Diseño Centrado en el Usuario, esta combinación permite que el software vaya evolucionando mediante iteraciones funcionales y retroalimentación por la comunicación constante.

A través de las siguientes secciones, se especifican las fases del ciclo de vida de desarrollo, desde la definición de roles y la planificación de los sprints, hasta decisiones técnicas importantes como la selección del motor Unity como entorno 3D.

Para finalizar, se presentan procedimientos de validación por parte de docentes especialistas del área en cuestión en diferentes etapas de desarrollo, así como instrumentos y criterios que aseguran la fiabilidad, eficiencia y pertinencia de la aplicación funcional.

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como un proyecto de desarrollo tecnológico con enfoque aplicado, ya que se orienta a la creación de un recurso digital diseñado específicamente para un grupo con necesidades educativas particulares: infantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA) en niveles de educación básica (fases 2 y 3). El objetivo principal es solucionar una problemática concreta en el ámbito educativo mediante la implementación de tecnologías de la información, articuladas con enfoques inclusivos.

3.2 Enfoque metodológico

El enfoque metodológico del presente estudio se fundamenta en el Diseño Centrado en el Usuario y en un enfoque cualitativo, orientado a comprender las necesidades educativas de infantes con Trastorno del Espectro Autista y a traducirlas en una solución tecnológica inclusiva. Este enfoque guía las decisiones pedagógicas y de diseño del proyecto, mientras

que el proceso de desarrollo y validación se describe en las fases metodológicas y en la metodología ágil empleada.

3.3 Participantes y contexto

La recolección de datos y validación se llevó a cabo con la colaboración de 10 docentes especializados en inclusión educativa adscritos a la Supervisión de Educación Especial, Zona Escolar 001 en Huauchinango, Puebla. Estos participantes fueron seleccionados mediante muestreo intencional, dada su experiencia directa con infantes con TEA en los niveles de preescolar y primaria.

3.4 Procedimiento de investigación

El procedimiento de investigación se estructuró siguiendo las fases del ciclo de vida iterativo propuesto por Scrum, considerando una articulación con las etapas de prototipado y evaluación del DCU. Esta alineación metodológica permitió que cada incremento en el proyecto, se tenga seguridad de que hay un aporte pedagógico verdadero y oportuno. En la Figura 3.1 se tiene el esquema que representa el procedimiento de investigación combinando Scrum y DCU.

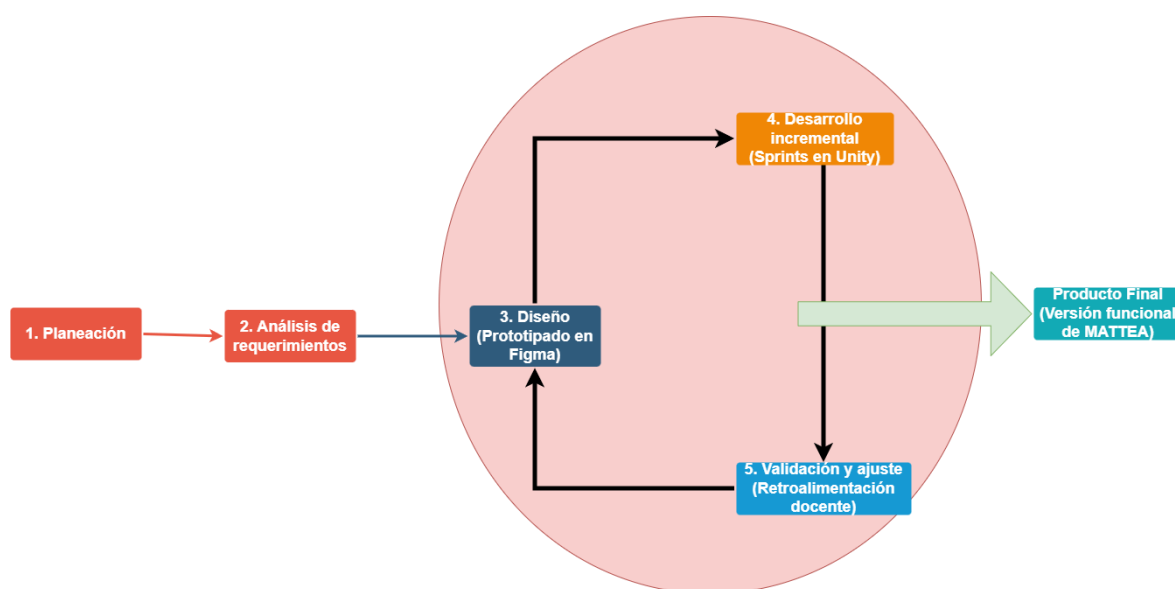


Figura 3.1 Esquema del procedimiento de investigación. Adaptado de Scrum y Diseño Centrado en el Usuario

Fuente: Elaboración propia

1. Planeación: Se establecieron los objetivos, alcances, cronograma y criterios de evaluación del desarrollo.

2. Análisis de requerimientos: A partir de entrevistas y análisis documental, se identificaron los elementos clave que debía considerar en los requerimientos.

3. Diseño: Se elaboraron prototipos de baja y media fidelidad en Figma, incluyendo pantallas de navegación, actividades interactivas, configuraciones personalizables y retroalimentación visual y auditiva.

4. Desarrollo incremental: Bajo la metodología, se construyeron versiones funcionales iterativas, mejoradas en cada sprint con base en la retroalimentación recibida.

5. Validación y ajuste: Se aplicaron cuestionarios a docentes para recoger sus impresiones sobre la versión funcional. Con base en sus sugerencias se ajustaron aspectos como colorimetría, complejidad de las actividades y mensajes de retroalimentación motivacional.

3.4.1 Fases metodológicas

3.4.1.1 Análisis de requerimientos

La fase de análisis tuvo como propósito identificar las necesidades pedagógicas, funcionales y de usabilidad que debían ser atendidos, considerando las características de los infantes con Trastorno del Espectro Autista y el contexto educativo en el que sería utilizada.

Se hicieron reuniones, entrevistas y encuestas de las que se fue formando los requerimientos iniciales como se observa en la Figura 3.2.

¿Qué ejercicios desea incluir?

24 respuestas

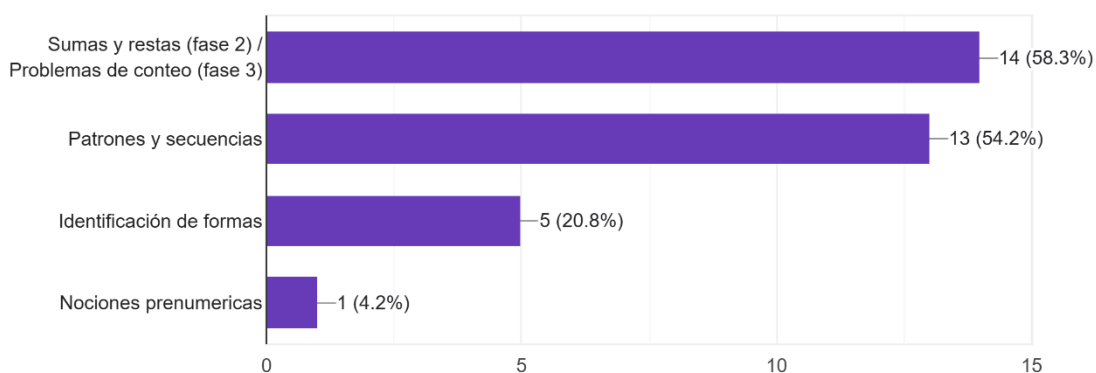


Figura 3.2 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Qué ejercicios desea incluir?

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.3 se demuestra el interés por poder tocar la pantalla, arrastrar y soltar y tener gestos multi-táctiles.

¿Cómo interactuarán los infantes con la aplicación?

24 respuestas

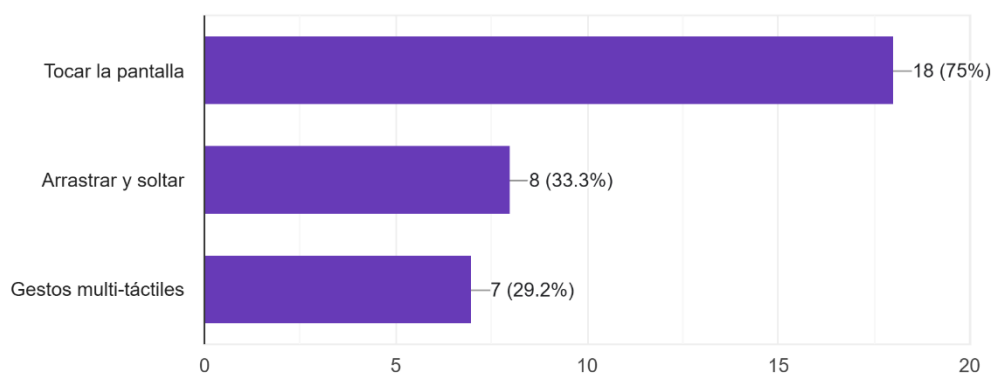


Figura 3.3 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Cómo interactuarán los infantes con la aplicación?

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.4 permite identificar que la importancia de tener niveles de dificultad es muy alta.

¿Debe la aplicación permitir ajustes de dificultad?

24 respuestas

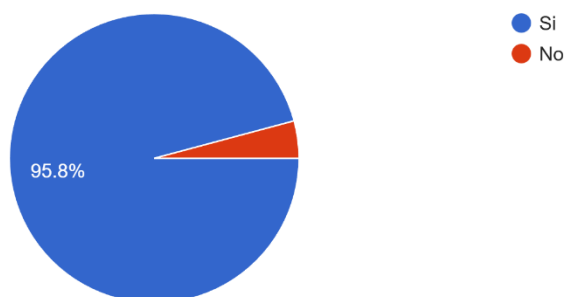


Figura 3.4 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Debe la aplicación permitir ajustes de dificultad?

Fuente: Elaboración propia.

También se evidencia el interés por tener diversos tipos de retroalimentación como se muestra en la Figura 3.5.

¿Qué tipos de retroalimentación se proporcionarán?

24 respuestas

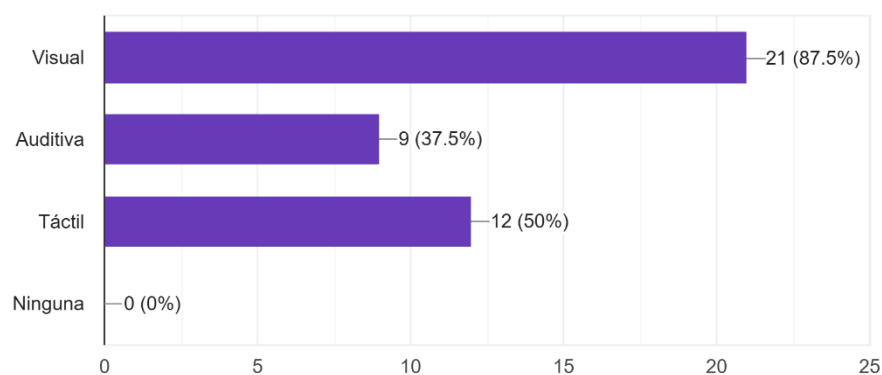


Figura 3.5 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Qué tipos de retroalimentación se proporcionarán?

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al rendimiento se puede observar que se espera una respuesta inmediata pero también el funcionamiento en dispositivos de gama baja como se ve en la Figura 3.6.

¿Qué expectativas tiene respecto al rendimiento?

24 respuestas

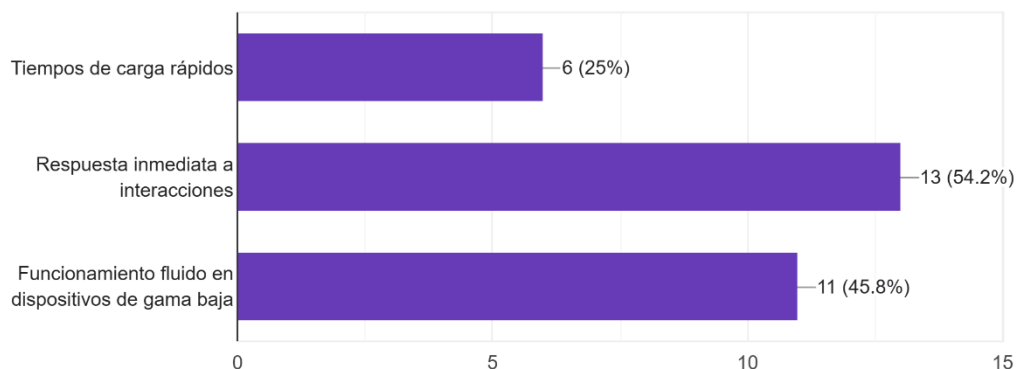


Figura 3.6 Resultados de formulario para determinar requerimientos. Pregunta: ¿Qué expectativas tiene respecto al rendimiento?

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.2 Diseño

Esta fase se orientó al diseño de la estructura general y de las interfaces, con el fin de traducir los requerimientos identificados en propuestas visuales y funcionales acordes a las características cognitivas y sensoriales de la población objetivo.

En esta fase se analizaron opiniones sobre el diseño, se obtuvieron resultados regulares, buenos y muy buenos, se carga de manera positiva como se nota en la Figura 3.7.

¿Cómo calificaría la facilidad de uso de la interfaz de la aplicación?

10 respuestas

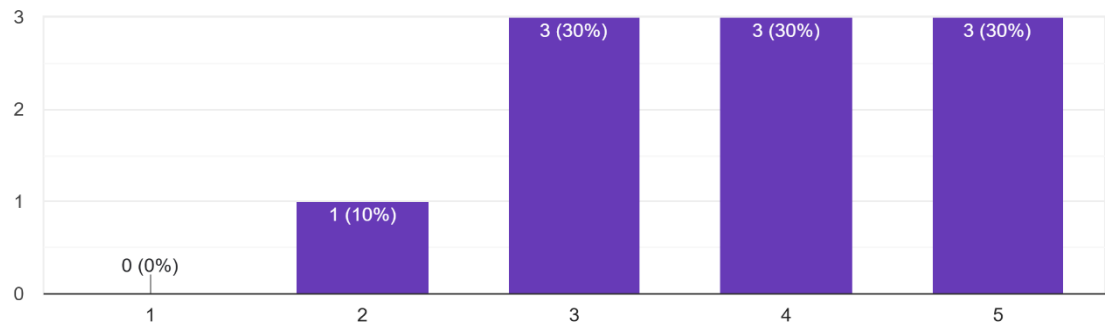


Figura 3.7 Resultados de formulario para determinar la pertinencia del diseño de la interfaz de usuario. Pregunta: ¿Cómo calificaría la facilidad de uso de la interfaz de la aplicación?

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las necesidades específicas de los infantes con TEA se obtienen los resultados que se observan en la Figura 3.8, esta hace notar la diversidad del espectro porque hay resultados diferentes.

Considerando las necesidades específicas de los infantes con TEA, ¿Cree que el diseño de la aplicación aborda adecuadamente estas necesidades?

10 respuestas

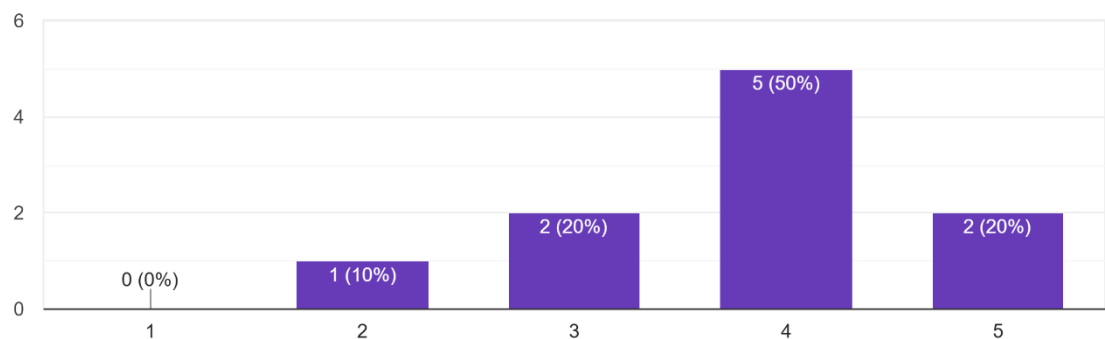


Figura 3.8 Resultados de formulario para determinar la pertinencia del diseño de la interfaz de usuario. Pregunta: Considerando las necesidades específicas de los infantes con TEA ¿Cree que el diseño de la aplicación aborda adecuadamente estas necesidades?

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró también opciones de personalización para lo cual también tenemos resultados favorables mostrados en la Figura 3.9.

¿La aplicación ofrece suficientes opciones de personalización y ajustes de accesibilidad para adaptarse a diversas necesidades sensoriales y cognitivas?

10 respuestas

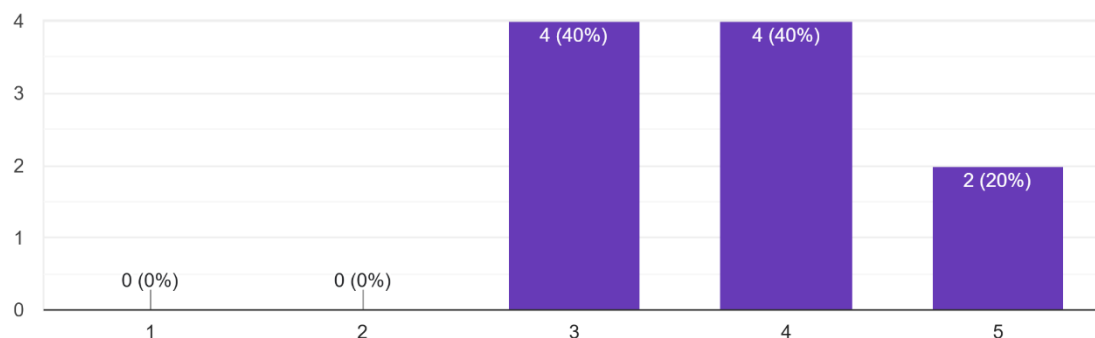


Figura 3.9 Resultados de formulario para determinar la pertinencia del diseño de la interfaz de usuario. Pregunta: Considerando las necesidades específicas de los infantes con TEA ¿La aplicación ofrece suficientes opciones de personalización y ajustes de accesibilidad para adaptarse a diversas necesidades sensoriales y cognitivas?

Fuente: Elaboración propia.

Se concentró toda la información en 4 dimensiones, a) Funcionalidad, b) Usabilidad, c) Rendimiento y d) Compatibilidad, de esto se obtuvieron los resultados que se pueden analizar en la Figura 3.10. Esta concentración permite reconocer información importante sin perder sentido pedagógico, debido a que agrupa reactivos afines en bloques conceptuales. En general, la Figura 3.10 sirve para comparar el comportamiento de las dimensiones y distinguir aquellas con mayor nivel de aceptación frente a las que presentan áreas de oportunidad. Por tal motivo, las dimensiones orientan las prioridades de ajustes y mejoras del módulo, permitiendo enfocarse en lo que impacta a la experiencia de usuario.

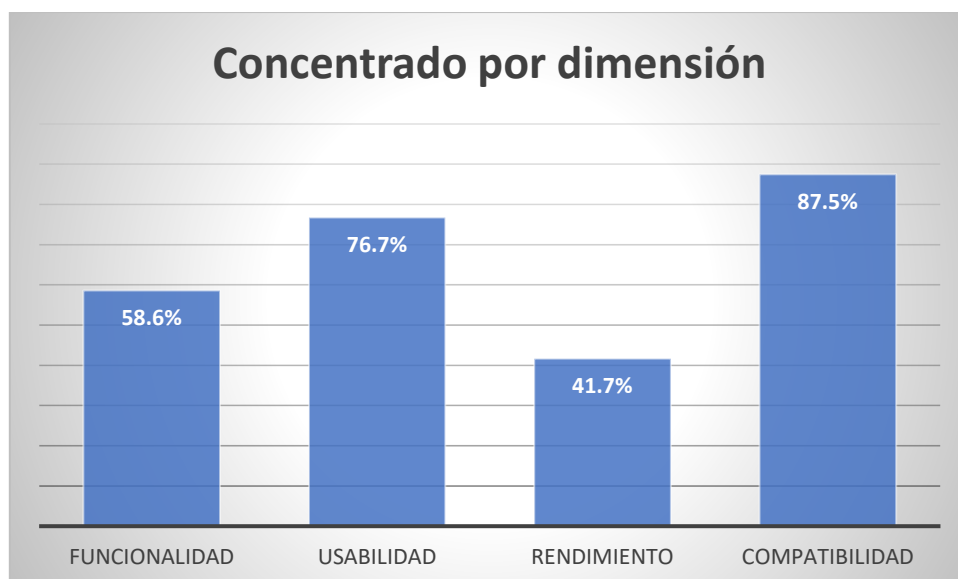


Figura 3.10 Concentración de información del formulario en 4 dimensiones.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la Figura 3.10, se observa que la dimensión con mayor valoración corresponde a Compatibilidad con 87.5%, lo que significa que el módulo es percibido como de mayor importancia en el diseño. En segundo lugar, la Usabilidad tiene 76.7%, también muestra un nivel importante, indicando que la interacción y facilidad de uso son percibidas como parte muy importante para el proyecto. Por el contrario, la Funcionalidad tiene 58.6% que refleja un resultado intermedio, esto se deja ver que se puede fortalecer. Finalmente, el Rendimiento tiene un 41.7% lo que significa que hay que considerarlo y tenerlo presente, pero los expertos le ponen menor atención a esto.

Para validar diseño, se realizó una prueba a través de un formulario con 10 docentes especializados en inclusión educativa y educación preescolar, adscritos a la Supervisión de Educación Especial, zona 001 de Huauchinango, Puebla para los requerimientos iniciales.

3.4.1.2.1 Identidad del producto

Considerando el diseño conceptual, se decidió definir el nombre “MATTEA” como una fusión semántica entre el área de conocimiento abordada (MAT de Matemáticas) y la población objetivo (TEA de Trastorno del Espectro Autista). La denominación trata de reflejar, desde su identidad visual y nominal, el propósito inclusivo de la herramienta,

concentrando la atención en la unión de la tecnología educativa con las necesidades neurodivergentes. También se consideró que la unión de los términos permite generar una palabra sonora, fuerte y fácil de recordar.

3.4.1.3 Desarrollo del prototipo

El propósito de esta fase fue implementar técnicamente el prototipo funcional, integrando los elementos interactivos, visuales y auditivos necesarios para favorecer el aprendizaje matemático mediante un entorno digital accesible.

En esta fase se realizaron intentos para crear el prototipo funcional, se tuvieron intentos fallidos en Android Studio e incluso también algunos fallidos en Unity implementando funcionalidades en 2 dimensiones, sin embargo, cuando se tomó el rumbo de trabajo híbrido entre pantallas de menús en 2D y los escenarios en 3D, se pudo avanzar a algo funcional, se mostrarán algunas pantallas de esto.

Se implementó una idea inicial sobre arrastre de balones, pero al hacerlo se identificaron algunas dificultades en el uso de profundidad para el usuario, la interfaz se ve en la Figura 3.11, en ella también podemos observar el entorno de desarrollo.

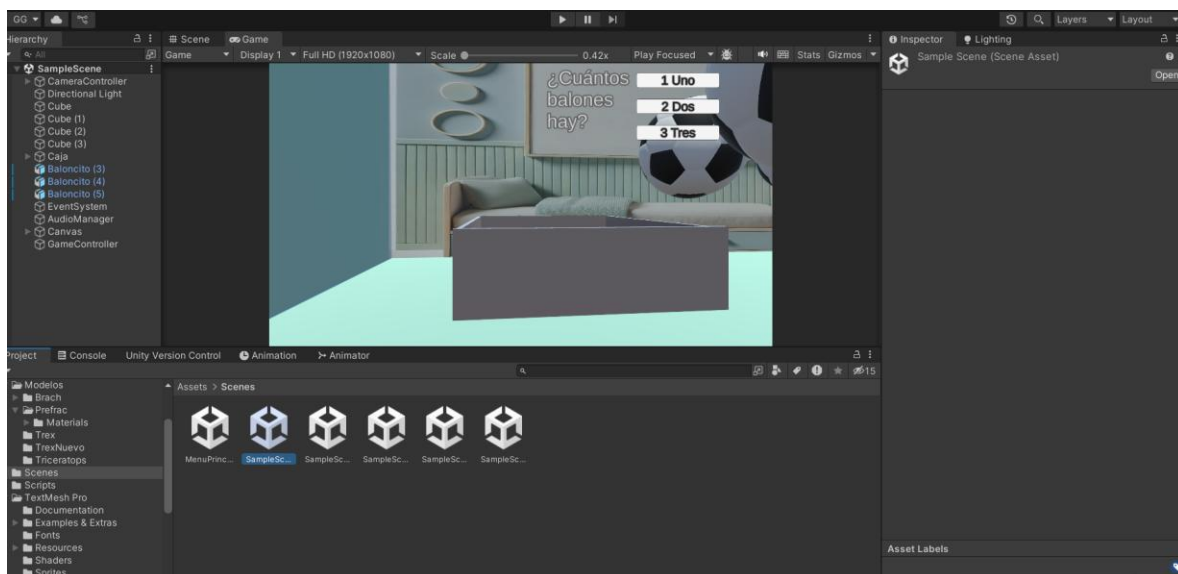


Figura 3.11 Primer prototipo con funcionalidades.

Fuente: Elaboración propia.

Se intentó después un escenario más cercano a uno de los que se hicieron, pero los botones no cumplían con un diseño adecuado, en la Figura 3.12 se puede notar que los botones “Siguiente” y “Recargar” no se veían bien, no eran adecuados visualmente y los botones de las posibles opciones se veían anticuados y poco atractivos para infantes.



Figura 3.12 Prototipo de escenario funcional, pero con áreas de oportunidad de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, aunque hubo muchos intentos, se tuvo el primer escenario funcional que se puede analizar en la Figura 3.13, si bien se parece al anterior, se observa que tiene varios elementos y consideraciones que avanza significativamente, tiene un botón de Menú que permite ir a la pantalla de Menú, tiene botones de opciones que son más vistosos, grandes, centrales que invitan al usuario a interactuar con ellos, también se mantienen los botones de recargar y siguiente, sin embargo, con un tamaño menor para no tener demasiado protagonismo pero que funcionen adecuadamente.



Figura 3.13 Primer escenario funcional considerando diseño y experiencia de usuario

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.14 se presenta un segundo escenario que responde específicamente a las necesidades expresadas por docentes del CAM (Centro de Atención Múltiple) de Huauchinango, Puebla. La idea era crear un escenario jurásico con el mismo sistema de conteo que el primer escenario, este escenario tiene la intención de usar los intereses de los alumnos de esas edades para llamar aún más la atención y permitir una gran concentración en la aplicación.



Figura 3.14 Segundo escenario funcional considerando diseño y experiencia de usuario

Fuente: Elaboración propia.

Ahora se muestra el menú, pero en el programa ejecutado en la Figura 3.15, en esta figura se incorpora el logo de “MATTEA”, a un lado el nombre de la sección “Menú” y un par de botones que llevan a ambas escenas, la primera tiene 3 osos de juguetes y números del 1 al 3, los infantes con TEA suelen reaccionar bien a iconos e imágenes por lo que es pertinente utilizarlo de esta manera. De momento parece un poco vacío, pero para futuros trabajos se pretende llenarlo de escenarios que atiendan distintos contenidos temáticos de la NEM.

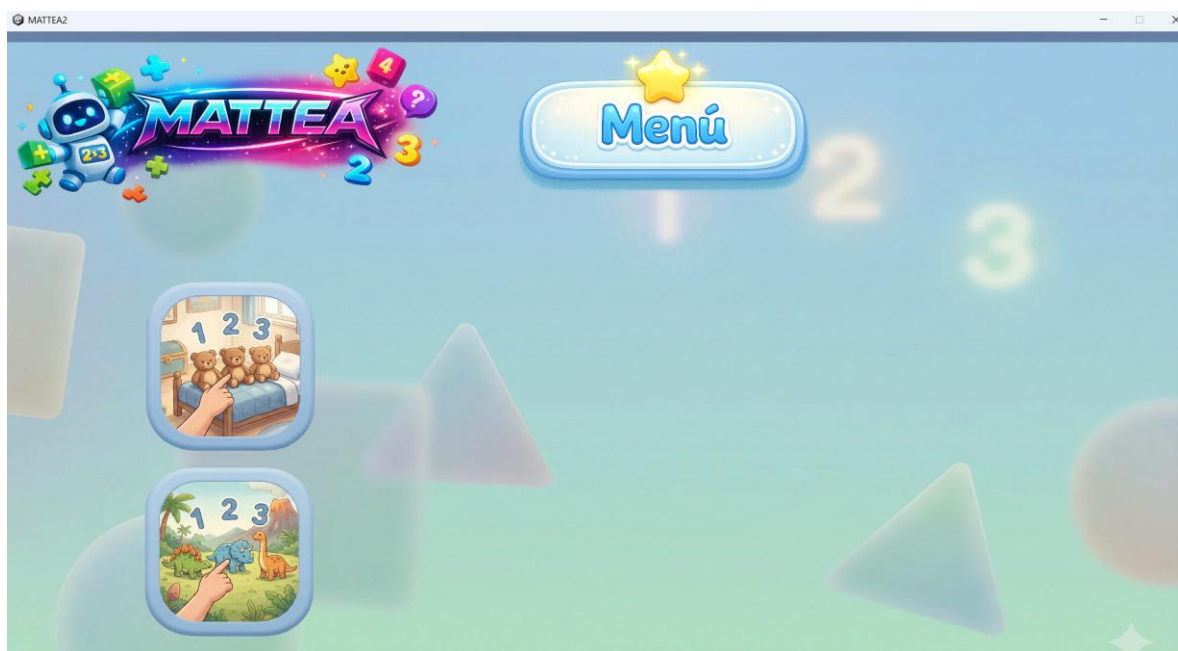


Figura 3.15 Primer escenario funcional considerando diseño y experiencia de usuario

Fuente: Elaboración propia.

Al entrar en la primera escena se identifican elementos del entorno de la Figura 3.16, pero ya con elementos de una de las colecciones propuestas, en este caso, los aviones. Aunque no se percibe inicialmente parte del diseño, la verdad es que hay 10 posiciones en donde al azar se colocan algunos de estos objetos para hacer el conteo como la distribución de la Figura 3.17, al seleccionar en recargar, habrá una nueva distribución y cantidad de aviones.



Figura 3.16 Primer escenario. Colección de aviones.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.17 Primer escenario. Colección de aviones con otra cantidad derivado de la redistribución aleatoria.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.4 Pruebas y ajustes

En esta fase se realizaron pruebas funcionales y de usabilidad con el objetivo de identificar áreas de mejora y realizar ajustes iterativos que fortalecieran su funcionamiento y experiencia de uso.

De la Figura 3.1 a la 3.13 identifica una evolución de MATTEA con diversos progresos, cambios realizados de acuerdo con las necesidades que se presentaron a lo largo del desarrollo.

3.4.1.5 Validación pedagógica

La fase de validación tuvo como finalidad obtener retroalimentación de docentes especialistas respecto a la pertinencia pedagógica, accesibilidad y utilidad, permitiendo valorar el prototipo en relación con los objetivos de la investigación.

Hubo validación cualitativa de parte de algunas docentes, en la Tabla 3.1 donde se concentran los comentarios que dan validación de la idea de trabajo de MATTEA, pero que también plantean la posibilidad de incorporación a un entorno de trabajo en salón con el grupo completo, es decir, que el programa se puede usar por todos los infantes.

Tabla 3.1 Validación cualitativa de parte de docentes expertas.

Docente		Opinión
Docente 1	Lic. En Educación Preescolar	Si se me hace funcional, en lo personal lo podría utilizar como un juego con ellos o bien, podrían utilizarlo desde casa para reforzar su aprendizaje mediante el juego. Solamente que no me convence muy bien la ubicación de los aviones porque siento que podría ser algo confuso por la sombra que se refleja en el piso, de lo demás me gustó.
Docente 2	Lic. En Educación Preescolar	Considero que está bien porque es innovador, es llamativo, muy visual y está empleando objetos o elementos comunes, por lo tanto, para nivel preescolar está bien. Pero por el grado de dificultad del conteo considero que sería para primer grado y para alumnos que tengan rezago. Esto hablando de manera general en preescolar, pero ya específicamente para niños con TEA considero que el grado de dificultad se podría elevar a cantidades

		más grandes y en la voz podría agregar comentarios que sea motivadores como: "lo hiciste muy bien", "excelente trabajo", "bien hecho", "así se hace" y para cuando estén mal si está bien la frase de "Sigue intentando". En cuanto a los colores creo que podría ocupar unos colores un poco más claros, no tan grises, algo cercano a colores pasteles para dar un ambiente de confianza y tranquilidad al momento de usar la aplicación. Y bueno de igual manera siento que se le puede dar como algunos usos, por ejemplo ahorita que lo veo de esta manera no sé si ha visto la plataforma de DUSPAC que ve que luego también vienen algunos juegos, entonces por ejemplo con esta que usted me comparte, me hizo recordar esas aplicaciones también y ahorita viendo su aplicación por ejemplo, digamos yo me la llevo a clase y esto a través del cañón, lo puedo compartir a manera de que todo el grupo lo pueda ver, de esta manera se puede trabajar grupalmente para que todos participen; se puede trabajar de también de manera individual, a lo mejor incluso como una evaluación y llamando a los niños uno por uno haciendo diferentes actividades, podríamos agregar diferentes grados de dificultad porque con esas que vienen ahí, esos juegos considero que son para primer grado y para alumnos con rezago porque claro ve que luego en segundo o incluso tercero pues hay alumnos que ni siquiera los números del uno al cinco reconocen, ¿No? Del uno al tres entonces puede trabajar de manera particular, también podría trabajarse de tarea, pero claro que sería mejor un poquito más complicado porque no todos cuentan con una computadora. Incluso uno como docente puede llevar el control y vaya viendo de manera presencial el aprendizaje que van teniendo los niños. Pues ahí se van a detectar áreas de oportunidad e incluso esta parte de los colores, porque siento que si están un poco grisáceos, a lo mejor podríamos colocar colores pastel para que les den más confianza, para que la aplicación les dé un ambiente con el que se sientan a gusto y no lo vean tanto como un tarea. También creo que los comentarios motivadores ayudarían para
--	--	--

		que ellos perciban algo como “wow lo estoy haciendo super bien”, puede hacerlo por niveles.
Docente 3	Lic. En Educación Preescolar	Personalmente, he aplicado esta estrategia en mis clases utilizando juegos en línea relacionados con los temas vistos, y he comprobado que realmente funcionan. Por eso, pienso que esta nueva aplicación no será la excepción. Me parece muy positivo que se pueda descargar, en lugar de ser solo un enlace en línea, ya que algunos alumnos no tienen acceso constante a internet. Aunque sería ideal que pudiera usarse también sin conexión. Y pues considero que la gamificación es un excelente método de aprendizaje, ya que a los niños generalmente les resulta atractiva y motivadora las cuales no solo facilitan la adquisición de conocimiento, sino que también estimulan habilidades como la percepción visual y auditiva. Y con relación a las actividades, pues están muy variadas, pero no sé me causa ruido que en el problema de los aviones estén del mismo color del contraste de la parte de atrás y no se puede percibir muy bien no se si es por lo mismo del cuidado del tema de los colores por el tipo trastorno que se emplea.
Docente 4	Lic. En Educación Preescolar	Fíjate que se me hace muy interesante, me gusta que las preguntas vengan directas a la mejor depende del nivel en que se va a implementar, por ejemplo, podríamos preguntar cuántas hay o cuántas y también podríamos combinar, no sé si se pueda dar en respuestas por ejemplo ¿Qué hay menos? y en colecciones de balones y aviones o de carritos y de balones, el único que me hizo un poquito confuso fue en el segundo donde dice cuántos aviones hay y se veían las sombras, entonces a lo mejor solamente cambiar eso.
Docente 5	Mtra. En Ciencias de la Educación	La aplicación está bien, me parece que puede funcionar y visualmente luce bien, lo que dicen las maestras sobre los aviones se podría cambiar.
Docente 6	Lic. En Inclusión Educativa	Considero que es muy útil tanto para niños con Autismo y niños regulares. Para la funcionalidad tenemos que considerar el nivel en cada pequeño ya sea 1, 2 o 3, también de las características individuales que presente en cuanto a su aprendizaje y nivel cognitivo.

		Respecto a la aplicación, es muy buena, puesto que estimula el desarrollo de la atención, aumenta el grado de dificultad si así lo requiere el alumno, es de forma lúdica para la edad en la que se piensa trabajar y algo importante es que se utiliza también el audio. Muy bien lo de los colores suaves y neutros para ellos, una recomendación sería cambiar el color de los aviones porque a mi punto de vista siento que se pierden un poco por el color de fondo, pudiera utilizar colores pasteles que también son reconfortantes, pudiera mejorar la visibilidad y atención de los pequeños. Ya si en algún momento le aumentara algunas actividades que fueran funcionales tanto para niños regulares como para niños que presenten TEA, pudieran ser enfocadas memoria, clasificación, encontrar la forma, discriminación visual, entre otras, pudiera ser más versátil.
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Metodología ágil

Scrum es una metodología de desarrollo ágil que permite tener avances rápidos con retroalimentación constante, esto permite que se puedan hacer cambios o ajustes oportunos en cualquier momento.

Para la construcción la creación del proyecto, se adoptó esta metodología ágil por su flexibilidad para gestionar cambios y su enfoque en la entrega incremental de valor. Este marco de trabajo permitió una validación continua con los expertos en educación especial, asegurando que el producto final se alineara con las necesidades reales de los infantes con TEA.

Elección metodológica:

1. **Scrum:** Se optó por esta metodología debido a su flexibilidad y capacidad para gestionar el desarrollo de software en escenarios cambiantes. Dado que se diseñaba una herramienta para usuarios neurodivergentes, era indispensable contar con un proceso iterativo e incremental (dividido en *Sprints*) que permitiera recibir retroalimentación constante de los docentes especialistas. Esto facilitó realizar ajustes

tempranos —como la migración de 2D a 3D o la corrección de paletas de colores— sin comprometer el cronograma general del proyecto, ni su esencia, permite hacer cambios pertinentes en cualquier momento.

Diseño Centrado en el Usuario (DCU): Este enfoque fue fundamental porque el éxito dependía firmemente de su accesibilidad y usabilidad para los infantes con TEA. El DCU permitió priorizar desde el inicio las necesidades sensoriales, cognitivas y motrices de los infantes con TEA, asegurando que la tecnología se adaptara al estudiante y no viceversa, el DCU es una gran herramienta para el diseño porque se concentra en pensar en las necesidades del usuario como un punto determinante para tomar decisiones que se reflejarán en el usuario final.

3.5.1 Definición de roles

Dada la naturaleza del proyecto de tesis, los roles de los participantes se adaptaron como se observa en la Tabla 3.2 para garantizar la operatividad del desarrollo:

Tabla 3.2 Asignación de roles de Scrum.

Rol	Responsable	Funciones en el Proyecto
Product Owner (Dueño del Producto)	Mtra. Clara Lilia Escorza González (Supervisora de Zona 001)	Definir la visión pedagógica Validar los requisitos funcionales y priorizar las características de inclusión educativa.
Scrum Master	Ing. Gerardo Garrido González	Gestionar el proceso de desarrollo Eliminar impedimentos técnicos Asegurar el cumplimiento de los tiempos de entrega.
Equipo de Desarrollo	Ing. Gerardo Garrido González	Diseño de interfaces Programación en Unity Pruebas unitarias e implementación de correcciones.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Pila del Producto (Product Backlog)

Los requerimientos del sistema se tradujeron en Historias de Usuario (HU), las cuales describen las funcionalidades desde la perspectiva del usuario final. En la Tabla 3.3, se presentan las historias priorizadas para considerarlas en la creación del proyecto de software, así como los requerimientos funcionales.

Tabla 3.3 Historias de usuario. Se concentran aquí los requerimientos funcionales.

ID	Historia de Usuario	Criterio de Aceptación
HU1	Como estudiante, quiero que los objetos aparezcan en posiciones aleatorias cada vez que juego para evitar memorizar respuestas y ejercitar el conteo real.	Al recargar la escena, los objetos (aviones/balones) deben cambiar de coordenadas (X, Y, Z).
HU2	Como estudiante, quiero recibir retroalimentación auditiva inmediata al seleccionar una respuesta para saber si acerté o debo intentar de nuevo.	El sistema debe reproducir un audio de "Correcto" o "Intenta de nuevo" según la selección.
HU3	Como usuario, quiero un botón de "Recargar" o "Siguiente" para generar un nuevo ejercicio sin necesidad de salir al menú principal.	El botón debe reiniciar la escena actual con nuevos valores aleatorios.
HU4	Como docente, es prioritario que funcione sin conexión a internet (offline) para poder usarla en aulas sin conectividad.	La app debe ser ejecutable localmente en el dispositivo sin dependencias de red.
HU5	Como estudiante con TEA, necesito una interfaz con una paleta de colores adecuada (neutros/pastel) para evitar la sobreestimulación visual.	Los fondos y objetos deben usar colores mate o pastel, evitando contrastes agresivos o neón.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Planificación de Sprints (Iteraciones)

Es importante señalar que las fases metodológicas descritas en este capítulo corresponden a la estructura general del proceso de investigación y creación de MATTEA. Dentro de cada una de estas fases se llevaron a cabo iteraciones de desarrollo bajo el enfoque de la metodología ágil utilizada, organizadas en sprints, los cuales permitieron implementar, evaluar y ajustar de manera incremental las funcionalidades.

El trabajo se dividió en 4 Sprints mensuales, se puede analizar en la Tabla 3.4, abarcando el periodo de la estancia de investigación (Julio - diciembre 2024). Para la gestión de tareas y seguimiento de pendientes, se utilizó una Bitácora Digital Móvil, lo que permitió un registro ágil de las actividades y hallazgos en tiempo real.

Tabla 3.4 Cronograma de Sprints. De manera sencilla se presenta el cronograma de trabajo para los Sprints.

Sprint	Periodo	Objetivo del Sprint	Entregable (Incremento)
Sprint 1	Julio - Agosto	Diseño y Prototipado: Análisis de requisitos con el Product Owner y maquetación de interfaces en Figma.	Prototipo de baja fidelidad validado por docentes.
Sprint 2	Septiembre	Mecánica Base: Configuración del entorno en Unity, programación de la generación aleatoria de objetos (HU2) y navegación básica (HU1).	Versión alfa funcional con generación de objetos 3D.
Sprint 3	Octubre	Lógica e Interacción: Implementación del sistema de conteo, integración de audios de retroalimentación (HU3) y botón de recarga (HU4).	Versión beta funcional con interacción completa.

Sprint 4	Noviembre	Refinamiento y Cierre: Pruebas de campo, ajustes de paleta de colores según feedback (HU6) y compilación final offline (HU5).	Versión 1.0 lista para despliegue.
-----------------	-----------	---	------------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Refinamiento del Backlog y Evolución del Diseño

Durante el ciclo de vida del desarrollo, y de acuerdo con el principio de adaptación de la metodología, se realizaron ajustes estratégicos tanto en las herramientas tecnológicas como en el diseño de la interfaz. Estos cambios surgieron a partir de las pruebas de concepto iniciales y la evaluación de la viabilidad técnica.

A. Selección del Motor de Desarrollo

En la fase inicial de planificación (Sprint 1), se contempló el uso de Android Studio para el desarrollo de una aplicación nativa. Sin embargo, tras analizar los requerimientos de accesibilidad y la necesidad de que la herramienta estuviera disponible en múltiples plataformas (dispositivos móviles y PC de escritorio para aulas de medios), se decidió migrar el desarrollo al motor gráfico Unity. Esta decisión permitió generar ejecutables multiplataforma desde un único código base, optimizando los tiempos de producción.

B. Transición de Entorno 2D a 3D

El diseño original, maquetado en Figma, proponía una interfaz gráfica en 2D convencional (Flat Design). Durante las primeras pruebas de implementación en Unity bajo este esquema, se detectaron dos limitaciones importantes:

1. **Fluidez de interacción:** Las mecánicas de interacción táctil en 2D resultaban rígidas y poco estimulantes para el usuario objetivo, se percibían lentas y difíciles de realizar.
2. **Curva de desarrollo:** La implementación de animaciones complejas en 2D consumía recursos excesivos de tiempo sin garantizar el nivel de realismo deseado, algo que posteriormente sugirieron los docentes expertos.

Para mitigar estos riesgos, se realizó una prueba de concepto migrando el entorno a **3D**. Este cambio resultó en una navegación más fluida y permitió crear escenarios (como la habitación o el campo de fútbol) más cercanos a la realidad del infante, facilitando la asociación de los objetos virtuales con el mundo físico.

En las Figuras 3.18, 3.19 y 3.20, se presentan los diseños conceptuales originales en 2D que sirvieron como base para la lógica de uso de los usuarios antes de la migración al entorno 3D.

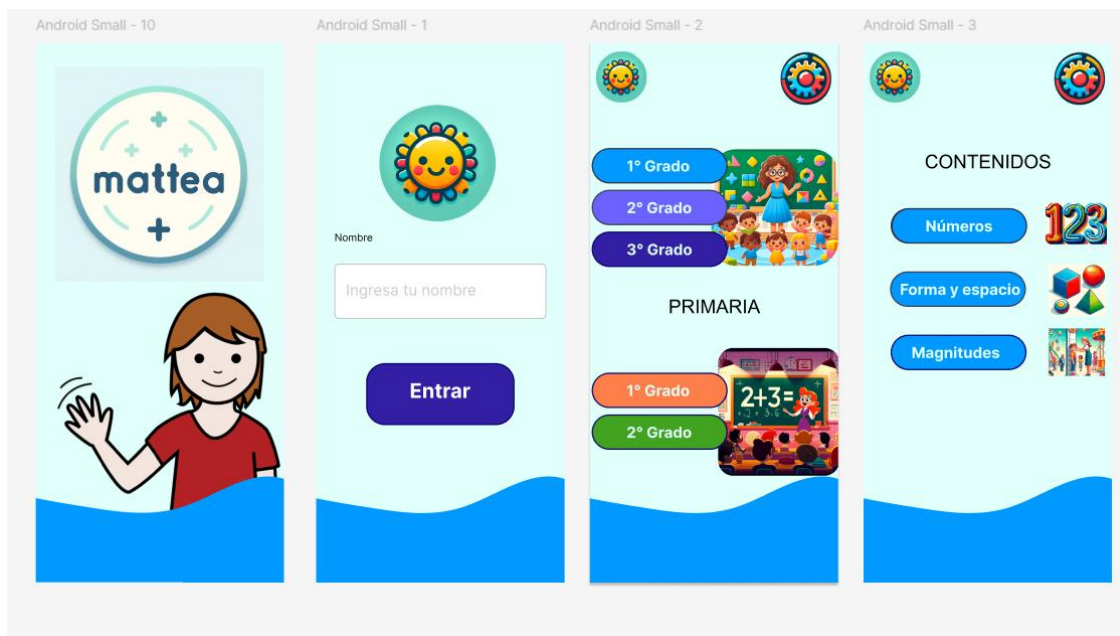


Figura 3.18 Prototipo inicial de menús y navegación en 2D. El diseño se realizó en Figma.
Fuente: Elaboración propia

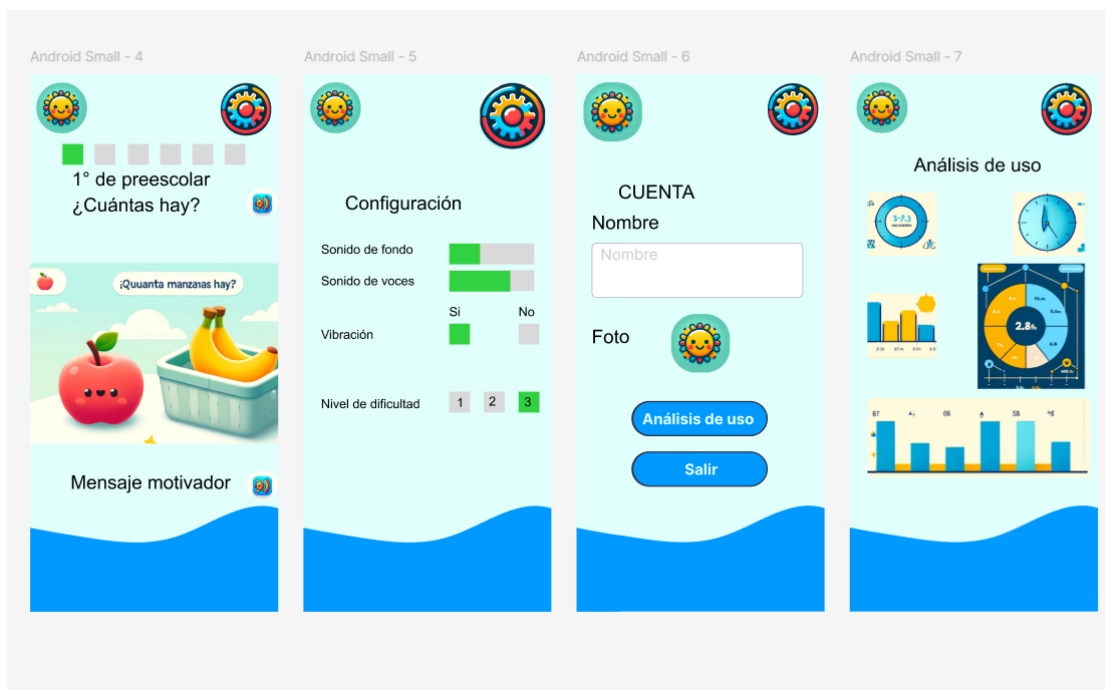


Figura 3.19 Propuesta inicial de actividades y configuración. El diseño se realizó en Figma.
Fuente: Elaboración propia.

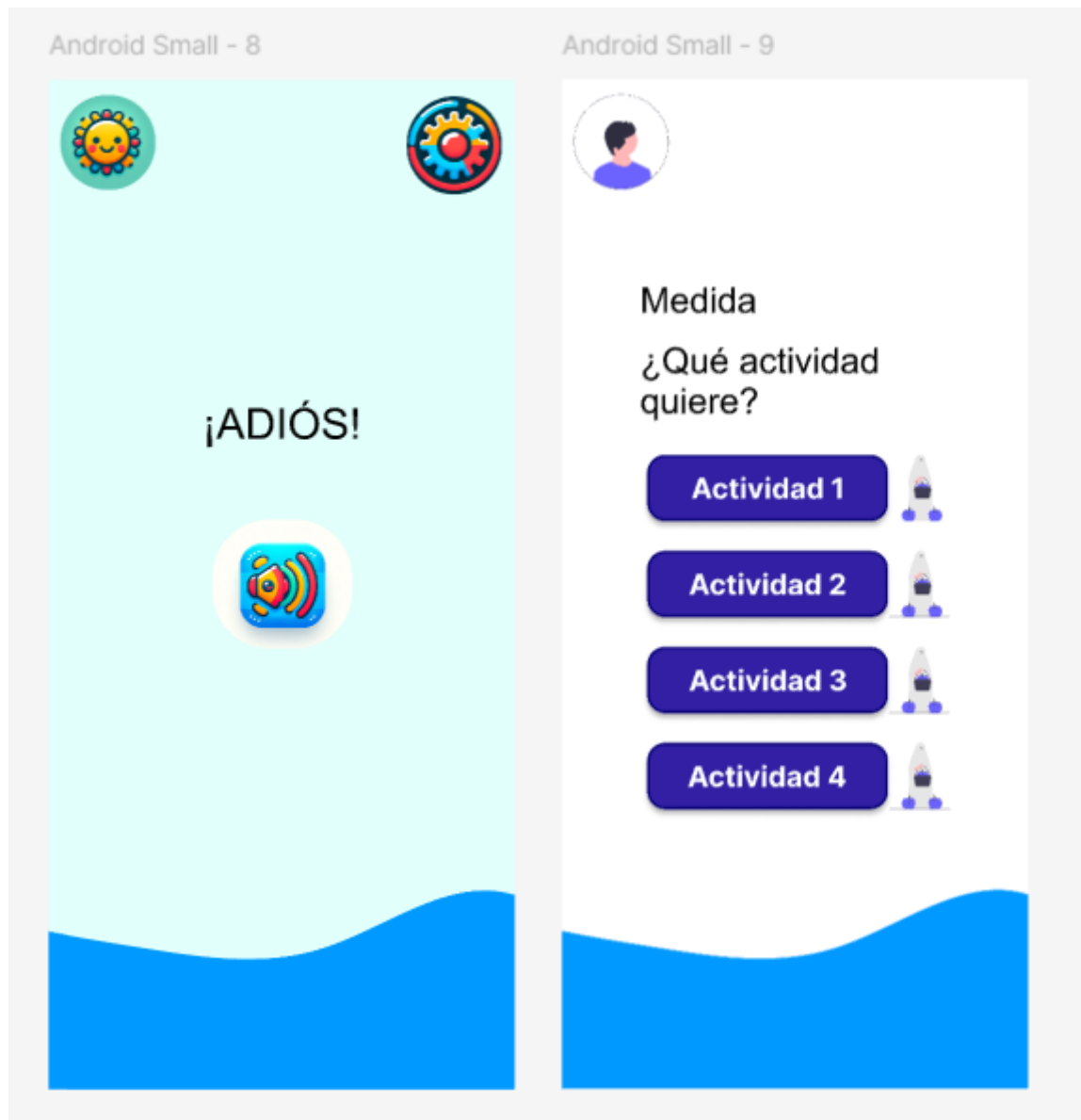


Figura 3.20 Interfaz de selección de actividades. El diseño se realizó en Figma.

Fuente: Elaboración propia

C. Registro de Cambios Técnicos

La Tabla 3.5 resume las decisiones clave tomadas durante los Sprints para refinar el producto final, como cambiar entre Android y Unity, la paleta de colores y el entorno virtual en 3D.

Tabla 3.5 Evolución del diseño y desarrollo del proyecto.

Componente	Planteamiento Inicial	Implementación Final	Justificación técnica y pedagógica
Entorno de Desarrollo	Android Studio (Nativo)	Unity (Motor Gráfico)	Necesidad de portabilidad multiplataforma (Android/Windows) y mayor capacidad para gestionar físicas y renderizado.
Estilo visual	Interfaz 2D Plana (Vectores)	Entorno 3D Inmersivo	Las pruebas en 2D mostraron interacciones lentas. El 3D ofrece mayor realismo, facilitando al infante la identificación de objetos (aviones, balones, dinosaurios, animales de la selva) por su volumen y sombra.
Mecánica de interacción	Selección estática en menús	Navegación espacial	Se observó que la interacción con objetos tridimensionales en un espacio virtual generaba mayor interés y fluidez que presionar botones planos.
Paleta de colores	Colores vibrantes y variados (Prototipo Figma)	Tonos pastel y neutros	Ajuste derivado de la investigación sobre TEA para reducir la carga sensorial y evitar la sobreestimulación visual.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que la evolución visual no se planteó como una migración masiva de todos los diseños hacia entornos tridimensionales, sino como una implementación estratégica de diseño híbrido. Si bien la tridimensionalidad se aplicó rigurosamente en los módulos de aprendizaje para dotar a los objetos contables de volumen y realismo — facilitando así la correspondencia uno a uno en el conteo—, las interfaces de gestión y navegación siguieron una lógica distinta.

Para las pantallas de carácter administrativo, específicamente la 'Selección de Grado' y el 'Módulo de Seguimiento y Análisis', se optó por conservar una arquitectura bidimensional (UI plana). Esta decisión técnica y ergonómica responde a la necesidad de reducir la carga cognitiva extrínseca del usuario que funge como mediador (docente o padre). En estas secciones, donde la prioridad es la consulta rápida de datos o la configuración del sistema, la introducción de entornos 3D habría añadido una complejidad visual innecesaria comúnmente llamado ruido en este contexto, comprometiendo la usabilidad y la inmediatez de la navegación.

Por consiguiente, la coexistencia de entornos 3D para el alumno y paneles 2D para el administrador no es una inconsistencia, sino una jerarquización funcional: inmersión para el aprendizaje y claridad minimalista para el control operativo.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron las siguientes técnicas:

- Entrevistas semiestructuradas: realizadas a docentes especializados para identificar requerimientos funcionales, retos didácticos y expectativas respecto al uso de tecnología en el aula.
- Cuestionarios de validación: aplicados posterior a la presentación del prototipo para valorar la usabilidad, pertinencia pedagógica, accesibilidad y estética visual.
- Análisis documental: revisión de los contenidos curriculares del Acuerdo 08/08/23 y del campo formativo de Saberes y Pensamiento Científico para fases 2 y 3, que fundamentaron la organización didáctica.

3.7 Criterios de validación

Accesibilidad: Que la interfaz sea comprensible y navegable para usuarios con diferentes estilos cognitivos.

Adecuación curricular: Que los contenidos estén alineados con los programas de estudio oficiales.

Usabilidad: Que la interacción sea sencilla, intuitiva y motivante.

Pertinencia pedagógica: Que las actividades respondan a necesidades de aprendizaje específicas y contribuyan al conocimiento matemático.

3.8 Consideraciones éticas

Se garantizó la confidencialidad de los datos obtenidos mediante entrevistas y cuestionarios. La participación fue voluntaria, y se explicó a todos los colaboradores el

propósito del proyecto, el uso de la información y la posibilidad de retirarse del proceso en cualquier momento sin consecuencias.

Para pruebas piloto con infantes, se cuidó la confidencialidad de los participantes, evitando el registro de datos personales identificables y realizando la actividad dirigida por docentes profesionales encargados del grupo.

Capítulo IV. Resultados y discusión

Este capítulo proporciona los resultados derivados del desarrollo tecnológico y la implementación iterativa de MATTEA. A lo largo de las siguientes secciones se presenta el prototipo funcional de la aplicación, con detalle del diseño de interfaces principales y la mecánica de los módulos de aprendizaje matemático en entornos tridimensionales. Por otro lado, se analizan y discuten los hallazgos obtenidos tras la validación experta realizada con docentes especialistas en educación especial, considerando elementos importantes como la usabilidad, la idoneidad de la paleta de colores, así como la pertinencia pedagógica de la herramienta. Finalmente, se concluye integrando las conclusiones del estudio en general, determinando el grado de cumplimiento de los objetivos, seguidos de propuestas y recomendaciones para mejorar la aplicación en el futuro.

4.1 Desarrollo del Prototipo Funcional

Como resultado de la fase de desarrollo iterativo, se obtuvo la aplicación móvil "MATTEA". Fue construida utilizando el motor gráfico Unity, integrando elementos visuales y auditivos diseñados específicamente para los infantes con TEA en fases 2 y 3.

El producto final cuenta con una interfaz principal que permite la selección de actividades de conteo y reconocimiento numérico. En la Figura 4.1, se presentan las interfaces resultantes como la pantalla de inicio.



Figura 4.1 Pantalla de inicio con el logotipo "Made with Unity" y transición al menú principal.

Fuente. Elaboración propia

Como resultado de la fase de desarrollo iterativo, se obtuvo la aplicación móvil con el nombre MATTEA. La elección de este nombre no es estética, sino funcional, ya que permite a docentes y padres identificar rápidamente que se trata de un recurso de Matemáticas especializado incluyendo a TEA.

4.2 Módulos de aprendizaje matemático

Se implementaron escenarios 3D para el conteo de objetos familiares. El sistema genera aleatoriamente la cantidad y posición de los objetos para evitar la memorización de patrones, fomentando el conteo activo en cada intento.

- **Actividad de conteo (Aviones):** Se presenta un entorno de habitación donde el usuario debe identificar el número de aviones en la Figura 4.2, en esa escena pareciera que solamente tenemos un simple ejercicio, pero el programa genera al azar entre 1 y 9 modelos del mismo tipo, también genera distintos distractores y la respuesta correcta no siempre se encuentra en la misma posición por lo que es la misma idea de ejercicio, pero el usuario siempre tendrá diversidad, siempre tendrá que realizar un proceso cognitivo de conteo para acertar.



Figura 4.2 Escenario de conteo de aviones aleatorios con respuesta en posición aleatoria y distractores versátiles.

Fuente. Elaboración propia

- **Actividad de Conteo (Balones):** Escenario con balones de fútbol distribuidos en el suelo en la Figura 4.3, en esta actividad tenemos la misma idea con modelos de balones, cambia el objeto para que no solo se asocie un tipo de objeto.



Figura 4.3 Conteo de balones aleatorios con respuesta en posición variable y distractores diversos.

Fuente. Elaboración propia

El sistema de retroalimentación auditiva y visual fue programado para responder inmediatamente a la interacción del usuario. Al seleccionar una respuesta correcta, el sistema emite la frase "¡Correcto!" y muestra el texto correspondiente. En caso de error, invita al usuario a "Intentar de nuevo", siguiendo los principios de reforzamiento positivo.

Por otro lado, en una reunión con el CAM (Centro de Atención Múltiple), se realizaron algunas peticiones con el fin de que sea más llamativo, por ejemplo, un escenario jurásico como se nota en las Figuras 4.4 y 4.5, porque a los niños les gustan mucho los dinosaurios y hubo una solicitud puntual para generar escenarios un poco más cercanos a la realidad, por estos motivos en nuevo escenario resulta ser más cercano a las solicitudes, en especial en la Figura 4.5 se puede observar que una palabra no está completa, algo que posteriormente se consideró como área de mejora.



Figura 4.4 Escenario jurásico.

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.5 Conteo de tiranosaurios rex aleatorios con respuesta en posición variable y distractores diversos.

Fuente. Elaboración propia

También quiero hacer mención de que se han mejorado los botones “Siguiete” y “Recargar” para que tengan un diseño más agradable para los usuarios, siguiendo la paleta de colores

que se recomienda en infantes con TEA y considerando también que suelen guiarse por cuestiones visuales como los iconos, los nuevos botones se ven en la Figura 4.6 y Figura 4.7 muestran estilos reconocibles y fácilmente aceptados.



Figura 4.6 Botón "Siguiete".

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.7 Botón recargar.

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 4.8 se muestra la versión del menú que permite cambiar entre escenarios distintos, tiene elementos visuales suaves para no exista sobreestimulación en los niños y se agregaron botones con imagen que permiten recordar el tipo de escenario al que pueden acceder en cada uno de ellos. Se muestra también el logo de MATTEA que combina elementos matemáticos como símbolos y números con una mezcla de colores y un contorno amorfo.

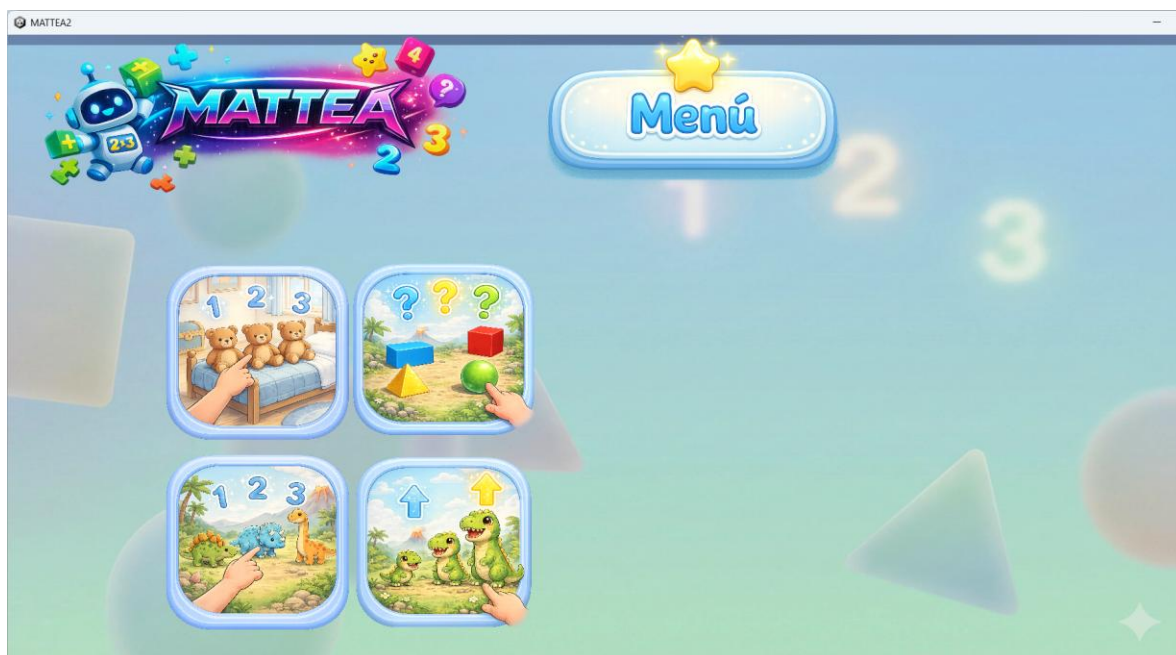


Figura 4.8 Menú final.

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 4.9 se presenta nuevamente el escenario de aviones, sin embargo, para profundizar en parte de la mecánica de juego aplicada aquí, respecto a la funcionalidad de este escenario, se resalta que a pesar de parecer un mismo ejercicio, se programó de tal manera que el proceso cognitivo para resolverlo se realice siempre, la forma en que se hizo fue creando una colección de cantidad al azar entre 1 y 9, pero también los distractores se realizan aleatoriamente y la respuesta correcta no siempre aparece en la misma posición, las colecciones también aparecen aleatoriamente en 10 posiciones que se eligieron dentro del escenario, la intención de esto es que los usuarios no se concentren en ver la posición de la respuesta correcta o de cómo se ven, sino de realizar el proceso cognitivo de conteo en cada ocasión. Comparando la Figura 4.9 con la Figura 4.10 podemos observar que la forma en que está estructurada esta mecánica de juego permite que la probabilidad de obtener un ejercicio exactamente igual en 2 ocasiones consecutivas sea muy baja. Es importante comentar también que cuando aparece un ejercicio, MATTEA pregunta fonéticamente “¿Cuántos aviones hay?” y muestra el mensaje escrito, esto refuerza la indicación y permite al usuario entender claramente lo que tiene que hacer.



Figura 4.9 Escenario de aviones considerando el conteo.

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.10 Escenario de aviones después de usar el botón recargar.

Fuente. Elaboración propia

La Figura 4.11 visualiza el mismo escenario, pero con cambio de colección, ahora pasan a contar balones manteniendo las mecánicas de juego y todos los elementos al azar. La Figura 4.12 muestra una colección de carritos y la Figura 4.13 una de ositos.



Figura 4.11 Escenario de balones considerando el conteo.

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.12 Escenario de carros considerando el conteo.

Fuente. Elaboración propia

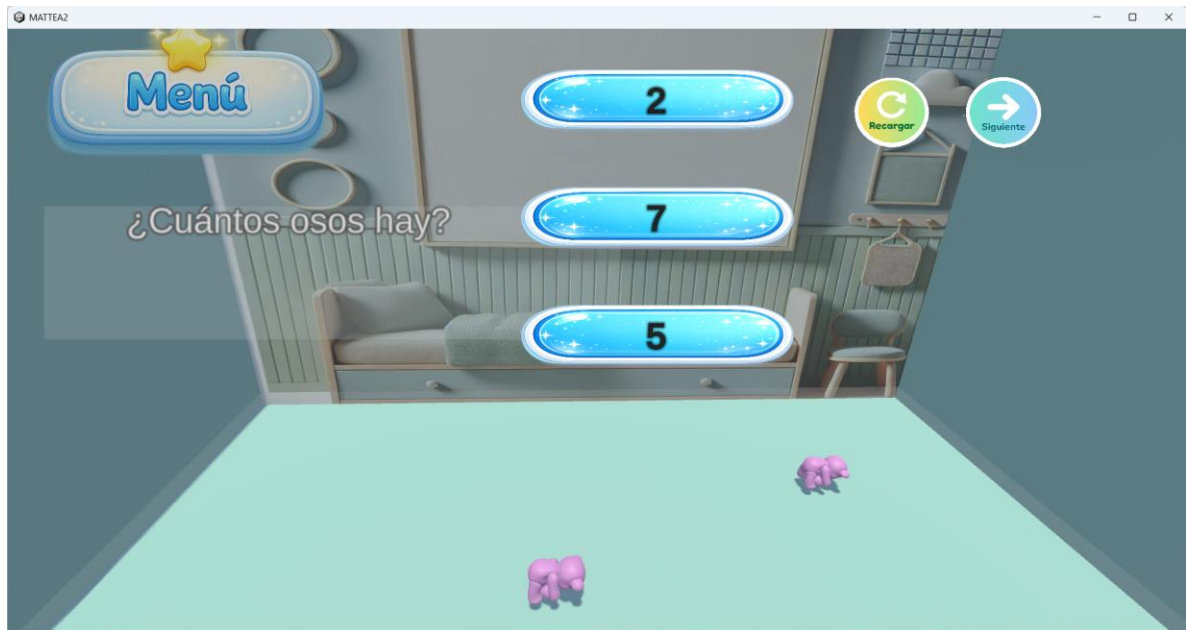


Figura 4.13 Escenario de ositos considerando el conteo.

Fuente. Elaboración propia

Llegando a este punto se muestra el escenario jurásico en la Figura 4.14, como se ha mencionado antes, esto fue una solicitud directa, se consideró como primordial implementar la misma idea y mecánica de juego que con el escenario de conteo, sin embargo, tiene sutiles diferencias, si bien es cierto que todos los elementos al azar se mantienen, los botones tuvieron que cambiar un poco de distribución debido a que los modelos de dinosaurios quedaban detrás de ellos y los usuarios podrían tener conflictos en observar claramente la cantidad de elementos en cada colección, en especial con los braquiosaurios, pero considerando que algunos de los infantes pudieran tener ideas claras de los tamaños o proporciones de estos animales, se estableció como primordial mantener una proporción creíble entre los modelos.

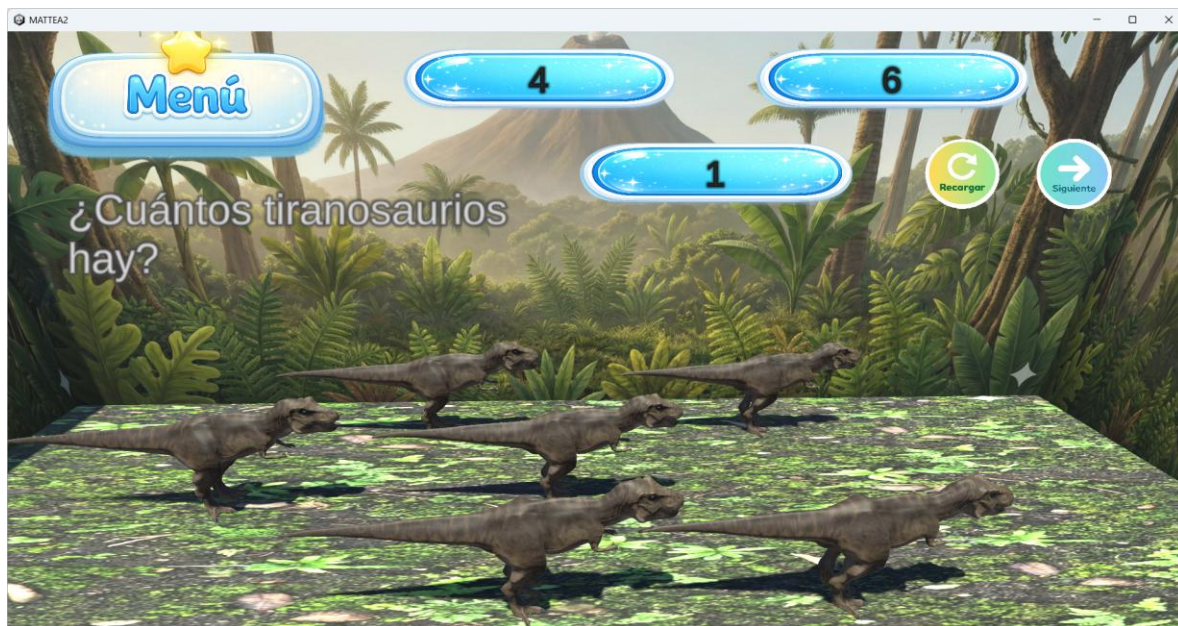


Figura 4.14 Escenario de tiranosaurio rex considerando el conteo en un escenario jurásico.

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 4.15 se muestra un ejemplo de la colección de tiranosaurio rex, en donde al acertar en la respuesta correcta, visualmente aparece el mensaje “¡Correcto!” como se visualiza en la Figura 4.16, en audio puede escucharse “Es correcto”, esto da retroalimentación inmediata y positiva al estudiante, por otro lado, si existe un error, aparece un mensaje que dice “¡Sigue intentando!” y también se escucha como se muestra en la Figura 4.17, lo que permite al usuario mantener la motivación y no sentir frustración ante el error.

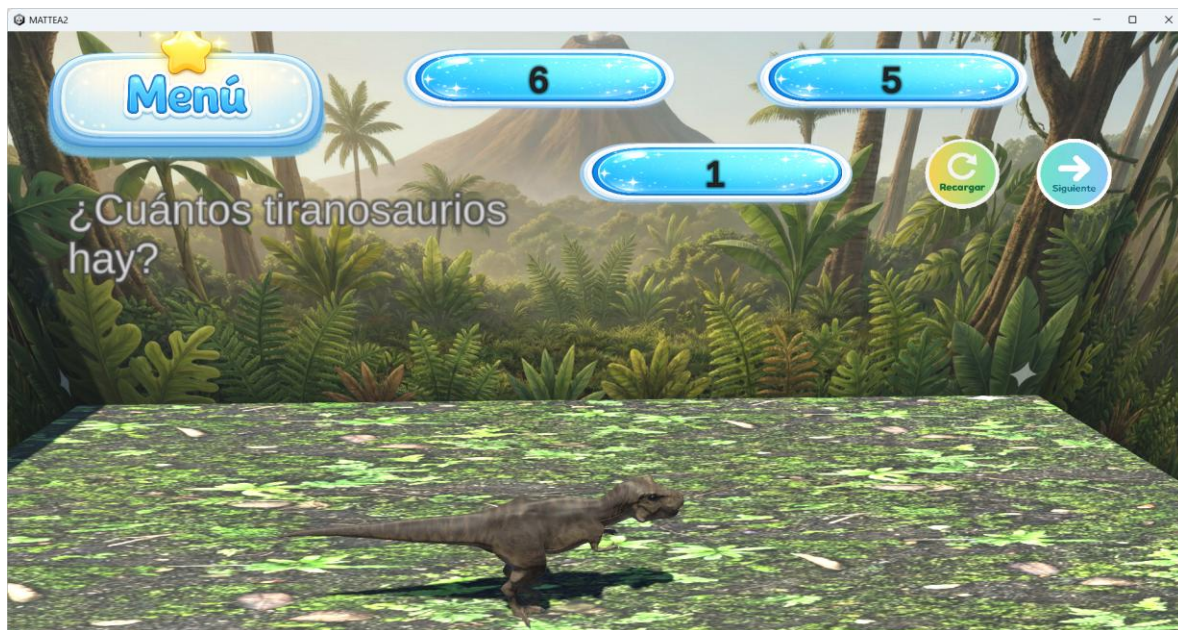


Figura 4.15 Escenario de tiranosaurio rex al usar botón recargar.

Fuente. Elaboración propia

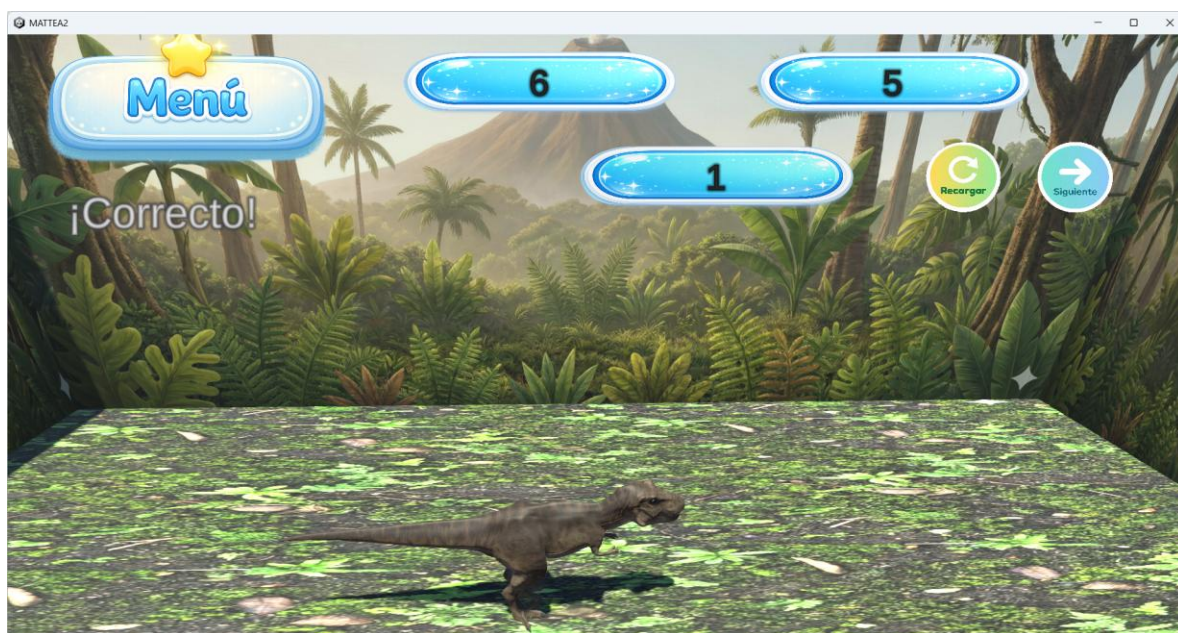


Figura 4.16 Escenario de tiranosaurio rex cuando se contesta correctamente.

Fuente. Elaboración propia

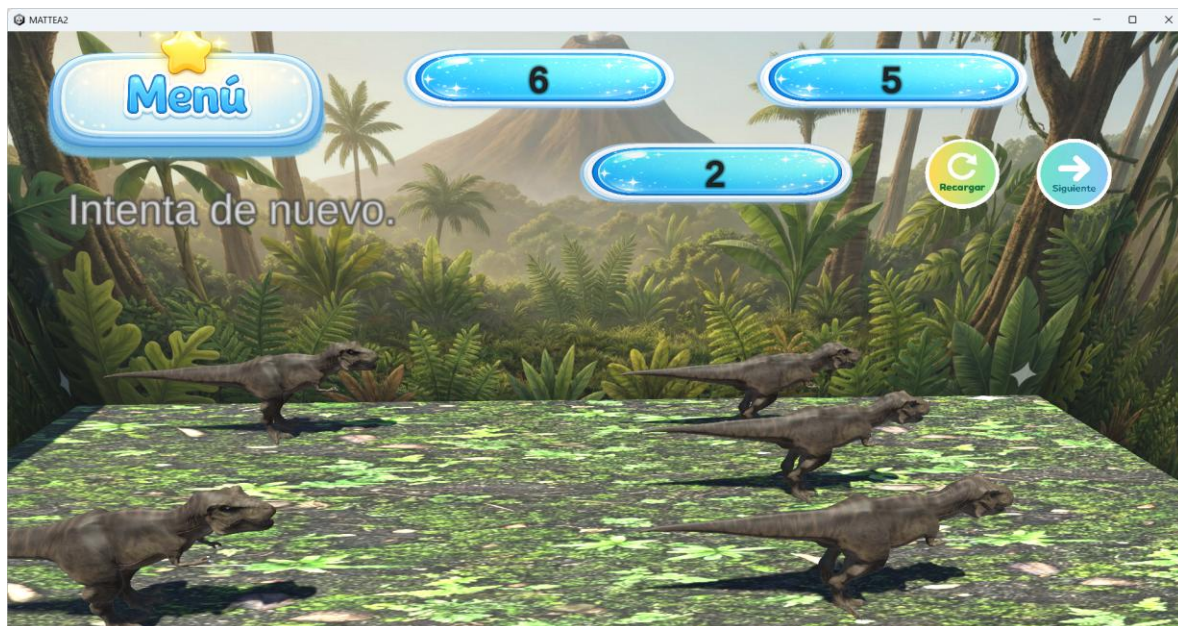


Figura 4.17 Escenario de tiranosaurio rex cuando se contesta incorrectamente.

Fuente. Elaboración propia

En las Figuras 4.18 y 4.19 se quiere evidenciar que el escenario mantiene una sola estructura, aunque las colecciones cambien, hay colección de braquiosaurios y de triceratops con proporciones cercanas a las reales.

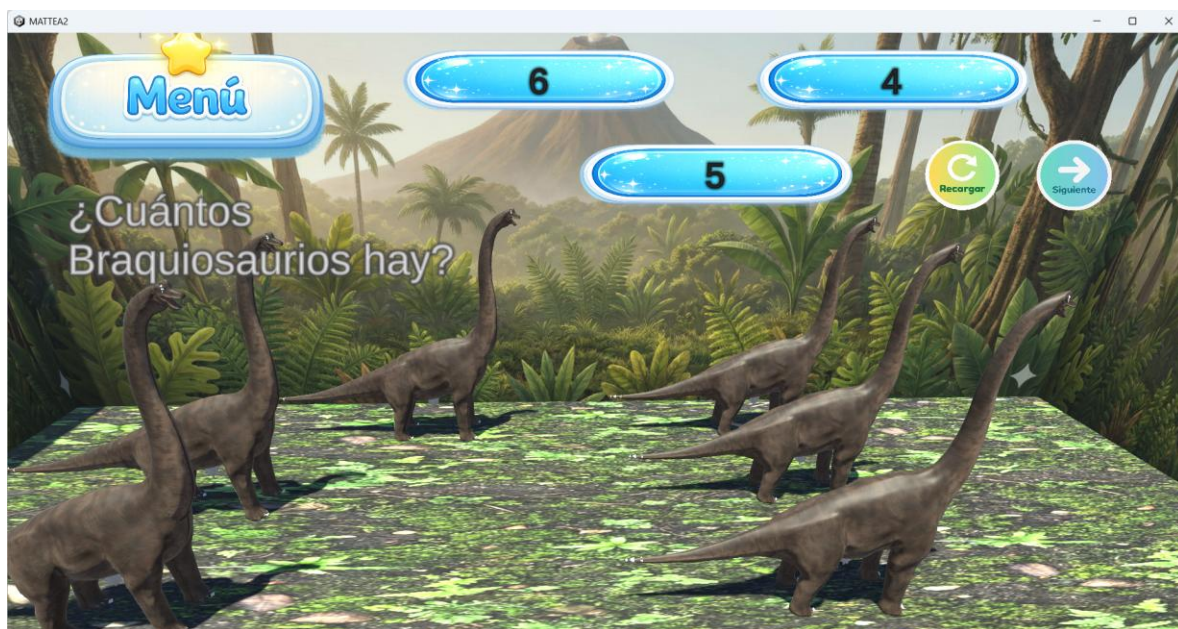


Figura 4.18 Escenario de braquiosaurios considerando el conteo en un escenario jurásico.

Fuente. Elaboración propia

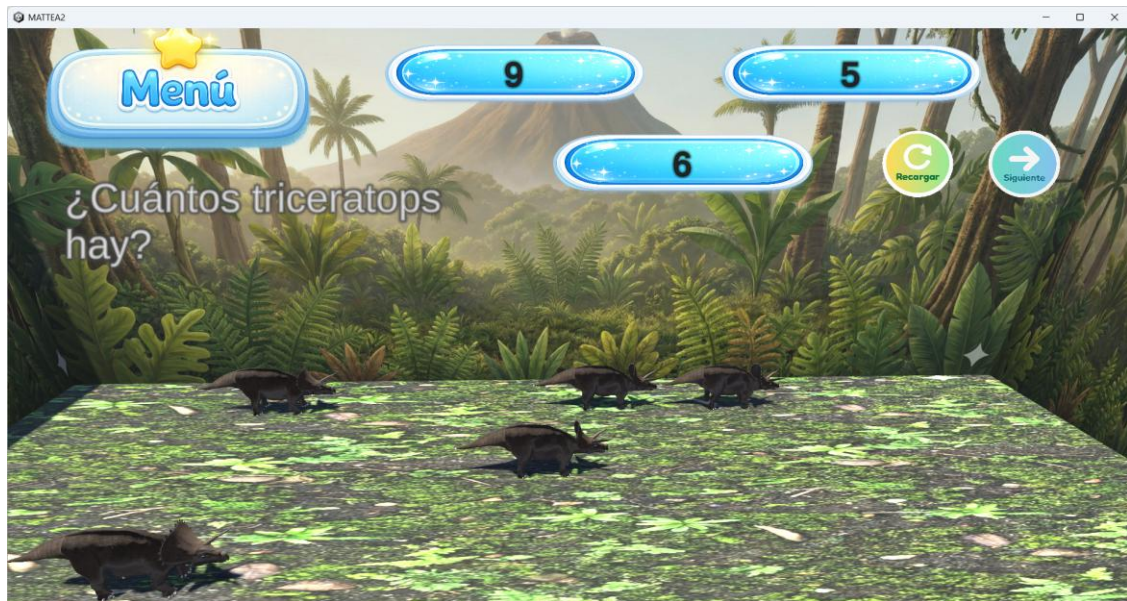


Figura 4.19 Escenario de triceratops considerando el conteo en un escenario jurásico.

Fuente. Elaboración propia

Para tratar de diversificar el tipo de actividades que se proporcionan y aprovechar los modelos creados, se utilizó el fondo jurásico y el modelo del tiranosaurio rex pero ahora con una mecánica distinta, en este escenario se hace al azar una de dos preguntas “¿Cuál es el más grande?” Figura 4.20 o “¿Cuál es el más pequeño? Figura 4.21, es una actividad viable más sencilla que las anteriores, pero es pertinente y funcional para comparar tamaños, además se mantiene la idea de azar para la distribución de los dinosaurios y se buscó que el evento `onClick()` permitiera detectar fácilmente la intención del alumno de elegir una de las 3 opciones.



Figura 4.20 Escenario de tiranosaurios rex considerando comparación de tamaños en un escenario jurásico.

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.21 Escenario de tiranosaurios rex mostrando que oscila entre preguntar por el más pequeño y el más grande.

Fuente. Elaboración propia

Finalmente se diseñó un escenario que representa un entorno de un cuarto como se presenta en las Figuras 4.22 y 4.23, dónde hay cuerpos geométricos de diferentes colores, se estableció

que los scripts pudieran crear al azar 3 cuerpos con colores también al azar, pero que hicieran una validación para que no se crearan 2 objetos con el mismo color. De este modo 9 posibles preguntas diferentes y quedan 3 opciones de respuesta correcta que también va cambiando de posición al azar. Este escenario no tiene botones de siguiente y recargar porque en cuanto se contesta correctamente se llama a otro ejercicio. Lo que si se mantiene es la idea de tener una retroalimentación inmediata mandando un mensaje escrito y sonoro de “Es correcto” o “Sigue intentando” como en la Figura 4.24.



Figura 4.22 Escenario cuerpos geométricos considerando reconocimiento del cuerpo y el color.

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.23 Escenario cuerpos geométricos mostrando que cambian los cuerpos y colores al azar.

Fuente. Elaboración propia



Figura 4.24 Escenario cuerpos geométricos mostrando que motiva a seguir intentando ante un error.

Fuente. Elaboración propia

4.3 Validación con expertos

Al trabajar en el proceso de desarrollo de software educativo, es indispensable trabajar en la fase de validación para garantizar que la solución tecnológica propuesta cumpla con el propósito didáctico para responder a las necesidades del usuario. Considerando a MATTEA, al ser para personas con TEA, este proceso requirió rigor en las pruebas de software.

Se estructuró una estrategia para validar el proyecto dividida en:

- Validación de contenido y usabilidad
- Prueba piloto en escenario real

4.3.1 Análisis cualitativo de la retroalimentación

Los resultados de la validación se clasificaron en categorías clave derivadas de los instrumentos de recolección de datos:

La validación preliminar del prototipo funcional, realizada por un grupo de 6 especialistas en Educación Preescolar e Inclusión Educativa, arrojó una valoración globalmente positiva respecto a la pertinencia de la herramienta. El consenso docente validó la propuesta no solo como un recurso tecnológico, sino como un material didáctico capaz de reforzar los aprendizajes matemáticos tanto en el entorno áulico como en el hogar.

Desde una perspectiva operativa, se destacó la versatilidad de despliegue. Las educadoras valoraron críticamente la capacidad del software para funcionar sin conexión a internet (*offline*), identificando esta característica como un factor determinante para garantizar la accesibilidad en contextos con infraestructura limitada. Asimismo, se identificó un potencial de uso híbrido: la aplicación demostró ser efectiva tanto para la evaluación individualizada como para dinámicas grupales mediante proyección, lo que sugiere que puede fomentar la participación colectiva y no solo el aislamiento frente al dispositivo.

Sin embargo, el análisis técnico del diseño visual reveló áreas de oportunidad críticas para la usabilidad en usuarios con TEA. A pesar de que la interfaz fue calificada mayoritariamente como amigable, se detectó un problema de contraste figura-fondo en los ejercicios de conteo que se corrigió oportunamente gracias a este comentario. Específicamente, los modelos

tridimensionales de los aviones, al presentarse en tonos grises y proyectar sombras, tendían a confundirse con el escenario, dificultando la discriminación visual necesaria para el conteo. Este hallazgo empírico reorientó las decisiones de diseño hacia el uso de paletas de colores pastel. A diferencia de los tonos neutros originales, los colores pastel logran un equilibrio técnico-pedagógico: generan el ambiente tranquilo requerido para evitar la sobreestimulación sensorial, pero ofrecen el contraste suficiente para destacar los elementos interactivos. Paralelamente, en el apartado auditivo, se evidenció la necesidad de enriquecer el sistema de recompensas. La validación sugiere superar la retroalimentación binaria (correcto/incorrecto) para integrar frases motivacionales variadas (ej. "¡Lo hiciste muy bien!"), fortaleciendo así la gamificación y el refuerzo positivo.

Finalmente, respecto a la adaptabilidad curricular, se confirmó que el nivel de dificultad actual es idóneo para alumnos de primer grado o con rezago educativo. No obstante, para garantizar la escalabilidad del proyecto, las especialistas recomendaron la implementación de una progresión gradual de complejidad. Esto implica que el software debe permitir ajustes personalizados según el diagnóstico y avance cognitivo de cada infante, e idealmente, expandirse hacia nuevas dinámicas que trabajen funciones ejecutivas como la memoria, la clasificación y la discriminación visual.

4.3.2 Validación de contenido y usabilidad

Para evaluar la pertinencia pedagógica y técnica de MATTEA, se aplicó un formulario que sirve de instrumento de validación a un grupo de 8 especialistas (docentes de Lic. En Educación Preescolar, Lic. En Inclusión Educativa y Lic. En Educación Inicial). El objetivo fue recabar su percepción sobre la funcionalidad del MATTEA. El instrumento se centró en cuatro ejes fundamentales: pertinencia pedagógica, adecuación a las características del TEA, alineación con la NEM y valoración global del software. A continuación, se muestran los resultados más importantes de este instrumento:

A. Pertinencia pedagógica

Se cuestionó a las expertas sobre la efectividad de las actividades propuestas para el desarrollo del pensamiento matemático. En la Figura 4.25 se observa que la mayoría de encuestadas coincidió en que la mecánica de MATTEA favorece el aprendizaje significativo.

Pertinencia pedagógica

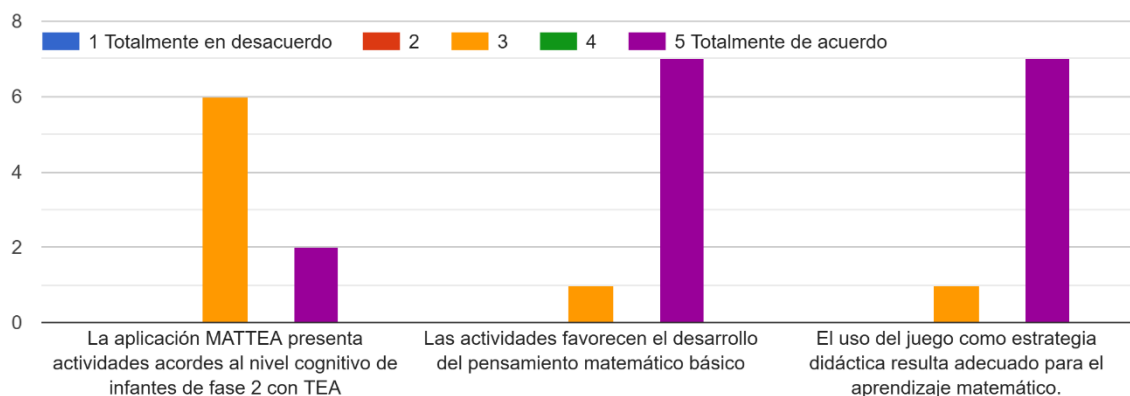


Figura 4.25 Evaluación de la pertinencia pedagógica de las actividades propuestas.

Fuente. Elaboración propia

B. Adecuación a las características del TEA

Al evaluar la interfaz, considerando los colores y sonidos presentados, se determina que son adecuados para evitar sobreestimulación y favorecen la atención de acuerdo con los resultados de la Figura 4.26.

Adecuación a las características de TEA

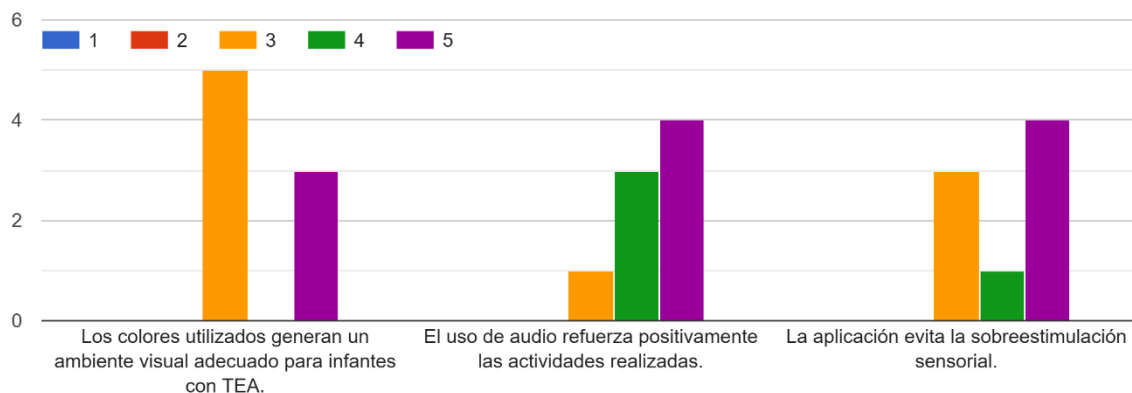


Figura 4.26 Valoración de la interfaz para usuarios con TEA.

Fuente. Elaboración propia

C. Alineación curricular

Para este proyecto fue indispensable pedir a los docentes que evaluaran si los contenidos de la aplicación corresponden a los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje (PDA) que vienen determinados en el plan sintético en las fases 2 y 3, de tal manera que en la figura 4.27 se pueden observar los resultados que en general también son positivos.

Alineación curricular

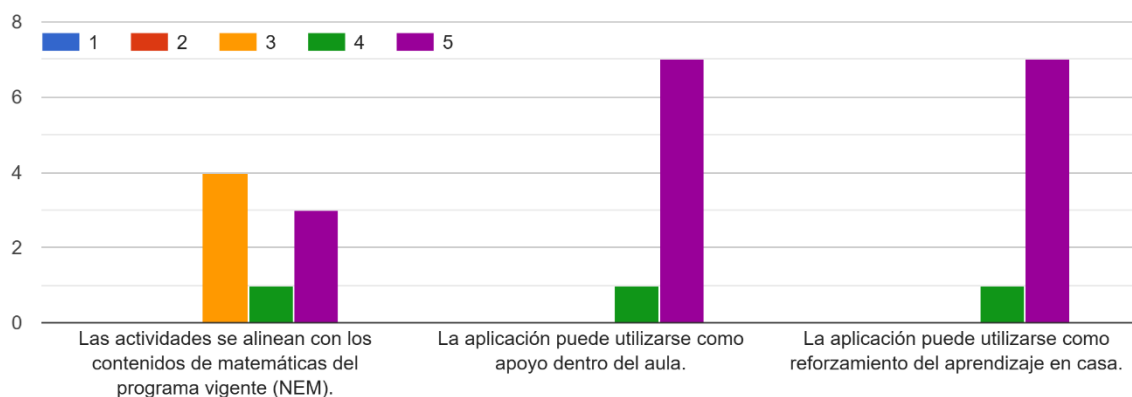


Figura 4.27 Percepción de alineación con la NEM.

Fuente. Elaboración propia

Realmente este es uno de los resultados más importantes de MATTEA, ya que ninguna otra aplicación considera el contenido curricular de la NEM y al mismo tiempo valida positivamente la viabilidad de ser integrada en las planeaciones oficiales del curso escolar.

D. Valoración Global

Para concluir, se solicitó una ponderación general del proyecto, considerando su utilidad, innovación y calidad técnica, en la figura 4.28 se muestran los resultados.

Valoración global

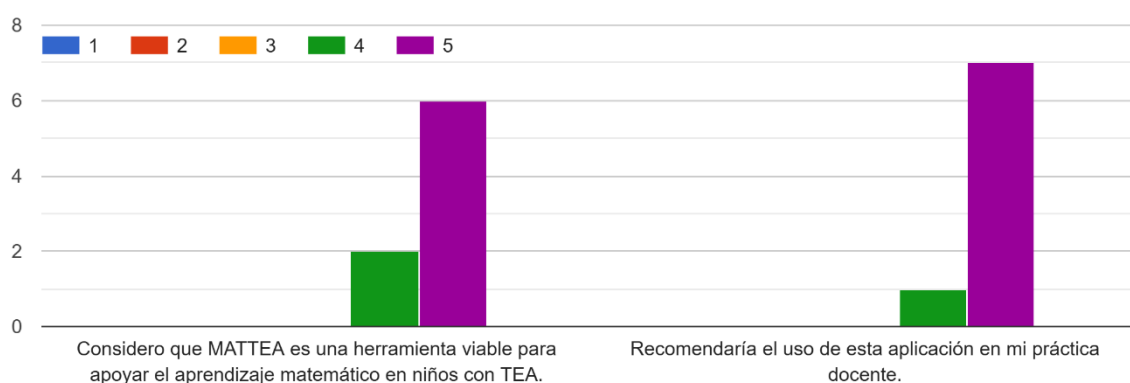


Figura 4.28 Calificación global del proyecto por parte de las docentes expertas.

Fuente. Elaboración propia

En general el resultado global es muy satisfactorio, las expertas coinciden en que la aplicación cubre una necesidad real en las aulas para dar un paso adelante en la educación inclusiva.

4.3.3 Prueba piloto en escenario real

Después de la revisión de expertos, se llevó a cabo una prueba piloto controlada en un entorno real de clase. La aplicación fue utilizada por 4 infantes diagnosticados con TEA, bajo la supervisión directa de una docente titular, quien pudo observar meticulosamente las

interacciones de los infantes con MATTEA, registrando las reacciones, tiempos de atención y barreras enfrentadas por los estudiantes.

Llegando a este momento, cabe mencionar que todos los instrumentos anteriores habían sido considerando la opinión experta de profesionistas comprometidos con mejorar las condiciones académicas de sus estudiantes, pero ahora no solo es la opinión sino el uso aplicado con usuarios objetivos, es decir, con la experiencia de usuario en contexto. Los hallazgos observados se sistematizan en la Tabla 4.1, en categorías por dimensiones interacción.

Tabla 4.1 Matriz de hallazgos durante la prueba piloto con infantes con TEA (N=4).

Dimensión evaluada	Observación en aula
Respuesta sensorial y atención	La docente reportó que los estímulos visuales fueron asimilados adecuadamente, sin generar sobreestimulación. Menciona en especial que la inclusión de audio fue evaluada como altamente efectivo para guiar la actividad. Desde el punto de vista cualitativo, se observó que los infantes mantuvieron atención permanente, mostrando una participación activa al vocalizar onomatopeyas y mencionar colores de manera espontánea al interactuar con los modelos 3D.
Usabilidad	Se observó también un alto grado de accesibilidad cognitiva e intuitiva. De acuerdo con el reporte, los usuarios lograron interactuar con la aplicación y comprender claramente la dinámica de los escenarios sin presentar dificultad. Resulta relevante que los alumnos pudieran utilizar la herramienta con poca o inexistente asistencia física o verbal por parte de adultos, lo que valida el diseño de la interfaz adaptada.
Comprensión de la mecánica	MATTEA demostró ser una herramienta efectiva para cumplir el objetivo didáctico. Los infantes lograron identificar correctamente los objetos a contar y respondieron de forma adecuada a las preguntas e instrucciones de las actividades. La docente menciona que el uso de la aplicación favoreció de manera directa la comprensión del conteo básico, validando que el propósito de la herramienta se cumple.
Gestión de frustración	En el tiempo de uso de la herramienta tecnológica, no se presentaron episodios de frustración derivados de la dificultad del juego. Por el contrario, la aplicación generó un gran nivel de interés, participación y agrado tan elevado que la principal barrera conductual fue la transición de salida (un poco de resistencia o llanto al finalizar el uso de MATTEA).

Fuente. Elaboración propia

4.4 Discusión de resultados

Los hallazgos cualitativos de la intervención respaldan el cumplimiento de los objetivos de desarrollo, pertinencia y usabilidad de MATTEA. Es sumamente importante que cuatro infantes lograran interactuar de forma autónoma con la aplicación, esto demuestra que el

Diseño Centrado en el Usuario aplicado tuvo éxito para solventar las barreras de accesibilidad.

Respecto a todo esto, un hallazgo impresionante sobre la prueba piloto es que al reportar la dificultad para que los infantes dejaran de usar la aplicación, también se confirma que el entorno gamificado en 3D funciona como un reforzador positivo extraordinariamente potente para los niños con TEA. La docente menciona que aplicó una estrategia de anticipación conductual, permitiendo que su planeación considere las características de su grupo. Esto reafirma que MATTEA no pretende sustituir al maestro, sino que se convierte en una herramienta tecnológica de alto impacto que, acompañada de conocimiento pedagógico y educativo adecuado, potencia el interés y aprendizaje matemático en las aulas de educación inclusiva.

4.4.1 Análisis comparativo con soluciones existentes

Para tener una idea más clara del verdadero aporte tecnológico y pedagógico de esta investigación, se realizó una contrastación técnica y funcional de MATTEA frente a opciones populares en el mercado orientadas de alguna forma al autismo o al aprendizaje matemático. Las aplicaciones fueron analizadas en el estado del arte como referentes internacionales; sin embargo, al realizar la contrastación con las necesidades del contexto cercano, se evidencian diferencias significativas en su enfoque y forma de aplicar. La Tabla 4.2 detalla las características de cada herramienta permitiendo observar claramente la especialidad de cada una.

Tabla 4.2 Análisis comparativo de las características entre MATTEA y soluciones existentes.

Característica	Proloque2Go (AssistiveWare, 2025)	Autism Therapy with MITA (ImagiRation LLC, 2024)	ModMath (ModMath, 2026)	MATTEA
Enfoque	Comunicación aumentativa	Terapia de lenguaje y cognitiva general	Editor de matemáticas tipo cuaderno virtual	Enseñanza de matemáticas
Público	Personas con dificultades de habla	Intervención temprana	Dislexia, disgrafía y TEA	Infantes con TEA de fase 2 y 3
Contexto educativo	Comunicación diaria	Terapia conductual cognitiva	Herramienta de escritura	Alineado a la NEM

Interacción	Selección de pictogramas 2D	Ejercicios de arrastrar en 2D	Teclado virtual numérico	Entorno gamificado 3D interactivo
Disponibilidad	iOS (Costo elevado)	Multiplataforma	iOS específicamente iPad	Multiplataforma PC y dispositivos Android
Idioma-entorno	Inglés, español, francés, holandés	Inglés, español neutro	Inglés	Español regional de México

Fuente. Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 4.2, se puede identificar que, si bien es verdad que existen opciones robustas en el mercado, la mayoría atiende necesidades que solamente rodean al aprendizaje matemático curricular, no se concentran en él. Por ejemplo, Proloquo2Go es un estándar en comunicación, esto sin duda ayuda al pensamiento matemático, pero no se concentra precisamente en él. Por otro lado, ModMath resuelve la barrera de la escritura, pero no enseña conceptos de conteo ni número, funcionando únicamente como un cuaderno digital. Contrastando esto, MATTEA toma específicamente una posición que interseca la accesibilidad cognitiva y el currículo de matemáticas de la NEM, algo que sin duda las opciones extranjeras no van a considerar nunca.

Avanzando en el análisis, para visualizar las ventajas competitivas de la aplicación en términos de que tan funcional es, así como la infraestructura que utiliza, en la Tabla 4.3 se presenta una matriz de características y funcionalidades entre MATTEA y otras opciones comerciales.

Tabla 4.3 Matriz de características y funcionalidades competitivas entre MATTEA y otras aplicaciones comerciales.

Característica	Proloquo2Go	Autism Theraoy with MITA	ModMath	MATTEA
Especializada en matemáticas		 Es general		
Diseño específico para TEA				

Alineada a la NEM				
Entorno gamificado en 3D				
Funciona sin internet				
Multiplataforma (PC y Android)				
Gratuita		 Solo pueden usar una parte gratis		

Fuente. Elaboración propia.

Los datos presentados en la matriz de características y funcionalidades permiten destacar tres hallazgos muy importantes que dan validez a la pertinencia de MATTEA frente a las opciones internacionales:

- Accesibilidad tecnológica y económica. Aplicaciones como ModMath o Prologue2Go están limitadas a ecosistemas específicos o tienen costos elevados para el contexto de Huauchinango. MATTEA, al ser desarrollada en Unity puede usarse en Android y PC, con opciones de crear los ejecutables en otras plataformas.
- Contextualización curricular. A diferencia de las opciones internacionales, MATTEA es la única que considera los contenidos específicos de las fases 2 y 3 de la NEM.
- Innovación de la interfaz 3D. Respecto a este punto, MATTEA es la única que ofrece un entorno 3D que permite trabajar las 3 dimensiones, permitiendo una gama mucho más amplia de posibilidades, combinando actividades que solo podrían hacerse en 2D con aquellas que se benefician de un entorno con profundidad.

4.4.2 Contrastación entre teoría y práctica en el diseño visual

Uno de los hallazgos más reveladores de este estudio surgió en torno a la paleta de colores y el contraste figura-fondo. El diseño inicial se fundamentó en la literatura existente sobre TEA, la cual sugiere el uso de colores neutros y la reducción de estímulos para evitar la sobrecarga sensorial. Sin embargo, la validación empírica demostró que una interpretación estricta de esta norma puede ser contraproducente porque en la práctica los infantes utilizan todo tipo de aplicaciones sin restricciones de colores.

Las observaciones de las especialistas, como la Lic. María Fernanda Ibey, señalaron que los modelos 3D (aviones) en tonos grisáceos perdían visibilidad debido a las sombras y al fondo claro y después algunas expertas más hicieron la misma mención. Esto genera una discusión importante sobre el **equilibrio entre la calma sensorial y la accesibilidad visual**. Si bien se debe evitar la estridencia (colores neón o saturados), el "bajo contraste" dificulta que el infante identifique el objeto a contar, añadiendo una barrera cognitiva innecesaria.

Este hallazgo valida la sugerencia de migrar hacia "colores pastel", los cuales ofrecen una solución intermedia: mantienen una baja saturación que evita la ansiedad, pero proporcionan suficiente cromatismo para distinguir claramente los elementos interactivos del entorno. Esto aporta un matiz importante a las guías de diseño para TEA: la claridad visual debe priorizarse tanto como la neutralidad sensorial.

4.4.3 Funcionalidad en contextos de educación especial

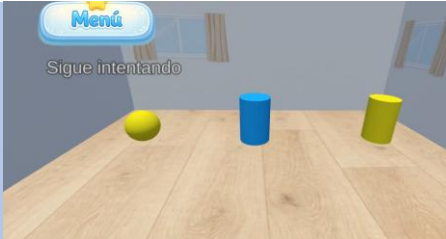
La aceptación unánime (100%) de la funcionalidad confirma que MATTEA responde a una necesidad latente en la región de Huauchinango. Un punto crítico de discusión es la valoración positiva de la característica *offline* (sin conexión a internet).

En el contexto de la Nueva Escuela Mexicana y la realidad de muchas escuelas de educación especial que carecen de infraestructura de red robusta, la decisión tecnológica de hacer una aplicación ejecutable localmente fue acertada. A diferencia de las plataformas web que dependen de la conectividad, el proyecto demostró ser una herramienta viable para ser llevada "del aula a la casa", permitiendo la continuidad pedagógica sin depender de internet todo el tiempo, un factor que a menudo limita la implementación de TIC en zonas rurales o semiurbanas.

4.4.4 Comparativa de interfaces

Para comprobar que la exportación multiplataforma y la adaptabilidad gráfica, se realizó un contraste visual entre las versiones ejecutables de MATTEA. Al ser una herramienta enfocada principalmente a infantes con TEA, es necesario garantizar que la distribución de los elementos en pantalla, el tamaño de la tipografía y las áreas de interacción mantengan su usabilidad en ambas plataformas. En la Tabla 4.4 se observa una comparativa entre el ejecutable de escritorio y el de celular, se pueden notar algunos cambios propios de las dimensiones de los dispositivos, pero la distribución, el entorno, logo y botones son consistentes, se percibe que es la misma herramienta tecnológica sin importar el dispositivo electrónico en el que se esté utilizando

Tabla 4.4 Comparativa entre versión móvil y versión de escritorio.

Pantalla	Versión de móvil	Versión de escritorio
Menú		
Escenario de tamaño con dinosaurios		
Escenario de características de juegos geométricos		



Fuente. Elaboración propia.

4.4.5 Motivación y reforzamiento positivo

La validación corroboró que la interactividad 3D fomenta la motivación, cumpliendo con el objetivo de captar la atención de infantes que suelen presentar dificultades en el enfoque sostenido. No obstante, la discusión con los expertos reveló que el sistema de retroalimentación binario ("Correcto" / "Intenta de nuevo") es insuficiente para mantener el compromiso a largo plazo.

Desde la perspectiva conductual, muy utilizada en la intervención del TEA (como en el método ABA), el **reforzamiento positivo** debe ser variado y entusiasta para ser efectivo. La sugerencia docente de incluir frases más emotivas ("¡Lo hiciste muy bien!", "¡Excelente!") indica que la aplicación no solo debe ser un evaluador de respuestas, sino un acompañante que celebre los pequeños logros del estudiante, fortaleciendo su autoestima y tolerancia a la frustración.

4.4.6 Limitaciones y necesidad de progresión

Finalmente, se discute la "estaticidad" del nivel de dificultad. Si bien la aleatoriedad de los objetos evita la memorización mecánica —cumpliendo una de las Historias de Usuario principales—, la diversidad del espectro autista implica que un solo nivel de dificultad no sirve para todos.

Los docentes señalaron que la herramienta es ideal para inicio del conteo, pero se vuelve limitada para alumnos con mayor funcionalidad. Esto subraya la necesidad de implementar menús de configuración docente (niveles progresivos), validando que la tecnología inclusiva debe ser, por definición, flexible y escalable.

Conclusiones

El presente trabajo de investigación culminó con el desarrollo exitoso de "MATTEA". Este nombre significa la materialización del objetivo principal: crear un puente tecnológico entre el pensamiento matemático y las características de TEA, proporcionando un entorno interactivo y adaptado específicamente para atender las necesidades de aprendizaje matemático.

Con base en los objetivos planteados y los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- **Cumplimiento del objetivo general:** Se logró desarrollar una aplicación móvil y una de escritorio que representan una herramienta tecnológica funcional que proporciona un entorno interactivo y adaptado. La aplicación integra elementos visuales y auditivos que responden a las características cognitivas de los usuarios meta, alineándose con los principios de inclusión de la Nueva Escuela Mexicana.
- **Validación metodológica:** La implementación de la metodología ágil Scrum, complementada con el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), permitió un desarrollo iterativo eficiente. La validación por parte de 10 docentes especialistas de la Zona Escolar 001 confirmó que la maquetación y funcionalidad del prototipo son pertinentes para el contexto educativo local.
- **Impacto social y educativo:** El proyecto trasciende lo técnico para convertirse en un recurso de apoyo pedagógico real. La colaboración directa con la Supervisión de Educación Especial aseguró que la herramienta no sea solo un ejercicio académico, sino una solución viable para disminuir las barreras de aprendizaje en matemáticas que enfrentan los infantes con TEA en Huauchinango, Puebla.

La elección de las tecnologías utilizadas permitió que no solo se obtuviera una aplicación móvil para celulares y tabletas en sistemas operativos de tipo Android, sino que también se consiguió obtener la versión de escritorio para sistemas operativos Windows con arquitectura de computadoras Intel 64 – bit.

Propuesta y recomendaciones

A partir de la retroalimentación recibida durante las pruebas de campo con docentes y expertos en inclusión educativa, se identificaron áreas de mejora que quedan planteadas como líneas de trabajo futuro:

1. **Optimización de la interfaz visual:** Se recomienda migrar la paleta de colores actual (tonos grises y neutros) hacia una gama de colores pastel. Si bien los tonos neutros buscaban evitar la sobreestimulación, la evidencia empírica mostró que el contraste figura-fondo era insuficiente para algunos usuarios, dificultando la identificación de objetos como los aviones.
2. **Expansión del sistema de reforzamiento:** Para mantener la motivación intrínseca del infante, se sugiere diversificar la retroalimentación auditiva. Actualmente el sistema indica aciertos y errores, pero se recomienda incorporar frases motivacionales variadas (ej. "¡Lo hiciste muy bien!", "¡Excelente trabajo!") que refuercen positivamente el esfuerzo del estudiante.
3. **Implementación de niveles de dificultad configurables:** Se propone desarrollar un panel de configuración para el docente o tutor, que permita ajustar el rango de conteo y la complejidad de los ejercicios. Esto permitirá que la aplicación "crezca" junto con el niño, adaptándose tanto a infantes con rezago significativo como a aquellos con habilidades más avanzadas.
4. **Nuevos módulos cognitivos:** Futuras versiones deberían incluir actividades enfocadas en otras habilidades cognitivas esenciales sugeridas por los expertos, tales como ejercicios de memoria, clasificación por formas y colores, y discriminación visual, ampliando así el alcance pedagógico de la herramienta.

Trabajos futuros

1. Implementación de un módulo de administración para docentes

Actualmente, la aplicación funciona de manera local y desconectada. Un trabajo futuro ideal para un perfil de sistemas es la integración de una base de datos en la nube que podría ser AWS.

- **Propuesta:** Desarrollar un panel de administración web para docentes y padres de familia. Este módulo permitiría sincronizar los datos de uso móvil en la nube, permitiendo hacer reportes estadísticos en automático, de acuerdo con el progreso del infante, tiempos de respuesta y áreas de dificultad, facilitando así la toma de decisiones pedagógicas basadas en datos estadísticos en alguna representación gráfica.

2. Gamificación (Sistema de recompensas)

Se pretende mejorar la motivación, para esto la estrategia educativa de gamificación es perfecta. Un trabajo futuro puede ser crear una "economía" dentro del juego.

- **Propuesta:** Diseñar un sistema de gamificación que incluya la personalización de avatares. Se propone que los aciertos en los ejercicios matemáticos otorguen 'monedas virtuales' o puntos que el infante pueda canjear por accesorios para su personaje virtual. Este mecanismo busca potenciar la motivación y el gusto por el uso de la herramienta a largo plazo.

3. Estudio ampliado

La validación fue con 10 docentes. Un futuro proyecto de investigación extendida podría medir el impacto real en los niños.

- **Propuesta:** Realizar un estudio con una muestra representativa de estudiantes con TEA, divididos en grupos de control y experimental. El objetivo sería medir cuantitativamente la mejora en las habilidades matemáticas tras un periodo

prolongado de uso (ej. 6 meses), permitiendo validar estadísticamente la hipótesis de mejora en el rendimiento académico.

4. Portabilidad a plataformas Web

Para llegar a escuelas que no tienen tabletas, pero sí computadoras de escritorio.

- **Propuesta:** Adaptar la compilación del proyecto para su despliegue en formato WebGL, permitiendo que la app sea accesible directamente desde navegadores web sin necesidad de instalación. Esto ampliaría significativamente el alcance de la herramienta a instituciones que cuentan con aulas de medios convencionales, pero carecen de dispositivos móviles.

Referencias

- Armstrong, T. (2010). *Neurodiversity: Discovering the extraordinary gifts of autism, ADHD, dyslexia, and other brain differences*. Da Capo Lifelong Books.
- AssistiveWare. (2023). *apple.com*. Retrieved from <https://apps.apple.com/es/app/proloquo2go/id308368164>
- AssistiveWare. (2025). *Proloquo2Go*. Retrieved from assistiveware: <https://www.assistiveware.com/es/productos/proloquo2go>
- Bai, S. H. (2020). Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. *Educational Research Review*.
- Cardoso, E., & Cerecedo, M. T. (2008). El desarrollo de las competencias matemáticas en la primera infancia. *Revista Iberoamericana de Educación*.
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2*. Retrieved from <http://udlguidelines.cast.org>
- CAST. (2024). *CAST UDL Guidelines*. Retrieved from <https://udlguidelines.cast.org/?lang=es>
- Consortium, W. W. (2020). *Introduction to Web Accessibility. W3C Web Accessibility Initiative (WAI)*. Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>
- Deterding, S. D. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". *5th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*.
- Dueñas Buey, M. L. (2010). Educación inclusiva. *Revista española de orientación y psicopedagogía*.
- Estes A., V. R. (2010). Discrepancies Between Academic Achievement and Intellectual. *J Autism Dev Disord*.
- Hyde C., B. E. (2019). A Systematic Review of Video Modelling and Visual Supports for Teaching Mathematics to Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*.
- ImagiRation LLC. (2024). *Autism Therapy with MITA*. Retrieved from ImagiRation: <http://imagiration.com/autism/>
- Inhelder, P. &. (2007). *La psicología del niño*. Morata.

- Juárez Núñez, J. M. (2010). De la educación especial a la educación inclusiva. *Argumentos*.
- LLC, ImagiRation. (2023). *Google play*.
- López Palacios, I. A. (2017). Utilizando TouchMath para enseñar nociones de Aritmética a un niño con TEA. *Educación matemática en la infancia*.
- Mariño, S. I., Alfonzo, P. L., & Arduino, G. A. (2020). Propuesta Ágil para Gestionar Proyectos Educativos Informáticos en Educación Superior. *European Scientific Journal*.
- ModMath. (2023). *Modmath*. Retrieved from <https://www.modmath.com/>
- ModMath. (2026). *ModMath*. Retrieved from ModMath: <https://www.modmath.com/>
- Norman, D. A. (2013). The design of everyday things: Revised and expanded edition.
- Organización Mundial de la Salud. (2023, Marzo 29). Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Piaget, J. (1997). *Psicología del niño*. Ediciones Morata.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería de Software*.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *scrumguides*. Retrieved from <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf>
- SEP. (2023). *Gobierno de México*. Retrieved from [https://www.gob.mx/sep/articulos/la-sep-hizo-llegar-al-congreso-de-la-union-las-estrategias-que-mandataron-las-reformas-constitucionales-en-materia-educativa#:~:text=La%20Estrategia%20Nacional%20de%20Educaci%C3%B3n%20Inclusiva%20\(ENEI\)%20coloca%20en%20el](https://www.gob.mx/sep/articulos/la-sep-hizo-llegar-al-congreso-de-la-union-las-estrategias-que-mandataron-las-reformas-constitucionales-en-materia-educativa#:~:text=La%20Estrategia%20Nacional%20de%20Educaci%C3%B3n%20Inclusiva%20(ENEI)%20coloca%20en%20el),
- SEP. (2023). Planes y programas de estudios para preescolar, primaria y secundaria. México.
- SEP. (2023). PROGRAMAS DE ESTUDIO PARA LA EDUCACIÓN PREESCOLAR, PRIMARIA Y SECUNDARIA: PROGRAMAS SINTÉTICOS DE LAS 2 A 6.
- UNESCO. (2020). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2020: Inclusión y educación: Todos sin excepción*.
- Unity. (2016). *Unity*. Retrieved from Unity Documentation: https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UnityManual.html?utm_source=chatgpt.com
- Varela, F. (1997). *De cuerpo presente*. Barcelona, España: Gedisa.