



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SERIOUS GAME CON
INTEGRACIÓN DE GAME LEARNING ANALYTICS
ORIENTADO AL APOYO EN EL APRENDIZAJE DE LAS
OPERACIONES BÁSICAS DE MATEMÁTICAS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS

AUTORES: BRANDON ALEXANDER TUBÓN USCA
BRYAN ANDRES GAGÑAY ANGAMARCA

DIRECTOR: Ing. DIEGO FERNANDO AVILA PESANTEZ

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Brandon Alexander Tubón Usca, Bryan Andres Gagnay Angamarca**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Brandon Alexander Tubón Usca y Bryan Andres Gagñay Angamarca, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, 20 de Agosto de 2021.



Brandon Alexander Tubón Usca

060513240-6



Bryan Andres Gagñay Angamarca

060494723-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación, tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN SERIOUS GAME CON INTEGRACIÓN DE GAME LEARNING ANALYTICS ORIENTADO AL APOYO EN EL APRENDIZAJE DE LAS OPERACIONES BÁSICAS DE MATEMÁTICAS**, realizado por los señores: **BRANDON ALEXANDER TUBÓN USCA, BRYAN ANDRES GAGÑAY ANGAMARCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Víctor Fernando Proaño Brito PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	 <p>Firmado electrónicamente por: VÍCTOR FERNANDO PROAÑO BRITO</p>	2018-08-20
<p>Ing. Diego Fernando Avila Pesantez DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	 <p>Firmado electrónicamente por: DIEGO FERNANDO AVILA PESANTEZ</p>	2018-08-20
<p>Dra. Narcisa de Jesús Salazar Álvarez MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	<p>NARCISA DE JESUS SALAZAR ALVAREZ</p>  <p>Firmado digitalmente por NARCISA DE JESUS SALAZAR ALVAREZ Fecha: 2021.08.24 14:02:46 -05'00'</p>	2018-08-20

Riobamba, 24 de Agosto de 2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera muy especial a mis padres Luis Tubón y María Usca porque desde que tengo uso de razón han estado atentos a mis necesidades y me han impulsado y apoyado a conseguir muchos logros en mi vida, de los cuales sé que no podría haberlos conseguido sin su ayuda, este trabajo es fruto de su esfuerzo en proveer para mi vida educación de calidad y enseñarme de valores y principios que me han servido a lo largo de toda mi carrera universitaria. Para ellos a quienes les debo por todo el tiempo, paciencia y constancia conmigo, se los dedico con mucho amor y con mucho orgullo.

Alexander

Dedico este trabajo a mis padres Luis Gagnay y Rosa Angamarca quienes son los principales responsables de que pueda cumplir una meta más en mi formación profesional, ya que han realizado varios sacrificios para que no me falte nada. Gracias por todos los consejos, enseñanzas y la motivación que me han sabido dar para nunca rendirme en este largo camino. A mis amigos con los cuales he compartido muchas risas, grandes momentos y de los cuales he aprendido a mirar el mundo desde diferentes puntos vista.

Bryan

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios de manera primordial por bendecir mi vida y darle sentido, por los dones que ha dispuesto para mí y porque no hay un paso que no dé donde no encuentre de su presencia y su intercesión. Agradezco de gran manera también a todos aquellos familiares y amigos quienes han estado pendientes y llenando de motivación mi camino a ser un profesional, a mis hermanos Irvin Tubón y Gabriela Tubón por su ejemplo que llevo como un modelo para mi vida, por su trabajo, esfuerzo, dedicación y consejo que han sabido también ser de valioso aporte en la consecución de mis metas y objetivos.

Alexander

Quiero agradecer a Dios, quien es la guía para nunca desviarme del camino y darme la luz de esperanza para todo lo que me propongo. Agradezco a mi familia y amigos quien han estado siempre apoyándome a lo largo de mi vida. También quiero expresar mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a los docentes que han sabido compartir sus conocimientos y experiencias para que pueda estar preparado para mi vida profesional.

Bryan

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Sistematización del problema.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. <i>Justificación teórica</i>	3
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i>	4
1.4.3. <i>Justificación Aplicativa</i>	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	
2.1. Trabajos Relacionados.....	7
2.2. Marco Conceptual.....	8
2.2.1. <i>Serious Game</i>	8
2.2.2. <i>Serious Game en el aprendizaje de Matemáticas</i>	8
2.2.3. <i>Learning Analytics</i>	9
2.2.4. <i>Game Analytics</i>	9
2.2.5. <i>Game Learning Analytics</i>	9
2.2.6. <i>Experience API</i>	10
2.2.7. <i>Eye Tracking</i>	10
2.2.8. <i>Eye Tracker</i>	10
2.2.9. <i>Metodología SUM</i>	11

2.2.10.	<i>Unity 3D</i>	11
2.2.11.	<i>MongoDB</i>	12
2.2.12.	<i>Usabilidad</i>	12
2.2.13.	<i>Evaluación de usabilidad</i>	12
2.2.14.	<i>Real Eye</i>	13
2.2.15.	<i>Modelo de Arquitectura C4</i>	13
CAPÍTULO III		
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	
3.1.	Metodología de desarrollo SUM	14
3.1.1.	Desarrollo del concepto	14
3.1.1.1.	<i>Definición de aspectos del juego</i>	14
3.1.1.2.	<i>Definición de los aspectos técnicos</i>	15
3.1.1.3.	<i>Definición de aspectos de negocio</i>	17
3.1.1.4.	<i>Bocetos</i>	17
3.1.2.	Planificación	19
3.1.2.1.	<i>Definición del equipo de desarrollo</i>	19
3.1.2.2.	<i>Especificación del Serious Game</i>	19
3.1.2.3.	<i>Planificación Administrativa</i>	27
3.1.3.	Elaboración	31
3.1.3.1.	<i>Diseño de la arquitectura</i>	31
3.1.3.2.	<i>Diseño de la base de datos</i>	33
3.1.3.3.	<i>Diccionario de datos</i>	34
3.1.3.4.	<i>Elaboración de Personajes</i>	35
3.1.3.5.	<i>Diseño de interfaz</i>	35
3.1.3.6.	<i>Diseño de niveles</i>	38
3.1.3.7.	<i>Manuales de usuario</i>	40
3.1.4.	BETA	40
3.1.5.	Cierre	41
3.1.5.1.	<i>Esquema general del Proyecto</i>	42
3.1.6.	Gestión de riesgos	43
3.2.	Descripción del estudio	43
3.2.1.	Definición de la hipótesis	43
3.2.2.	Selección de la muestra	43
3.2.2.1.	<i>Selección de la muestra para test de Eye Tracking</i>	43
3.2.2.2.	<i>Selección de la muestra para cuestionarios de usabilidad</i>	43
3.2.3.	Mediciones	44

3.2.3.1.	<i>Usabilidad con Eye Tracking</i>	44
3.2.3.2.	<i>Usabilidad mediante Cuestionarios</i>	45
3.2.3.3.	<i>Game Learning Analytics</i>	46
3.2.4.	Intervención	48
3.2.4.1.	<i>Usabilidad con Eye Tracking</i>	48
3.2.4.2.	<i>Usabilidad mediante Cuestionarios</i>	48
3.2.4.3.	<i>Game Learning Analytics</i>	48
3.2.5.	Seguimiento	48
3.2.5.1.	<i>Usabilidad con Eye Tracking</i>	48
3.2.5.2.	<i>Usabilidad mediante Cuestionarios</i>	48
3.2.5.3.	<i>Game Learning Analytics</i>	48
3.2.6.	Definición conceptual	48
3.2.7.	Definición del estudio	49
3.2.7.1.	<i>Usabilidad con Eye Tracking</i>	49
3.2.7.2.	<i>Usabilidad mediante Cuestionarios</i>	49
3.2.7.3.	<i>Game Learning Analytics</i>	50
3.2.8.	Análisis estadístico	51
3.2.8.1.	<i>Estadígrafo inferencial</i>	51
3.2.9.	Aspectos éticos	51
CAPÍTULO IV		
4.	RESULTADOS	
4.1.	Resultados del estudio de evaluación de interfaces con Eye Tracking	52
4.1.1.	<i>Evaluación de la interfaz del Menú de login</i>	52
4.1.2.	<i>Evaluación de la interfaz de Selección de módulo</i>	56
4.1.3.	<i>Evaluación de la interfaz de Selección de respuesta</i>	61
4.2.	Resultados de evaluación de interfaces mediante Cuestionarios de Usabilidad ..	65
4.2.1.	Desarrollo	67
4.2.1.1.	<i>Test de Normalidad</i>	67
4.2.1.2.	<i>Test T de Student</i>	67
4.2.1.3.	<i>Comprobación de la hipótesis</i>	68
4.3.	Resultados del estudio de evaluación de rendimiento en el juego (GLA)	68
4.3.1.	Desarrollo	68
4.3.1.1.	<i>Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador</i>	68
4.3.1.2.	<i>Media de tiempo en cada módulo por jugador</i>	69
4.3.1.3.	<i>Media de puntuación en cada módulo por jugador</i>	70
4.3.1.4.	<i>Preguntas totales y respondidas por jugador</i>	71

4.3.1.5.	<i>Balance de preguntas respondidas y totales.....</i>	72
4.3.1.6.	<i>Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego</i>	73
4.3.1.7.	<i>Número de jugadores que han participado en cada módulo</i>	74
4.3.2.	Docentes	75
4.3.2.1.	<i>Errores y aciertos totales.....</i>	75
4.3.2.2.	<i>Errores y aciertos por jugador</i>	76
4.3.2.3.	<i>Jugadores con el mayor número de errores</i>	77
4.3.2.4.	<i>Módulos donde se ha producido la mayor cantidad de errores</i>	78
4.3.2.5.	<i>Partidas totales realizadas en cada módulo.....</i>	79
4.3.2.6.	<i>Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos.....</i>	80
4.3.2.7.	<i>Balances mensuales de los jugadores en los módulos.....</i>	81
	DISCUSIÓN	81
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Hardware necesario para el desarrollo.....	16
Tabla 2-3: Software necesario para el desarrollo.....	16
Tabla 3-3: Bocetos del juego	17
Tabla 4-3: Registro de Roles.....	19
Tabla 5-3: Requerimientos funcionales	19
Tabla 6-3: Requerimientos no funcionales	21
Tabla 7-3: Matriz FODA	22
Tabla 8-3: Valores de estimación para Planning Poker	23
Tabla 9-3: Estimación de los requerimientos en base a Planning Poker.....	23
Tabla 10-3: Plan de entrega del proyecto.....	27
Tabla 11-3: Diccionario de datos.	34
Tabla 12-3: Métricas para la evaluación de usabilidad con la tecnología de Eye Tracking.	44
Tabla 13-3: Preguntas de usabilidad	46
Tabla 14-3: Métricas para la evaluación de las GLA según sus interesados.	47
Tabla 15-3: Interfaces del Serious Game a ser evaluadas.....	50
Tabla 1-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de login.....	53
Tabla 2-4: Duración de la fijación en el objetivo, menú de login.....	54
Tabla 3-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de selección de módulo.	58
Tabla 4-4: Duración de la fijación, menú de selección de módulo.....	59
Tabla 5-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, módulo de Resta.....	62
Tabla 6-4: Duración de la fijación, módulo de Resta.....	63
Tabla 7-4: Promedios de los cuestionarios de usabilidad de las dos versiones de interfaces. .	65
Tabla 8-4: Resultados del Test de Normalidad.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Fases de la Metodología SUM.....	11
Figura 1-3: Diagrama de Contexto del Sistema.....	32
Figura 2-3: Diagrama de Componentes del Serious Game.....	32
Figura 3-3: Diagrama de Componentes del Sistema de Analítica de Aprendizaje.....	33
Figura 4-3: Modelo lógico de la base de datos “Xapi”.....	33
Figura 5-3: Modelo lógico de la base de datos “users”.....	34
Figura 6-3: Personajes elaborados.....	35
Figura 7-3: Pantalla de login.....	36
Figura 8-3: Menú de selección de módulos.....	36
Figura 9-3: Menú de selección de dificultad.....	37
Figura 10-3: Pantalla de créditos.....	37
Figura 11-3: Diseño del módulo suma.....	38
Figura 12-3: Diseño del módulo resta.....	39
Figura 13-3: Diseño del módulo multiplicación.....	39
Figura 14-3: Diseño del módulo división.....	40
Figura 15-3: Versión Beta de Math4Fun.....	41
Figura 16-3: Esquema general del Proyecto.....	42
Figura 1-4: Menú de Login y área/as de interés asignadas.....	52
Figura 2-4: Mapa de calor de ejemplo del menú de login.....	52
Figura 3-4: Menú de selección de módulo y área/as de interés.....	57
Figura 4-4: Mapa de calor de ejemplo del menú de selección de módulo y área/as de interés.....	57
Figura 5-4: Módulo de Resta y área/as de interés.....	61
Figura 6-4: Mapa de calor del módulo de Resta.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de login.....	54
Gráfico 2-4:	Duración de la fijación, menú de login	55
Gráfico 3-4:	Fijación de los participantes en las áreas de interés definidas, menú de login....	56
Gráfico 4-4:	Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de selección de módulo. .	58
Gráfico 5-4:	Duración de la fijación, menú de selección de módulo.....	60
Gráfico 6-4:	Fijación de los participantes en las áreas de interés, menú de selección.....	60
Gráfico 7-4:	Tiempo para la primera fijación en el objetivo, módulo de Resta.....	63
Gráfico 8-4:	Duración de la fijación, módulo de Resta.	64
Gráfico 9-4:	Fijación de los participantes en las áreas de interés definidas, módulo de Resta.	65
Gráfico 10-4:	Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador.....	68
Gráfico 11-4:	Media de tiempo en cada módulo por jugador.	69
Gráfico 12-4:	Media de puntuación en cada módulo por jugador.....	70
Gráfico 13-4:	Preguntas totales y respondidas por jugador	71
Gráfico 14-4:	Balance de preguntas respondidas y totales	72
Gráfico 15-4:	Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego	73
Gráfico 16-4:	Número de jugadores que han participado en cada módulo	74
Gráfico 17-4:	Errores y aciertos totales	75
Gráfico 18-4:	Errores y aciertos por jugador	76
Gráfico 19-4:	Jugadores con el mayor número de errores	77
Gráfico 20-4:	Módulos donde se han producido la mayor cantidad de errores	78
Gráfico 21-4:	Partidas totales realizadas en cada módulo.....	79
Gráfico 22-4:	Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos	80
Gráfico 23-4:	Balances mensuales de los jugadores en los módulos.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Gestión de Riesgos

ANEXO B: Manual de Usuario del Serious Game Math4Fun

ANEXO C: Manual de Usuario del Dashboard Math4Fun

ANEXO E: Evidencias de participación de los niños en la fase BETA

ANEXO F: Sesiones de Eye Tracking de los participantes

ANEXO G: Resultados de los cuestionarios de usabilidad

RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue implementar un Serious Game (SG) con integración de Análisis de Aprendizaje de Juegos (Game Learning Analytics, GLA) orientado al apoyo del aprendizaje de las operaciones básicas de matemáticas para el quinto (5to) nivel de educación general básica. Se utilizó la metodología de desarrollo de videojuegos SUM, permitiendo una comunicación eficiente con los interesados, además de la definición de los aspectos claves del juego. El SG fue desarrollado en Unity3D bajo el paradigma de juego de plataformas 2d, la analítica fue manejada a través del estándar xAPI y almacenada en una base de datos de MongoDB. Con el objetivo de brindar calidad al producto se realizaron evaluaciones de usabilidad con la tecnología de seguimiento ocular (Eye-tracking) y a través del test de usabilidad, para este último se comprobó una hipótesis para validar la mejora en el proceso de diseño de interfaces y por el lado de la tecnología de seguimiento ocular, el parámetro de evaluación escogido para el análisis fue la fijación sobre las interfaces del juego beta. Los resultados arrojaron una correspondencia entre los datos obtenidos de la analítica con los gustos y preferencias de los jugadores obtenidos de la evaluación con eye tracking, lo que, permitió redefinir conceptos en el diseño y programación del SG en busca de su constante mejora.

Palabras clave: <ANÁLISIS DE APRENDIZAJE DE JUEGOS (GLA)>, <JUEGO SERIO (SERIOUS GAME)>, <UNITY (SOFTWARE)>, <ESTÁNDAR XAPI>, <ENSEÑANZA - APRENDIZAJE>, <NIÑOS>, <MATEMÁTICAS>, <SEGUIMIENTO OCULAR>.



1170-DBRAI-UPT-2021

RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue implementar un Serious Game (SG) con integración de Análisis de Aprendizaje de Juegos (Game Learning Analytics, GLA) orientado al apoyo del aprendizaje de las operaciones básicas de matemáticas para el quinto (5to) nivel de educación general básica. Se utilizó la metodología de desarrollo de videojuegos SUM, permitiendo una comunicación eficiente con los interesados, además de la definición de los aspectos claves del juego. El SG fue desarrollado en Unity3D bajo el paradigma de juego de plataformas 2d, la analítica fue manejada a través del estándar xAPI y almacenada en una base de datos de MongoDB. Con el objetivo de brindar calidad al producto se realizaron evaluaciones de usabilidad con la tecnología de seguimiento ocular (Eye-tracking) y a través del test de usabilidad, para este último se comprobó una hipótesis para validar la mejora en el proceso de diseño de interfaces y por el lado de la tecnología de seguimiento ocular, el parámetro de evaluación escogido para el análisis fue la fijación sobre las interfaces del juego beta. Los resultados arrojaron una correspondencia entre los datos obtenidos de la analítica con los gustos y preferencias de los jugadores obtenidos de la evaluación con eye tracking, lo que, permitió redefinir conceptos en el diseño y programación del SG en busca de su constante mejora.

PALABRAS CLAVE: <ANÁLISIS DE APRENDIZAJE DE JUEGOS (GLA)>, <JUEGO SERIO (SERIOUS GAME)>, <UNITY (SOFTWARE)>, <ESTÁNDAR XAPI>, <ENSEÑANZA - APRENDIZAJE>, <NIÑOS>, <MATEMÁTICAS>, <SEGUIMIENTO OCULAR>.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La industria de los videojuegos ha experimentado un gran crecimiento en todo el mundo, brindando una experiencia enriquecedora y de calidad para los jugadores. Sin embargo, existe un tipo especial de videojuegos con propósito distinto al del simple entretenimiento, éstos son los llamados Serious Games (SG) (Smith, 1970) cuyo objetivo principal es el de proporcionar beneficios en el ámbito educacional (Boyle et al., 2016) donde los juegos no tenían prevista su participación.

Técnicas denominadas como Learning Analytics (LA), están tratando de proporcionar soporte a estos procesos educativos y mejorar los escenarios formativos comunes aprovechando los enfoques basados en datos. Las LA tal como se define en (Pardo, 2014), tienen como objetivo (Learning Management Systems) o MOOCs (Massive Open Online Cursos), además de extraer información útil sobre cómo los estudiantes aprenden con el propósito de comprender y optimizar sus procesos de aprendizaje (Sclater, 2017). Las técnicas de LA se pueden aplicar a los entornos de videojuegos, donde su naturaleza interactiva es adecuada para el proceso de captura de datos.

Existe otro tipo de análisis de datos en videojuegos y que se realiza con el fin de mejorar la experiencia de usuario y el aprovechamiento de recursos y ganancias. Este análisis es denominado como Game Analytics (GA) (Alonso Fernandez, 2017). Al crear un SG, los objetivos educativos de LA y las herramientas y tecnologías de GA son combinadas, dando lugar a las denominadas Game Learning Analytics (GLA). Obtener datos de lo que está sucediendo mientras el usuario está jugando es clave para relacionar el juego con el aprendizaje real, y pasar de enfoques basados únicamente en la teoría a enfoques más basados en datos o evidencia. Sin embargo, se requiere manejar un estándar para el manejo de la analítica de aprendizaje y entre los cuales se puede destacar a SCORM, IMS Capiler y Experience API (Freire et al., 2016).

La especificación de perfiles de Experience API (xAPI) es un documento técnico desarrollado por una comunidad abierta liderada por Advanced Distributed Learning Initiative (ADL) («adlnet/xapi-profiles» 2020). El objetivo de la especificación es definir un modelo de comunicación para rastrear las actividades de los usuarios en entornos de aprendizaje, definiendo cada evento rastreado en una actividad de aprendizaje como una declaración (Freire et al., 2016) que puede ser manipulada, creada o modificada de manera flexible.

Una vez definido un estándar para la recolección y almacenamiento de datos es necesario utilizar una técnica que permita operar con los mismos, de manera que nos permita generar reportes de interés. La técnica por excelencia en operación de los datos y en el contexto educacional es la denominada como Educational Data Mining (EDM), la cual desarrolla y adapta métodos estadísticos de aprendizaje automático y de minería de datos para estudiar los datos educativos generados por estudiantes e instructores. Su aplicación puede ayudar a analizar los procesos de aprendizaje de los estudiantes considerando su interacción con el entorno (Costa et al., 2012).

Otro ámbito de interés en el desarrollo de un SG es el de encontrar un diseño apropiado, amigable y conveniente que capte la atención de sus usuarios de manera eficaz, este aspecto requiere ser analizado y la variable descrita para este fin es la Usabilidad. En el campo de los videojuegos esta usabilidad puede ser medible a través del análisis de la interacción de los jugadores con los componentes visuales del juego; para este fin las compañías de videojuegos lanzan una beta o una demo jugable a partir de la cual obtienen información de la experiencia de los jugadores en su entorno. Para este fin el uso de eye tracking permite realizar sesiones de prueba para analizar los movimientos oculares de los participantes y obtener información de las zonas de interés de las interfaces del juego a su consideración, lo que se traduce en una mejor configuración de la interfaz de usuario en el producto final (shinwonsub, Shin and Jhun, 2013).

El presente trabajo tiene la finalidad de diseñar, desarrollar y desplegar un Serious Game orientado al apoyo en la enseñanza de matemáticas, específicamente en el campo de sus cuatro operaciones fundamentales y, que contará además con la implementación de Game Learning Analytics para la evaluación de los procesos de aprendizaje en estudiantes de 5to nivel EGB de la Unidad Educativa Santo Tomás Apóstol.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Los serious games (en adelante SG) se pueden definir como juegos con objetivos no de entretenimiento, utilizados para educar, entrenar e informar (Bellotti, Berta and de Gloria, 2010). En este caso, el proyecto de SG tendrá como propósito el refuerzo de conocimiento de aritmética en la formación académica infantil y buscará una manera eficiente para evaluar el progreso de los estudiantes, comprobando que efectivamente el SG cumpla con requerimientos funcionales.

1.2. Formulación del problema

¿La integración de Game Learning Analytics en el Serious Game desarrollado para niños en etapa escolar podrá aportar en el proceso de aprendizaje de las cuatro operaciones básicas de matemática?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Las unidades de educación básica utilizan alguna herramienta tecnológica para mejorar el aprendizaje?
- ¿Cuál es el impacto del uso de los Serious Games en la educación escolar?
- ¿Como puede mejorar el proceso de aprendizaje con el uso de Learning Analytics?
- ¿Qué técnicas de visualización de Data Mining existen?
- ¿Qué métodos para el desarrollo de Serious Game existen?
- ¿Qué parámetros se pueden medir para comprobar la mejora del aprendizaje con la integración de Learning Analytics en los Serious Game?

1.4. Justificación

1.4.1. *Justificación teórica*

Este trabajo de desarrollo se realiza con la finalidad de integrar una herramienta de análisis a un Serious Game (SG) que permita recoger y analizar datos a partir de la interacción de estudiantes de educación básica en el mismo, a su vez obtener información sobre el nivel de conocimiento antes y después de su interacción con el videojuego.

El SG se implementaría a través de un motor de videojuegos moderno que permitiría ejecutarlo desde diferentes dispositivos permitiéndole tener mejor acogida según las preferencias del usuario final. De esta manera, se beneficiaría tanto a quién desee controlar la información de la analítica de aprendizaje (al tener mayor cantidad de datos de interés) como a quien simplemente desee

disfrutar de la experiencia en el SG. Es importante reconocer además la facilidad de la enseñanza personalizada conseguida a través del videojuego.

1.4.2. Justificación Práctica

Profesores o tutores podrían favorecerse al obtener datos reales de las aptitudes que los estudiantes van desarrollando a través de las herramientas académicas tradicionales y en complemento con las herramientas interactivas provistas por el SG.

El tema se encuentra alineado en correspondencia de las líneas de investigación de la EIS en el programa de investigación: *Gestión de los sistemas informáticos*, cuyo objetivo es *impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.*, en el área UNESCO: *Ciencias* sub-área: *48 Informática* en correspondencia con el EJE 3: *“Más Sociedad, mejor Estado”* OBJ 7: *“Incentivar una sociedad participativa, con un Estado cercano al servicio de la ciudadanía”* del Plan Nacional de desarrollo vigente (2018 – 2022).

1.4.3. Justificación Aplicativa

El proyecto se encuentra constituido en dos partes bien definidas:

- **El Serious Game Math4Fun:** que contendrá la estructura íntegra del videojuego con la base técnica de las especificaciones declaradas en los objetivos y metas del proyecto tales como:
 - Desarrollado en el motor de videojuegos Unity 3D
 - Ambientado en un estilo de juego en 2D
 - Haciendo uso de la base de datos no relacional MongoDB
 - Diseño y ambientación musical propia y de uso libre

Como base pedagógica para el SG, se ha tomado de referencia al libro de matemáticas de quinto grado EGB validado por el Ministerio de Educación del Ecuador en el período vigente 2020 – 2021. A partir de dicha base se establecerán los contenidos de:

- Módulo de Suma
 - Módulo de Resta
 - Módulo de Multiplicación
 - Módulo de División
-
- **La página web Math4Fun Dashboard:** que contendrá un tablero de instrumentos (dashboard) que proporcionará una visualización de los indicadores de rendimiento (evaluación) deseados y regidos a lo establecido por la analítica de aprendizaje implementada, para este caso, el rastreo de la información y datos del juego, los jugadores y las partidas se realizarán a través del marco de xAPI y los indicadores de rendimiento estarán basados en los

interesados (stakeholders), los cuales son: Docentes y Desarrolladores, cada uno de ellos con sus respectivos indicadores de interés.

DESARROLLADORES

1. Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador
2. Media de tiempo en cada módulo por jugador
3. Media de puntuación en cada módulo por jugador
4. Preguntas totales y respondidas por jugador
5. Balance de preguntas respondidas y totales
6. Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego
7. Número de jugadores que han participado en cada módulo

DOCENTES

1. Errores y aciertos totales
2. Errores y aciertos por jugador
3. Jugadores con el mayor número de errores
4. Módulos donde se ha producido la mayor cantidad de errores
5. Partidas totales realizadas en cada módulo
6. Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos
7. Balances mensuales de los jugadores en los módulos

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. *Objetivo General*

- Implementar un Serious Game con Integración de Game Learning Analytics orientado al apoyo en el aprendizaje de las operaciones básicas de matemáticas para el nivel de educación general básica.

1.5.2. *Objetivos Específicos*

- Desarrollar un Serious Game en el entorno de desarrollo de juegos Unity 3D, haciendo uso de la metodología SUM para el apoyo al aprendizaje de las operaciones básicas de matemáticas para estudiantes de 5to nivel EGB de la “Unidad Educativa Santo Tomás Apóstol”.

- Recopilar datos de interés para el juego a través de la implementación de Game Learning Analytics para analizar la interacción de los usuarios con el Serious Game.
- Realizar test de usabilidad mediante el uso de la tecnología de eye tracking, que permita seleccionar la mejor interfaz para el usuario final.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Trabajos Relacionados

(Alonso-Fernandez et al., 2017) en su trabajo de investigación “Systematizing game learning analytics for serious games” describen una arquitectura que pretende estandarizar el uso de Learning Analytics en los SG el cual consiste en la recolección de datos, análisis de datos y la visualización de resultados.

Mediante el trabajo de investigación realizado por (Hauge et al., 2014) sobre “Implications of learning analytics for serious game design” abordan las implicaciones de combinar dos tendencias principales en la investigación del aprendizaje potenciado por la tecnología las cuales son SG y Learning Analytics, también distinguen entre dos modos de análisis de SG los cuales son el análisis en el juego (en tiempo real), y análisis post-juego (fuera de línea).

Según (Calvo-Morata et al., 2019) en su trabajo de investigación “Game Learning Analytics for Educators” hacen un análisis de como el Game Learning Analytics puede beneficiar a los educadores para mejorar el proceso de aprendizaje de sus alumnos y también toman en cuenta los problemas con los que se pueden topar los educadores al usar esta tecnología que aún no está consolidada.

(González et al., 2018) en su trabajo de investigación “Diseño de métricas de evaluación de SG. Un caso concreto en un juego para la prevención del acoso escolar” en el cual hacen una profundización de la calidad y eficacia que pueden llegar a tener los SG en el ámbito educativo y también describen algunas métricas que se utilizaron para medir el comportamiento de los usuarios con un juego del proyecto eConfidence, con dicha investigación pudieron concluir que para poder medir de forma correcta la productividad y eficacia de un SG es necesaria la evaluación de la interacción que tiene el usuario con el juego.

(Albarracín, Hernández-Sabaté y Gorgorió, 2017) en su trabajo de investigación “Los videojuegos como objeto de investigación incipiente en Educación Matemática” los autores de este trabajo analizan diversas investigaciones que se realizaron sobre los videojuegos en el ámbito de las matemáticas, centrándose en los aspectos del impacto sobre el rendimiento académico, aprendizaje de contenidos, elementos de diseño de videojuegos para el aprendizaje de matemáticas y la relación que tienen los videojuegos con la resolución de problema.

(Serrano-Laguna et al., 2017) en su trabajo de investigación “Applying standards to systematize learning analytics in serious games” los autores de este trabajo en un principio detallan los diferentes estándares que pueden ser utilizados para rastrear la información de los jugadores

dentro de un serious game, presentan un caso de estudio de un juego de selección múltiple relacionado a conocimiento general sobre banderas y sus países; aplican el estándar de xAPI y detallan las ventajas de utilizar dicho estándar para el manejo de la analítica.

(Alonso-Fernandez et al., 2017) en su trabajo de investigación “Systematizing game learning analytics for serious games” los autores de este trabajo plantean un diseño que han seguido para lograr un sistema completo basado en un serious game al cual se le ha aplicado Game Learning Analytics, esto nos permite definir también un modelo de arquitectura a lo que será nuestro propio serious game. Además, han utilizado xAPI como estándar para el rastreo de la información generada por el juego, pero más importante nos muestran pautas aplicables a partir de este estándar para mostrar la información específica a los stakeholders de nuestro proyecto a través de los llamados Key Performance Indicators (KPI).

(Fernández-Manjón et al., 2019) en su trabajo de investigación “xAPI Application Profile for Serious Games” los autores en este trabajo realizan la aplicación específica de xAPI determinando su relación con las métricas que se pueden obtener de la interacción con un juego que viene producto del perfil de aplicación de xAPI y que nos permite relacionar las actividades extraídas del serious game con los Key Performance Indicators (KPI). Finalmente nos presentan casos de aplicación del perfil de xAPI en juegos relacionados a: conocimiento de países, qué hacer ante las amenazas de bullying, entrenamiento de las habilidades de estudiantes con discapacidades intelectuales y un juego para aprender primeros auxilios.

(Mat Zain et al., 2011) en su trabajo de investigación “Eye Tracking in Educational Games Environment: Evaluating User Interface Design through Eye Tracking Patterns” los autores en este trabajo analizan los patrones de seguimiento ocular con el motivo de evaluar el diseño de la interfaz de usuario de un juego educativo, para lo cual utilizaron un dispositivo de Tobii Eye tracking y también proponen pautas para realizar diseño de interfaces de usuario.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. *Serious Game*

El uso de SGs para apoyar el proceso de aprendizaje tiene una larga tradición como método de enseñanza, formación y aprendizaje (Faria et al., 2008). Las principales características de los SG han sido abordadas por varios autores (Kiili, 2005) (Westera et al., 2008) destacando la participación del alumno a través de la exploración, la experimentación, la competencia y la cooperación.

2.2.2. *Serious Game en el aprendizaje de Matemáticas*

El mercado de los videojuegos comerciales está en constante crecimiento, pero los videojuegos diseñados como herramientas educativas son todavía escasos. Las posibilidades de innovación en las aulas de matemáticas han incrementado notablemente con la llegada de los soportes y

contenidos digitales. Sin embargo, todavía no se han explorado en profundidad todas sus posibilidades (Albarracín, 2019). En la revisión bibliográfica realizada por (Albarracín, Hernández-Sabaté y Gorgorió, 2017) acerca de los videojuegos en educación matemática, describen que el adecuado diseño de los videojuegos permite mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en este ámbito. Los estudios dirigidos sobre el impacto de los videojuegos en el rendimiento académico han obtenido resultados dispares, aunque comprueban que la motivación de los alumnos se incrementa con estas prácticas.

2.2.3. *Learning Analytics*

(Fournier, Kop y Sitlia, 2011) define a la analítica de aprendizaje (Learning analytics) como la "medida, recopilación, análisis e informes de datos sobre los alumnos y su contexto, con fines de comprensión, optimización de aprendizaje y los entornos en los que se produce". Proporciona nuevas oportunidades para rastrear y analizar los datos de comportamiento de los alumnos e interpretarlos de una manera educativamente significativa. Se espera que la integración de analíticas de aprendizaje en el diseño de los SG mejore la evaluación del progreso, el rendimiento, los resultados de aprendizaje, la calidad del juego y la apreciación del usuario (Westera et al., 2008).

2.2.4. *Game Analytics*

(El-Nasr, Drachen y Canossa, 2013) define a las Game Analytics como el término utilizado por la industria de los videojuegos para la aplicación de análisis al desarrollo de juegos e investigación de juegos para comprender mejor cómo los usuarios juegan sus juegos, encuentran errores y mejoran la experiencia de juego. (Peterson, 2004) por su parte las define como la práctica de analizar la información grabada del juego para facilitar futuras decisiones de diseño, tomando como referencia el objetivo general de la analítica web declarado como "entender la experiencia en línea de manera que pueda mejorarse". Por lo tanto, la analítica del juego puede verse como un proceso para comprender la experiencia del juego con la esperanza de mejorarlo (lo que puede significar mejorar la usabilidad, jugabilidad o alguna otra faceta de un juego).

2.2.5. *Game Learning Analytics*

Según (Perez-Colado et al., 2018) Game Learning Analytics (GLA, por sus siglas en inglés) es una técnica que recopila información de interacción del sistema de aprendizaje electrónico para obtener información y mejorar el proceso educativo. GLA se aplica a los SG para recopilar, analizar y visualizar información de las interacciones de los jugadores para los diferentes interesados (profesor, estudiante, desarrollador, gerente). Al crear un SG, los objetivos educativos de Learning Analytics y las herramientas / tecnologías de Game Analytics deben combinarse, en lo que podría llamarse Game Learning Analytics (GLA). Esta combinación puede

contribuir a una generalización y un mejor uso de los SG, esto a su vez puede ayudar a contrastar los enfoques educativos (Freire et al., 2016).

2.2.6. Experience API

La especificación de perfiles Experience API (xAPI) es un documento técnico que tiene como objetivo mejorar las prácticas para crear perfiles como se define en la especificación xAPI. La especificación de perfiles xAPI establece una estructura que describe los perfiles de manera uniforme, describe cómo se pueden descubrir y reutilizar los perfiles, y cómo se pueden publicar y administrar los perfiles («adlnet/xapi-profiles» 2020).

Para (Serrano-Laguna et al., 2017) Experience API (xAPI) es una especificación desarrollada por una comunidad abierta liderada por Advanced Distributed Learning Initiative (ADL), y cuyo objetivo de la especificación es definir un modelo de datos y comunicación para rastrear las actividades de los usuarios dentro de los entornos de aprendizaje, definiendo cada evento seguido en una actividad de aprendizaje como una declaración y cuyos atributos principales en forma de instrucción son actor, verbo (acción) y objeto.

2.2.7. Eye Tracking

Para (Ehmke and Wilson, 2007) Eye Tracking: “es una técnica mediante la cual se registra el movimiento ocular mientras el usuario observa un estímulo”, estos movimientos oculares se miden de manera individual para que el investigador sepa dónde está mirando una persona en un momento dado y la secuencia en la que sus ojos están cambiando de un lugar a otro (Mat Zain et al., 2011).

Según (Kiili, Ketamo and Kickmeier-Rust, 2014) “Eye Tracking se basa en la identificación de fijaciones (procesamiento de información atendida con ojos fijos) y movimientos sacádicos (movimientos rápidos de los ojos que ocurren entre fijaciones sin procesamiento de información).” De acuerdo con (Papoutsaki, 2015) el seguimiento ocular es: “un método común para comprender la atención humana en experimentos de psicología, estudios de interacción humano-computadora, investigación médica, etc.”

2.2.8. Eye Tracker

El rastreador ocular proporciona evidencia objetiva y cuantitativa de la visión y procesos de atención. En esta capacidad, los movimientos oculares generalmente se registran para determinar los patrones de atención del usuario sobre un estímulo dado (Duchowski, 2002). Debido a su naturaleza, los rastreadores oculares se sostienen sobre tecnologías más escalables como la analítica web para sacar su máximo provecho (Papoutsaki, 2015).

2.2.9. Metodología SUM

La metodología SUM para videojuegos se basa en SCRUM, tiene como objetivos desarrollar videojuegos de calidad en tiempo y costo, así como la mejora continua del proceso para incrementar la eficacia y eficiencia de esta. Pretende obtener resultados predecibles, administrar eficientemente los recursos y riesgos del proyecto, y lograr una alta productividad del equipo de desarrollo (Acerenza et al., 2009).

Como se muestra en la Figura 1-2 se divide en cinco fases iterativas e incrementales que se ejecutan de manera secuencial con excepción de la fase de gestión de riesgos la cual se realiza durante todo el proyecto. Las cinco fases secuenciales son: concepto, planificación, elaboración, beta y cierre (Acerenza et al., 2009).

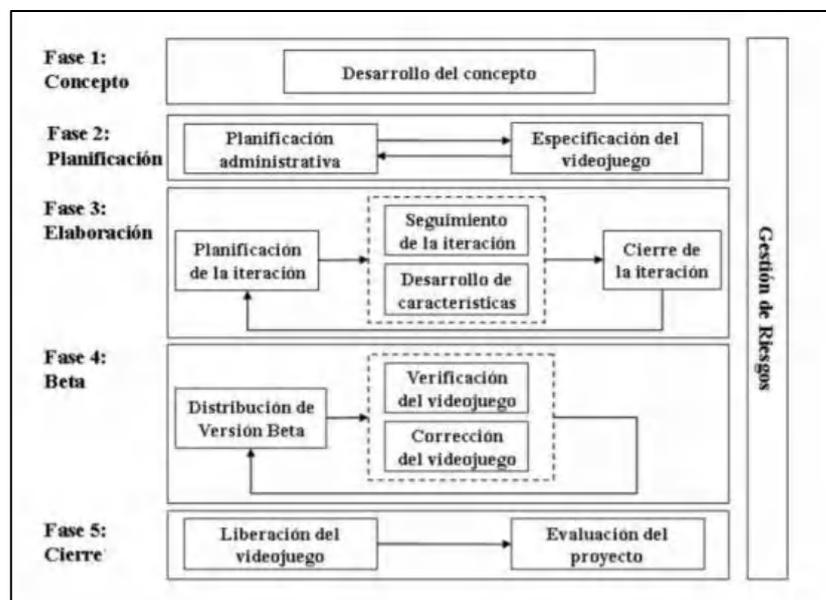


Figura 1-2: Fases de la Metodología SUM

Fuente: (Acerenza et al., 2009).

2.2.10. Unity 3D

Unity es un motor de videojuegos multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, Mac OS y Linux. La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas. A partir de su versión 5.4.0 ya no soporta el desarrollo de contenido para navegador a través de su plugin web, en su lugar se utiliza WebGL. Unity cuenta con las siguientes versiones: Unity Professional (pro) y Unity Personal (Unity Technologies, 2020).

El motor se puede utilizar para crear juegos tridimensionales, bidimensionales, de realidad virtual y de realidad aumentada, así como simulaciones y otras experiencias. El motor ha sido adoptado

por industrias externas a los videojuegos, como el cine, la automoción, la arquitectura, la ingeniería y la construcción (Staff, 2016).

2.2.11. MongoDB

MongoDB es una base de datos distribuida, basada en documentos y de uso general que ha sido diseñada para desarrolladores de aplicaciones modernas y para la era de la nube, siendo una base de datos documental, lo que significa que almacena datos en forma de documentos tipo JSON (MongoDB, 2020).

MongoDB es de uso gratuito. Las versiones publicadas antes del 16 de octubre de 2018 se publican bajo la AGPL. Todas las versiones lanzadas después del 16 de octubre de 2018, incluidas las correcciones de parches para versiones anteriores, se publican bajo la Licencia pública del servidor (SSPL)v1 (MongoDB, 2020)

Como sus principales características tenemos:

- MongoDB es una base de datos distribuida en su núcleo, por lo que la alta disponibilidad, el escalado horizontal y la distribución geográfica están integrados y son fáciles de usar.
- Lenguaje de consulta rico y expresivo que permite filtrar y ordenar por cualquier campo, independientemente de cómo esté incrustado en un documento.
- Admite agregaciones y otros casos de uso modernos, como búsqueda de gráficos o texto, y búsqueda basada en información geoespacial.
- Transacciones ACID completas.

2.2.12. Usabilidad

(Ehmke and Wilson, 2007) consideran a la usabilidad como: “una medida en que una computadora el sistema permite a los usuarios, en un contexto dado de uso, para lograr objetivos específicos de manera efectiva y eficiente mientras promueve sentimientos de satisfacción”.

Para (Wichansky, 2000) La evaluación de usabilidad se puede definir como: “cualquiera de varias técnicas en las que los usuarios interactúan con un producto, sistema o servicio, y se recopilan algunos datos de comportamiento”.

Según la norma ISO 9241-210 (interaction, 2019) la usabilidad es considerada como “el grado en el que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico”.

2.2.13. Evaluación de usabilidad

La evaluación de usabilidad es en sí misma un proceso que implica muchas actividades dependiendo del método empleado. Las actividades comunes incluyen:

- ✓ Capturar la recopilación de datos de usabilidad, como tiempo de finalización de la tarea, errores, violaciones de las pautas y calificaciones subjetivas;
- ✓ Análisis que interpreta los datos de usabilidad para identificar problemas de usabilidad en la interfaz; y
- ✓ Crítica: sugiriendo soluciones o mejoras para mitigar problemas (Ehmke y Wilson, 2007)

El software debe probarse temprano frecuentemente durante todo el ciclo de desarrollo del producto. De esta manera, los problemas con el modelo conceptual del producto se pueden identificar a tiempo, antes de que se haya completado demasiada codificación y sea muy tarde para cambiar el producto (Goldberg y Wichansky, 2003)

2.2.14. Real Eye

RealEye es un software de seguimiento ocular en línea cuya descripción lo cita en su misma página como: *“una solución llave en mano basada en la nube para que los neurocientíficos simplifiquen su trabajo. Permite crear experimentos, rastrear participantes y analizar los datos, todo en un solo lugar, en línea”* (RealEye Sp z, 2020).

El seguimiento ocular de la webcam en línea tiene preocupaciones obvias de privacidad que debe equilibrarse con sus beneficios como el abaratamiento de costes de un seguimiento ocular en tiempo real, pero además, los navegadores solicitan acceso a la cámara web y el sitio web puede utilizar los datos si el usuario está de acuerdo (Papoutsaki, 2015).

2.2.15. Modelo de Arquitectura C4

El objetivo del modelo de arquitectura C4 es simplemente comprender la estructura de un sistema de software y crear un conjunto simple de abstracciones con las que describirlo. En resumen, la vista estática del software la define a partir de los siguientes diagramas:

- **Contexto:** un diagrama de alto nivel que establece la escena; incluyendo dependencias y actores clave del sistema.
- **Contenedor:** un diagrama de contenedor muestra las opciones de tecnología de alto nivel, cómo se distribuyen las responsabilidades entre ellas y cómo se comunican los contenedores.
- **Componente:** para cada contenedor, un diagrama de componentes le permite ver los componentes lógicos clave y sus relaciones.
- **Clases:** Este es un nivel de detalle opcional y se dibujará una pequeña cantidad de diagramas de clases UML de alto nivel si se quiere explicar cómo se implementará (o se ha implementado) un patrón o componente en particular. Los factores que impulsan a dibujar diagramas de clases para partes del sistema de software incluyen la complejidad del software más el tamaño y la experiencia del equipo. Todos los diagramas UML que se dibujen tienden a ser bocetos en lugar de modelos completos (Brown, 2013).

CAPÍTULO III

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Metodología de desarrollo SUM

Basado en la metodología SUM para el desarrollo del SG a continuación se detallan las etapas elaboradas.

3.1.1. *Desarrollo del concepto*

Para el desarrollo del concepto del SG se definen 3 aspectos importantes: características, aspectos técnicos y aspectos de negocio, los cuales se construyen y validan en base a propuestas e ideas de todos los roles involucrados en el proyecto, mediante la realización de reuniones de trabajo.

3.1.1.1. *Definición de aspectos del juego*

Visión del Juego

Math4Fun es un SG diseñado en 2D orientado al apoyo del aprendizaje de las cuatro operaciones básicas de matemáticas (suma, resta, multiplicación y división), el participante llegará a la meta luego de superar varios obstáculos, los cuales son ejercicios matemáticos con diferentes grados de dificultad. A su vez, permite a los interesados (DOCENTES y DESARROLLADORES) realizar un seguimiento de las actividades ejecutadas en el juego, acorde a sus necesidades.

Género

Math4Fun es un videojuego del género de plataformas el cual tiene desplazamiento lateral, el personaje se puede mover de izquierda a derecha con el objetivo de avanzar por los escenarios resolviendo una serie de operaciones básicas de matemáticas.

Mecánica de juego (GAMEPLAY)

Al inicio del juego el participante debe ingresar con sus credenciales (cédula de identidad y contraseña), luego debe escoger el personaje jugable entre niño o niña, después aparecerá en el menú principal en el cual puede seleccionar entre los 4 módulos (suma, resta, multiplicación y división) representados en tuberías de diferentes colores, el participante tiene que mover al personaje encima de una de las tuberías y presionar la tecla de flecha hacia abajo, luego el participante debe escoger el modo de dificultad y presionar la tecla de flecha hacia abajo para entrar al nivel, una vez en el nivel el jugador puede mover al personaje y resolver las operaciones matemáticas interactuando con los objetos del escenario, cuando el participante llega a la meta aparece un menú con el resumen de la partida y tres botones para repetir el nivel, continuar con el siguiente nivel y salir al menú.

Existen tres modos de dificultad:

- Principiante: En este modo de dificultad las operaciones de matemáticas serán de entre una y dos cifras.
- Intermedio: En este modo de dificultad las operaciones de matemáticas serán de entre dos y cuatro cifras.
- Avanzado: En este modo de dificultad las operaciones de matemáticas serán de entre cuatro y cinco cifras.

Características

El juego cuenta con tres modos de juego, en los cuales la dificultad de las operaciones matemáticas aumenta, cada módulo (suma, resta, multiplicación y división) cuenta con su propio escenario y mecánicas de completación. La puntuación varía tras cada problema respondido, ya sea de manera correcta o incorrecta. El juego también cuenta con un reloj que le indica al jugador el tiempo que ha tardado en completar un nivel. El ingreso al juego está restringido solo a personal autorizado (estudiantes aprobados para su uso) que contará con credenciales propias de acceso. El SG realizará la recolección de analítica, la cual permitirá analizar la interacción de los usuarios con el juego mediante un Dashboard.

Ambientación

Los escenarios del SG en sus cuatro módulos de operaciones básicas son de entornos coloridos de naturaleza como bosques y paisajes, los cuales se encuentran ambientados en las diferentes estaciones del año, con el propósito de dar una sensación de libertad, al momento de jugar cada uno de los niveles.

3.1.1.2. Definición de los aspectos técnicos

Plataformas objetivo

La plataforma seleccionada para el SG es un entorno de PC, que utiliza el sistema operativo Windows 7 o superior, mientras que, el aplicativo Dashboard maneja un entorno interactivo orientado a la web que no requiere el uso de herramientas externas o complementos (como flash player) más que el uso de internet para su normal funcionamiento, por lo cual queda establecido y garantizado para los navegadores más populares como: Chrome, Firefox y Opera.

Tecnologías y herramientas

En la Tabla 1-3 y la Tabla 2-3 se presentan todos los recursos que serán necesarios para el desarrollo del proyecto.

HARDWARE

Tabla 1-3: Hardware necesario para el desarrollo

HARDWARE		
EQUIPO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Laptop de desarrollo	1	MSI GL63 8RE
Laptop de desarrollo	1	DELL INSPIRON 15 Series
Computadora del cliente	1	<ul style="list-style-type: none">• Windows 7 64bits• Ram 4GB• CPU i3 o equivalentes en AMD• Espacio en disco de 120MB
Impresora	1	TOSHIBA MR-12

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Tabla 2-3: Software necesario para el desarrollo

SOFTWARE	
NOMBRE	VERSIÓN
Unity 3D	2019.3.3.fl
Unity Hub	2.4.2
Microsoft Visual Studio Community 2019	16.6.2
Visual Studio Code	52.1
MongoDBCompass	1.22.1
RealEye	6.14.6.
Windows 10 home	1909
Office 365	18.2008.12711.0
Adobe Photoshop	20.0.5
Inkscape	0.92

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.1.3. Definición de aspectos de negocio

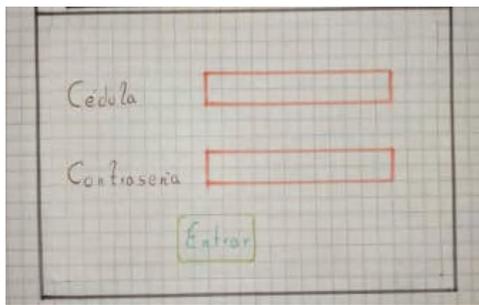
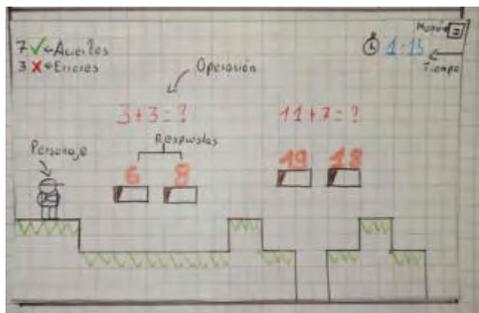
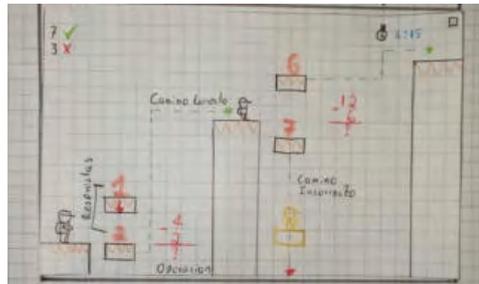
Público objetivo

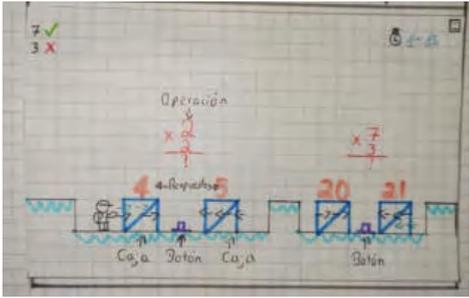
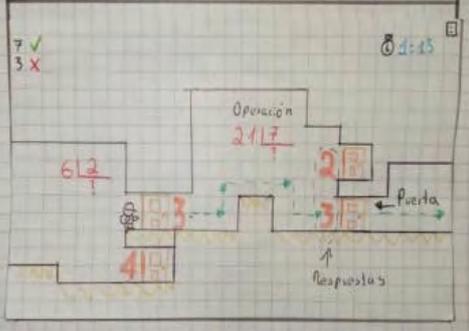
El SG está dirigido a niños de entre 8 a 9 años del 5to grado EGB de la Unidad Educativa "Santo Tomás Apóstol Riobamba" (STAR). Además, este permite a los DOCENTES y DESARROLLADORES realizar un seguimiento de las actividades dentro del juego, acorde a sus necesidades.

3.1.1.4. Bocetos

Como primer paso para el desarrollo del apartado gráfico del SG se realizaron los bocetos presentados en la Tabla 3-3, los cuales diseñados mediante lápiz y papel tienen el propósito de establecer el concepto inicial de las interfaces, niveles y personajes del SG.

Tabla 3-3: Bocetos del juego

PANTALLA	DESCRIPCIÓN	BOCETO
Pantalla de Login	Esta será la pantalla en la cual los estudiantes podrán iniciar sesión para entrar al juego.	
NIVELES	DESCRIPCIÓN	BOCETO
Nivel de Suma	El nivel de suma contará con dos bloques, en donde aparecerán las respuestas de la suma que se presentara encima de las posibles respuestas.	
Nivel de Resta	El nivel de resta contará con dos plataformas que tengan las posibles respuestas y donde el jugador podrá saltar para poder avanzar en el nivel.	

<p>Nivel de Multiplicación</p>	<p>El nivel de multiplicación contará con cofres, los cuales representan las posibles respuestas y el jugador tendrá que moverlos hacia el botón para poder responder las multiplicaciones.</p>	
<p>Nivel de División</p>	<p>El nivel de división contará con dos puertas, las cuales representan las posibles respuestas y el jugador tendrá que abrir una de las dos para poder responder la operación matemática.</p>	
<p>PERSONAJE</p>	<p>DESCRIPCIÓN</p>	<p>BOCETO</p>
<p>Jugador</p>	<p>El participante escogerá un estilo infantil mediante un avatar, que representa su cuerpo y vestimenta similar a un uniforme escolar.</p>	

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.2. Planificación

En esta fase se registra la planificación de las siguientes fases del proyecto: a) la especificación de las características funcionales y no funcionales del SG, y b) la distribución del equipo de desarrollo y el cronograma. Esto se lo realiza con el objetivo de establecer fechas de entrega en base al cumplimiento de los requerimientos del proyecto.

3.1.2.1. Definición del equipo de desarrollo

En la siguiente Tabla 4-3 se describen los roles que tendrán los diferentes participantes dentro del proyecto.

Tabla 4-3: Registro de Roles

NOMBRE	ROL	CONTACTO	INSTITUCIÓN
Ing. Diego Ávila	Director de Proyecto	diego.avila@epoch.edu.ec	ESPOCH-FIE
Alexander Tubón	Desarrollo	brandon.tubon@epoch.edu.ec	ESPOCH-FIE
Bryan Gagnay	Desarrollo	bryan.gagnay@epoch.edu.ec	ESPOCH-FIE

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.2.2. Especificación del Serious Game

Para la ejecución del proyecto inicialmente se realizó la obtención y análisis de requerimientos.

Requerimentación

En primer lugar, los requerimientos para el SG se fundamentan en los contenidos del libro de matemática de 5to grado de Educación General Básica (EGB), en correspondencia con la temática de las operaciones aritméticas básicas. Una vez determinado el alcance de las funciones en el SG se procede a establecer los requerimientos para la implementación de Game Learning Analytics (GLA) y finalmente, aquellos aspectos relacionados con garantizar la usabilidad que se ha tomado como variable de evaluación para ofrecer un producto software de calidad.

Así, en total se han obtenido 9 requerimientos, de los cuales 8 requerimientos son funcionales y 1 requerimiento no funcional, que se detalla a continuación.

Tabla 5-3: Requerimientos funcionales

#	REQUERIMIENTO FUNCIONAL
1	El Serious Game (SG) necesita tener un módulo de SUMA
1.1	El SG en el módulo de SUMA requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.
1.2	El SG en el módulo de SUMA requiere tener distintos niveles de dificultad.

1.3	El SG en el módulo de SUMA por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de numero de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).
2	El SG necesita tener un módulo de RESTA
2.1	El SG en el módulo de RESTA requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.
2.2	El SG en el módulo de RESTA requiere tener distintos niveles de dificultad.
2.3	El SG en el módulo de RESTA por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de numero de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).
3	El SG necesita tener un módulo de MULTIPLICACIÓN
3.1	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.
3.2	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN requiere tener distintos niveles de dificultad.
3.3	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de numero de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).
4	El SG necesita tener un módulo de DIVISIÓN
4.1	El SG en el módulo de DIVISIÓN requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.
4.2	El SG en el módulo de DIVISIÓN requiere tener distintos niveles de dificultad.
4.3	El SG en el módulo de DIVISIÓN por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de numero de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).
5	El SG necesita tener un módulo de CRÉDITOS
5.1	El módulo de créditos requiere tener la información de los desarrolladores.
5.2	El módulo de créditos requiere tener una sección de agradecimiento a los colaboradores.
5.3	El módulo de créditos requiere tener una sección de agradecimiento a la ESPOCH.
5.4	El módulo de créditos requiere tener una sección con los derechos de autoría.
6	El SG necesita tener un módulo de LOGIN
6.1	El módulo de login requiere tener un formulario para iniciar sesión.
6.2	El módulo de login requiere tener una opción para seleccionar al personaje del juego.

7	Se requiere implementar Game Learning Analytics (GLA) al SG
7.1	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez de la implementación de un rastreador de datos en el SG.
7.2	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez de la implementación del modelo de especificación para la recolección de datos en tecnologías educativas de xAPI.
7.3	Para implementar GLA en el SG se requiere diseñar la base de datos o hacer uso de un Learning Record Store para admitir datos con formato xAPI.
7.4	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez implementar la base de datos o LRS para admitir datos con formato xAPI.
7.5	La base de datos o LRS debe comunicarse con un dashboard para la visualización de la data.
8	Se requiere de la implementación de un dashboard que se aloje en una página web para la visualización de la analítica obtenida a partir de los usuarios del juego (GLA)
8.1	Para ingresar al dashboard de cada stakeholder se debe tener que autenticar.
8.2	Para cada stakeholder el dashboard debe mostrar la información de su interés.
8.2.1	Para el stakeholder denominado como Profesor
8.2.1.a	El profesor puede ver la información de cada sesión de juego de cada usuario.
8.2.1.b	El profesor puede ver el progreso de cada usuario en cada módulo.
8.2.1.c	El profesor puede ver los resultados de cada jugador en cada nivel de cada módulo.
8.2.2	Para el stakeholder denominado como Desarrollador
8.2.2.a	El desarrollador puede ver los módulos a los que más acceden los usuarios.
8.2.2.b	El desarrollador puede ver las secciones a las que más acceden los usuarios.
8.2.2.c	El desarrollador puede ver las opciones de las que más hacen uso los usuarios.
(Nota: podría haber un stakeholder denominado como Estudiante, Niño o Jugador , pero debido a las limitaciones propias de sus intereses se ha obviado su inclusión)	

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Tabla 6-3: Requerimientos no funcionales

#	REQUERIMIENTO NO FUNCIONAL
1	El SG necesita ser usable
1.1	El SG para ser usable requiere que sus usuarios sean capaces de utilizar todas las opciones que tienen a su disposición.

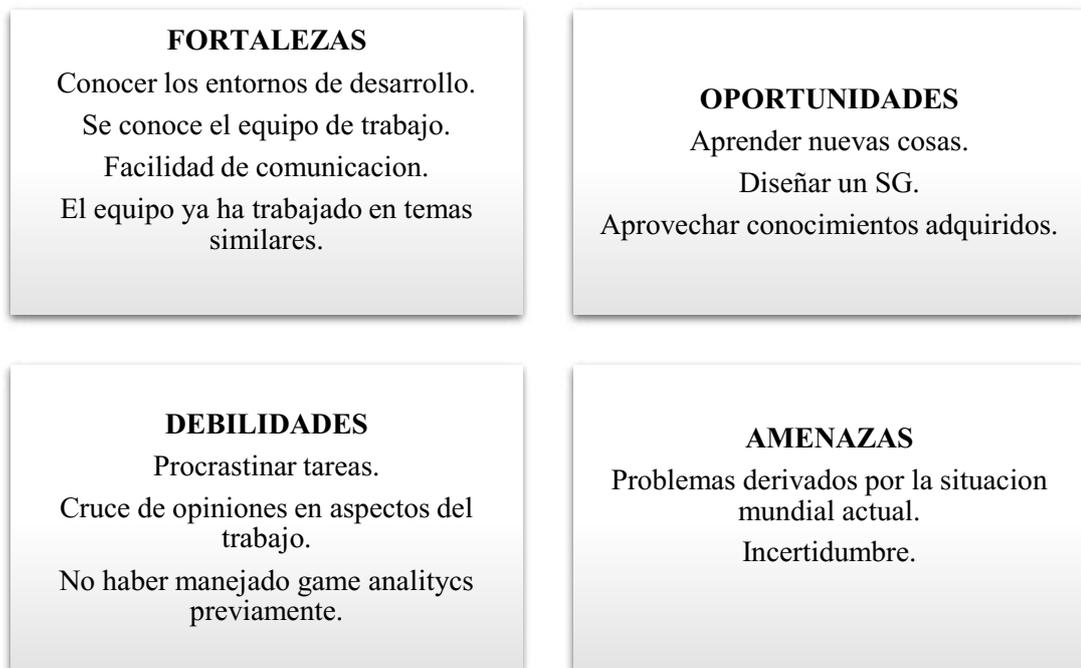
1.2	El SG para ser usable requiere que sus usuarios sean capaces de acceder todas las secciones que tienen a su disposición.
1.3	El SG para ser usable requiere que sus usuarios aprendan fácilmente a utilizar todas las funciones del juego.
1.4	El SG para ser usable requiere que sus usuarios sepan memorizar fácilmente el camino a las opciones a las que deseen acceder.

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

FODA

Para llevar a cabo el análisis de competencias del equipo para conocer los puntos fuertes y débiles, se detalla la Tabla 7-3 con las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).

Tabla 7-3: Matriz FODA



Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Planning Poker

Una vez determinadas las capacidades del equipo de trabajo se procede a realizar la estimación del proyecto con el objetivo de elaborar una planificación y llevar un control adecuado sobre el desarrollo de las actividades para lo cual se hizo uso del método de Planning Poker.

Dentro del mencionado método, los números: 0, ½, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 40, 100, son los que se utilizarán para dar una medida de duración de cada actividad del proyecto. Además, se establece que 1 semana equivaldrá a 40 puntos estimados (ver Tabla 8-3).

Tabla 8-3: Valores de estimación para Planning Poker

	Puntos estimados	Horas de Trabajo
0	0	0
½	2	2
1	4	4
2	8	8
3	12	12
5	16	16
8	20	20
13	28	28
20	40	40
40	60	60
100	80	80
∞	Indeterminados	Indeterminadas
	-----	-----

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Requisitos estimados

Después se han establecido los requerimientos de cada módulo y su estimación correspondiente en base a lo establecido en las sesiones de trabajo, un detalle adicional es la inclusión de la prioridad para identificar aspectos clave que desea el cliente. Finalmente:

RQ identifica a los requerimientos del cliente y

RE identifica a los requerimientos propios del equipo de desarrollo específicamente en el diseño.

Tabla 9-3: Estimación de los requerimientos en base a Planning Poker.

ID	Detalle	Puntos estimados	Prioridad
REQUERIMIENTOS EN LA ETAPA DE DISEÑO			
RE-01	Establecimiento de las convenciones de codificación.	12	Alta
RE-02	Establecimiento de los estándares de la interfaz de usuario.	20	Alta

RE-03	Establecimiento de los estándares para documentación.	12	Alta
RE-04	Diseño de la arquitectura del Juego.	80	Alta
RE-05	Diseño y creación de la Base de Datos.	40	Alta
RE-06	Validación de los datos de entrada y salida entre la base de datos y cada módulo del juego.	40	Media
RE-07	Creación y Animación a los diferentes personajes del juego.	40	Alta
RE-08	Creación y animación a los menús y escenas.	40	Media
Módulo: SUMA			
RQ-01	El SG en el módulo de SUMA requiere estar ambientado en estilo 2D.	80	Alta
RQ-02	El SG en el módulo de SUMA requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alta
RQ-03	El SG en el módulo de SUMA por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Media
Módulo: RESTA			
RQ-04	El SG en el módulo de RESTA requiere estar ambientado en estilo 2D.	80	Alta
RQ-05	El SG en el módulo de RESTA requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alta
RQ-06	El SG en el módulo de RESTA por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Media
Módulo: MULTIPLICACIÓN			
RQ-07	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.	80	Alta
RQ-08	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alta

RQ-09	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Media
Módulo: DIVISIÓN			
RQ-10	El SG en el módulo de DIVISIÓN requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.	80	Alta
RQ-11	El SG en el módulo de DIVISIÓN requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alta
RQ-12	El SG en el módulo de DIVISIÓN por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Media
Módulo: CRÉDITOS			
RQ-13	El módulo de créditos requiere tener la información de los desarrolladores.	20	Baja
RQ-14	El módulo de créditos requiere tener una sección de agradecimiento a los colaboradores.	4	Baja
RQ-15	El módulo de créditos requiere tener una sección de agradecimiento a la ESPOCH.	4	Baja
RQ-16	El módulo de créditos requiere tener una sección con los derechos de autoría.	12	Baja
Módulo: LOGIN			
RQ-17	El módulo de login requiere tener un formulario para iniciar sesión.	20	Alta
RQ-18	El módulo de login requiere tener una opción para seleccionar al personaje del juego.	20	Alta
Módulo: GLA			
RQ-19	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez de la implementación de un rastreador de datos en el SG.	20	Alta

RQ-20	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez de la implementación del modelo de especificación para la recolección de datos en tecnologías educativas de xAPI.	20	Alta
RQ-21	Para implementar GLA en el SG se requiere diseñar la base de datos o hacer uso de un Learning Record Store para admitir datos con formato xAPI.	20	Alta
RQ-22	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez implementar la base de datos o LRS para admitir datos con formato xAPI.	40	Alta
RQ-23	La base de datos o LRS debe comunicarse con un dashboard para la visualización de la data.	20	Alta
Módulo: DASHBOARD			
RQ-24	Para ingresar al dashboard de cada stakeholder se debe autenticar.	20	Alta
RQ-25	Para cada stakeholder el dashboard debe mostrar la información de su interés.	80	Alta
Módulo: EFECTOS Y SONIDOS			
RE-09	Creación de un logo para el SG.	20	Alta
RE-10	Creación de una Intro para el SG.	20	Alta
RE-11	El SG en los módulos de las operaciones básicas debe contar con música de fondo.	40	Alta
RE-12	El SG debe contar con efectos de sonido para los personajes.	20	Media
RE-13	El SG en los módulos de las operaciones básicas debe contar con efectos de sonido cuando se respondan las preguntas.	20	Media
RE-14	El SG en los módulos de las operaciones básicas debe contar con efectos de sonido cuando se termine un nivel.	20	Media
RQ-15	El SG en los menús deben contar con música de fondo.	20	Media
TOTAL PUNTOS ESTIMADOS		1544	

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.2.3. Planificación Administrativa

Plan de entrega

Después de realizar la estimación y establecer la prioridad de cada requisito dentro del proyecto, se realizó el siguiente Plan de Entrega (ver Tabla 10-3), en la cual se especifican las fechas de inicio y fin de las fases restantes del proyecto, teniendo 20 iteraciones para la fase de elaboración, 7 iteraciones para la fase beta y 2 iteraciones para la fase de cierre. Cada iteración equivale a 5 días de trabajo y 8 horas diarias por cada desarrollador, en las cuales se trabajó para completar cada una de las características requeridas en el proyecto.

Tabla 10-3: Plan de entrega del proyecto.

ID	Descripción	Inicio	Fin	Puntos	Responsable
Fase de Elaboración					
Iteración 1		01/06/2020	05/06/2020	80	
RE-01	Establecimiento de las convenciones de codificación.			20	Alexander Tubón
RE-02	Establecimiento de los estándares de la interfaz de usuario.			40	Bryan Gagñay
RE-03	Establecimiento de los estándares para documentación.			20	Alexander Tubón
Iteración 2		08/06/2020	12/06/2020	80	
RE-04	Diseño de la arquitectura del Juego.			80	Alexander Tubón y Bryan Gagñay
Iteración 3		15/06/2020	19/06/2020	80	
RE-05	Diseño y creación de la Base de Datos			40	Alexander Tubón
RE-07	Creación y Animación a los diferentes personajes del juego.			40	Bryan Gagñay
Iteración 4		22/06/2020	26/06/2020	80	
RE-06	Validación de los datos de entrada y salida entre la base de datos y cada módulo del juego.			40	Alexander Tubón
RE-08	Creación y animación a los menús y escenas.			40	Bryan Gagñay
Iteración 5		29/06/2020	03/07/2020	80	
RQ-01	El SG en el módulo de SUMA requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.			80	Alexander Tubón y Bryan Gagñay
Iteración 6		06/07/2020	10/07/2020	80	
RQ-02	El SG en el módulo de SUMA requiere tener distintos niveles de dificultad.			80	Alexander Tubón y Bryan Gagñay
Iteración 7		13/07/2020	17/07/2020	80	

RQ-03	El SG en el módulo de SUMA por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Bryan Gagñay	
RQ-17	El módulo de login requiere tener un formulario para iniciar sesión.	20	Alexader Tubón	
RQ-18	El módulo de login requiere tener una opción para seleccionar al personaje del juego.	20	Alexader Tubón	
Iteración 8		20/07/2020	24/07/2020	80
RQ-04	El SG en el módulo de RESTA requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay	
Iteración 9		27/07/2020	31/07/2020	80
RQ-05	El SG en el módulo de RESTA requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay	
Iteración 10		03/08/2020	07/08/2020	80
RQ-06	El SG en el módulo de RESTA por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Bryan Gagñay	
RQ-19	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez de la implementación de un rastreador de datos en el SG.	20	Alexader Tubón	
RQ-20	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez de la implementación del modelo de especificación para la recolección de datos en tecnologías educativas de xAPI.	20	Alexader Tubón	
Iteración 11		10/08/2020	14/08/2020	80
RQ-07	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay	
Iteración 12		17/08/2020	21/08/2020	80
RQ-08	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay	
Iteración 13		24/08/2020	28/08/2020	80

RQ-09	El SG en el módulo de MULTIPLICACIÓN por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Bryan Gagñay		
RQ-21	Para implementar GLA en el SG se requiere diseñar la base de datos o hacer uso de un Learning Record Store para admitir datos con formato xAPI.	20	Alexader Tubón		
RQ-22	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez implementar la base de datos o LRS para admitir datos con formato xAPI.	20	Alexader Tubón		
Iteración 14		31/08/2020	04/09/2020	60	
RQ-22	Para implementar GLA en el SG se requiere a su vez implementar la base de datos o LRS para admitir datos con formato xAPI.	20	Alexader Tubón		
RQ-23	La base de datos o LRS debe comunicarse con un dashboard para la visualización de la data.	20	Bryan Gagñay		
RQ-24	Para ingresar al dashboard de cada stakeholder se debe autenticar.	20	Alexader Tubón		
Iteración 15		07/09/2020	11/09/2020	80	
RQ-25	Para cada stakeholder el dashboard debe mostrar la información de su interés.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay		
Iteración 16		14/09/2020	18/09/2020	80	
RQ-10	El SG en el módulo de DIVISIÓN requiere estar ambientado en estilo plataformero 2D.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay		
Iteración 17		21/09/2020	25/09/2020	80	
RQ-11	El SG en el módulo de DIVISIÓN requiere tener distintos niveles de dificultad.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay		
Iteración 18		28/09/2020	02/10/2020	80	
RQ-12	El SG en el módulo de DIVISIÓN por cada nivel de dificultad requiere tener las secciones de: PUNTUACIÓN (número de aciertos y errores), INICIO (para jugar), CUADRO RESUMEN (total de número de aciertos y errores, tiempo en terminar el nivel).	40	Bryan Gagñay		
RQ-13	El módulo de créditos requiere tener la información de los desarrolladores.	20	Alexader Tubón		

RQ-14	El módulo de créditos requiere tener una sección de agradecimiento a los colaboradores.	4	Alexader Tubón	
RQ-15	El módulo de créditos requiere tener una sección de agradecimiento a la ESPOCH.	4	Alexader Tubón	
RQ-16	El módulo de créditos requiere tener una sección con los derechos de autoría.	12	Alexader Tubón	
Iteración 19		05/10/2020	09/10/2020	80
RQ-09	Creación de un logo para el SG.	20	Bryan Gagñay	
RQ-10	Creación de una Intro para el SG.	20	Bryan Gagñay	
RE-11	El SG en los módulos de las operaciones básicas debe contar con música de fondo.	40	Alexader Tubón	
Iteración 20		12/10/2020	16/10/2020	80
RE-12	El SG debe contar con efectos de sonido para los personajes.	20	Bryan Gagñay	
RE-13	El SG en los módulos de las operaciones básicas debe contar con efectos de sonido cuando se respondan las preguntas.	20	Bryan Gagñay	
RE-14	El SG en los módulos de las operaciones básicas debe contar con efectos de sonido cuando se termine un nivel.	20	Alexader Tubón	
RQ-15	El SG en los menús deben contar con música de fondo.	20	Alexader Tubón	
Fase Beta				
Iteración 1		19/10/2020	23/10/2020	80
BE-01	Primera prueba de funcionamiento del SG.	80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay	
Iteración 2		26/10/2020	30/10/2020	80
BE-02	Corrección en las mecánicas de juego de los niveles del Módulo Resta.	20	Bryan Gagñay	
BE-03	Corrección en las mecánicas de juego de los niveles del Módulo División.	20	Alexader Tubón	
BE-04	Corrección en las mecánicas de juego de los niveles del Módulo Suma	20	Bryan Gagñay	
BE-05	Corrección en los fondos de los 4 módulos de operaciones básicas.	20	Alexader Tubón	
Iteración 3		02/11/2020	06/11/2020	80
BE-06	Corrección en la música de fondo.	20	Bryan Gagñay	

BE-07	Corrección en la presentación de los datos del Dashboard.			60	Alexader Tubón y Bryan Gagñay
Iteración 4		09/11/2020	13/11/2020	80	
BE-08	Rediseño en los menús del SG.			80	Alexader Tubón
Iteración 5		16/11/2020	11/12/2020	320	
BE-09	Realización de los test de Usabilidad del SG.			320	Alexader Tubón y Bryan Gagñay
Iteración 6		14/12/2020	18/12/2020	80	
BE-10	Segunda prueba de funcionamiento del SG.			80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay
Iteración 7		21/12/2020	23/12/2020	28	
BE-11	Tercera prueba de funcionamiento del SG.			28	Alexader Tubón y Bryan Gagñay
Fase de Cierre					
		04/01/2021	08/01/2020	80	
FC-01	Creación de los manuales del SG.			80	Alexader Tubón y Bryan Gagñay
		11/01/2020	22/01/2020	160	
FC-02	Creación de la Documentación final del proyecto.			160	Alexader Tubón y Bryan Gagñay
TOTAL PUNTOS				2,532	

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

3.1.3. *Elaboración*

El objetivo de esta fase es el desarrollo del SG planeado, trabajando de forma iterativa y obteniendo una versión ejecutable al finalizar cada iteración para poder realizar pruebas, correcciones y toma de decisiones para el avance del proyecto.

3.1.3.1. *Diseño de la arquitectura*

La arquitectura se ha realizado siguiendo el modelo de C4 debido a su facilidad y limpieza para presentar detalles importantes y características del proyecto. Este modelo se encuentra detallado hasta su nivel 2 (Contenedores) ya que especifica de manera clara y concisa los diferentes componentes, sus conexiones y propiedades.

Diagrama de Contexto del Sistema

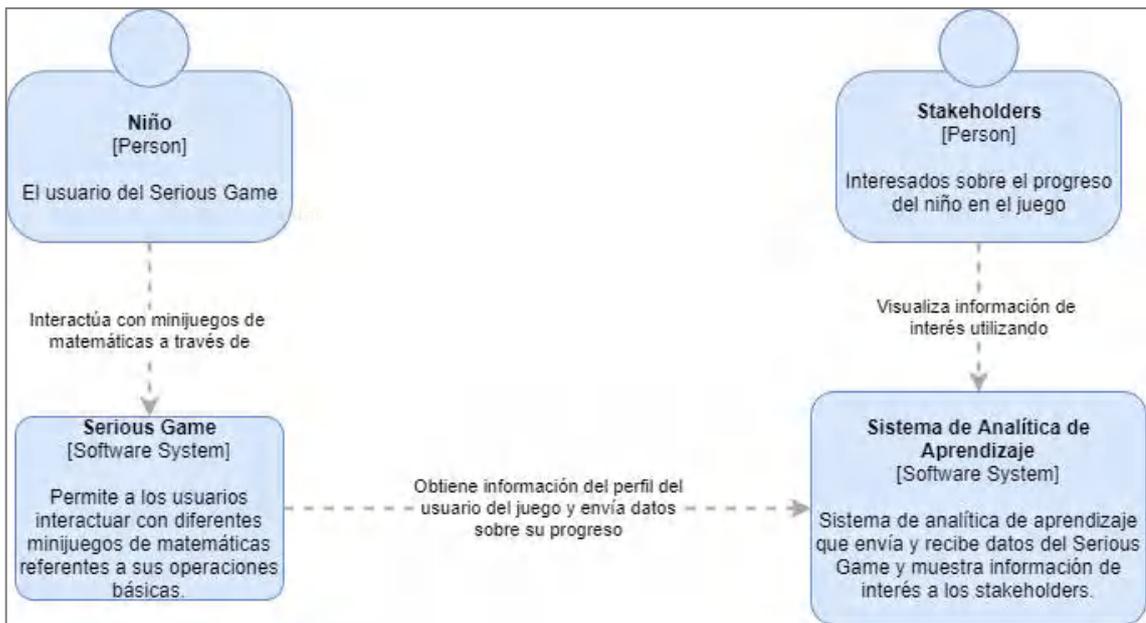


Figura 1-3: Diagrama de Contexto del Sistema

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Diagrama de Componentes del Serious Game

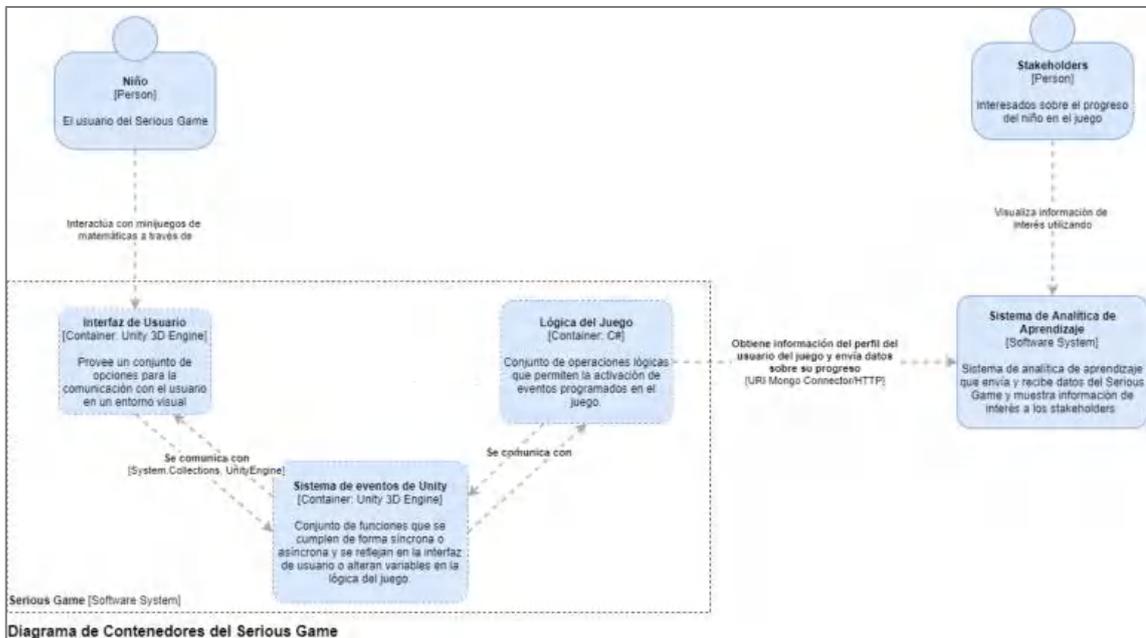


Figura 2-3: Diagrama de Componentes del Serious Game

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Diagrama de Componentes del Sistema de Análítica de Aprendizaje

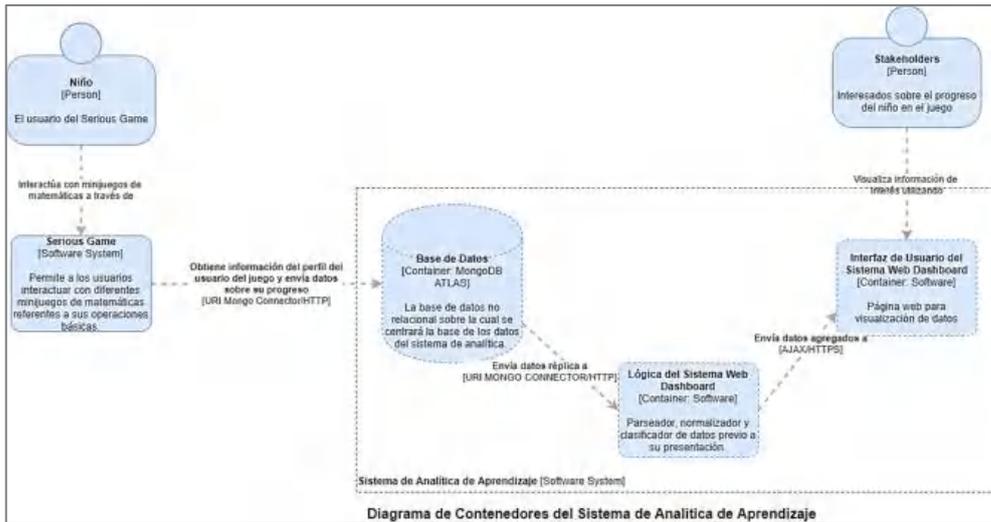


Figura 3-3: Diagrama de Componentes del Sistema de Análítica de Aprendizaje

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.3.2. Diseño de la base de datos

La base de datos es una herramienta fundamental para el proceso de almacenamiento de información y su posterior uso en el procesamiento de datos realizado por la parte analítica. Como está considerado dentro de los objetivos del proyecto, se ha establecido utilizar la base de datos NOSQL de MongoDB debido a la estructura de las declaraciones xAPI que se adaptan mejor a ese modelo natural de registros documentales, sin embargo, se ha aprovechado también para guardar información de los stakeholders y niños para su autenticación en el sistema correspondiente a cada uno.

Base de datos de las sentencias Xapi

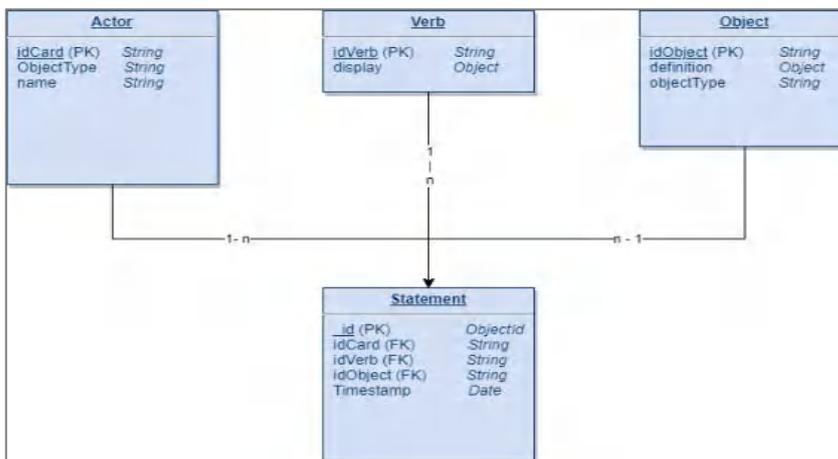


Figura 4-3: Modelo lógico de la base de datos “Xapi”

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Base de datos de los usuarios

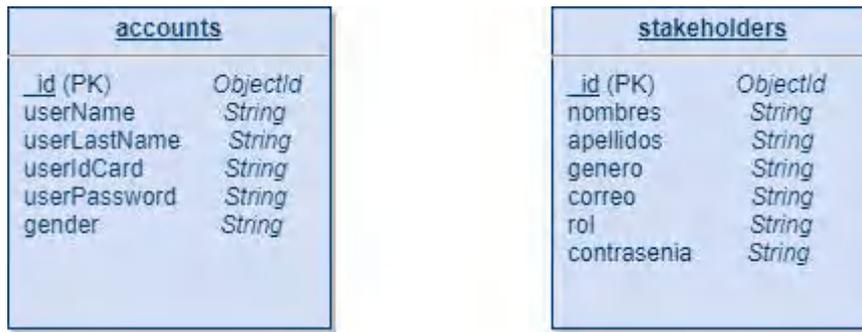


Figura 5-3: Modelo lógico de la base de datos “users”

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.3.3. Diccionario de datos

El diccionario de datos contiene al conjunto de definiciones específicas de cada uno de los documentos de las colecciones y sus atributos.

Tabla 11-3: Diccionario de datos.

Nº	Nombre Colección	Atributo del Documento	Tipo de dato	Atributos del objeto
1	statements	id	ObjectId (mongo)	NA
2		actor	Object	objectType (String) idCard (String) name (String)
3		verb	Object	id (String) display (Object)
4		object	Object	id (String) definition (Object) objectType (String)
5	accounts	userName	String	NA
6		userLastName	String	NA
7		userIdCard	String	NA
8		userPassword	String	NA
9		gender	String	NA
10	stakeholders	nombres	String	NA
11		apellidos	String	NA
12		correo	String	NA
13		genero	String	NA
14		rol	String	NA
15		contrasenia	String	NA

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.3.4. *Elaboración de Personajes*

En Math4Fun existen dos protagonistas Figura 6-3, el jugador podrá escoger entre el niño o la niña, los cuales tienen un estilo infantil lo cual hace que se vean amigables para el público objetivo. Los personajes se diseñaron en Inkscape y se los transformaron a formato PSD en Photoshop debido a que Unity incorpora una herramienta de animación a base de huesos que hace uso de dicho formato.



Figura 6-3: Personajes elaborados

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.3.5. *Diseño de interfaz*

El diseño de la interfaz se realiza para establecer un estándar de ubicación general de los componentes que serán necesarios dentro de cada módulo como: HUD (Presentación de la información), personaje principal, operaciones matemáticas, respuestas, obstáculos y demás texturas, además de la ubicación del panel de resultados del juego. La interfaz del sistema debe ser sumamente intuitiva para facilitar y simplificar su manejo además de adaptarse a las necesidades que tiene el cliente.

Pantalla de login

En esta pantalla el jugador puede ingresar sus credenciales para iniciar sesión en el juego y decidir si desea jugar con el personaje niño o niña:

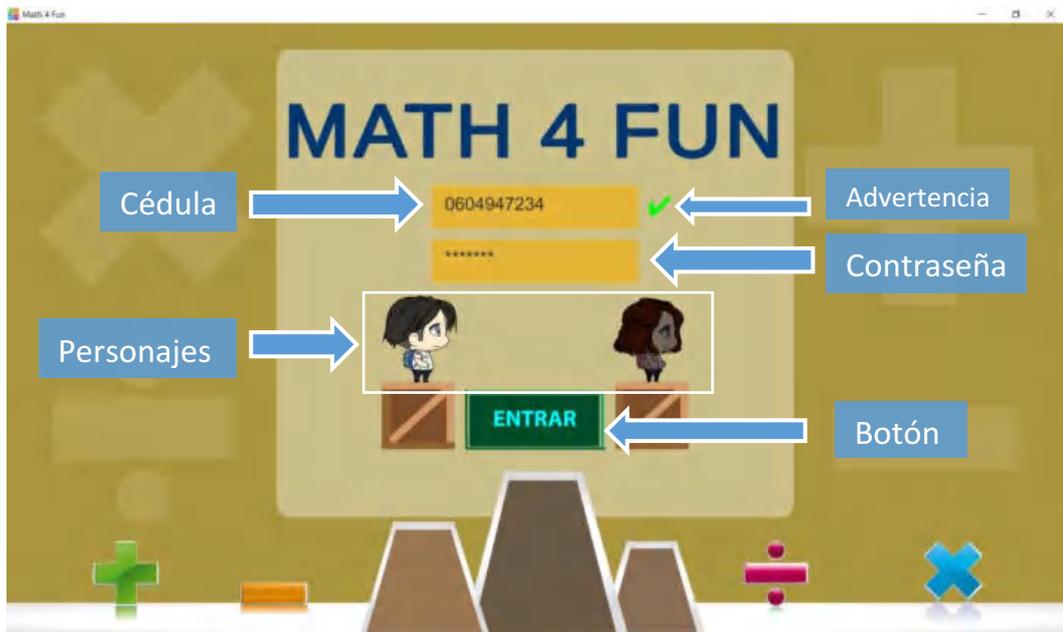


Figura 7-3: Pantalla de login

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

Menú de selección de módulos

En este menú el jugador podrá ingresar a 4 diferentes submódulos como lo son el de Suma, Resta, Multiplicación y División.

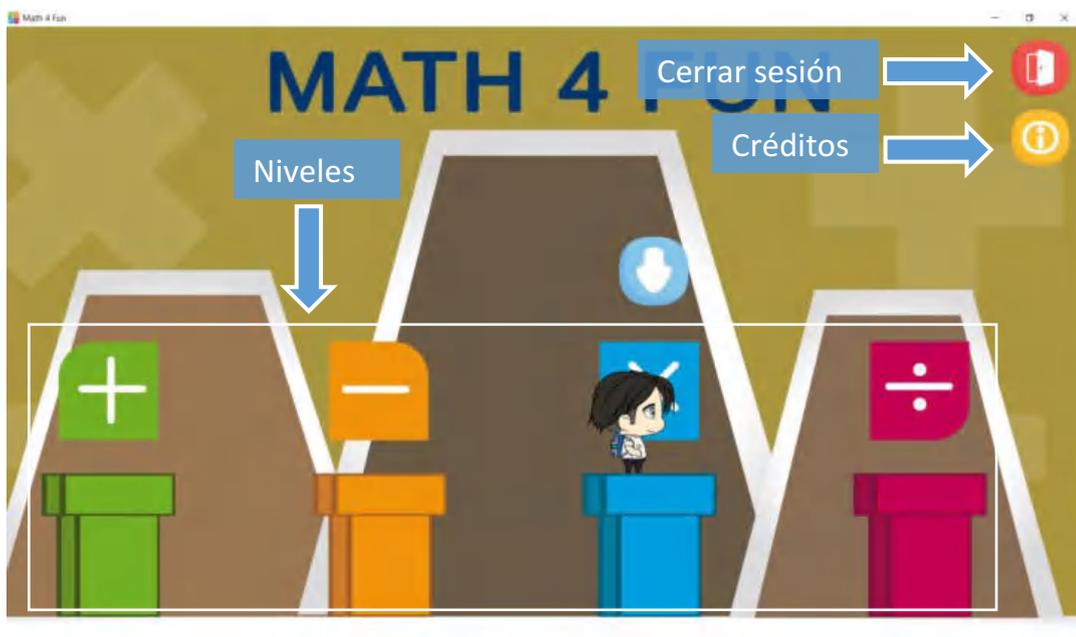


Figura 8-3: Menú de selección de módulos

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

Selección de dificultad

En este menú el jugador podrá seleccionar la dificultad que desee.

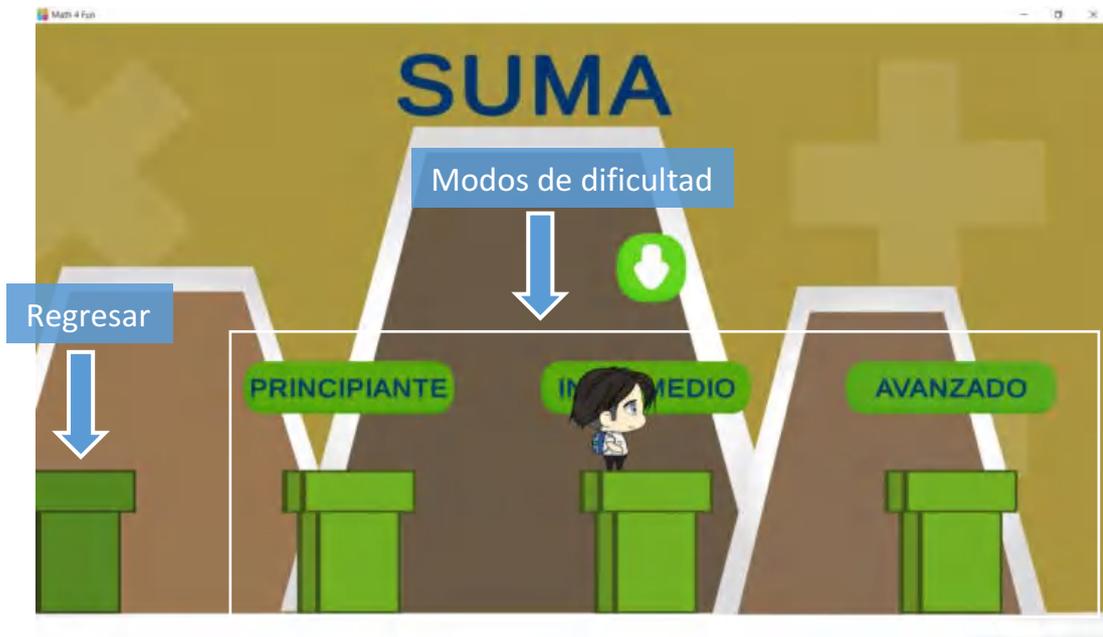


Figura 9-3: Menú de selección de dificultad

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

Créditos

En la pantalla de créditos se da una breve descripción del SG, su objetivo, los desarrolladores y las fuentes de recursos utilizados para el proyecto.



Figura 10-3: Pantalla de créditos

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

3.1.3.6. Diseño de niveles

Los niveles de Math4Fun se realizaron en Unity 3D y tiene un estilo 2D cartoon, en el cual los entornos son coloridos representando las estaciones del año y los escenarios cuentan con detalles de vegetación. Los retos para completar cada nivel son diferentes según la operación matemática, el jugador podrá escoger entre dos posibles respuestas para resolver el problema matemático y según la respuesta se incrementará en 1 los aciertos y errores.

Suma: El objetivo del módulo SUMA es acumular la mayor cantidad de puntos golpeando con un salto los bloques correspondientes con las respuestas correctas.

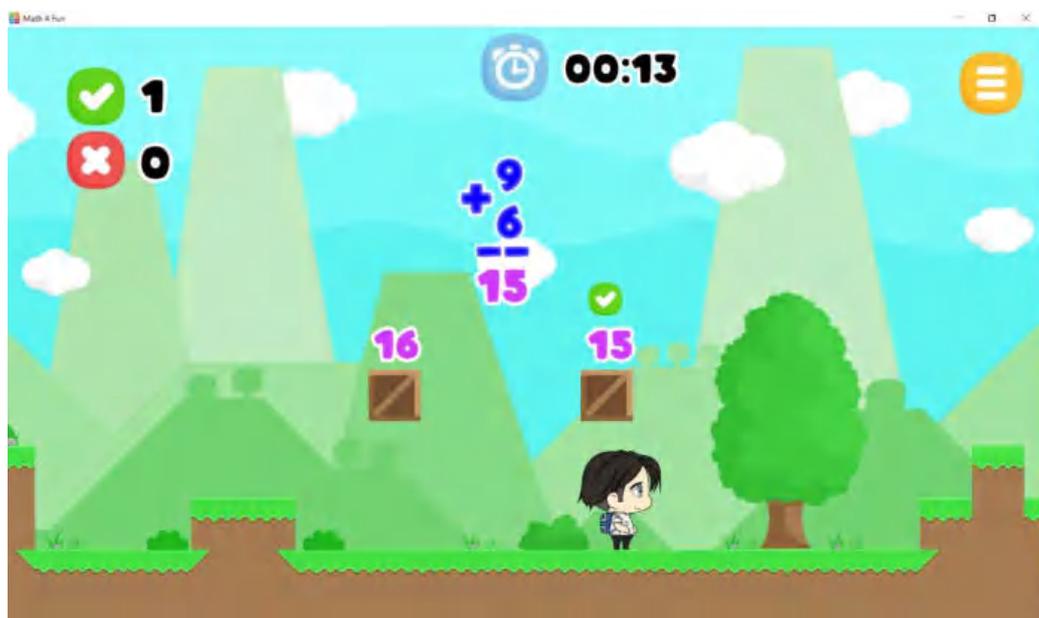


Figura 11-3: Diseño del módulo suma

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Resta: El objetivo del módulo RESTA es acumular la mayor cantidad de puntos subiendo a la plataforma que contenga la respuesta correcta de la operación.

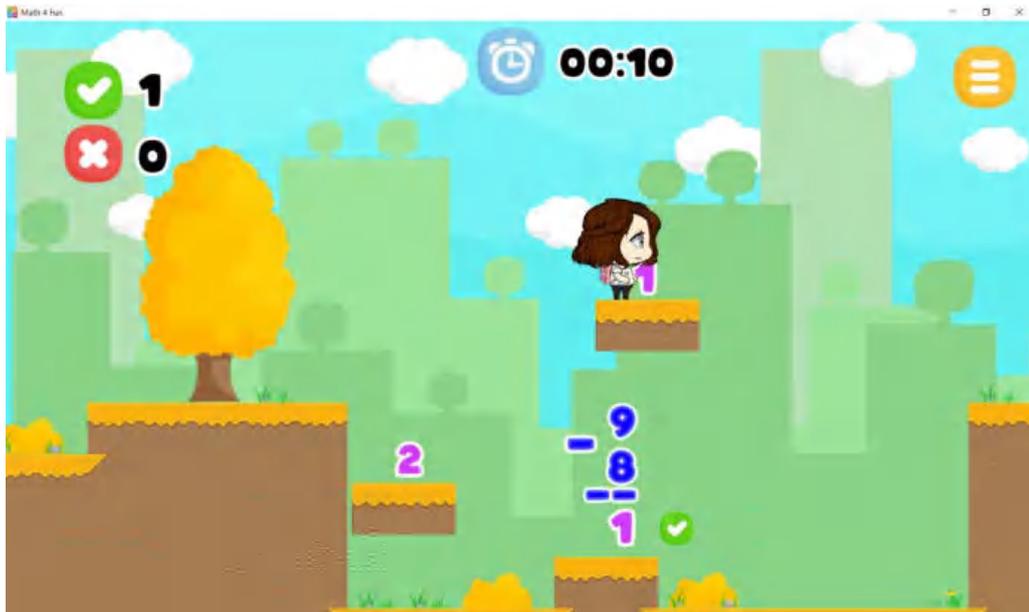


Figura 12-3: Diseño del módulo resta

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Multiplicación: El objetivo del módulo MULTIPLICACIÓN es acumular la mayor cantidad de puntos empujando cofres hacia el botón que contenga la solución al problema planteado.

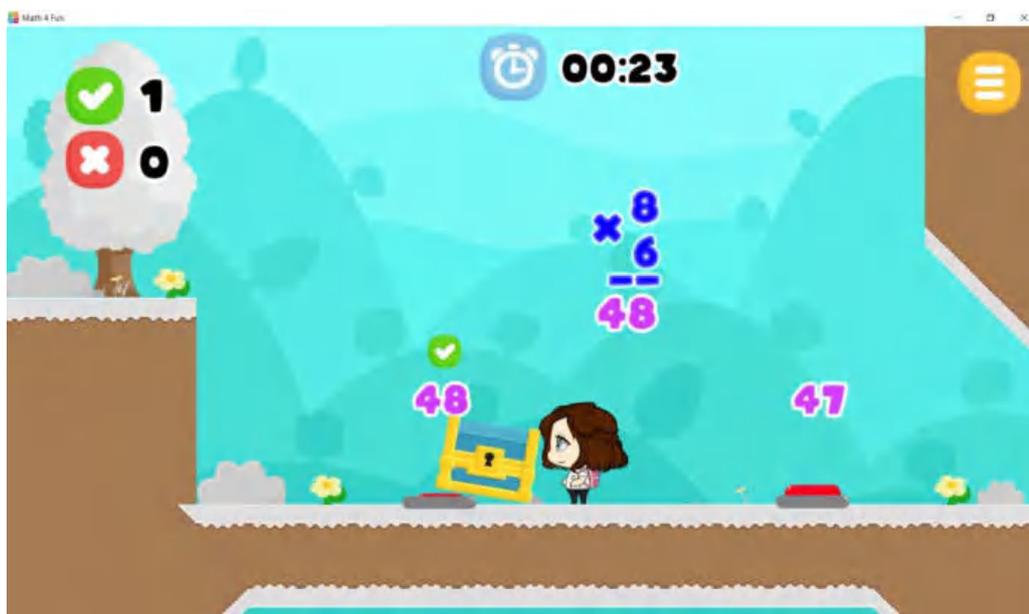


Figura 13-3: Diseño del módulo multiplicación

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

División: El objetivo del módulo DIVISIÓN es acumular la mayor cantidad de puntos al entrar por puertas que contengan la respuesta a la operación matemática propuesta.



Figura 14-3: Diseño del módulo división

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.3.7. *Manuales de usuario*

Se elaboró dos manuales que servirán como guía y fuente de consulta para facilitarle el uso a los usuarios, uno que describa el funcionamiento del SG ANEXO B y otro que describa el funcionamiento del Dashboard ANEXO C.

3.1.4. **BETA**

En esta fase se procedió con las pruebas de funcionamiento del SG y Dashboard, en donde se corrigieron los problemas encontrados de jugabilidad, interfaz y sonido, una vez corregido estos problemas se presentó la versión Beta de Math4Fun Figura 15-3, con la cual se realizaron las pruebas de usabilidad con la tecnología de Eye Tracking la cual nos permitió evaluar el diseño de la interfaz y realizar pequeños ajustes para mejorar la experiencia de usuario.

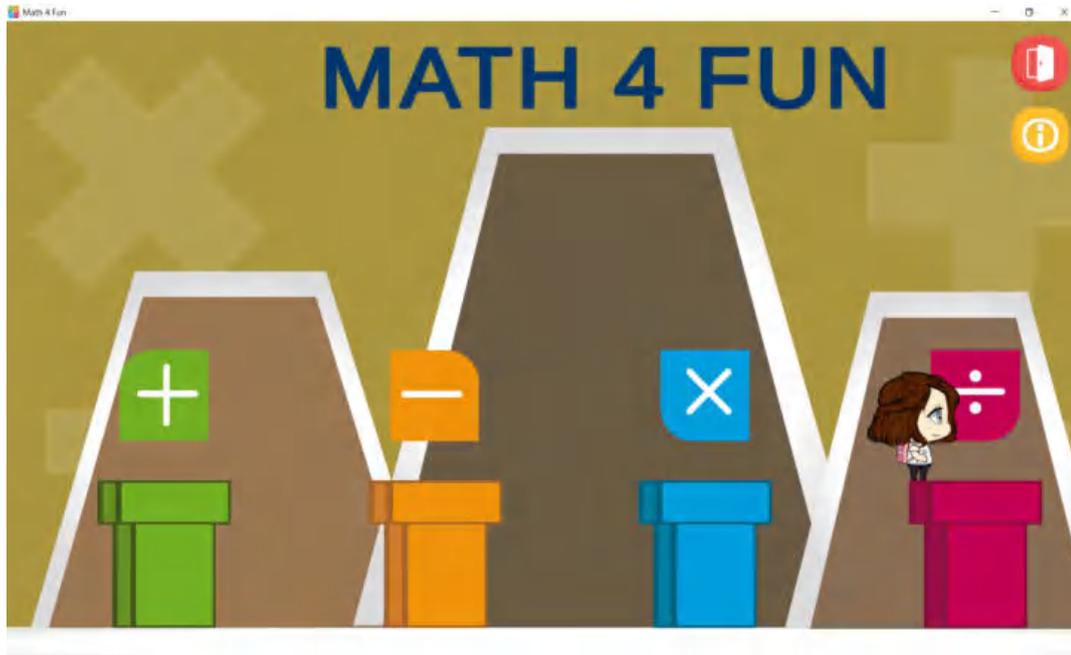


Figura 15-3: Versión Beta de Math4Fun

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.5. Cierre

Para la liberación del SG se corrigen todos los errores encontrados en el producto BETA, donde se realizaron las pruebas de usabilidad a la interfaz de usuario mediante la utilización de la tecnología de Eye Tracking y los cuestionarios de usabilidad.

Una vez terminado satisfactoriamente las pruebas necesarias en el SG y Dashboard con sus respectivos manuales de usuario, se procede a la liberación del producto final para la entrega y demostración al responsable del proyecto y de esta manera evidenciar los resultados obtenidos de la evaluación del producto, con la finalidad de que se pueda observar los resultados que se obtiene al usar el SG.

3.1.5.1. Esquema general del Proyecto

Este esquema proporciona un avista general de todas las etapas realizadas para el desarrollo, la realización de pruebas de usabilidad y recolección de datos del proyecto “Math4Fun”.

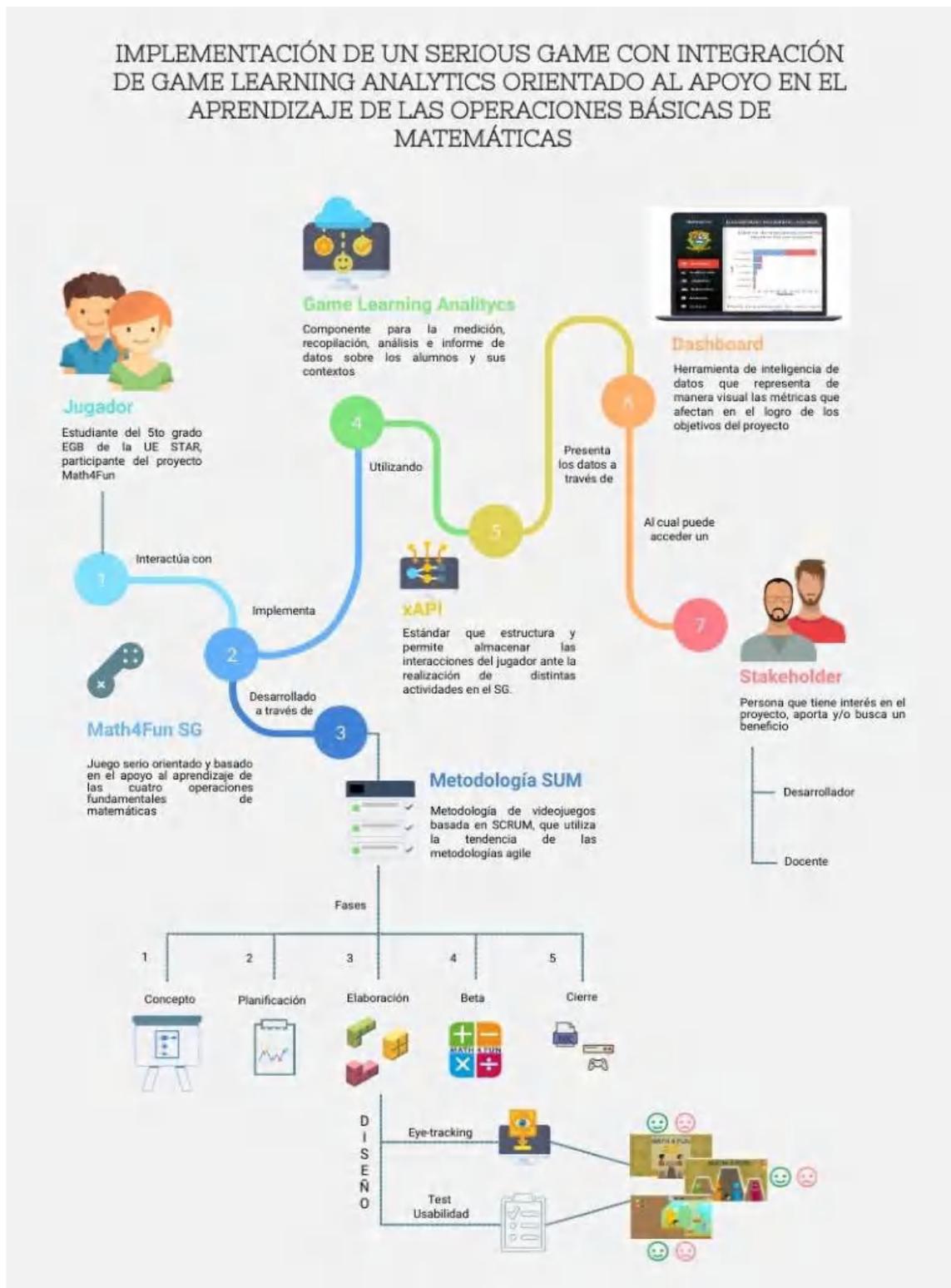


Figura 16-3: Esquema general del Proyecto

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.1.6. Gestión de riesgos

La fase de gestión de riesgos se la realiza a lo largo de todo el proyecto y su objetivo es el de monitorear, gestionar y minimizar el impacto de los riesgos más probables a convertirse en un problema real para el proyecto, por eso se analizó, priorizó y gestionó los riesgos presentados para este proyecto los cuales se pueden revisar en el ANEXO A.

3.2. Descripción del estudio

Se requiere examinar el comportamiento de los participantes seleccionados, donde a partir de actividades que realicen en el juego se produzca un estímulo en las variables de su entorno interactivo y dentro de un período de tiempo determinado. Dadas estas circunstancias, el diseño de nuestro estudio se ha correspondido con un diseño de **investigación cuantitativa** debido a que se planea recoger datos cuantificables a partir de nuestras variables definidas para su posterior análisis (Pita-Fernández y Díaz, 2002) y de tipo **experimental transversal** ya que se corresponde con un estudio “de corte en el tiempo” (Cabo, Díez y Verdejo, 2008).

3.2.1. Definición de la hipótesis

“Las pruebas de usabilidad aportan a la mejora del diseño de interfaces del Serious Game desarrollado”

Definición de la Ho y H1.

Ho: Las pruebas de usabilidad no aportan a la mejora del diseño de interfaces del Serious Game desarrollado.

H1: Las pruebas de usabilidad aportan a la mejora del diseño de interfaces del Serious Game desarrollado.

3.2.2. Selección de la muestra

3.2.2.1. Selección de la muestra para test de Eye Tracking

Debido a las circunstancias que el mundo atraviesa a causa de la pandemia generada por el COVID-19, y por la actividad de las clases virtuales, el tamaño de la muestra se estableció 10 participantes, los cuales cumplen con las características necesarias para formar parte del estudio experimental.

3.2.2.2. Selección de la muestra para cuestionarios de usabilidad

Contexto y población

La UE STAR en 5to grado EGB posee un número de 150 estudiantes (distribuidos en tres paralelos) inscritos para el año lectivo 2020 -2021, pero por la pandemia se ha seleccionado una población total de 50 estudiantes para nuestro diseño experimental.

Muestra

Como la población es pequeña, y se ha realizado un muestreo aleatorio simple. De esta manera en base a la fórmula del muestreo aleatorio simple para una población conocida es:

$$n = \frac{z^2 pqN}{NE^2 + z^2 pq}$$

Para la muestra se consideró un nivel de confianza del 90% y un error máximo del 5%

Datos:

$p = 0,5$ $q = 1 - p = 0,5$ $N = 50$ $z = 1,645$ (confianza 90%) $E = 0,05$

$$n = \frac{(1,645^2)(0,5)(0,5)(50)}{(50)(0,05^2) + (1,645^2)(0,5)(0,5)}$$

$$n \simeq 43$$

De esta manera nuestra muestra queda conformada por un número de 43 niños.

3.2.3. Mediciones

3.2.3.1. Usabilidad con Eye Tracking

Para la medición de las variables de estudio se hará uso de la tecnología de Eye Tracking, que permite la medición de los aspectos detallados en la Tabla 12-3, relacionados a la usabilidad. Para esto, se ha considerado el trabajo de (Roa-Martínez et al., 2020) que plantea un esquema de evaluación de la usabilidad basándose en la norma ISO 9241-210 referente a la “*Ergonomía de la interacción humano – sistema*”

Tabla 12-3: Métricas para la evaluación de usabilidad con la tecnología de Eye Tracking.

Medida	Métrica	Aspecto de usabilidad	Interpretación
Mirada	Duración de la mirada (gaze) sobre un área de interés.	Extracción de información.	Una mayor duración indica dificultad en la extracción o interpretación de la información sobre elementos de la interfaz.
	Gaze (permanencia o dwell).	Atención en los objetivos.	Una gaze larga sobre un área de interés significa la anticipación a la ocurrencia de un evento o atención en los objetivos.
	Orientación del gaze.	Diseño de interfaz.	Retroalimenta sobre el éxito de las características de diseño.
	Número de miradas por área de interés.	Atracción o importancia de un elemento.	Un mayor número indica la importancia de los elementos del área e interés.
Pupila	Tamaño de la pupila.	Carga de trabajo cognitiva.	Un tamaño grande de las pupilas puede indicar un mayor esfuerzo cognitivo.
Sacadas	Número de sacadas.	Búsqueda.	Un alto número de sacadas indica mayor búsqueda de los elementos.
	Amplitud de la sacada.	Objetivos del usuario. Interfaz.	Cambios bruscos superiores a 90 grados indican que los objetivos del usuario cambiaron o que el diseño de la interfaz no coincide con las expectativas del usuario.

	Duración de la sacada.	Calidad de elementos (imágenes).	Alta duración de sacadas significa baja calidad de imágenes, como bajo contraste o elementos borrosos.
	Sacadas regresivas.	Atracción de la información.	Las regresiones de sacadas indican la presencia de elementos menos significativos.
	Sacadas que revelan cambios direccionales marcados.	Objetivos del usuario. Interfaz.	Cambios bruscos superiores a 90 grados indican que los objetivos del usuario cambiaron o que el diseño de la interfaz no coincide con las expectativas del usuario.
Fijaciones	Duración de la fijación.	Extracción de información. Atracción de los elementos.	Una duración de la fijación más larga significa dificultad para extraer la información o que un elemento es atractivo para el usuario.
	Número total de fijaciones.	Eficiencia en la búsqueda.	Un mayor número indica búsqueda ineficiente, que puede deberse a un mal diseño de interfaz.
	Fijaciones por área de interés.	Percepción o importancia del área de interés.	Un mayor número de fijaciones en una determinada área de interés indicará que es más perceptible o importante con respecto a otras.
	Fijaciones por área de interés ajustado a la longitud del texto.	Palabras por leer en el área de interés. Reconocimiento de los elementos en el área de interés.	La tasa calculada a partir de la división del número de fijaciones en el área de interés entre el número de palabras del texto puede indicar (cuando el número de fijaciones es alto) que son muchas palabras por leer (cuando el área de interés enmarca solo texto) o que los elementos son difíciles de reconocer.
	Densidad espacial de la fijación.	Búsqueda enfocada y eficiente.	La concentración de fijaciones en un área pequeña indica una búsqueda enfocada y eficiente. La dispersión espacial de las fijaciones al contrario significan búsqueda ineficiente o exploratoria.
	Fijaciones repetidas sobre el objetivo en el área de interés.	Significado o de visibilidad información.	Un número alto de fijaciones repetidas sobre el área de interés objetivo ya vista previamente indica que tal objetivo tiene poco significado o baja visibilidad.
	Tiempo para la primera fijación en el objetivo.	Visibilidad o atracción de elementos.	Poco tiempo para fijarse en el objetivo significa que el elemento es visible para el usuario.
	Porcentaje de participantes que se fijan en el área de interés.	Visibilidad o atracción de los elementos.	Un bajo porcentaje indica que es necesario resaltar o mover la información porque es poco visible o con baja atracción.
Fijaciones sobre el objetivo dividido por el número total de fijaciones.	Eficiencia en la búsqueda.	Un bajo valor en esta tasa indica una poca eficiencia en la búsqueda.	

Fuente: (Roa-Martínez et al., 2020)

3.2.3.2. Usabilidad mediante Cuestionarios

Para la realización de las preguntas de usabilidad se tomó como base el cuestionario de Utilidad, Satisfacción y Facilidad de Uso (USE, por sus siglas en Inglés), el cual fue desarrollado por (Lund, 2001). Para este estudio se reformulan las preguntas definidas sobre la facilidad de uso del SG, con una escala de calificación de Likert de 5 puntos que van desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo. Esto se lo realiza con la finalidad de que puedan ser de fácil entendimiento para nuestro grupo de estudio.

Tabla 13-3: Preguntas de usabilidad

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pregunta					
¿El juego es fácil de usar?					
¿Te gustó el diseño de las pantallas?					
¿Cumpliste con la actividad en pocos pasos?					
¿Realizaste la actividad sin esfuerzo?					
¿Puedes usar el juego sin instrucciones escritas?					
¿El juego no mostró ningún error mientras lo usabas?					
¿Realizaste todas las actividades dentro del juego?					

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.2.3.3. *Game Learning Analytics*

Para la implementación y evaluación de las analíticas de aprendizaje se ha recurrido a definir en primera instancia a los interesados en dicha información:

- Para el equipo de desarrollo es imprescindible contar con un modelo de analítica que permita obtener datos acerca de la satisfacción y avance en el SG, con el fin de mejorar el nivel de jugabilidad de este.

- Para la UESTAR es de vital importancia que sus docentes tengan a su disposición de un modelo de analítica basado en las competencias de sus estudiantes, sus calificaciones y su evolución.

Para esto se ha tomado en consideración aspectos que se resumen en la Tabla 14-3.

Tabla 14-3: Métricas para la evaluación de las GLA según sus interesados.

Visualization description	Primary Stakeholder
For all students in the class, or individually selected students: sessions, questions answered, total errors, ratio of correct answers, timestamps	Developer
Distribution of scores obtained in the game	
Distribution of questions answered by students	
Times each question has been answered	
Number of times each <i>accessible</i> has been accessed per player	
Duration of sessions	
Number of times each Experience API (xAPI) verb has been used	
Use of xAPI verbs over time	
Peak times of game use	Manager
Inter-group comparisons	
For the student: questions answered, errors, ratio of correct answers, final score, timestamps, session duration	Student
Users ranked by number of errors	Teacher
Questions with higher error ratio	
Number of players in each game-play session	
Total number of correct and incorrect alternatives selected in multiple-choice questions by each player	
Total number of correct and incorrect alternatives selected by players in each multiple-choice question	
Alternatives selected in each multiple-choice question	
Score achieved by players in the different completables	
Progress achieved by players in the different completables	
Progress of players over time	
For each video in the game, the number of times it has been seen and skipped by players	

Fuente: (Alonso-Fernandez et al., 2017)

3.2.4. Intervención

3.2.4.1. Usabilidad con Eye Tracking

Para la realización de las sesiones de estudio con la tecnología de eye tracking se ha pedido a tutores o padres de los niños participantes que el nivel de intervención o influencia sea el más mínimo, lo suficiente para que el estudio corra con total normalidad, pero sin llegar a afectar la credibilidad de los datos obtenida por la aplicación web de seguimiento ocular.

3.2.4.2. Usabilidad mediante Cuestionarios

Para la realización de las encuestas se ha pedido que el docente encargado intervenga las veces que sean necesarias para despejar las dudas de la actividad, ya sea antes o en el transcurso de esta.

3.2.4.3. Game Learning Analytics

Para la evaluación de las GLA se ha requerido únicamente de los niños y su interacción con el SG, la intervención en este aspecto es mínima o nula y es una de las mayores ventajas en cuanto a la comodidad de los participantes.

3.2.5. Seguimiento

3.2.5.1. Usabilidad con Eye Tracking

El seguimiento de la actividad se realizará tras cada sesión de estudio, en primera instancia para verificar que dicha sesión sea válida y posteriormente para monitorizarla y almacenarla en el registro correspondiente. Una vez se tenga todos los datos requeridos se procederá a realizar el análisis.

3.2.5.2. Usabilidad mediante Cuestionarios

El seguimiento de la actividad se lo realizará tras cada sesión, con el motivo de verificar que todos los participantes completen las encuestas, luego con los datos recolectados se procede a la tabulación y análisis de estos.

3.2.5.3. Game Learning Analytics

El seguimiento de esta actividad se realizará día tras día y en cualquier momento pues el sistema web del dashboard permitirá realizar el rastreo de toda la información debidamente limpia y agregada.

3.2.6. Definición conceptual

Las definiciones sobre cada aspecto teórico-conceptual que conlleva el uso de Eye Tracking para la evaluación de la usabilidad y la usabilidad como concepto, se encuentran referidos en el marco teórico.

3.2.7. *Definición del estudio*

3.2.7.1. *Usabilidad con Eye Tracking*

Para el estudio se ha tomado en consideración tres aspectos fundamentales en cuanto al parámetro de la **fijación**, y se ha escogido a este como base de nuestro estudio debido a que por su definición en el estudio de (Roa-Martínez et al., 2020), nos permitirá evaluar aspectos importantes sobre la usabilidad a un nivel tan sencillo, que puede ser aplicable para nuestro público objetivo (niños) sin necesidad de distraerlos y aun así disponer de información de calidad. Se ha tomado como base a el **tiempo para la primera fijación en el objetivo** y a la **duración de la fijación** dentro de cada área de interés definida, se estableció además, analizar la **fijación de los participantes en el área de interés**. Lo que se pretende es descubrir si realmente los niños estaban cómodos con el diseño y ubicación de los elementos que conformarán el juego, de manera que puedan hacer uso de todas las características y opciones que ofrece de forma fluida, intuitiva y eficaz. Para esto se ha solicitado a los participantes que analicen tres diferentes interfaces dentro de un tiempo límite. De cada una de ellas se analizará prioritariamente el área de interés definida por el equipo de desarrollo.

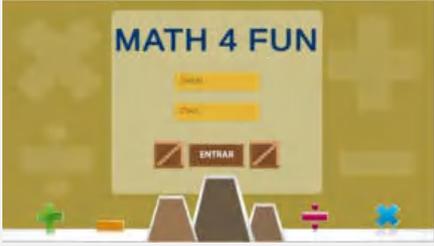
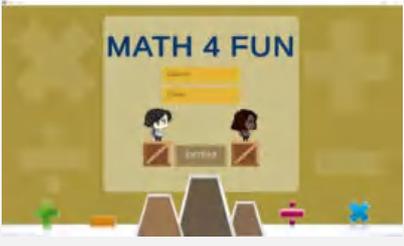
Importante: el tiempo para cada estudio de evaluación o sesión de eye tracking tiene una duración máxima de 60 segundos por limitación del plan estudiantil contemplado por Real Eye y se contarán con 3 interfaces a ser evaluadas. De esta manera las interfaces con sus tareas y sus tiempos quedan definidos de la siguiente forma:

1. Menú de login - 11s
2. Menú de selección de niveles - 11s
3. Módulo RESTA - 11s

3.2.7.2. *Usabilidad mediante Cuestionarios*

El experimento se llevó a cabo mediante la utilización de tres interfaces representativas del SG: menú de login, selección de módulos y el módulo de resta. Cada una de las interfaces cuenta con dos versiones Tabla 15-3, las cuales fueron evaluadas y corregidas con la ayuda de Eye Tracking. El grupo de niños seleccionados visualizaron la primera versión de las interfaces y se les indicó que realicen ciertas actividades determinadas, después ellos contestaron las preguntas del cuestionario de usabilidad Tabla 13-3, el cual se les facilitó por medio de Google Forms, con la ayuda del docente a cargo se despejaron dudas sobre cómo realizar la actividad. Luego se procedió a realizar las mismas actividades con la segunda versión de las interfaces, con lo cual se obtuvo los datos para comparar la usabilidad de las interfaces planteadas.

Tabla 15-3: Interfaces del Serious Game a ser evaluadas.

	Versión 1	Versión 2
Menú de Login		
Menú de selección de Módulos		
Módulo de Resta		

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

3.2.7.3. Game Learning Analytics

Para el estudio se ha tomado en consideración los aspectos definidos (Alonso-Fernandez et al., 2017) en cuanto a la parte de los interesados de DESARROLLO y a DOCENTES de la siguiente forma:

DESARROLLO

1. Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador
2. Media de tiempo en cada módulo por jugador
3. Media de puntuación en cada módulo por jugador
4. Preguntas totales y respondidas por jugador
5. Balance de preguntas respondidas y totales
6. Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego
7. Número de jugadores que han participado en cada módulo

DOCENTES

1. Errores y aciertos totales
2. Errores y aciertos por jugador
3. Jugadores con el mayor número de errores

4. Módulos donde se ha producido la mayor cantidad de errores
5. Partidas totales realizadas en cada módulo
6. Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos
7. Balances mensuales de los jugadores en los módulos

3.2.8. *Análisis estadístico*

3.2.8.1. *Estadígrafo inferencial*

Para determinar si los datos obtenidos siguen una distribución normal, es necesario aplicar el test de Shapiro-Wilk, ya que está restringido para un tamaño de muestra inferior a 50. Si la distribución es normal se procede a aplicar la prueba de T de student para contrastar las medias obtenidas y demostrar de la hipótesis (Anderson et al., 2017).

3.2.9. *Aspectos éticos*

Debido a que se está trabajando con personas menores de edad, debemos primero tener el permiso y consentimiento de sus representantes para la etapa de experimentación. Es importante además reconocer el momento que se vive por la situación de pandemia por el virus COVID-19, éstos y demás aspectos se encuentran contemplados en el ANEXO D: Modelo de documento de consentimiento para los participantes de la Fase BETA.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Como se estableció en el capítulo anterior, una vez lanzada la versión beta del SG, se procedió a la realización de pruebas en dos etapas: la primera correspondiente a la evaluación de usabilidad con eye tracking y cuestionarios sobre la usabilidad de las interfaces del juego, la segunda correspondiente a la evaluación del rendimiento de los niños en el juego. Los resultados obtenidos serán evaluados a manera de realizar correcciones de diseño o desarrollo en caso de ser requerido o para investigaciones futuras.

4.1. Resultados del estudio de evaluación de interfaces con Eye Tracking

4.1.1. Evaluación de la interfaz del Menú de login

El menú de login es una interfaz que contiene al título del juego, la zona de credenciales, una zona de selección de personaje y el botón de entrar para iniciar el juego, como se puede visualizar en la Figura 1-4. Las zonas más destacadas por los participantes tras las sesiones de eye tracking pueden verse en el mapa de calor de la Figura 2-4.

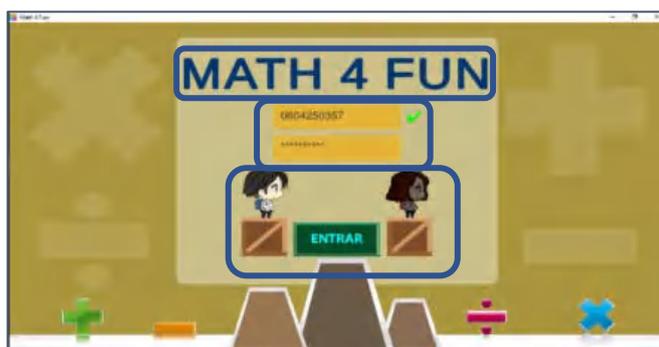


Figura 1-4: Menú de Login y área/as de interés asignadas

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

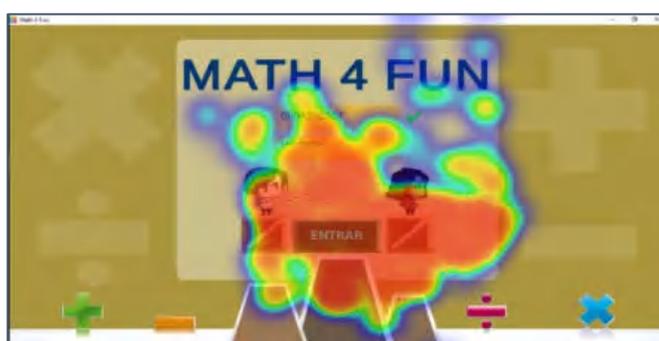


Figura 2-4: Mapa de calor de ejemplo del menú de login

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

Para esta interfaz se tuvo como objetivo que el participante centre su atención en la zona de interés correspondiente al del título, la zona de credenciales de acceso o los personajes y botón de inicio.

Tiempo para la primera fijación en el objetivo

Para la interpretación de estos datos se deberá prestar atención al valor más bajo puesto que esto representaría a que el elemento es más visible para el participante, esta información se destaca en la Tabla 1-4 junto con su respectivo diagrama de barras representado en el Gráfico 1-4.

Tabla 1-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de login.

Participante	Título	Zona de credenciales	Personajes y botón de inicio	Media	Mediana	Suma
Participante 1	5,83	2,09	0,73	2,88	2,09	8,65
Participante 2	4,94	2,50	1,06	2,83	2,5	8,5
Participante 3	5,63	2,86	0,36	2,95	2,86	8,85
Participante 4	6,31	1,83	0,52	2,89	1,83	8,66
Participante 5	5,46	2,54	0,87	2,96	2,54	8,87
Participante 6	6,14	1,58	0,9	2,87	1,58	8,62
Participante 7	4,7	2,23	0,47	2,47	2,23	7,4
Participante 8	5,6	1,77	0,93	2,77	1,77	8,3
Participante 9	5,3	2,26	0,84	2,8	2,26	8,4
Participante 10	4,2	2,85	0,42	2,49	2,85	7,47
Promedio	5,41	2,25	0,71	2,79	2,25	8,37

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

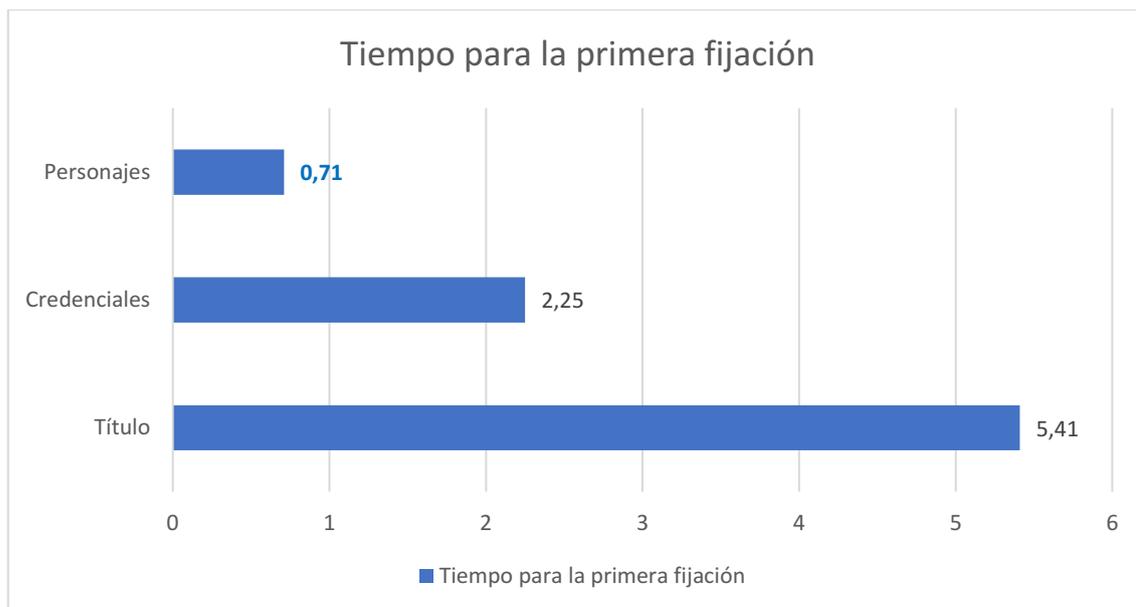


Gráfico 1-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de login.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con las gráficas, se puede argumentar de que los “personajes” fueron a quienes se prestó atención de manera más rápida con un promedio de 0.71s, seguido de las credenciales con un promedio de 2.25s y finalmente al título con un promedio de 5.41s por participante .

Duración de la fijación

Para la interpretación de estos datos se deberá prestar atención al valor más alto puesto que representaría al elemento que es más atractivo o llama más la atención del participante en la consecución del objetivo planteado, los resultados se presentan en la Tabla 2-4 y el Gráfico 2-4 respectivamente.

Tabla 2-4: Duración de la fijación en el objetivo, menú de login.

Participante	Título	Zona de credenciales	Personajes y botón de inicio	Media	Mediana	Suma
Participante 1	0,23	1,68	2,83	1,58	1,68	4,74
Participante 2	0,42	2,06	4,29	2,26	2,06	6,77
Participante 3	0,5	1,83	3,38	1,9	1,83	5,71
Participante 4	0,89	1,77	3,96	2,2	1,77	6,62
Participante 5	0,33	1,96	4,12	2,14	1,96	6,41
Participante 6	0,57	1,88	3,74	2,06	1,88	6,19
Participante 7	0,93	2,45	4,3	2,56	2,45	7,68

Participante 8	0,28	1,72	2,61	1,54	1,72	4,61
Participante 9	0,34	2,1	3,26	1,9	2,1	5,7
Participante 10	0,66	1,8	3,89	2,12	1,8	6,35
Promedio	0,52	1,93	3,64	2,03	1,93	6,08
Porcentaje de fijación del tiempo total compartido (%)	7,77	30,74	61,49			

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

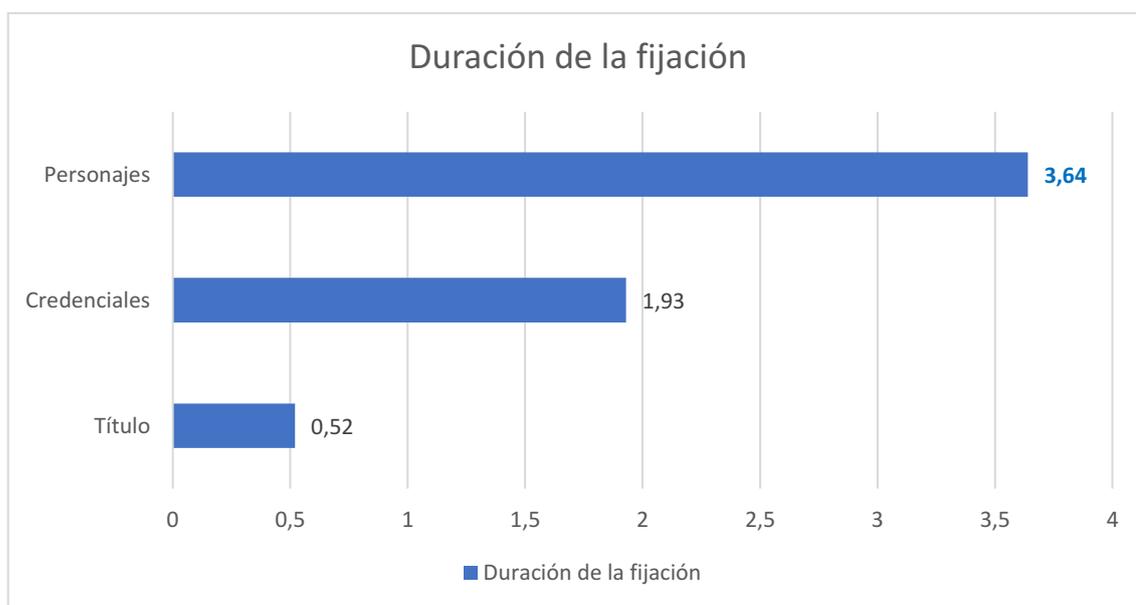


Gráfico 2-4: Duración de la fijación, menú de login.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con las gráficas, se puede argumentar de que el área correspondiente a los “personajes” fue el área que ha generado mayor interés en los participantes con una fijación total promedio de 3.64s, en segundo lugar, el área correspondiente al de las “credenciales” con una fijación total promedio de 1.93s y finalmente el área correspondiente al “título” con una fijación total promedio de 0.52s por participante.

Finalmente, en el Gráfico 3-4 se puede evidenciar a modo de resumen, el grado de fijación de los participantes con las áreas de interés definidas.

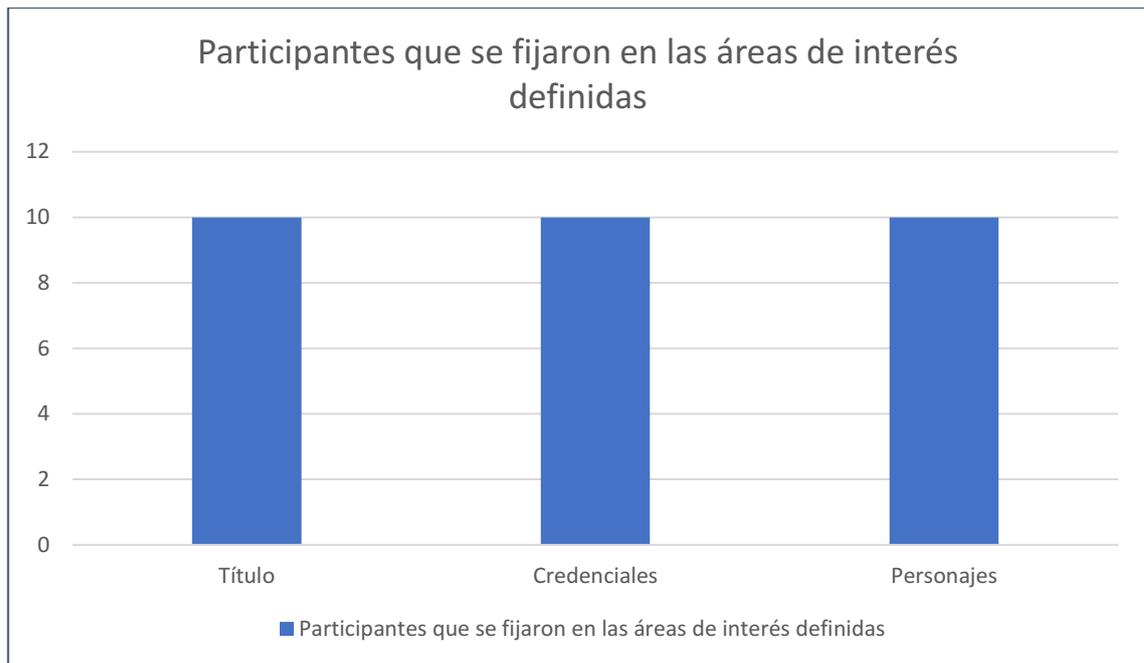


Gráfico 3-4: Fijación de los participantes en las áreas de interés definidas, menú de login.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con el gráfico, se puede concluir que todos los participantes han podido fijarse en las áreas de interés definidas por el equipo de desarrollo, confirmando que la interfaz de usuario cumplió con su meta de generar la atención de los niños sobre los aspectos más importantes de diseño en esta sección.

4.1.2. Evaluación de la interfaz de Selección de módulo

La interfaz de selección de módulo de la Figura 3-4 contiene al título del juego, la zona de cada uno de los módulos que se corresponden con las cuatro operaciones fundamentales, un botón para salir del juego al menú principal y otro para ver la información y créditos del SG. Las zonas más destacadas por los participantes pueden verse en el mapa de calor de la Figura 4-4.

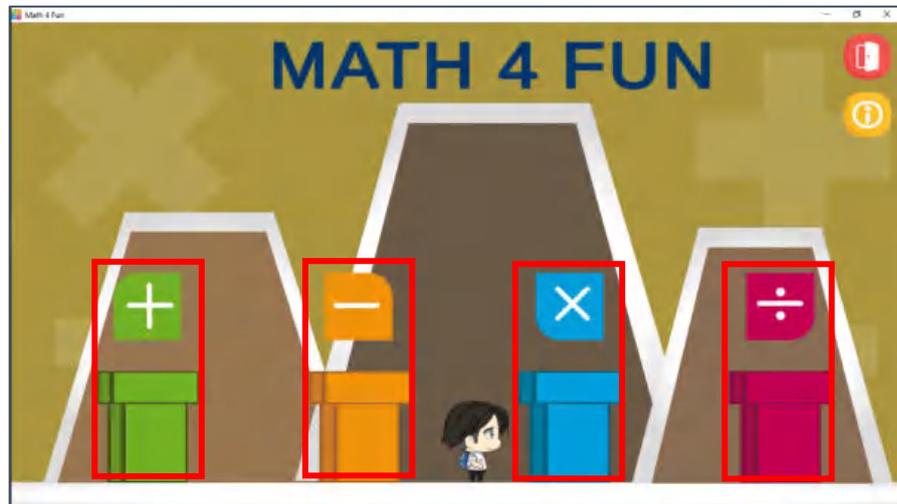


Figura 3-4: Menú de selección de módulo y área/as de interés

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

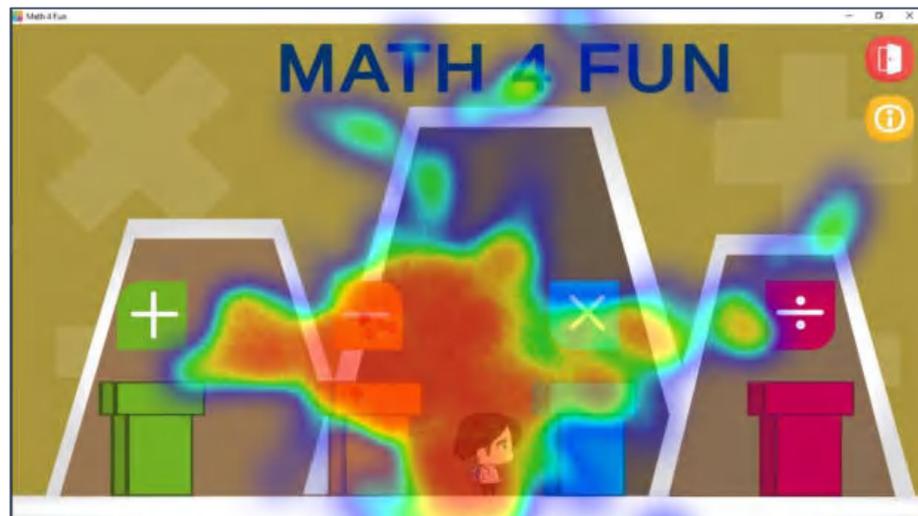


Figura 4-4: Mapa de calor de ejemplo del menú de selección de módulo y área/as de interés

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

Para esta interfaz se tuvo como objetivo que el participante centre su atención en la zona de interés correspondiente a la de los íconos o las tuberías de las cuatro operaciones fundamentales y de esta manera obtener datos no solo sobre distribución de las áreas de interés sino también de sus preferencias.

Tiempo para la primera fijación en el objetivo

Para la interpretación de estos datos se deberá prestar atención al valor más bajo puesto que esto representaría que el elemento es más visible para el participante, esta información se destaca en la Tabla 3-4 junto con su respectivo diagrama de barras representado en el Gráfico 4-4.

Tabla 3-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de selección de módulo.

Participante	Suma	Resta	Multiplicación	División	Media	Mediana	Suma
Participante 1	3,48	2,3	1,03	4,95	2,94	2,89	11,76
Participante 2	1,94	1,16	3,75	4,89	2,94	2,85	11,74
Participante 3	2,74	1,66	3,93	4,35	3,17	3,34	12,68
Participante 4	1,52	2,87	3,94	5,10	3,36	3,41	13,43
Participante 5	1,37	2,19	3,17	4,05	2,70	2,68	10,78
Participante 6	1,24	1,93	3,05	4,46	2,67	2,49	10,68
Participante 7	2,75	1,84	4,01	4,69	3,32	3,38	13,29
Participante 8	1,64	2,47	3,20	4,92	3,06	2,84	12,23
Participante 9	2,83	1,41	2,06	3,44	2,44	2,45	9,74
Participante 10	2,81	1,52	1,97	3,66	2,49	2,39	9,96
Promedio	2,23	1,94	3,01	4,45	2,91	2,87	11,63

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

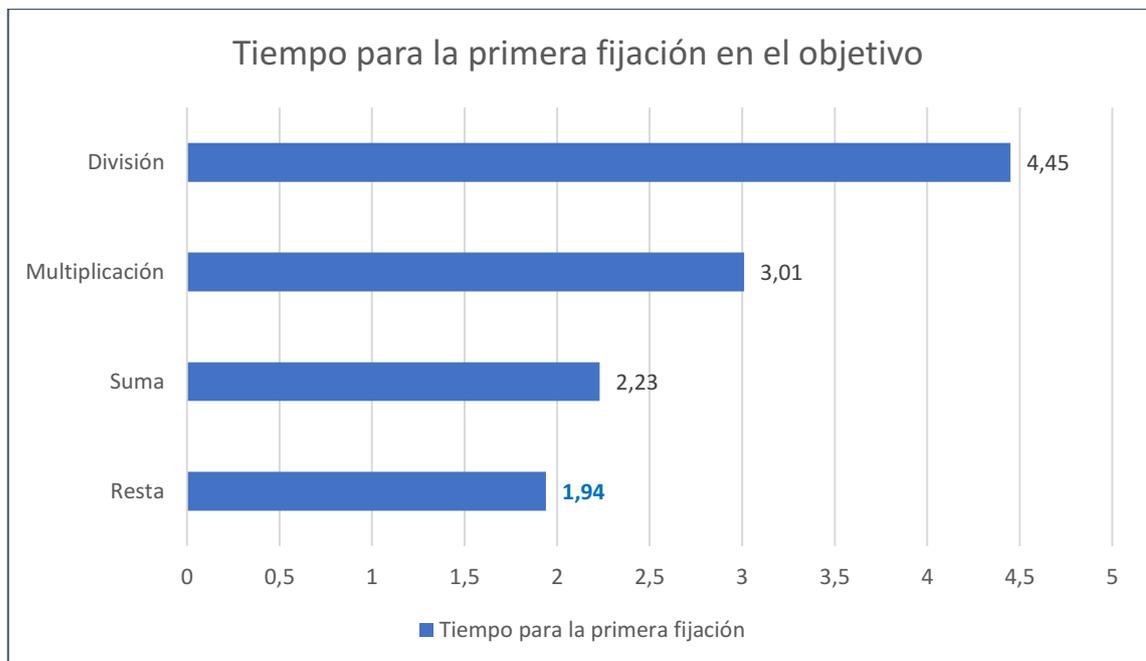


Gráfico 4-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, menú de selección de módulo.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con los gráficos, se puede argumentar de que el módulo de “resta” fue a lo que se prestó atención de manera más rápida con un promedio de 1.94s, seguido del módulo de “suma” con un promedio de 2.23s, posteriormente el módulo de “multiplicación” con un promedio de 3.01 y finalmente el módulo de “división” con un promedio de 4.45s por participante.

Duración de la fijación

Para la interpretación de estos datos se deberá prestar atención al valor más alto puesto que esto representaría a el elemento que es más atractivo o llama más la atención del participante, los resultados se presentan en la Tabla 4-4 y el Gráfico 5-4 respectivamente.

Tabla 4-4: Duración de la fijación, menú de selección de módulo.

Participante	Suma	Resta	Multiplicación	División	Media	Mediana	Suma
Participante 1	2,29	1,45	1,33	0,76	1,46	1,39	5,83
Participante 2	2,16	1,60	0,94	1,09	1,45	1,35	5,79
Participante 3	1,74	0,86	1,18	0,55	1,08	1,02	4,33
Participante 4	2,16	1,48	0,97	0,64	1,31	1,23	5,25
Participante 5	2,04	1,25	1,14	0,54	1,24	1,19	4,97
Participante 6	1,93	1,18	1,18	1,29	1,39	1,23	5,58
Participante 7	1,82	1,42	1,04	0,55	1,21	1,23	4,84
Participante 8	2,22	1,34	1,22	0,93	1,43	1,28	5,71
Participante 9	2,29	1,18	0,97	0,87	1,33	1,08	5,31
Participante 10	1,96	1,25	1,52	0,78	1,38	1,38	5,51
Promedio	2,06	1,30	1,15	0,80	1,33	1,24	5,31

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

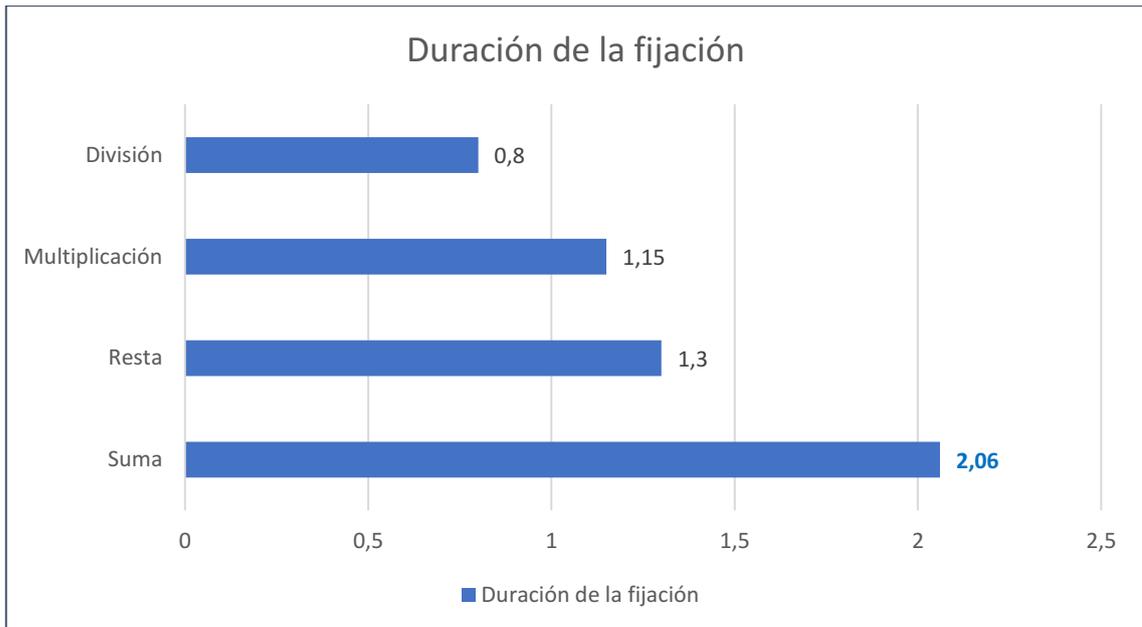


Gráfico 5-4: Duración de la fijación, menú de selección de módulo.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con los gráficos, se puede argumentar de que el módulo de “suma” es el área que ha generado mayor interés en los participantes con un promedio de duración de la fijación de 2.06s, seguido del área de “resta” con 1.3s, a continuación, el área de “multiplicación” con 1.15s y finalmente el área de “división” con 0.8s.

Finalmente, en el Gráfico 6-4 se puede evidenciar a modo de resumen, el grado de fijación de los participantes con las áreas de interés definidas.

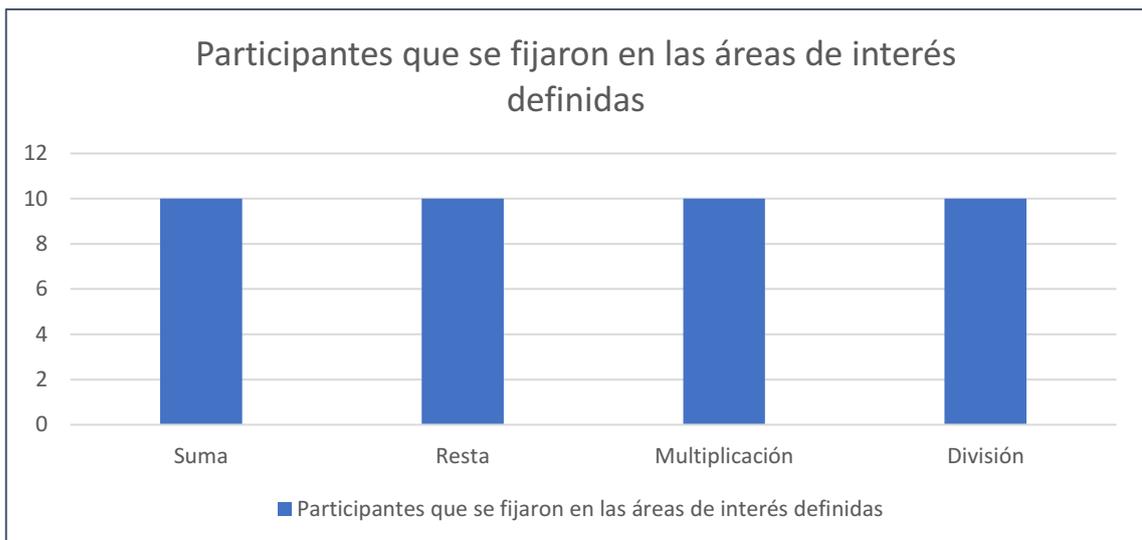


Gráfico 6-4: Fijación de los participantes en las áreas de interés, menú de selección.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con la gráfica de pastel se puede concluir que todos los participantes han podido fijarse en el área de interés definida por el equipo de desarrollo, confirmando que la interfaz de usuario cumplió con su meta de generar la atención de los niños sobre los aspectos más importantes de diseño en esta sección.

4.1.3. Evaluación de la interfaz de Selección de respuesta

La interfaz de selección de respuesta de la Figura 5-4 contiene al área de selección de respuesta, la zona del timer, la zona de puntuación y el botón de pausa, entre otros. Las zonas más destacadas por los participantes pueden verse en el mapa de calor de la Figura 6-4.



Figura 5-4: Módulo de Resta y área/as de interés.

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

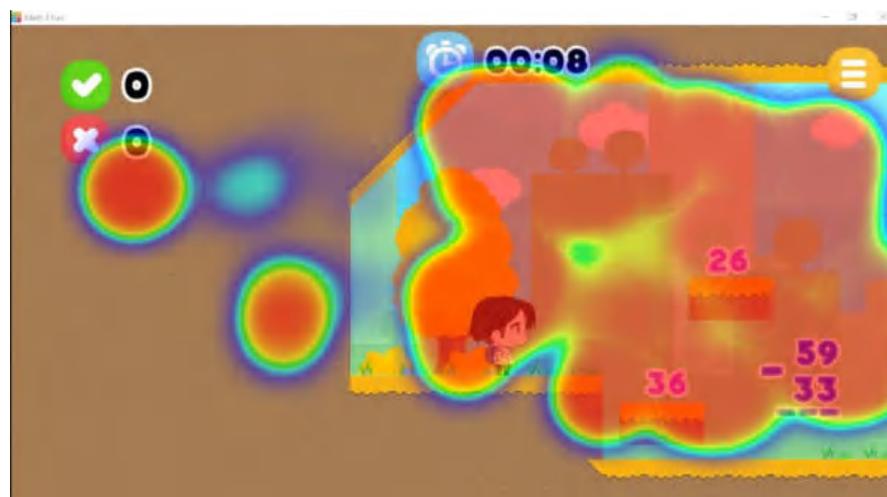


Figura 6-4: Mapa de calor del módulo de Resta

Realizado por: Tubón A., Gagñay B. 2020

Para esta interfaz se tuvo como objetivo que el participante centre su atención en la zona de: “tiempo”, “bloques de respuestas”, “aciertos y fallos” y “menú” para validar que el niño identifique cada herramienta a su disposición y pueda orientarse al momento de navegar por esta interfaz.

Tiempo para la primera fijación en el objetivo

Para la interpretación de estos datos se deberá prestar atención al valor más bajo puesto que esto representaría a que el elemento es más visible para el participante, esta información se destaca en la Tabla 5-4 junto con su respectivo diagrama de barras representado en el Gráfico 7-4.

Tabla 5-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, módulo de Resta.

Participante	Tiempo	Bloque de respuestas	Aciertos y fallos	Menú	Media	Mediana	Suma
Participante 1	4,36	2,59	6,3	10,2	5,86	5,33	23,45
Participante 2	1,75	2,8	5,38	8,17	4,53	4,09	18,10
Participante 3	5,06	1,26	7,13	9,53	5,75	6,10	22,98
Participante 4	5,79	2,2	3,94	7,48	4,85	4,87	19,41
Participante 5	2,33	2,68	5,97	7,48	4,62	4,33	18,46
Participante 6	2,60	2,67	5,44	10,37	5,27	4,05	21,08
Participante 7	5,76	2,15	5,49	7,47	5,22	5,63	20,87
Participante 8	5,40	2,10	5,28	9,53	5,58	5,34	22,30
Participante 9	4,46	1,66	6,48	8,44	5,26	5,47	21,04
Participante 10	4,90	2,00	5,47	9,82	5,55	5,19	22,19
Promedio	4,24	2,21	5,69	8,85	5,25	5,04	20,99

Realizado por: Tubón A., Gagnay B. 2020

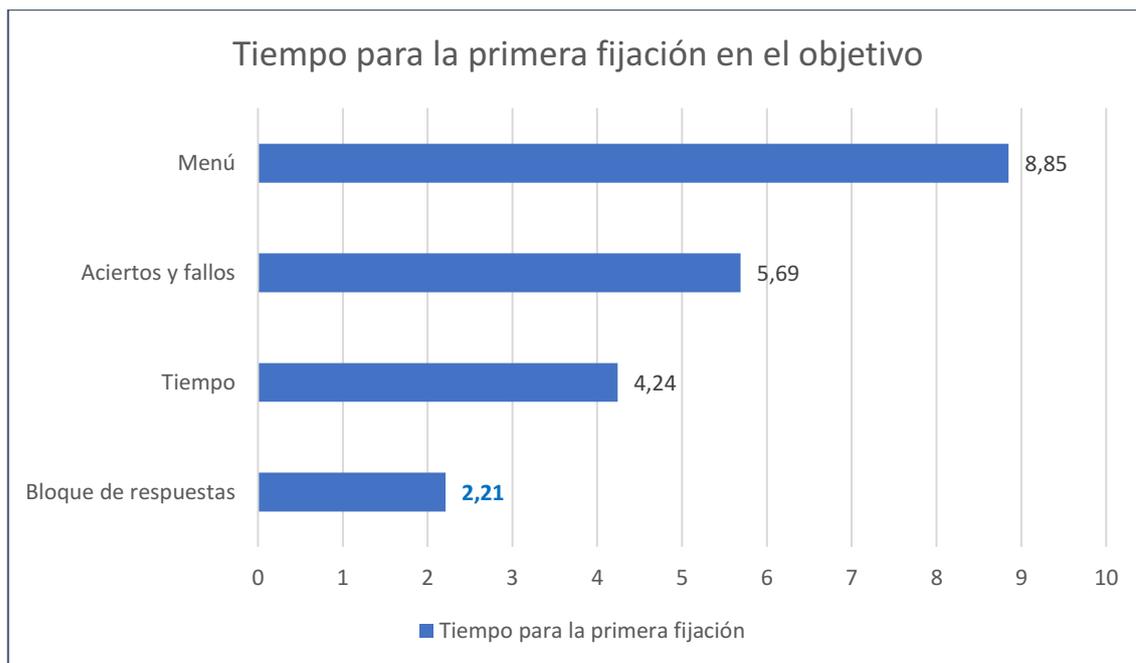


Gráfico 7-4: Tiempo para la primera fijación en el objetivo, módulo de Resta.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con los gráficos, se puede argumentar de que el “bloque de respuestas” es el área que ha generado mayor interés en los participantes con un promedio de duración de 2.21s para la fijación, seguido del área de “tiempo” con 4.24s, a continuación, el área de “aciertos y fallos” con 5.69 s y finalmente el área de “menú” con 8.85s.

Duración de la fijación

Para la interpretación de estos datos se deberá prestar atención al valor más alto puesto que esto representaría a el elemento que es más atractivo o llama más la atención del participante, los resultados se presentan en la Tabla 6-4 y el Gráfico 8-4 respectivamente.

Tabla 6-4: Duración de la fijación, módulo de Resta.

Participante	Tiempo	Bloque de respuestas	Aciertos y fallos	Menú	Media	Mediana	Suma
Participante 1	1,3	5,52	1,85	0,46	2,28	1,58	9,13
Participante 2	1,68	4,3	2,03	0,3	2,08	1,86	8,31
Participante 3	0,41	4,85	2,54	0,71	2,13	1,63	8,51
Participante 4	0,66	5,2	2,36	0,65	2,22	1,51	8,87
Participante 5	0,7	4,91	1,77	0,3	1,92	1,24	7,68
Participante 6	1,38	4,46	2,37	0,57	2,20	1,88	8,78
Participante 7	1,50	4,90	2,15	0,32	2,22	1,83	8,87

Participante 8	1,10	5,46	2,02	0,65	2,31	1,56	9,23
Participante 9	2,03	4,74	2,39	0,45	2,40	2,21	9,61
Participante 10	0,54	4,55	1,92	0,49	1,88	1,23	7,51
Promedio	1,13	4,89	2,14	0,49	2,16	1,65	8,65

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

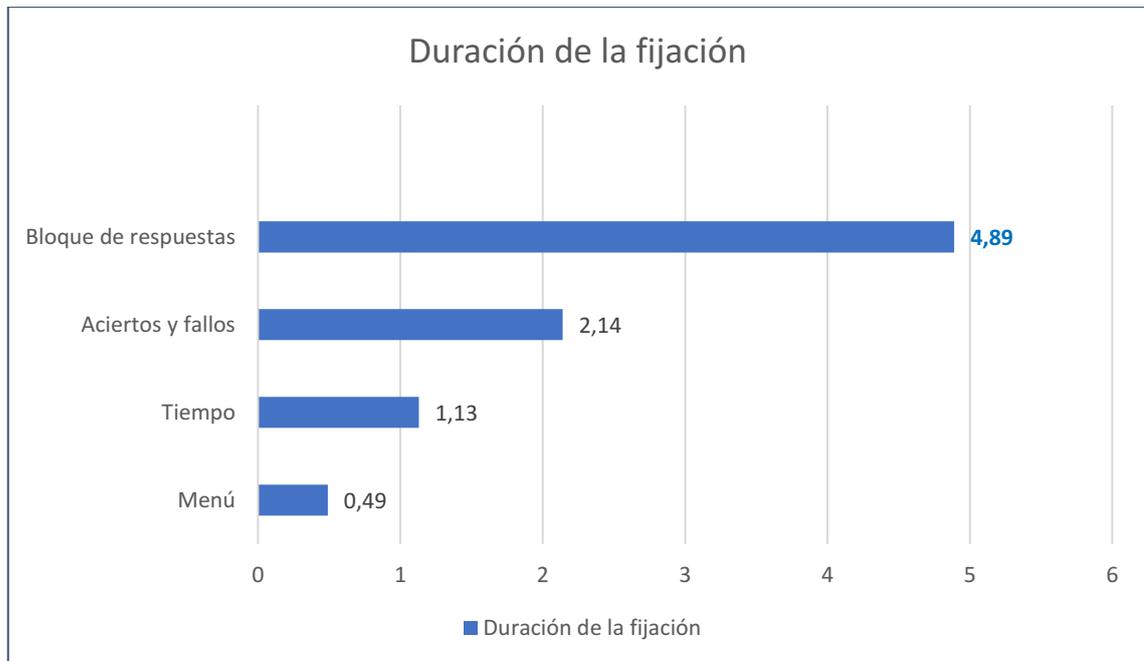


Gráfico 8-4: Duración de la fijación, módulo de Resta.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con los gráficos, se puede argumentar de que el área del “bloque de respuestas” es el área que ha generado mayor interés en los participantes con un promedio de duración de la fijación de 4.89s, seguido del área de “aciertos y fallos” con 2.14s, a continuación, el área de “tiempo” con 1.13s y finalmente el área de “menú” con 0.49s.

Finalmente, en el Gráfico 9-4 se puede evidenciar a modo de resumen, el grado de fijación de los participantes con las áreas de interés definidas.



Gráfico 9-4: Fijación de los participantes en las áreas de interés definidas, módulo de Resta.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

De acuerdo con los gráficos, se puede concluir que todos los participantes han podido fijarse en las áreas de interés definidas por el equipo de desarrollo, confirmando que la interfaz de usuario cumplió con su meta de generar la atención de los niños sobre los aspectos más importantes de diseño en esta sección.

4.2. Resultados de evaluación de interfaces mediante Cuestionarios de Usabilidad

Una vez aplicados los dos cuestionarios de usabilidad a los estudiantes se obtuvieron los siguientes resultados Anexo G, los cuales fueron analizados para obtener los promedios de cada uno de los estudiantes en las dos versiones de interfaces Tabla 7-4. Con lo cual podemos realizar la comprobación de la hipótesis.

Tabla 7-4: Promedios de los cuestionarios de usabilidad de las dos versiones de interfaces.

Estudiante	Interfaz Versión 1	Interfaz Versión 2	Diferencia
E1	2,43	4,29	-1,86
E2	2,71	4,43	-1,71
E3	2,29	4,57	-2,29
E4	2,43	4,14	-1,71
E5	2,71	4,71	-2,00
E6	2,29	4,29	-2,00

E7	2,71	4,43	-1,71
E8	2,29	4,00	-1,71
E9	2,57	4,71	-2,14
E10	2,43	4,57	-2,14
E11	2,43	4,57	-2,14
E12	2,86	4,43	-1,57
E13	2,57	4,43	-1,86
E14	2,71	4,57	-1,86
E15	2,86	4,14	-1,29
E16	2,86	4,86	-2,00
E17	2,86	4,43	-1,57
E18	3,00	4,43	-1,43
E19	3,00	4,29	-1,29
E20	3,14	4,57	-1,43
E21	2,43	4,57	-2,14
E22	2,43	4,29	-1,86
E23	2,86	4,14	-1,29
E24	2,57	4,43	-1,86
E25	2,57	4,29	-1,71
E26	3,00	4,57	-1,57
E27	2,71	4,29	-1,57
E28	3,00	4,43	-1,43
E29	2,71	4,71	-2,00
E30	2,86	4,14	-1,29
E31	2,71	4,43	-1,71
E32	3,14	4,43	-1,29
E33	2,57	4,43	-1,86
E34	2,57	4,71	-2,14
E35	3,14	4,57	-1,43
E36	3,29	4,43	-1,14
E37	3,00	4,14	-1,14
E38	2,71	4,71	-2,00
E39	3,14	4,57	-1,43
E40	2,86	4,43	-1,57
E41	2,71	4,29	-1,57

E42	2,86	4,29	-1,43
E43	3,14	4,57	-1,43
MEDIA	2,75	4,44	-1,69

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.2.1. Desarrollo

4.2.1.1. Test de Normalidad

Se realiza el test de Shapiro-Wilk para comprobar si los promedios de los estudiantes en los dos cuestionarios de usabilidad tienen una distribución normal, en este caso tanto los datos de la primera versión de la interfaz como de la segunda versión, se confirman que tienen una distribución normal Tabla 8-4.

Tabla 8-4: Resultados del Test de Normalidad.

	Interfaz Versión 1	Interfaz Versión 2
p-value	0,1078	0,0702

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.2.1.2. Test T de Student

Se realiza el test de T de Student para muestras pareadas, ya que la encuesta de usabilidad de las dos versiones de interfaces se la realizó al mismo grupo de estudiantes.

$$t = \frac{\bar{x}_D}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

La media de las diferencias es -1.69 con una desviación estándar de 0,31. Entonces tenemos:

Datos:

$$\bar{X}_D = -1,69 \quad S_D = 0,31 \quad n = 43$$

$$t = \frac{-1,69}{\frac{0,31}{\sqrt{43}}}$$

$$t = -35,81$$

Obteniendo como resultado del test $t = -35,81$ y un **p-value** = 2.2e-16.

4.2.1.3. Comprobación de la hipótesis

El valor $p\text{-value} = 2.2e-16$ es menor que 0,05, por tal motivo rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alternativa (H_1). Consecuentemente, las pruebas de usabilidad aportan a la mejora del diseño de interfaces del Serious Game desarrollado.

4.3. Resultados del estudio de evaluación de rendimiento en el juego (GLA)

Los resultados presentados a continuación se corresponden con un estudio realizado desde el día jueves 28 de enero de 2021 al lunes 01 de febrero de 2021, el objetivo principal del estudio fue encontrar datos analíticos de importancia y que ayuden a la toma de decisiones según sea el interesado (stakeholder).

4.3.1. Desarrollo

4.3.1.1. Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador

Este balance representado en el Gráfico 10-4, tiene como propósito encontrar el número exacto de errores y aciertos y permitir al equipo de desarrollo tomar decisiones en cuanto al nivel de dificultad en los módulos y que pueda afectar al interés de los niños. A simple vista, se puede concluir que los niños tienden más a responder adecuadamente que a equivocarse.

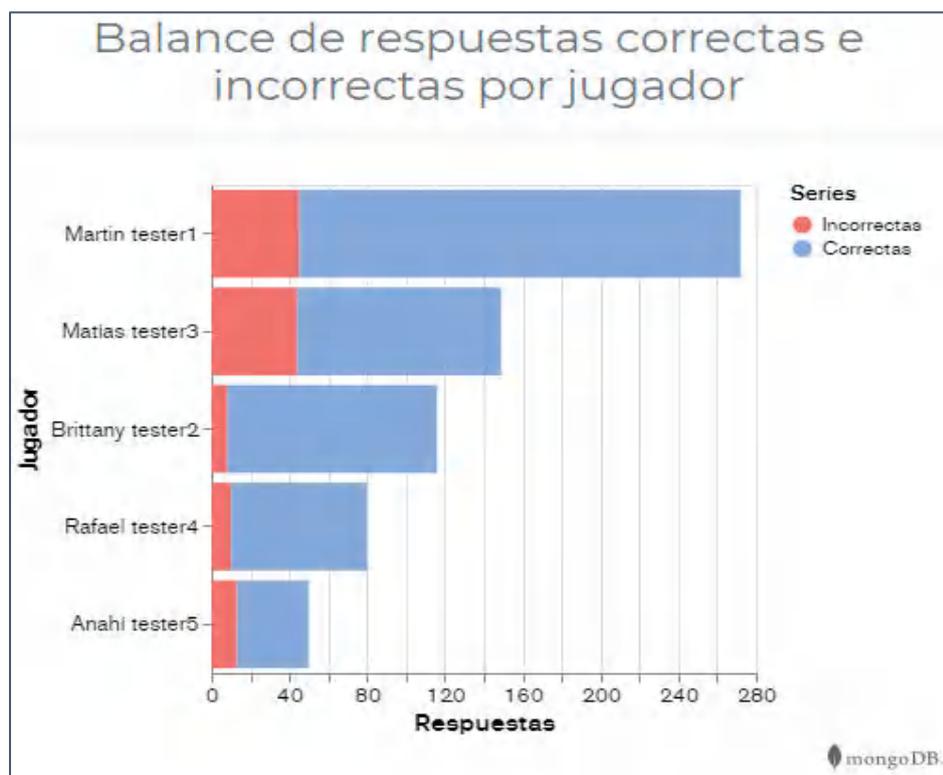


Gráfico 10-4: Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.1.2. Media de tiempo en cada módulo por jugador

Este diagrama representado en el Gráfico 11-4 muestra el tiempo promedio que cada jugador ha invertido en los módulos, evidenciando en el proceso la dificultad que presentaron los niños para responder de manera oportuna a los cálculos aritméticos y permitir al equipo de desarrollo tomar decisiones en cuanto a la dificultad de las operaciones. A simple vista, se puede evidenciar que uno de los jugadores (tester2) se ha tomado un tiempo bastante considerable en cada módulo para responder a las preguntas planteadas.

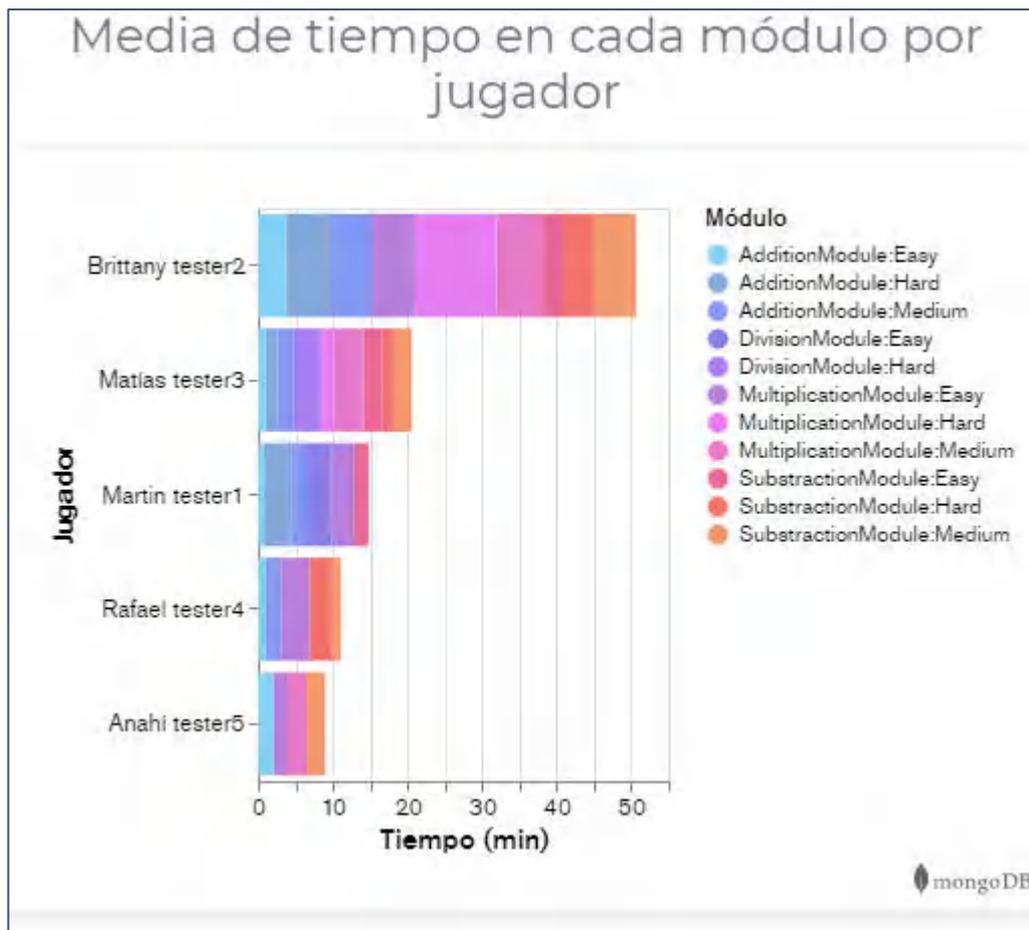


Gráfico 11-4: Media de tiempo en cada módulo por jugador.

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.1.3. Media de puntuación en cada módulo por jugador

Este diagrama representado en el Gráfico 12-4, tiene como objetivo, medir el rendimiento de los jugadores en cada módulo y apoyar al equipo de desarrollo en evaluar el nivel de dificultad en los módulos. A simple vista, se puede evidenciar que el jugador con el mejor rendimiento en el módulo de Suma – Fácil fue (tester2) y el jugador con el rendimiento más bajo fue (tester1).

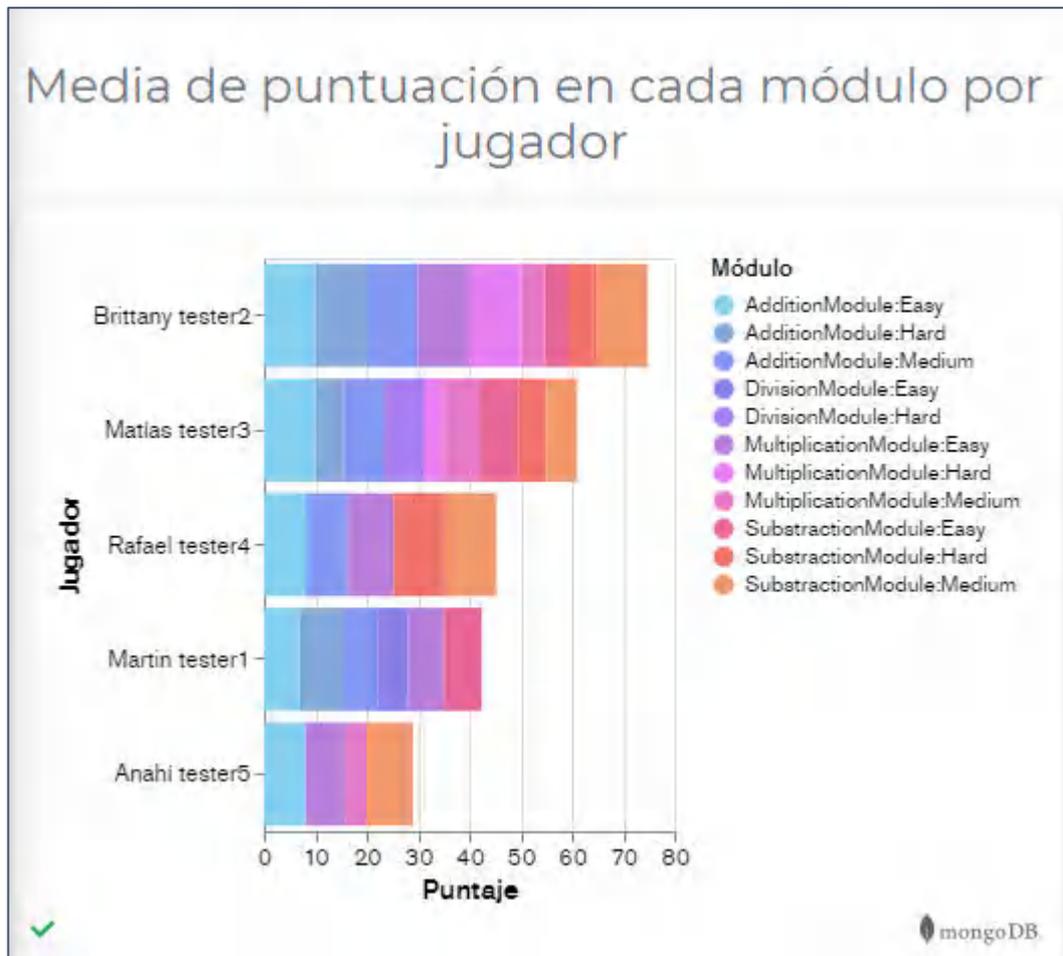


Gráfico 12-4: Media de puntuación en cada módulo por jugador

Realizado por: Tubón B., Gagñay B. 2020

4.3.1.4. Preguntas totales y respondidas por jugador

Este diagrama representado en el Gráfico 13-4, tiene como objetivo, medir el nivel de satisfacción tanto en la dificultad como en el número de problemas matemáticos planteados por cada módulo, ya que si no tienen un índice equivalente o cercano entre las preguntas totales planteadas y las respondidas, quiere decir que los niños están abandonando el nivel en el que se encuentran y se debe hallar el motivo, también sirve mucho para medir el nivel de interacción e interés de los niños en el juego. A simple vista, se puede evidenciar que el jugador con interés en el juego es “tester1” con 320 preguntas totales planteadas o lo que es equivalente a 32 partidas, el jugador con menor interés en el juego es “tester5” con 50 preguntas totales planteadas o lo que es equivalente a 5 partidas. Además, el “tester2” es el jugador que más ha salido de los juegos antes de que se terminen con normalidad.

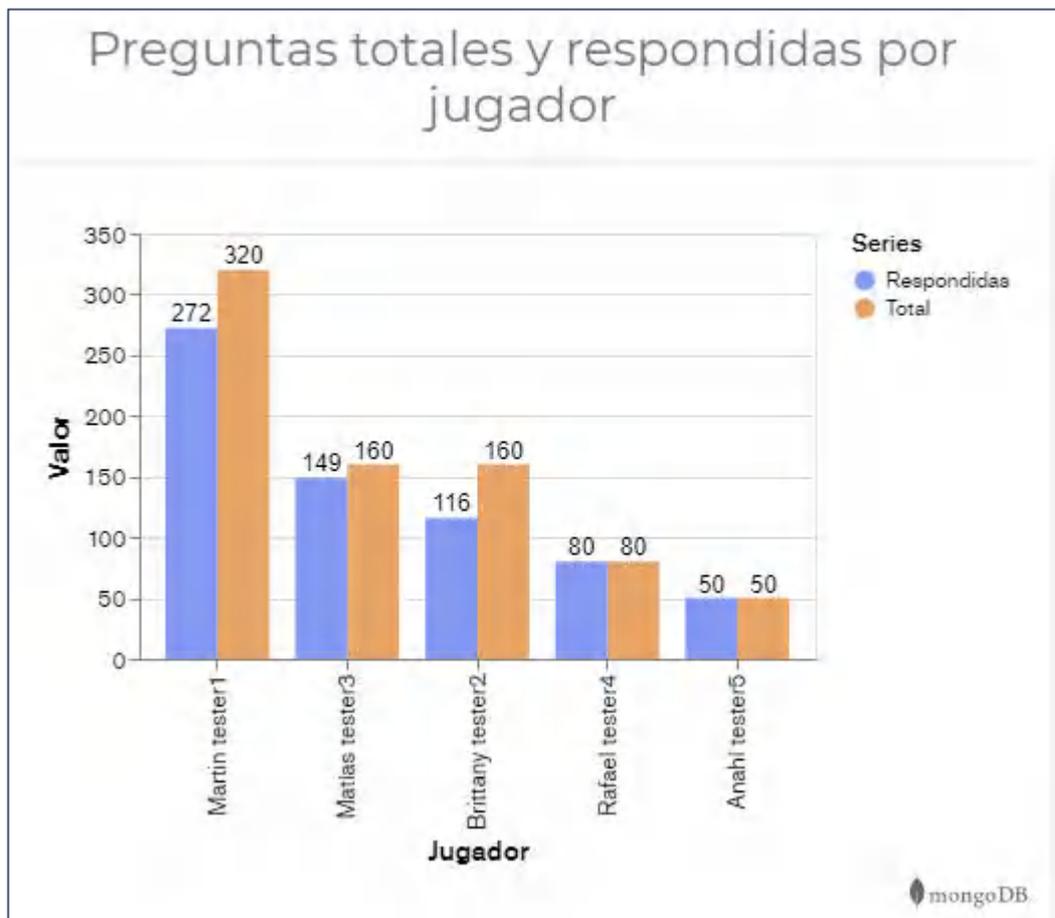


Gráfico 13-4: Preguntas totales y respondidas por jugador

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.1.5. Balance de preguntas respondidas y totales

Este diagrama representado en el Gráfico 14-4, tiene como objetivo, saber cuál es el nivel o módulo que los jugadores más predisposición tengan a completarlo y cuál es el que mayor interés genera en los jugadores. A simple vista, se puede ver que el nivel con mayor atención para los niños es el de Suma – Fácil.

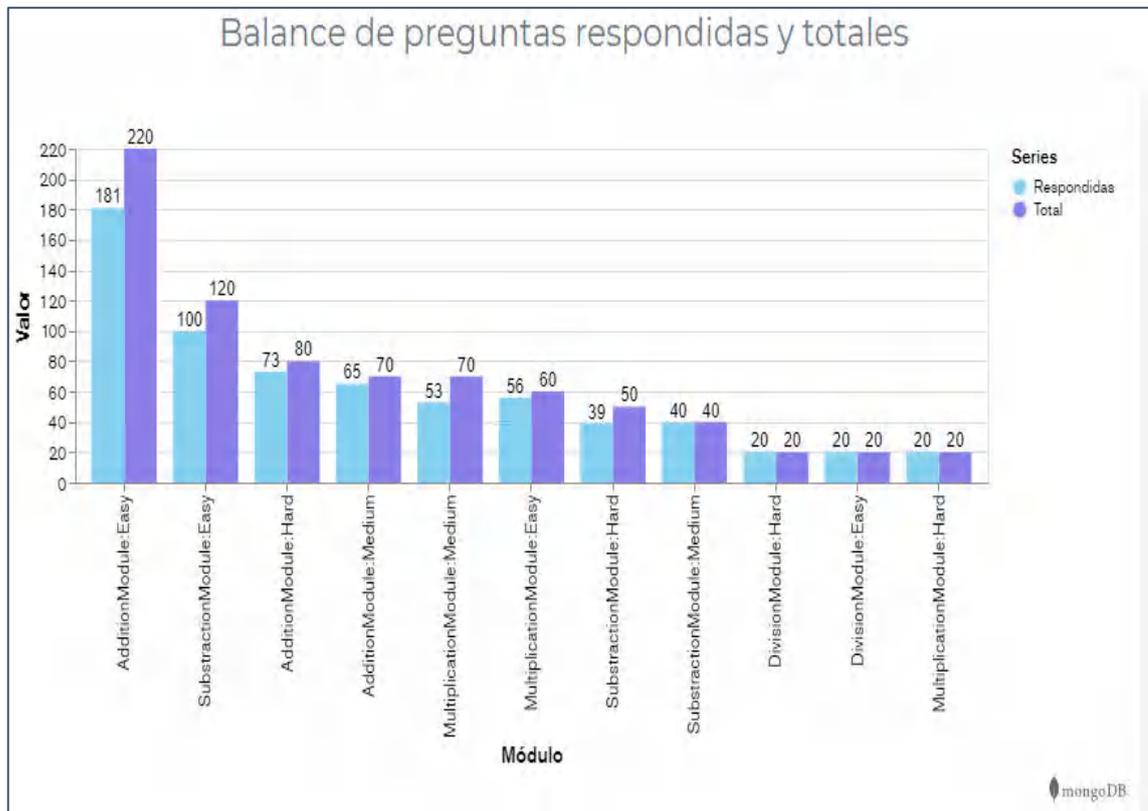


Gráfico 14-4: Balance de preguntas respondidas y totales

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.1.6. Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego

Este diagrama representado en el Gráfico 15-4, tiene como objetivo, saber cuál es el módulo o nivel en el que los niños tardan más en completar, a fin de revisar si las operaciones planteadas son adecuadas para su nivel de conocimiento o buscar una causa concreta de este fin. A simple vista, el nivel de Multiplicación – Difícil es el nivel en el que los jugadores tardan más.

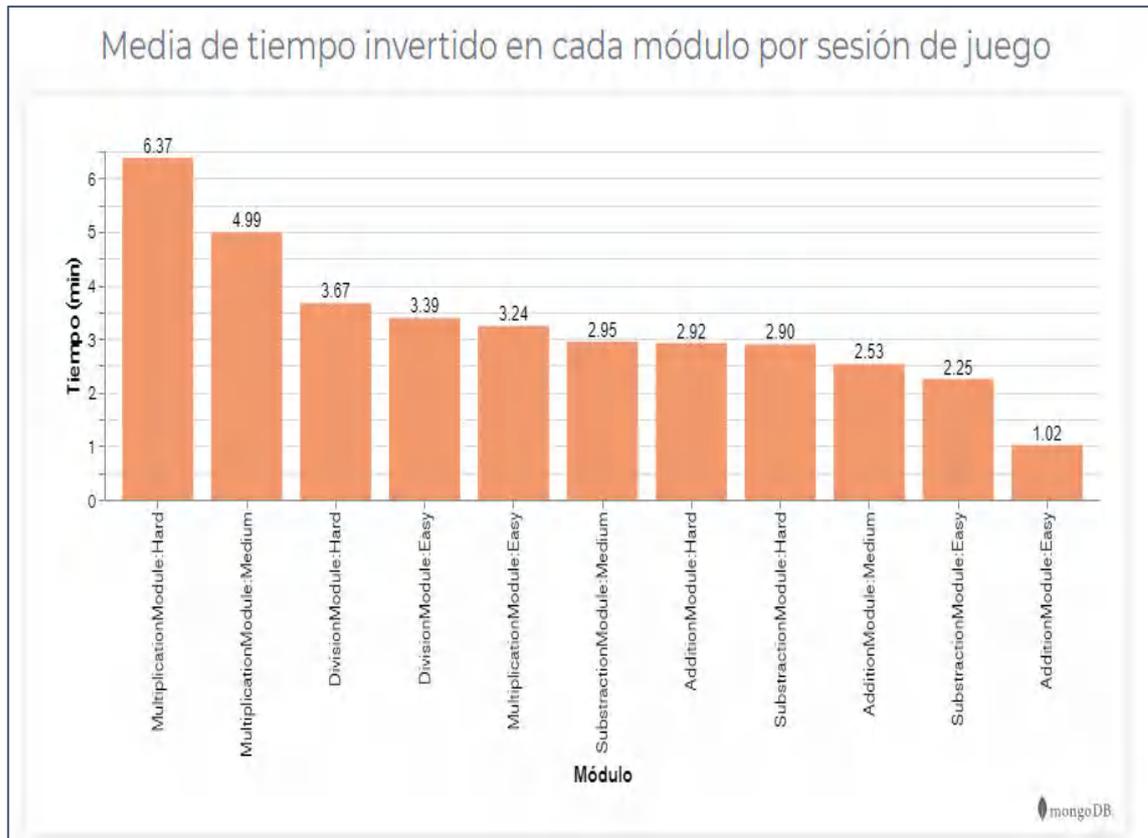


Gráfico 15-4: Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.1.7. Número de jugadores que han participado en cada módulo

Este diagrama representado en el Gráfico 16-4, tiene como objetivo, medir el avance de los niños en el juego, el saber si están disfrutando de todo el contenido o a su vez si hay niveles o módulos que no tienen la mejor acogida o cuales han sido imprescindibles para los jugadores. A simple vista, el único nivel que han completado todos los jugadores ha sido el de Suma – Fácil y el que no ha completado ningún jugador es el de División – Intermedio.

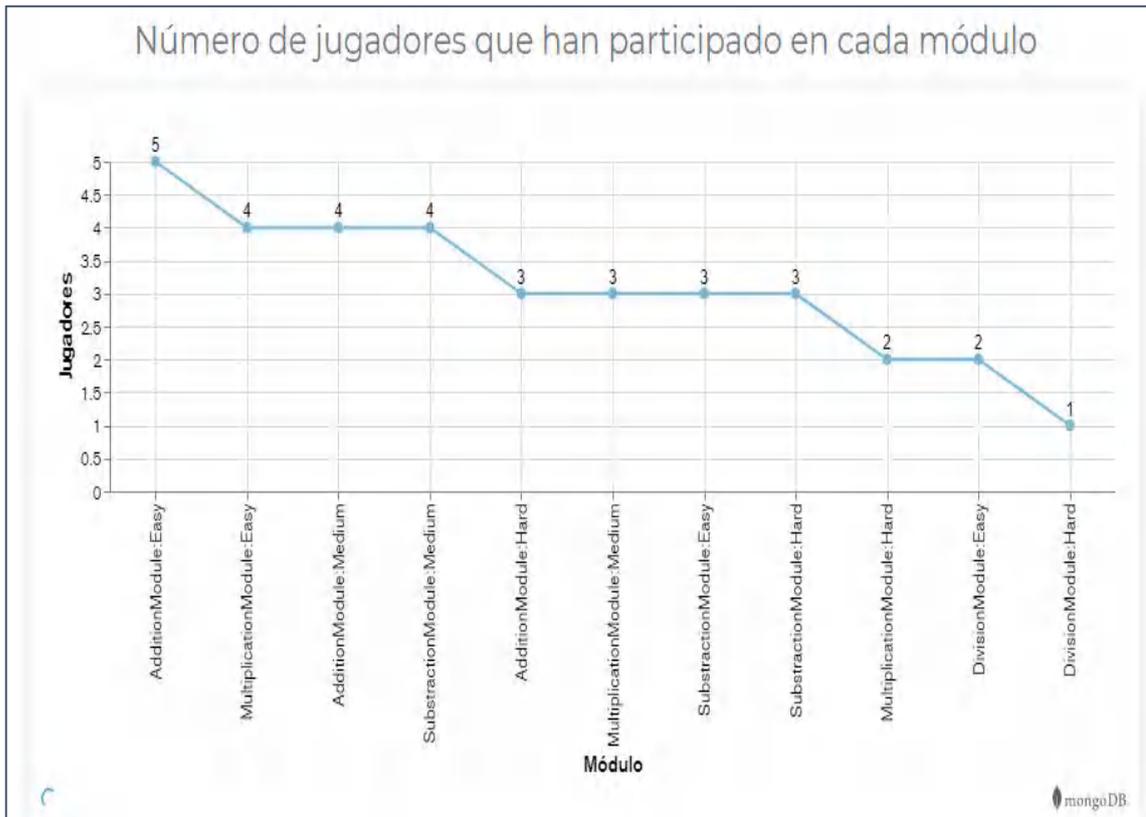


Gráfico 16-4: Número de jugadores que han participado en cada módulo

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2. Docentes

4.3.2.1. Errores y aciertos totales

Este diagrama representado en el Gráfico 17-4, tiene como objetivo, tener una base para analizar el aprendizaje de los estudiantes en términos generales. A simple vista, los aciertos son al menos 4 veces más que los errores cometidos por los jugadores.



Gráfico 17-4: Errores y aciertos totales

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2.2. Errores y aciertos por jugador

Este diagrama representado en el Gráfico 18-4, tiene como objetivo, evaluar al rendimiento individual de los niños en el juego. A simple vista, “tester3” es el niño con el índice más bajo de rendimiento en relación al número de problemas matemáticos que se le plantearon.

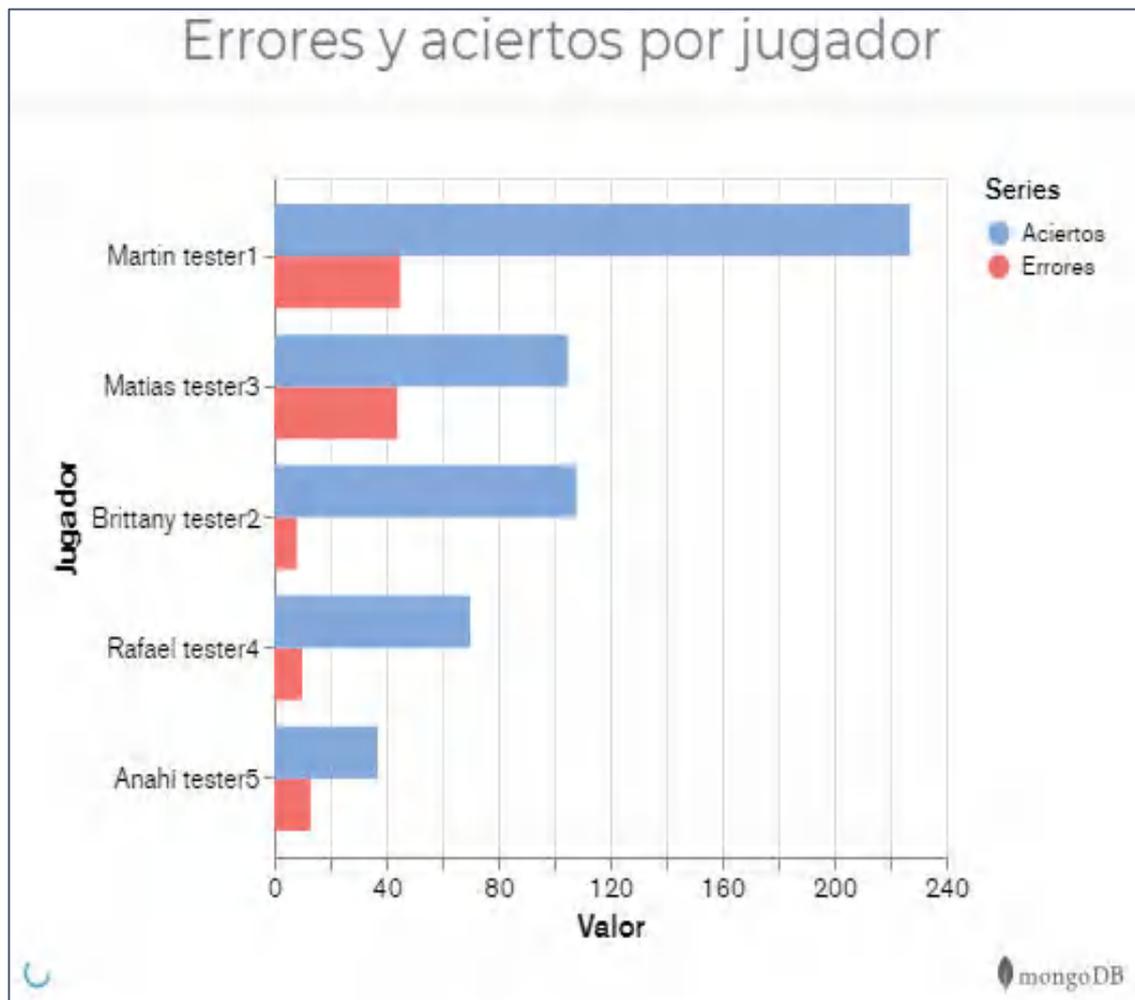


Gráfico 18-4: Errores y aciertos por jugador

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2.3. Jugadores con el mayor número de errores

Este diagrama representado en el Gráfico 19-4, tiene como objetivo, encontrar a qué jugadores les está costando más el responder correctamente a los problemas planteados. A simple vista, el “tester1” es el niño que más errores ha tenido en el juego pero también se debe realizar una evaluación individual para revisar cuantas preguntas ha respondido en total.

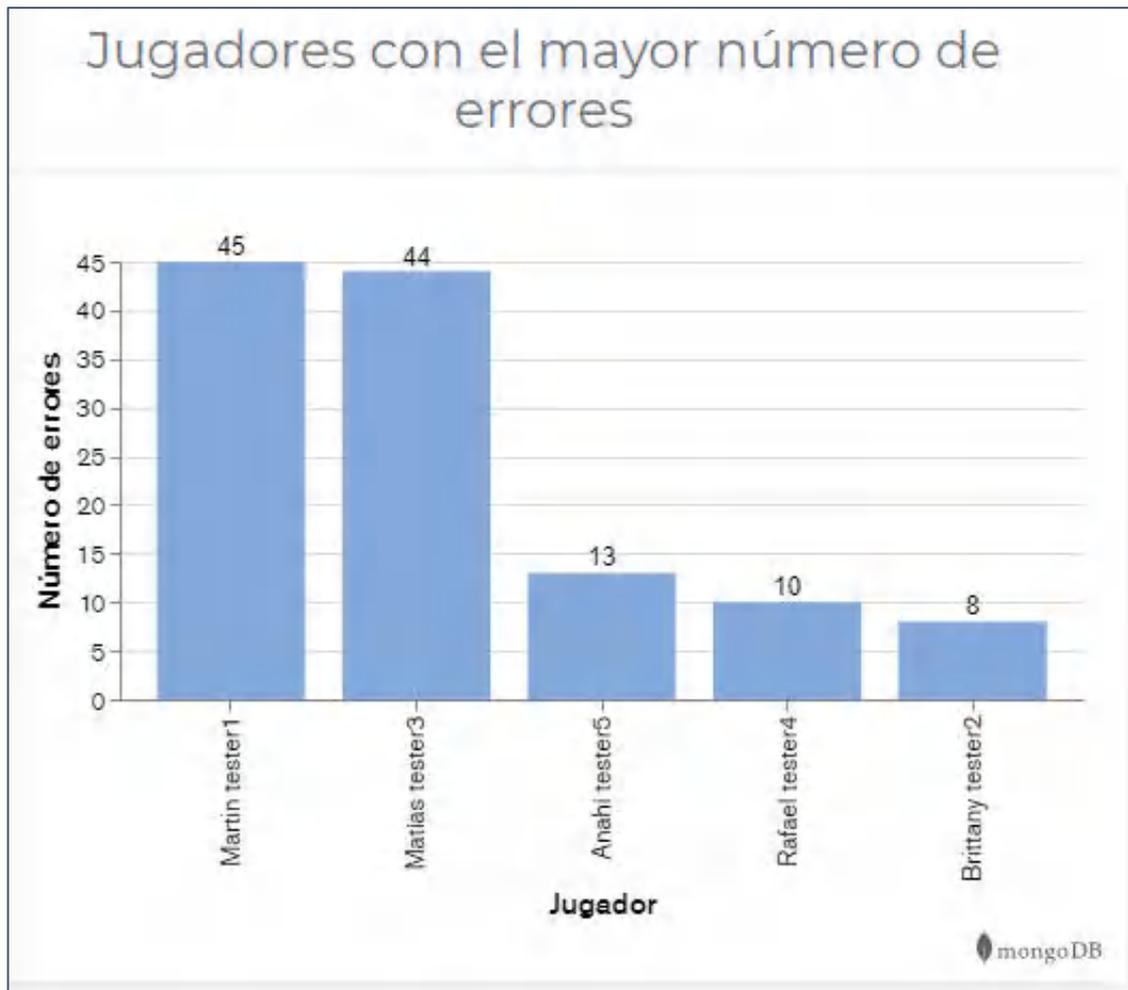


Gráfico 19-4: Jugadores con el mayor número de errores

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2.4. Módulos donde se ha producido la mayor cantidad de errores

Este diagrama representado en el Gráfico 20-4, tiene como objetivo, encontrar el nivel o módulo donde los estudiantes han tenido más errores o dificultades en encontrar una respuesta correcta. A simple vista, el nivel de Resta – Fácil es el nivel donde se han producido la mayor cantidad de errores, sin embargo, unas cuantas gráficas más arriba evidencian que este mismo nivel no es el más atractivo o el que más se haya jugado; así que sería conveniente investigar problemas con trasfondo académico.

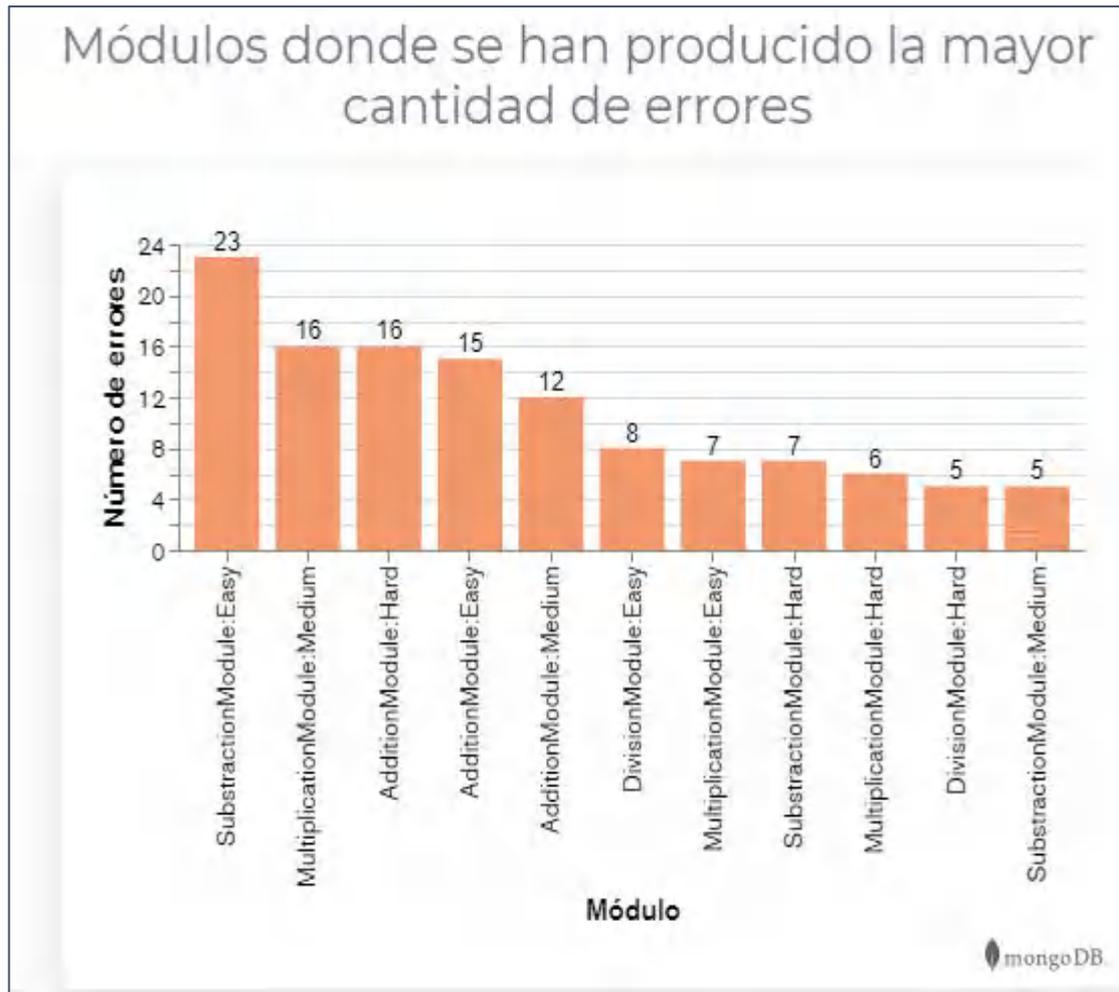


Gráfico 20-4: Módulos donde se han producido la mayor cantidad de errores

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2.5. Partidas totales realizadas en cada módulo

Este diagrama representado en el Gráfico 21-4, tiene como objetivo, saber qué nivel o módulo prefieren jugar los niños y cuáles son los que menor interés generan en ellos. A simple vista, el módulo de SUMA está entre los 4 primeros lugares y es el preferido por la base actual de jugadores.

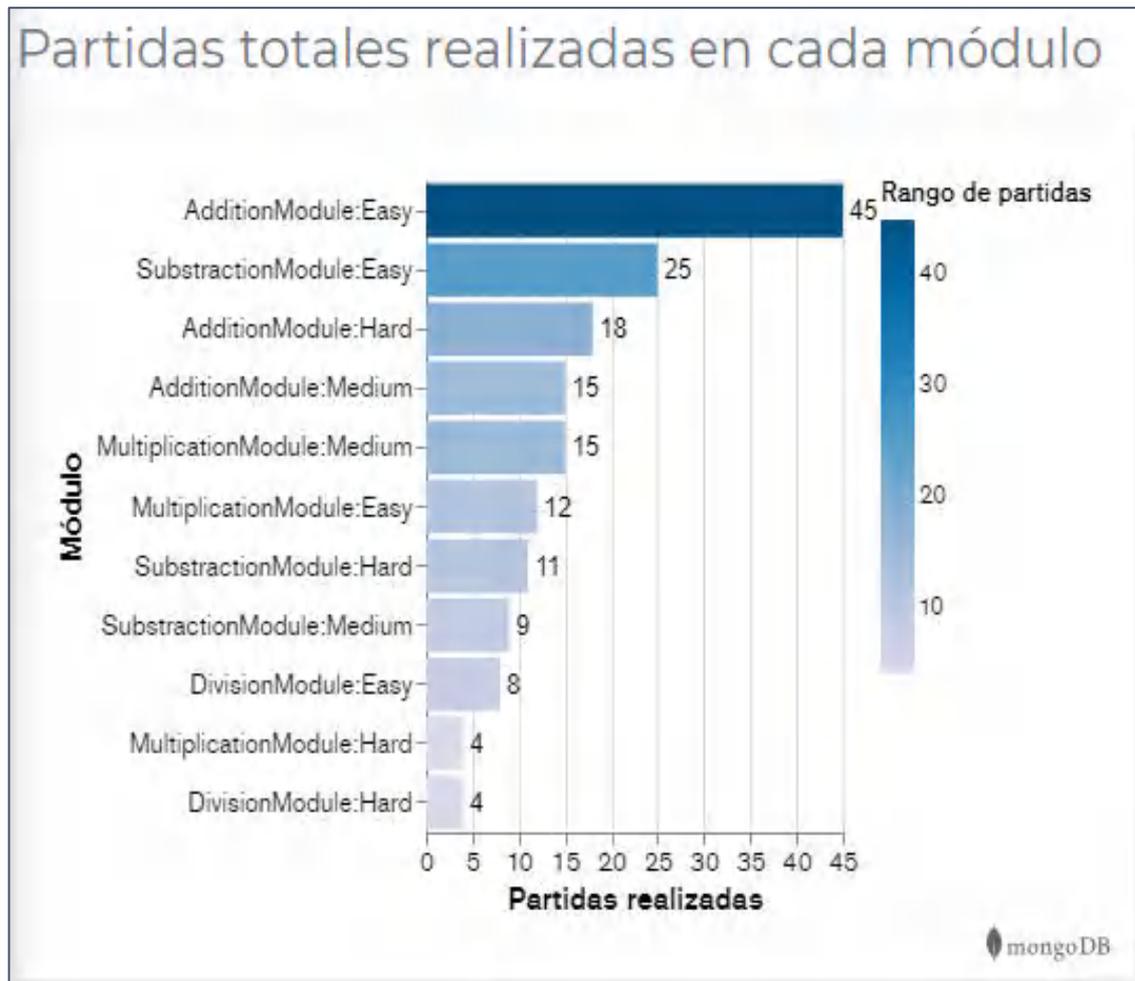


Gráfico 21-4: Partidas totales realizadas en cada módulo

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2.6. Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos

Este diagrama representado en el Gráfico 22-4, tiene como objetivo, descubrir que jugadores han alcanzado las mejores puntuaciones al menos una vez en cada uno de los módulos. A simple vista, el “tester2” es el jugador que tiene un récord casi perfecto en los módulos en los cuales ha participado.

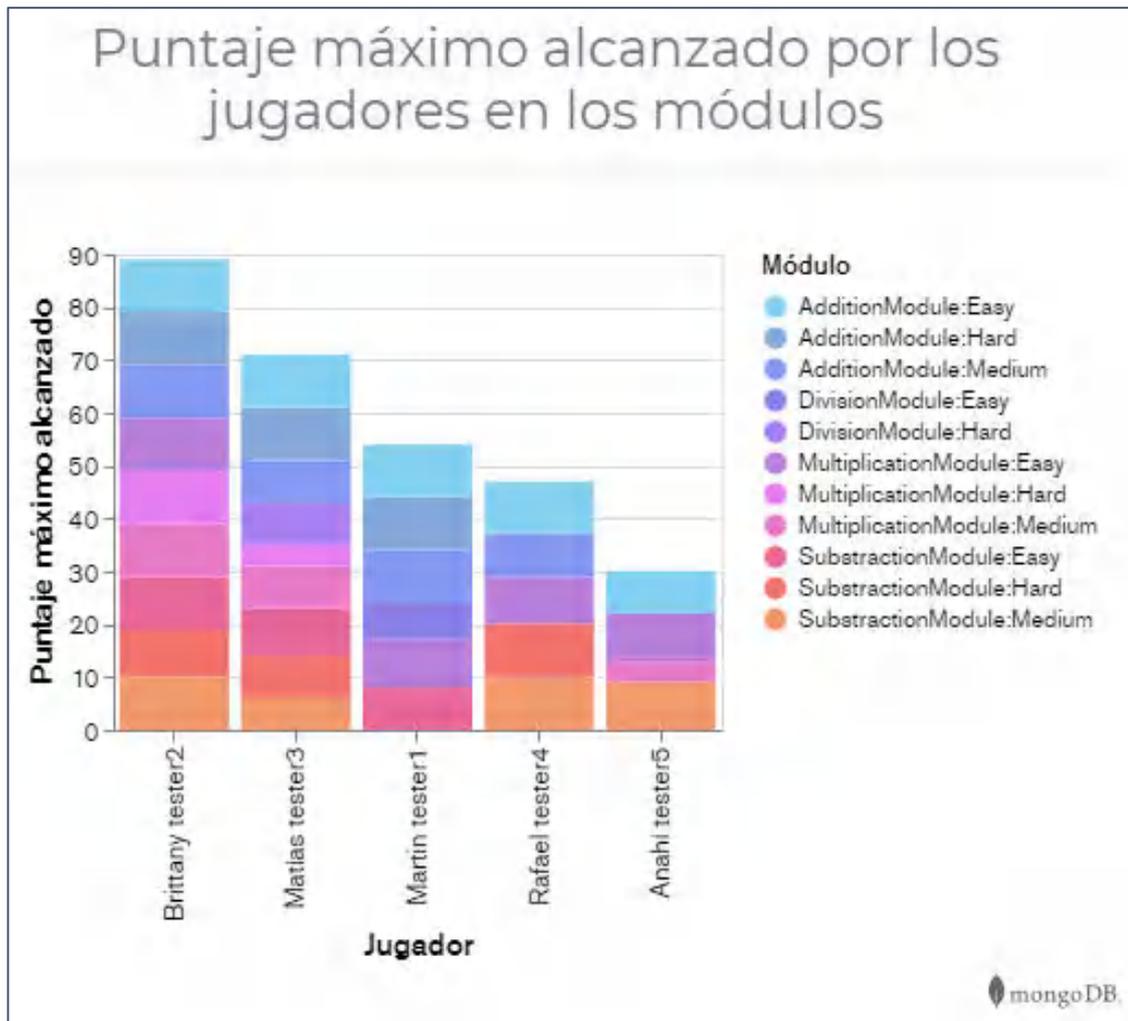


Gráfico 22-4: Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

4.3.2.7. Balances mensuales de los jugadores en los módulos

Este diagrama representado en el Gráfico 23-4, tiene como objetivo, brindar información sobre la evolución en el desempeño de los niños en el juego. Debido a que el estudio no ha durado más de un mes se puede tan solo observar el promedio que han obtenido los jugadores hasta ese momento.

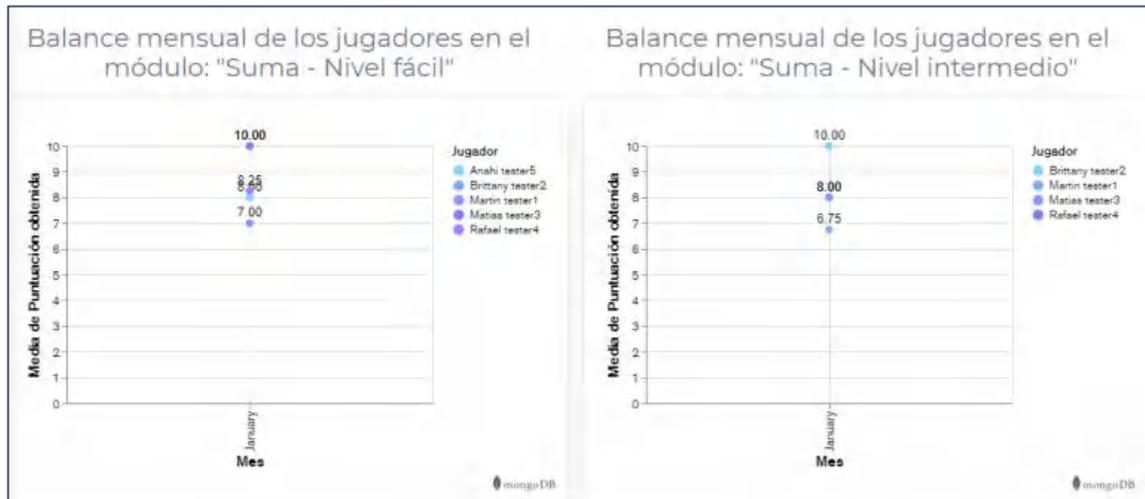


Gráfico 23-4: Balances mensuales de los jugadores en los módulos

Realizado por: Tubón B., Gagnay B. 2020

DISCUSIÓN

Nuestro estudio muestra que los test de usabilidad con la tecnología de Eye Tracking nos permiten evaluar de gran manera la interfaz de usuario, y esto, ha permitido obtener conclusiones para también ofrecer un adecuado nivel de jugabilidad en el SG. Las medidas que permitieron conocer que el diseño de las interfaces seleccionadas sea adecuado, estuvieron centradas en mediciones de áreas de interés y conocer si dicho diseño facilita la búsqueda de información.

Cuando se busca evaluar juegos serios, las áreas de interés son de vital importancia debido a que el número de fijaciones debería reflejar la importancia del elemento (Kickmeier-Rust, Hillemann and Albert, 2011). En las tres interfaces analizadas podemos ver que las fijaciones que se han tenido sobre el área de interés representaron las soluciones a las tareas planteadas en el estudio, comprobando que los elementos más importantes del SG son los que más fueron observados por los niños.

Como (Mat Zain et al., 2011) propone en su trabajo de investigación, las instrucciones para el jugador deben estar en el centro de la pantalla debido a que se tiene más espacio y sirve como punto de enfoque y esto es claramente aplicable a que las áreas de interés escogidas corresponden a lugares centrales de la pantalla. Otro aspecto importante sobre las interfaces seleccionadas y analizadas es que en estas áreas de interés, el tiempo para la primera fijación es bajo o inferior al tiempo (11 segundos) previsto para la consecución de la tarea, lo cual nos permite determinar que existe una

eficiencia de búsqueda. También (Mat Zain et al., 2011) verifica en su estudio que el seguimiento ocular proporciona al investigador información útil para diseñar interfaces de usuario para SG de alta calidad.

Para conocer la satisfacción de nuestro público objetivo al usar el SG, en nuestro experimento se ha utilizado el USE Questionnaire y mediante las preguntas definidas sobre la facilidad de uso, nos ha permitido obtener información sobre lo que pensaban los niños acerca de las interfaces del juego, con lo cual determinamos que la primera versión de las interfaces no les parecía atractiva mucho menos fácil de usar. Para mejorar estos aspectos de las interfaces se recurrió al análisis de las preguntas y a los datos recolectados por Eye Tracking lo cual nos permitió tomar decisiones sobre cómo mejorar el diseño, llegando a obtener en la segunda prueba que las interfaces corregidas eran más fáciles de usar, por lo cual los cuestionarios de usabilidad nutren de información al momento de tomar decisiones de diseño en base a la opinión del público al cual va dirigido el SG.

En nuestro trabajo de titulación tenemos como punto fuerte el uso de Game Learning Analytics (GLA) que nos permite contrastar los resultados de los test de usabilidad realizados con Eye Tracking, permitiéndonos determinar si las interfaces y diseño seleccionado para el SG es adecuado para que los niños puedan interactuar de mejor manera y cumplir los objetivos de los minijuegos. Estas métricas de analítica pudieron verse contrastadas con muchos de los puntos obtenidos a partir del estudio de usabilidad como preferencias o tendencias a qué módulos los niños prestarían más atención.

En conclusión, basado en nuestro trabajo de titulación los test de usabilidad realizados con la tecnología de Eye Tracking y los cuestionarios de usabilidad proporcionaron información útil y de ayuda para analizar aspectos importantes del diseño de interfaces adecuados para el SG. El trabajo de titulación también verifica que el uso de GLA permite recolectar información acerca de la interacción que tienen los niños con el SG, permitiendo a los desarrolladores tomar decisiones con respecto a la jugabilidad del Serious Game. Cabe recalcar que para este trabajo de titulación en la integración de GLA se tomaron solo métricas de interés para los desarrolladores y docentes, pero también sería interesante utilizar en trabajos futuros métricas que pueden ser de interés para otros stakeholders.

CONCLUSIONES

- Utilizando la metodología SUM facilitó el desarrollo del Serious Game denominado “Math4Fun” y siguiendo los lineamientos para la gestión del proyecto, se logró cumplir con cada una de sus fases las cuales integran a los actores, planificación y ejecución de manera iterativa lo cual nos permitió evaluar el avance del proyecto y así cumplir con los requerimientos definidos. El motor de Unity 3D, permitió adecuar las ideas, bocetos, mecánicas y características del juego que ayudaron a conseguir que Math4Fun SG sea un producto software conforme a las demandas de la unidad educativa STAR, el cual tiene componentes que facilitan la implementación de las Game Learning Analytics y la integración con la aplicación web que da acceso a los docentes y desarrolladores a los datos recolectados para mejorar la jugabilidad del Serious Game.
- El modelo de xAPI permitió recopilar datos de la interacción de los jugadores con el SG desarrollado mediante GLA, lo cual proporcionó información del aprendizaje y del desenvolvimiento con los retos propuestos en el juego y que a su vez pudo presentarse a forma de gráficas en el dashboard, y que sirvieron para la toma de decisiones de cada uno de los stakeholders.
- Mediante la realización de los test de usabilidad con la tecnología de Eye Tracking y a través de los cuestionarios del diseño experimental, se logró recolectar información que ayudó a evaluar y corregir las diferentes interfaces del SG y su diseño, a partir de las cuales se pudo destacar la facilidad, comodidad y efectividad con la que los usuarios pudieron interactuar en las interfaces del SG en su segunda versión.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar métricas de GLA de interés para más stakeholders en cuanto a sus necesidades.
- Se recomienda seguir utilizando la metodología de desarrollo de videojuegos SUM para el desarrollo de SG ya que permite la evaluación del producto en cada una de sus fases.
- Se recomienda la utilización de la tecnología Eye Tracking para mejorar la experiencia de usuario en SG.
- Se recomienda la utilización de cuestionarios de usabilidad ya que proporcionan información de lo que piensan los usuarios al utilizar el SG.

BIBLIOGRAFÍA

ACERENZA, N., COPPES, A., MESA, G., VIERA, A., FERNANDEZ, E. & LAURENZO, T. "Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos"., 2009. pp. 14.

ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING (ADL) *adlnet/xapi-profiles* [en línea], 2020. Disponible en: <https://github.com/adlnet/xapi-profiles>.

ALBARRACÍN, L. "Una guía práctica para el uso de videojuegos en el aula de Matemáticas", 2019. pp. 19.

ALBARRACÍN, L., HERNÁNDEZ-SABATÉ, A. & GORGORIÓ, N. "Los videojuegos como objeto de investigación incipiente en Educación Matemática". *Modelling in Science Education and Learning* [en línea], 2017. S.l.: Universitat Politècnica de València, pp. 53–72. DOI 10.4995/msel.2017.6081. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/79845>.

ALONSO FERNANDEZ, C. "Applying data mining techniques to Game Learning Analytics". [en línea], 2017. DOI 10.5281/zenodo.818156. Disponible en: <https://zenodo.org/record/818156#.Xmck-EHPy00>.

ALONSO-FERNANDEZ, C., CALVO-MORATA, A., FREIRE, M., MARTINEZ-ORTIZ, I. & FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. "Systematizing game learning analytics for serious games". [en línea], 2017. S.l.: s.n., DOI 10.1109/EDUCON.2017.7942988. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316511177_Systematizing_game_learning_analytics_for_serious_games.

ANDERSON, D.R., SWEENEY, D.J., WILLIAMS, T.A., CAMM, J.D. & COCHRAN, J.J. *Statistics for Business & Economics, Revised* [en línea]. S.l.: Cengage Learning. 2017. ISBN 978-1-337-09416-0. Disponible en: <https://books.google.cd/books?id=t3YUDgAAQBAJ>.

BELLOTTI, F., BERTA, R. & DE GLORIA, A. "Designing Effective Serious Games: Opportunities and Challenges for Research". *International Journal of Emerging Technologies in Learning* [en línea], 2010. vol. 5. DOI 10.3991/ijet.v5s3.1500. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/49588460_Designing_Effective_Serious_Games_Opportunities_and_Challenges_for_Research.

BOYLE, E.A., HAINEY, T., CONNOLLY, T.M., GRAY, G., EARP, J., OTT, M., LIM, T., NINAUS, M., RIBEIRO, C. & PEREIRA, J. "An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games". *Computers & Education* [en línea], 2016. vol. 94, pp. 178–192. DOI

10.1016/j.compedu.2015.11.003. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515300750>.

BROWN, S. "Software architecture for developers". Coding the Architecture, 2013.

CABO, J.V. de, DÍEZ, E.D.L.F. & VERDEJO, M.Z. "Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño". Medicina y seguridad del trabajo [en línea], 2008. vol. 54, no. 210, pp. 81–88. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2581381>.

CALVO-MORATA, A., ALONSO-FERNANDEZ, C., FREIRE, M., MARTINEZ-ORTIZ, I. & FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. "Game Learning Analytics for Educators". [en línea]. S.l.: s.n., pp. 1436–1442. DOI 10.1109/EDUCON.2019.8725089. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/333496498_Game_Learning_Analytics_for_Educator_s.

COSTA, E., BAKER, R., AMORIM, L., MAGALHÃES, J. & MARINHO, T. "Mineração de Dados Educacionais: Conceitos, Técnicas, Ferramentas e Aplicações". [en línea], 2012. S.l.: s.n., Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/275344764_Mineraçao_de_Dados_Educacionais_Conceitos_Tecnicas_Ferramentas_e_Aplicacoes.

DUCHOWSKI, A.T. "A breadth-first survey of eye-tracking applications". Behavior Research Methods, Instruments, & Computers [en línea], 2002. vol. 34, no. 4, pp. 455–470. DOI 10.3758/BF03195475. Disponible en: <https://doi.org/10.3758/BF03195475>.

EHMKE, C. and WILSON, S. "Identifying Web Usability Problems from Eye-Tracking Data". Proceedings of HCI 2007 [en línea], 2007. S.l.: s.n., pp. 119–128. DOI 10.1145/1531294.1531311. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/221436768_Identifying_Web_Usability_Problems_from_Eye-Tracking_Data.

EL-NASR, M.S., DRACHEN, A. & CANOSSA, A. *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data* [en línea]. London: Springer-Verlag. 2013. ISBN 978-1-4471-4768-8. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9781447147688>.

FARIA, A.J., HUTCHINSON, D., WELLINGTON, W.J. & GOLD, S. "Developments in Business Gaming: A Review of the Past 40 Years". Simulation & Gaming [en línea], 2008. DOI 10.1177/1046878108327585. Disponible en:
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1046878108327585>.

FERNÁNDEZ-MANJÓN, B., ALONSO-FERNANDEZ, C., CALVO-MORATA, A., PEREZ-COLADO, I., FREIRE, M., MARTINEZ-ORTIZ, I. & PÉREZ COLADO, V. *xAPI Application Profile for Serious Games* [en línea], 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/331841083_xAPI_Application_Profile_for_Serious_Games.

FOURNIER, H., KOP, R. & SITLIA, H. "The value of learning analytics to networked learning on a personal learning environment". *ACM International Conference Proceeding Series* [en línea], 2011. S.l.: s.n., pp. 104–109. DOI 10.1145/2090116.2090131. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/220956639_The_value_of_learning_analytics_to_networked_learning_on_a_personal_learning_environment.

FREIRE, M., SERRANO-LAGUNA, Á., IGLESIAS, B.M., MARTÍNEZ-ORTIZ, I., MORENO-GER, P. & FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. "Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games". En: M.J. SPECTOR, B.B. LOCKEE and M.D. CHILDRESS (eds.), *Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy* [en línea], 2016. Cham: Springer International Publishing, pp. 1–29. ISBN 978-3-319-17727-4. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4_21-1.

GOLDBERG, J.H. & WICHANSKY, A.M. "Chapter 23 - Eye Tracking in Usability Evaluation: A Practitioner's Guide". En: J. HYÖNÄ, R. RADACH and H. DEUBEL (eds.), *The Mind's Eye* [en línea], 2003. Amsterdam: North-Holland, pp. 493–516. ISBN 978-0-444-51020-4. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044451020450027X>.

GONZÁLEZ, M.V.L., MUÑOZ-REPISO, A.G.-V., POZO, M.M. del, GÓMEZ-PABLOS, V.B. & ORTEGA, C.A.C. "Diseño de métricas de evaluación de Serious Games. Un caso concreto en un juego para la prevención del acoso escolar". *Transforming education for a changing world*, ISBN 978-94-92805-03-4, págs. 313-323 [en línea], 2018. S.l.: Adaya Press, pp. 313–323. ISBN 978-94-92805-03-4. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7028970>.

HAUGE, J., BERTA, R., FIUCCI, G., FERNÁNDEZ-MANJÓN, B., PADRON-NAPOLES, C., WESTRA, W. & NADOLSKI, R. "Implications of Learning Analytics for Serious Game Design". *Proceedings - IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2014* [en línea], 2014. pp. 230–232. DOI 10.1109/ICALT.2014.73. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281872885_Implications_of_Learning_Analytics_for_Serious_Game_Design.

INTERACTION, T.C.: I. 159/SC 4 E. of human-system. "ISO 9241-210:2019". ISO [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/07/75/77520.html>.

KICKMEIER-RUST, M.D., HILLEMANN, E. & ALBERT, D. "Tracking the UFO's Paths: Using Eye-Tracking for the Evaluation of Serious Games". En: R. SHUMAKER (ed.), Virtual and Mixed Reality - New Trends. S.l.: Springer, 2011, pp. 315–324. ISBN 978-3-642-22021-0. DOI 10.1007/978-3-642-22021-0_35.

KIILI, K. "Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model". The Internet and Higher Education [en línea], 2005. vol. 8, no. 1, pp. 13–24. DOI 10.1016/j.iheduc.2004.12.001. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096751604000776>.

KIILI, K., KETAMO, H. & KICKMEIER-RUST, M.D. "Evaluating the usefulness of Eye Tracking in Game-based Learning". International Journal of Serious Games [en línea], 2014. vol. 1, no. 2. DOI 10.17083/ijsg.v1i2.15. Disponible en: <https://journal.seriousgamessociety.org/index.php/IJSG/article/view/15>.

LUND, A. "Measuring Usability with the USE Questionnaire". Usability and User Experience Newsletter of the STC Usability SIG [en línea], 2001. vol. 8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/230786746_Measuring_Usability_with_the_USE_Questionnaire.

MAT ZAIN, N.H., ABDUL RAZAK, F.H., JAAFAR, A. & ZULKIPLI, M.F. "Eye Tracking in Educational Games Environment: Evaluating User Interface Design through Eye Tracking Patterns". En: H.B. ZAMAN, P. ROBINSON, M. PETROU, P. OLIVIER, T.K. SHIH, S. VELASTIN and I. NYSTRÖM (eds.), Visual Informatics: Sustaining Research and Innovations. S.l.: Springer, 2011, pp. 64–73. ISBN 978-3-642-25200-6. DOI 10.1007/978-3-642-25200-6_7.

MONGODB, Inc. *The most popular database for modern apps | MongoDB.* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://www.mongodb.com/>.

PAPOUTSAKI, A. "Scalable Webcam Eye Tracking by Learning from User Interactions". Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems [en línea]. 2015. S.l.: Association for Computing Machinery, pp. 219–222. ISBN 978-1-4503-3146-3. DOI 10.1145/2702613.2702627. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/2702613.2702627>.

PARDO, A. "Designing learning analytics experiences". Learning Analytics: From Research to Practice. S.l.: Springer New York, 2014. pp. 15–38. ISBN 9781461433057.

PEREZ-COLADO, I., ALONSO-FERNANDEZ, C., FREIRE, M., MARTINEZ-ORTIZ, I. & FERNANDEZ-MANJON, B. "Game learning analytics is not informagic!". 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). S.l.: s.n., 2018. pp. 1729–1737. DOI 10.1109/EDUCON.2018.8363443.

PETERSON, E.T. *Web Analytics Demystified: A Marketer's Guide to Understanding how Your Web Site Affects Your Business* [en línea]. S.l.: Celilo Group Media. 2004. ISBN 978-0-9743584-2-0. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=g3sWkbuPTQcC>.

PITA-FERNÁNDEZ, S. & DÍAZ, S.P. "Investigación cuantitativa y cualitativa". *Cadernos de atención primaria* [en línea], 2002. vol. 9, no. 2, pp. 76–78. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2331095>.

REALEYE SP Z, o. o. *Webcam Eye-Tracking basado en pantalla. en línea.* | *RealEye.io*. RealEye [en línea]. 2020. Disponible en: <https://www.realeye.io/es/>.

ROA-MARTÍNEZ, S.M., VIDOTTI, S.A.B.G., ROA-MARTÍNEZ, S.M. & VIDOTTI, S.A.B.G., "Eye tracking and usability in digital informational environments: theoretical review and evaluation procedure proposal". *Transinformação* [en línea], 2020. vol. 32. DOI 10.1590/1678-9865202032e190067. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-37862020000100506&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

SCLATER, N. *Learning Analytics Explained* [en línea]. S.l.: s.n. 2017. ISBN 978-1-138-93173-2. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315717307_Learning_Analytics_Explained.

SERRANO-LAGUNA, Á., MARTÍNEZ-ORTIZ, I., HAAG, J., REGAN, D., JOHNSON, A. & FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. "Applying standards to systematize learning analytics in serious games". *Computer Standards & Interfaces* [en línea], 2017. vol. 50, pp. 116–123. DOI 10.1016/j.csi.2016.09.014. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548916301040>.

SHINWONSUB, SHIN, D. & JHUN, Y. *The Educational Games' UI Study from the Point of View of UX by Eye-tracking.* undefined [en línea]. 2013. Disponible en: <file:///paper/The-Educational-Games%27-UI-Study-from-the-Point-of-shinwonsub-Shin/57a5e116deb167a972cb2514435c38863caca7c0>.

SMITH, D. y L., *Serious games*. New York: Viking Press. 1970.

STAFF, A. *Unity at 10: For better—or worse—game development has never been easier.* Ars Technica [en línea]. 2016. Disponible en: <https://arstechnica.com/gaming/2016/09/unity-at-10-for-better-or-worse-game-development-has-never-been-easier/>.

TECHNOLOGIES, U. *Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Visualizaciones de VR y AR en 3D y 2D.* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://unity.com/es>.

WESTERA, W., NADOLSKI, R.J., HUMMEL, H.G.K. & WOPEREIS, I.G.J.H. "Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity". Journal of Computer Assisted Learning [en línea], 2008. vol. 24, no. 5, pp. 420–432. DOI 10.1111/j.1365-2729.2008.00279.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2729.2008.00279.x>.

WICHANSKY, A. "Usability testing in 2000 and beyond". Ergonomics [en línea], 2000. vol. 43, pp. 998–1006. DOI 10.1080/001401300409170. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/12390451_Usability_testing_in_2000_and_beyond.

ANEXOS

ANEXO A: Gestión de Riesgos

GESTIÓN DE RIESGOS

La aparición de acontecimientos inesperados durante el desarrollo del proyecto puede ser considerada como una amenaza, estas amenazas podrían alcanzar un nivel tal que conllevaría a que el proyecto llegase a fracasar. El no saber qué riesgo es más probable que suceda generará una mala asignación de prioridades, que conlleve a que, aun teniendo identificados los riesgos, el proyecto falle.

Por esta razón se hace el Análisis de Riesgos en el cual se puede apreciar el impacto, la probabilidad y exposición de que estos riesgos afecten al proyecto

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Se han identificado 10 riesgos, los cuales han sido clasificados de la siguiente manera:

- 6 riesgos del Proyecto (RP)
- 1 riesgos Técnicos (RT)
- 3 riesgos de negocio (RN)

Al tener diferentes tipos de riesgos, también tendrán un impacto de nivel variable para el desarrollo de la solución del problema.

CRITERIO DE VALORACIÓN DE LA PROBABILIDAD

La probabilidad de que ocurra un riesgo ha sido cuantificada de acuerdo con los siguientes criterios:

RANGO DE PROBABILIDADES	DESCRIPCIÓN	VALOR
1% - 33%	BAJA	1
34% – 67%	MEDIA	2
68% -99%	ALTA	3

Tabla 1 Criterios de valoración de la probabilidad.

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL IMPACTO

El impacto del riesgo ha sido valorado en función de aspectos como retrasos en la entrega del producto e impacto técnico de acuerdo con los siguientes parámetros:

IMPACTO	IMPACTO TÉCNICO	VALOR
---------	-----------------	-------

BAJO	Ligero efecto en el desarrollo del proyecto	1
MODERADO	Moderado efecto en el desarrollo del proyecto	2
ALTO	Severo efecto en el desarrollo del proyecto	3
CRÍTICO	Proyecto no puede ser culminado	4

Tabla 2 Criterios de valoración de impacto.

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RIESGO

Se determina mediante la multiplicación del valor de la probabilidad del riesgo y el valor del impacto del riesgo.

EXPOSICIÓN AL RIESGO	VALOR	COLOR
BAJA	1 o 2	1
MEDIA	3 o 4	2
ALTA	Mayor a 5	3

Tabla 3 Criterios de valoración de la exposición al riesgo.

LISTA DE RIESGOS IDENTIFICADOS

ID	Descripción del riesgo	Categoría	Consecuencias
R1	Mala recolección de información para los requisitos funcionales.	RP	No se toman en cuenta todos los requisitos del proyecto y se realiza una mala planificación.
R2	Daño en el hardware o software utilizado para el desarrollo.	RP	Costos adicionales para adquirir nuevos equipos.
R3	Pérdida o Robo del hardware utilizado para el desarrollo.	RP	Costos adicionales para adquirir nuevos equipos.
R4	Problemas de salud de algún miembro del equipo de desarrollo.	RP	Replanificación del proyecto.
R5	Retiro inesperado de algún integrante del equipo de desarrollo.	RP	Replanificación del proyecto.

R6	Desastres naturales (terremoto, erupciones volcánicas).	RP	Suspensión parcial o definitiva del proyecto. Replanificación del proyecto.
R7	Alcanzar los límites del hardware.	RT	Mal funcionamiento del sistema
R8	Cambios inesperados a la realidad socioeconómica.	RN	Paralización parcial o definitiva del proyecto.
R9	Suspensión de la movilidad en la ciudad.	RN	Suspensión de las reuniones presenciales con los interesados en el proyecto.
R10	Acceso suspendido o parcial a la institución.	RN	Retraso en las pruebas de usabilidad.

Tabla 4 Lista de Riesgos Identificados.

ANÁLISIS DE RIESGOS

ID	Descripción	Probabilidad			Impacto		Exposición al riesgo	
		%	Probabilidad	Valor	Impacto	Valor	Exposición	Valor
R1	Mala recolección de información para los requisitos funcionales.	80%	ALTA	3	ALTO	3	ALTA	9
R2	Daño en el hardware o software utilizado para el desarrollo.	30%	BAJA	1	BAJO	1	BAJA	1
R3	Pérdida o Robo del hardware utilizado para el desarrollo.	30%	BAJA	1	ALTO	3	MEDIA	3
R4	Problemas de salud de algún miembro del equipo de desarrollo.	45%	MEDIA	2	ALTO	3	ALTA	6

R5	Retiro inesperado de algún integrante del equipo de desarrollo.	5%	BAJO	1	ALTO	3	MEDIA	3
R6	Desastres naturales (terremoto, erupciones volcánicas).	20%	BAJO	1	CRITICO	4	MEDIA	4
R7	Alcanzar los límites del hardware.	15%	BAJO	1	MODERADO	2	BAJA	2
R8	Cambios inesperados a la realidad socioeconómica.	60%	MEDIA	2	ALTO	3	ALTA	6
R9	Suspensión de la movilidad en la ciudad.	80%	ALTA	3	MODERADO	2	ALTA	6
R10	Acceso suspendido o parcial al hardware de la institución.	80%	ALTA	3	ALTO	3	ALTA	9

Tabla 5 Análisis de Riesgos.

PRIORIZACIÓN DE RIESGOS

ID	DESCRIPCIÓN	EXPOSICIÓN	VALOR	PRIORIDAD
R1	Mala recolección de información para los requisitos funcionales.	ALTA	9	1

R10	Acceso suspendido o parcial al hardware de la institución.	ALTA	9	2
R9	Suspensión de la movilidad en la ciudad.	ALTA	6	3
R8	Cambios inesperados a la realidad socioeconómica.	ALTA	6	4
R4	Problemas de salud de algún miembro del equipo de desarrollo.	ALTA	6	5
R6	Desastres naturales (terremoto, erupciones volcánicas).	MEDIA	4	6
R3	Pérdida o Robo del hardware utilizado para el desarrollo.	MEDIA	3	7
R5	Retiro inesperado de algún integrante del equipo de desarrollo.	MEDIA	3	8
R7	Alcanzar los límites del hardware.	BAJA	2	9
R2	Daño en el hardware o software utilizado para el desarrollo.	BAJA	1	10

Tabla 6 Priorización de Riesgos.

GESTIÓN DE RIESGOS

Para la gestión de riesgos se determina los aspectos para desarrollar lo siguiente: disminuir, supervisar o evitar la presencia de riesgos que afecten el desarrollo de la solución del problema, esto implicaría problemas a nivel general.

HOJA DE GESTIÓN DEL RIESGO			
ID. DEL RIESGO: R1		FECHA: 13/01/2021	
Probabilidad: Alta Valor: 3	Impacto: Alto Valor: 3	Exposición: Alta Valor: 9	Prioridad: 1
DESCRIPCIÓN: Mala recolección de información para los requisitos funcionales.			

REFINAMIENTO:**Causas:**

- Falta de comunicación con el cliente.
- Visión de los desarrolladores diferente que la del cliente.
- Dificultad del cliente para relacionar sus necesidades con los requerimientos dados.
- Dificultad del desarrollador de capturar la información relevante de los requisitos.

Consecuencias:

- Retraso del proyecto
- Mala planificación
- Mala calidad del software

REDUCCIÓN:

- Interacción con el cliente en cada fase del desarrollo para ir validando los requerimientos.
- Documentar cada requisito e ir controlando el cumplimiento del mismo.

SUPERVISIÓN:

- Mejor relación del equipo de desarrollo con el cliente
- Comprobar el cumplimiento de los estándares de documentación
- Verificar la correcta adaptación de los nuevos cambios al proyecto

GESTIÓN:

- Flexibilidad adaptando los nuevos cambios sin afectar los avances desarrollados
- Replanificaciones del plan de entrega del proyecto.
- Realizar cambios con el menor costo posible.
- Llegar a un acuerdo con el cliente sobre el incremento del costo y la fecha de entrega del proyecto por los nuevos cambios a realizar.

ESTADO ACTUAL:

Fase de reducción iniciada	<input type="checkbox"/>
Fase de Supervisión iniciada	<input type="checkbox"/>
Gestionando el riesgo	<input checked="" type="checkbox"/>

RESPONSABLE: Bryan Gagnay, Alexander Tubón

HOJA DE GESTIÓN DEL RIESGO									
ID. DEL RIESGO: R10		FECHA: 13/01/2021							
Probabilidad: Alta Valor: 3	Impacto: Alto Valor: 3	Exposición: Alta Valor: 9	Prioridad: 2						
DESCRIPCIÓN: Acceso suspendido o parcial al hardware de la institución.									
REFINAMIENTO: <u>Causas:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas dispuestas por la situación sanitaria del país. <u>Consecuencias:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Retraso en las pruebas de usabilidad. • Retraso en el desarrollo del proyecto. • Replanificación del proyecto. 									
REDUCCIÓN: <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de software gratuito que simule el funcionamiento del hardware que se necesita para la realización de los test de usabilidad. 									
SUPERVISIÓN: <ul style="list-style-type: none"> • Verificación constante del estado sanitario del país. • Verificación de la disponibilidad para el ingreso a la institución. • Pre disposición a utilizar nuevas tecnologías para cumplir con el plan de proyecto. 									
GESTIÓN: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar tecnología en la nube que permita realizar los test de usabilidad. • Replanificaciones del plan de entrega del proyecto. • Llegar a un acuerdo con el cliente sobre el incremento del costo y la fecha de entrega del proyecto por los nuevos cambios a realizar. 									
ESTADO ACTUAL: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: right;">Fase de reducción iniciada</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Fase de Supervisión iniciada</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Gestionando el riesgo</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>				Fase de reducción iniciada	<input type="checkbox"/>	Fase de Supervisión iniciada	<input type="checkbox"/>	Gestionando el riesgo	<input checked="" type="checkbox"/>
Fase de reducción iniciada	<input type="checkbox"/>								
Fase de Supervisión iniciada	<input type="checkbox"/>								
Gestionando el riesgo	<input checked="" type="checkbox"/>								

RESPONSABLE: Bryan Gagnay, Alexander Tubón

Tabla 8 Hoja de Gestión de Riesgo 2

HOJA DE GESTIÓN DEL RIESGO			
ID. DEL RIESGO: R9		FECHA: 13/01/2021	
Probabilidad: Alta Valor: 3	Impacto: Moderado Valor: 2	Exposición: Alta Valor: 6	Prioridad: 3
DESCRIPCIÓN: Suspensión de la movilidad en la ciudad.			
REFINAMIENTO:			
<u>Causas:</u>			
<ul style="list-style-type: none"> ● Medidas dispuestas por la situación sanitaria del país. 			
<u>Consecuencias:</u>			
<ul style="list-style-type: none"> ● Problemas de comunicación con el equipo de desarrollo. ● Suspensión de las reuniones presenciales con los interesados en el proyecto. 			
REDUCCIÓN:			
<ul style="list-style-type: none"> ● Analizar la utilización de software que permita comunicación en tiempo real mediante internet. ● Analizar la utilización de repositorio para mantener disponible y actualizada la información del proyecto. 			
SUPERVISIÓN:			
<ul style="list-style-type: none"> ● Grado de compromiso del equipo para conectarse a reuniones virtuales. 			
GESTIÓN:			
<ul style="list-style-type: none"> ● Utilización de Microsoft Teams para realizar reuniones virtuales 			

- Utilización Microsoft Planner para mantener actualizada la documentación.
- Uso de redes sociales para conocer el estado del equipo de desarrollo.

ESTADO ACTUAL:

Fase de reducción iniciada

Fase de Supervisión iniciada

Gestionando el riesgo

RESPONSABLE: Bryan Gagnay, Alexander Tubón

Tabla 9 Hoja de Gestión de Riesgo 3

Math4Fun – Serious Game

MANUAL DE USUARIO



Tabla de Contenidos

Introducción	18
Bienvenida	18
Novedades.....	18
Primeros pasos.....	19
Inicio de sesión.....	19
Jugabilidad	20
Math4Fun SG	21
Menú de selección de módulos	21
Módulo Suma.....	22
Módulo Resta	23
Módulo Multiplicación	24
Módulo División	25
Módulo Información del proyecto	26

Introducción



MATH4FUN es un proyecto sin fines de lucro cuyo principal objetivo es el de apoyar a los estudiantes de 5to grado EGB de la Unidad Educativa "Santo Tomás Apóstol Riobamba" (STAR) con el aprendizaje de las operaciones fundamentales de matemáticas. A su vez, permite a interesados (DOCENTES y DESARROLLADORES) en el proyecto a realizar un seguimiento de las actividades realizadas en el juego acorde a sus necesidades.

Bienvenida

De parte del grupo de desarrollo y de las instituciones asociadas en el proyecto, agradecemos su participación y aporte y le damos la más cordial bienvenida. Esperamos disfrute de la experiencia, no dude en comentar sus opiniones y sugerencias a través de los canales de comunicación disponibles.

Novedades

Versión 1.0 (Enero 2021)

- Detalle de todos los componentes que constituyen los módulos del Serious Game Math4Fun

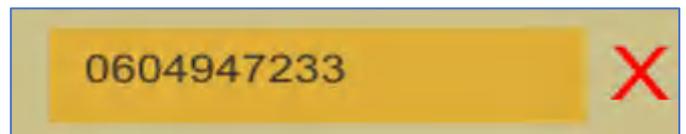
Primeros pasos

Inicio de sesión

Al iniciar el Serious Game (SG) se encontrará con esta pantalla en la que puede ingresar sus credenciales para ingresar al juego y decidir si desea jugar con el personaje niño o niña:



El primer campo corresponde al de la **cédula**, este se valida al final de cada número ingresado con una **X** si el número de cédula es incorrecto o con un **✓** en caso de ser válida:



Nota: Que el número de cédula sea válido o no, no interfiere con el inicio de sesión, solo sirve para informarle al usuario.

El segundo campo corresponde al de la **contraseña**, debido a esto es que las letras, números o caracteres que se ingresen se verán cifrados:

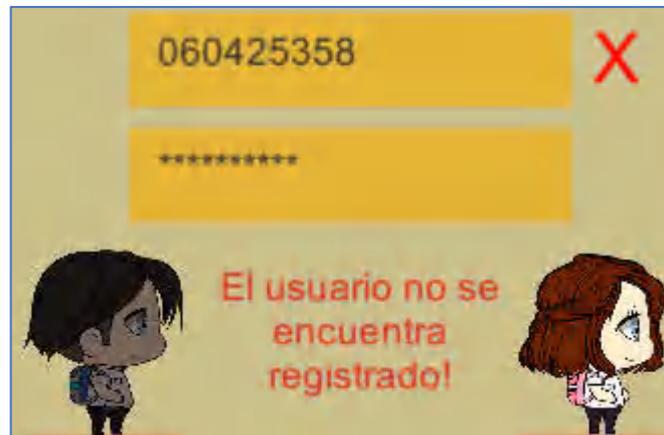


Una vez se ingrese la información en ambos campos se habilitará el botón **ENTRAR** y al darle click, el sistema procesará la información de dichas credenciales:

Si las credenciales ingresadas son correctas, entrará al **menú de selección de módulos** del SG, caso contrario, el sistema le notificará:

Primeros pasos

1. En caso de que el usuario no se encuentre **registrado**



2. En caso de que su contraseña esté **incorrecta**



Jugabilidad

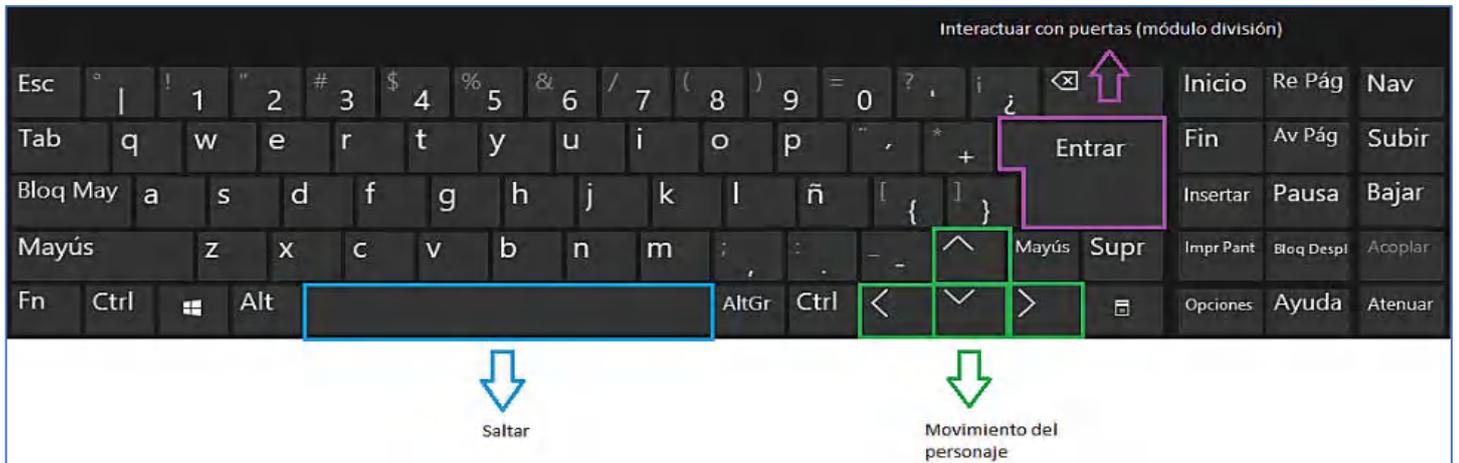
El SG Math4Fun se maneja a través del teclado del computador y tiene controles básicos para:

➤ **MOVERSE:** Utilizando las teclas de las flechas:

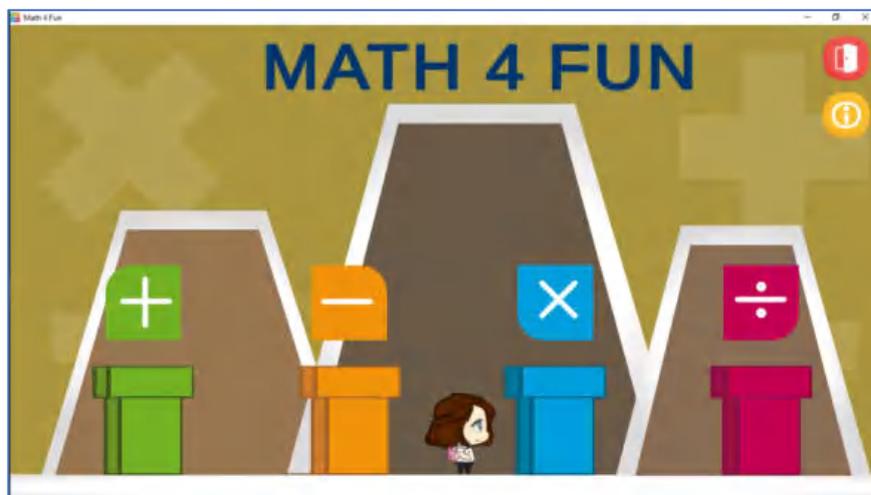
hacia arriba (↑), hacia abajo (↓), a la derecha (→) y a la izquierda (←)

➤ **SALTAR:** Utilizando la tecla espaciadora (SPACE).

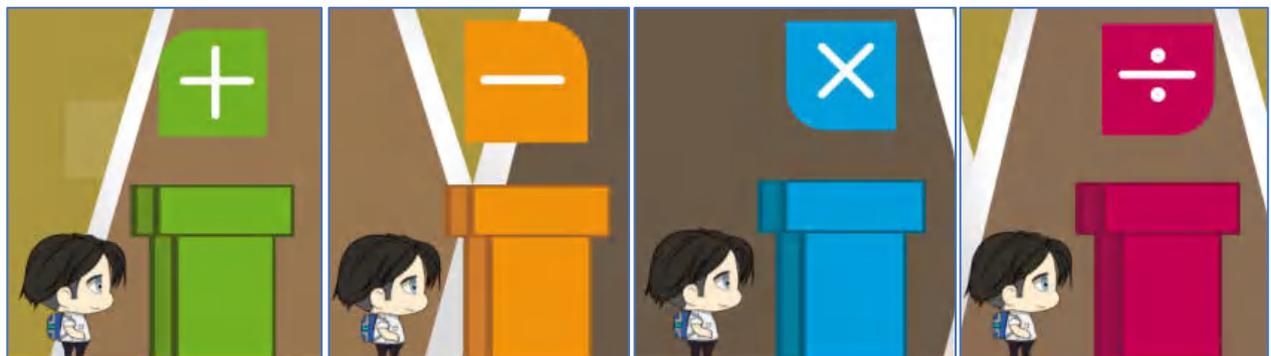
➤ **ENTRAR o INTERACTUAR:** Se puede además, interactuar con objetos del juego en ciertas ocasiones específicas y esto se realizará a través de la tecla de intro (ENTER).



Menú de selección de módulos



En el menú de selección de módulos el jugador podrá ingresar a 4 diferentes submódulos:



Math4Fun SG

- Módulo SUMA
- Módulo RESTA
- Módulo MULTIPLICACIÓN
- Módulo DIVISIÓN

Además

Podrá revisar la **información del proyecto** sobre el SG a través del botón:



Podrá salir al menú principal del SG a través del botón:



Módulo Suma



OBJETIVO: El objetivo del módulo SUMA es acumular la mayor cantidad de puntos golpeando con un salto a los bloques correspondientes con las respuestas correctas



Math4Fun SG

CARACTERÍSTICAS

- La respuesta se cuenta al golpear al bloque que contenga al número que se considere como solución a la operación planteada.
- 10 operaciones que se deben responder
- Se puede pausar o salir en cualquier momento
- 3 niveles de dificultad: PRINCIPIANTE, INTERMEDIO, AVANZADO.
-

Módulo Resta



OBJETIVO

El objetivo del módulo RESTA es acumular la mayor cantidad de puntos subiendo a la plataforma que contenga la solución al problema planteado.



CARACTERÍSTICAS

- La respuesta se cuenta al subirse a la plataforma que contenga al número que se considere como solución a la operación planteada.
- 10 operaciones que se deben responder
- Se puede pausar o salir en cualquier momento
- 3 niveles de dificultad: PRINCIPIANTE, INTERMEDIO, AVANZADO.



OBJETIVO

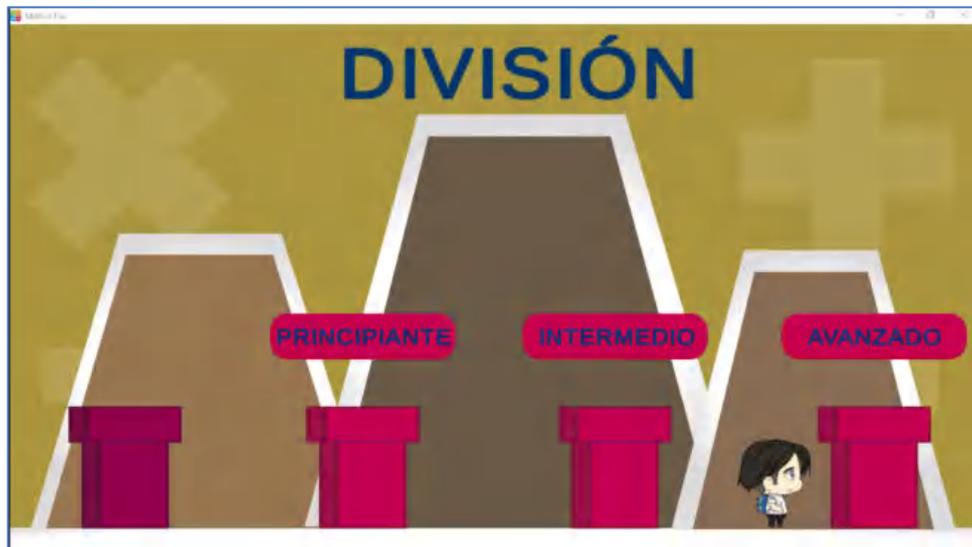
El objetivo del módulo MULTIPLICACIÓN es acumular la mayor cantidad de puntos empujando cofres hacia el botón que contenga la solución al problema planteado.



CARACTERÍSTICAS

- La respuesta se cuenta al poner el cofre sobre el botón que contengan al número que se considere como solución a la operación planteada.
- 10 operaciones que se deben responder
- Se puede pausar o salir en cualquier momento
- 3 niveles de dificultad: PRINCIPIANTE, INTERMEDIO, AVANZADO.

Módulo División



OBJETIVO

El objetivo del módulo DIVISIÓN es acumular la mayor cantidad de puntos al entrar por puertas que contengan la solución al problema planteado.



CARACTERÍSTICAS

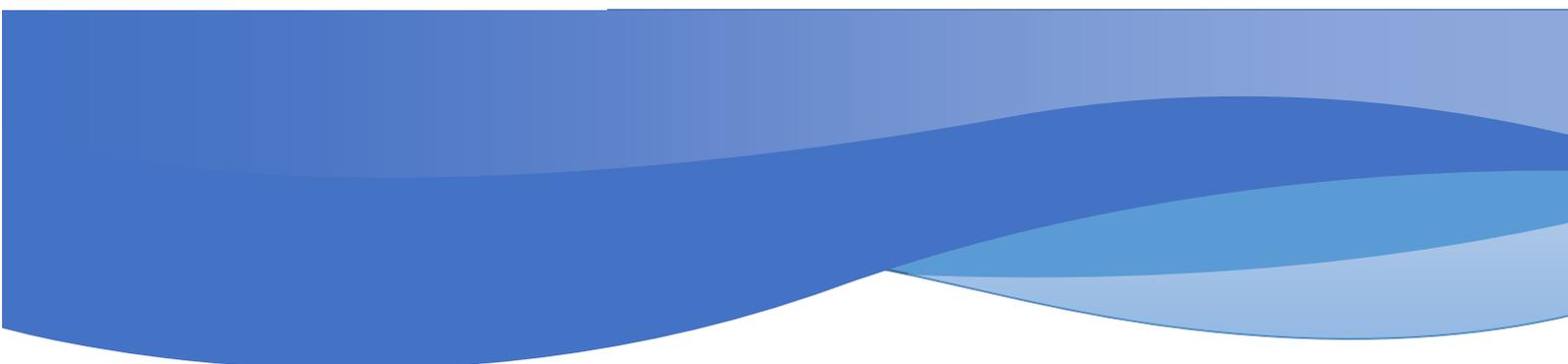
- La respuesta se cuenta al interactuar sobre la puerta que contengan al número que se considere como solución a la operación planteada. La tecla de interacción con la puerta es el ENTER.
- 10 operaciones que se deben responder.
- Se puede pausar o salir en cualquier momento.
- 3 niveles de dificultad: PRINCIPIANTE, INTERMEDIO, AVANZADO.

Math4Fun SG

Módulo Información del proyecto

Como su nombre lo indica, contiene información básica sobre el proyecto, sus fines y objetivos.





Math4Fun – Dashboard

MANUAL

DE

USUARIO



Tabla de Contenidos

Introducción	29
Bienvenida	29
Novedades.....	29
Primeros pasos.....	30
Inicio de Sesión.....	30
Módulos 33	
Dashboard	33
Analítica Individual.....	34
Jugadores.....	36
Stakeholders	38
Acerca De.....	40
Contacto 41	

Introducción



MATH4FUN es un proyecto sin fines de lucro cuyo principal objetivo es el de apoyar a los estudiantes de 5to grado EGB de la Unidad Educativa "Santo Tomás Apóstol Riobamba" (STAR) con el aprendizaje de las operaciones fundamentales de matemáticas. A su vez, permite a interesados (DOCENTES y DESARROLLADORES) en el proyecto a realizar un seguimiento de las actividades realizadas en el juego acorde a sus necesidades.

Bienvenida

De parte del grupo de desarrollo y de las instituciones asociadas en el proyecto, agradecemos su participación y aporte y le damos la más cordial bienvenida. Esperamos disfrute de la experiencia, no dude en comentar sus opiniones y sugerencias a través de los canales de comunicación disponibles.

Novedades

Versión 1.0 (Enero 2021)

- Detalle de todos los componentes que constituyen las herramientas de analítica de la página web.

Primeros pasos

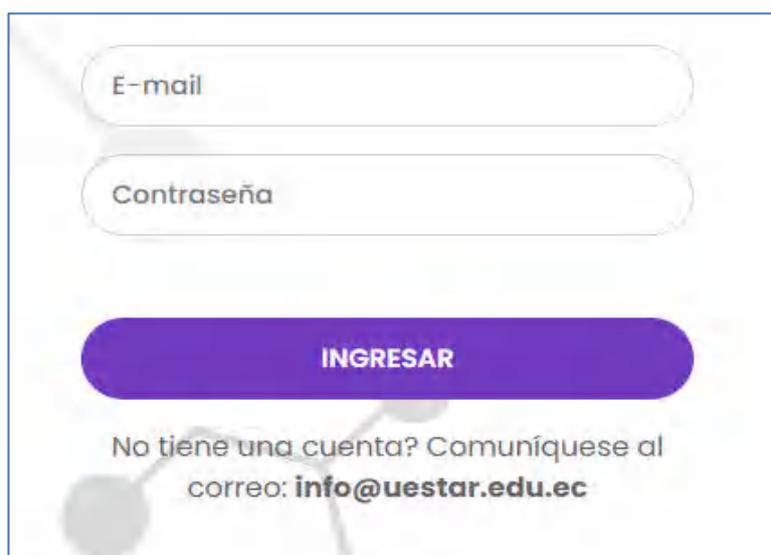
Inicio de Sesión

Al iniciar la aplicación se encontrará con esta pantalla en la que se le solicitarán sus credenciales de acceso:



The screenshot shows the login interface for 'MATH 4 FUN'. At the top, there is a logo consisting of four colored squares: a green square with a white plus sign, an orange square with a white minus sign, a red square with a white multiplication sign, and a blue square with a white division sign. Below the logo, the text 'MATH 4 FUN' is displayed in a bold, black, sans-serif font. Underneath, the words 'INICIO DE SESIÓN' are written in a larger, grey, sans-serif font. The interface includes two input fields: the first is labeled 'E-mail' and the second is labeled 'Contraseña'. Below these fields is a prominent purple button with the word 'INGRESAR' in white, uppercase letters. At the bottom of the screen, there is a line of text that reads: 'No tiene una cuenta? Comuníquese al correo: info@uestar.edu.ec'.

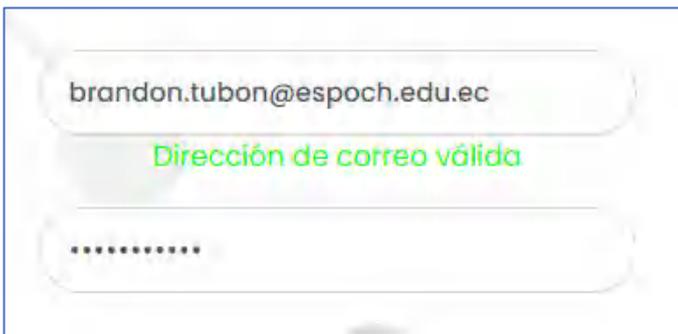
Para iniciar sesión requiere autenticarse primero en el sistema, lo cual puede hacerlo llenando los respectivos campos de **e-mail** y **contraseña**



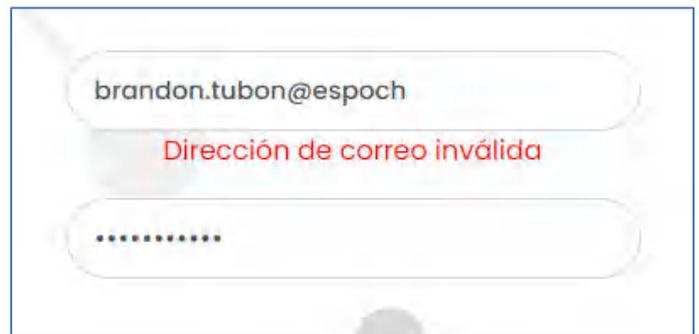
This is a close-up view of the login form from the previous screenshot. It shows the 'E-mail' and 'Contraseña' input fields, the purple 'INGRESAR' button, and the text 'No tiene una cuenta? Comuníquese al correo: info@uestar.edu.ec'.

Primeros pasos

El campo **e-mail** es autoevaluado tras cada letra que escriba, de manera que le notificará si el mail ingresado es válido o no. El campo **contraseña** cifra las letras que usted ingrese para mayor seguridad:

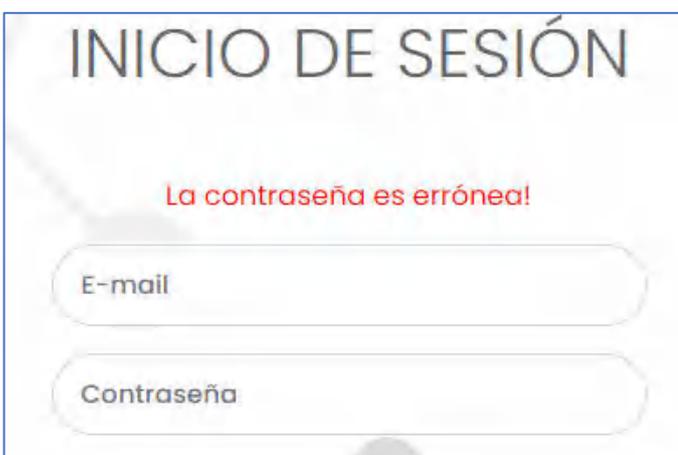


Formulario de inicio de sesión con el campo de correo electrónico completado con "brandon.tubon@epoch.edu.ec". Debajo del campo, se muestra un mensaje de validación en verde: "Dirección de correo válida". El campo de contraseña está oculto con puntos.



Formulario de inicio de sesión con el campo de correo electrónico completado con "brandon.tubon@epoch". Debajo del campo, se muestra un mensaje de validación en rojo: "Dirección de correo inválida". El campo de contraseña está oculto con puntos.

Existen dos posibles resultados de fracaso en el inicio de sesión, uno **si el usuario existe**, pero la contraseña es errónea y otro **si el usuario no existe**, para ambos casos se presentarán los respectivos mensajes de aviso:



Formulario de inicio de sesión con el título "INICIO DE SESIÓN". Debajo del título, se muestra un mensaje de error en rojo: "La contraseña es errónea!". Los campos de "E-mail" y "Contraseña" están presentes pero vacíos.



Formulario de inicio de sesión con el título "INICIO DE SESIÓN". Debajo del título, se muestra un mensaje de error en rojo: "Usuario no encontrado!". Los campos de "E-mail" y "Contraseña" están presentes pero vacíos.

Importante: Existen 3 tipos de usuario para el sistema en la presente versión:

- **Docente**

- **Desarrollador**

- **Administrador de interesados**

Para cada uno su contraseña se corresponde con su propio rol. Ej. Si usted está registrado como: DOCENTE, su contraseña permitente será "**docente**"

Módulos

Los **DOCENTES** tienen a su disposición los módulos de: Dashboard, Analítica individual, Jugadores, Acerca de y Contacto.



Los **DESARROLLADORES** tienen a su disposición los módulos de: Dashboard, Analítica individual, Jugadores, Stakeholders, Acerca de y Contacto.



Módulos

Los **ADMINISTRADORES DE STAKEHOLDERS** tienen a su disposición el módulo de manejo de Stakeholders (interesados).

Nombres	Apellidos	Correo	Género	Rol	Almacenado	Acciones
Brandon Alexander	Tubón Usca	brandon.tubon@esPOCH.edu.ec	masculino	desarrollador	2020-08-07 12:50:10	Editar Borrar
Bryan Andrés	Gagnay Anagamarca	bryan.gagnay@esPOCH.edu.ec	masculino	desarrollador	2020-09-07 16:04:56	Editar Borrar
Diego Fernando	Ávila Pesantez	diego.avila@esPOCH.edu.ec	masculino	docente	2020-08-07 11:16:20	Editar Borrar

Dashboard

Para los **DOCENTES** en esta sección usted puede obtener información en forma de gráficas analíticas con respecto a los temas de:

- **Errores y aciertos totales:** Gráfica de pastel que representa el balance entre aciertos y errores totales de todos los jugadores en el juego.
- **Errores y aciertos por jugador:** Gráfica de barras que representa un desglose del top 10 de jugadores que han generado la mayor cantidad de registros de errores o aciertos en el juego. Se podría tener también a esta gráfica como referencia para conocer qué jugadores han sido los más activos.
- **Jugadores con el mayor número de errores:** Gráfica de barras que representa un desglose del top 10 de jugadores que han generado la mayor cantidad de errores han cometido en el juego.
- **Módulos donde se han producido la mayor cantidad de errores:** Gráfica de barras que representa a los módulos del juego donde se han presentado la mayor cantidad de errores.
- **Partidas totales realizadas en cada módulo:** Gráfica de barras que representa el número total de partidas registradas en cada uno de los módulos del juego. Se podría tener también a esta gráfica como referencia para conocer qué jugadores han sido los más activos.
- **Puntaje máximo alcanzado por los jugadores en los módulos:** Gráfica de barras en la que se representa el puntaje más alto que se haya conseguido en cada uno de los niveles del juego.
- **Balances mensuales de rendimiento:** Gráficas de líneas en las que se muestra el rendimiento promedio mensual que han conseguido los jugadores.

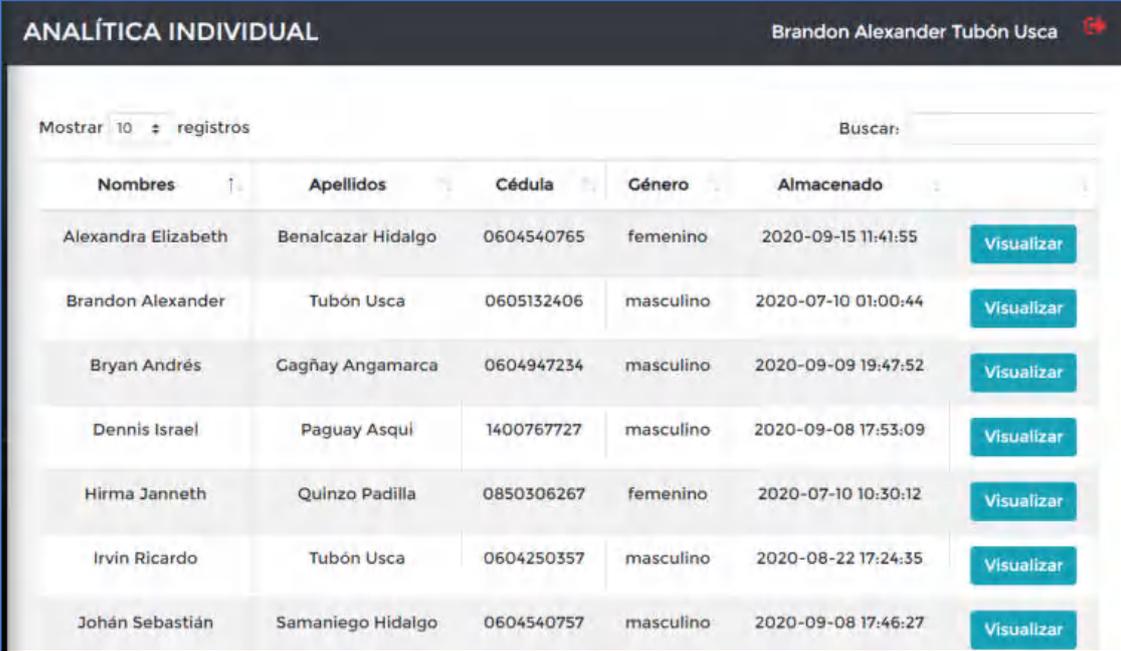
Módulos

Para los **DESARROLLADORES** en esta sección usted puede obtener información en forma de gráficas analíticas con respecto a los temas de:

- **Balance de respuestas correctas e incorrectas por jugador:** Gráfica de barras que representa el balance entre aciertos y errores totales del top 10 de jugadores.
- **Media de tiempo en cada módulo por jugador:** Gráfica de barras que representa a la media de tiempo que cada jugador ha invertido en cada módulo del juego.
- **Media de puntuación en cada módulo por jugador:** Gráfica de barras que representa a la media de rendimiento del top 10 de jugadores en cada módulo del juego.
- **Preguntas totales y respondidas por jugador:** Gráfica de barras que presenta un resumen de todas las preguntas presentadas a los jugadores más activos y aquellas que se han respondido en cada módulo del juego.
- **Media de tiempo invertido en cada módulo por sesión de juego:** Gráfica de barras que representa el tiempo promedio invertido por los jugadores en cada módulo del juego.
- **Número de jugadores que han participado en cada módulo:** Gráficas de líneas en las que se muestra cuantos jugadores de la base de jugadores activos (que al menos hayan jugado una vez en cualquier módulo) han jugado cada módulo del juego.

Analítica Individual

En la sección de analítica individual podremos observar un listado de todos los jugadores de la siguiente manera:



ANALÍTICA INDIVIDUAL					Brandon Alexander Tubón Usca
Mostrar 10 registros		Buscar:			
Nombres	Apellidos	Cédula	Género	Almacenado	
Alexandra Elizabeth	Benalcazar Hidalgo	0604540765	femenino	2020-09-15 11:41:55	Visualizar
Brandon Alexander	Tubón Usca	0605132406	masculino	2020-07-10 01:00:44	Visualizar
Bryan Andrés	Gañay Angamarca	0604947234	masculino	2020-09-09 19:47:52	Visualizar
Dennis Israel	Paguay Asqui	1400767727	masculino	2020-09-08 17:53:09	Visualizar
Hirma Janneth	Quinzo Padilla	0850306267	femenino	2020-07-10 10:30:12	Visualizar
Irvin Ricardo	Tubón Usca	0604250357	masculino	2020-08-22 17:24:35	Visualizar
Johán Sebastián	Samaniego Hidalgo	0604540757	masculino	2020-09-08 17:46:27	Visualizar

Módulos

Se puede modificar tanto el número de registros que se desea observar en la página:

Mostrar registros

Así como filtrar el registro que tenemos de jugadores a través de la herramienta de búsqueda:

Mostrar registros Buscar: x

Nombres	Apellidos	Cédula	Género	Almacenado	
Alexandra Elizabeth	Benalcazar Hidalgo	0604540765	femenino	2020-09-15 11:41:55	Visualizar
Brandon Alexander	Tubón Usca	0605132406	masculino	2020-07-10 01:00:44	Visualizar

Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros (filtrado de un total de 9 registros) Anterior **1** Siguiente

Inclusive ordenar los registros por campo al hacer click sobre cualquiera de ellos (en este caso el apellido):

Nombres	Apellidos	Cédula	Género	Almacenado	
Alexandra Elizabeth	Benalcazar Hidalgo	0604540765	femenino	2020-09-15 11:41:55	Visualizar
Bryan Andrés	Gagñay Angamarca	0604947234	masculino	2020-09-09 19:47:52	Visualizar
Madelyn Melissa	González Castillo	0605118306	femenino	2020-09-10 15:21:58	Visualizar
Dennis Israel	Paguay Asqui	1400767727	masculino	2020-09-08 17:53:09	Visualizar
Hirma Janneth	Quinzo Padilla	0850306267	femenino	2020-07-10 10:30:12	Visualizar
Johán Sebastián	Samaniego Hidalgo	0604540757	masculino	2020-09-08 17:46:27	Visualizar
Brandon Alexander	Tubón Usca	0605132406	masculino	2020-07-10 01:00:44	Visualizar

Módulos

Al seleccionar un jugador en específico se puede ver su resumen individual (la información se actualiza cada minuto):



Resumen individual de un jugador. Encabezado: Bryan Andrés Gaghay Angamarca (perfil) y Brandon Alexander Tubón Usca (perfil). Estadísticas: Total de preguntas: 950; Preguntas con respuesta: 500; Número de errores: 247; Número de aciertos: 253. Título: Rendimiento del jugador. Tabla de rendimiento con columnas: Módulo, P. min, Fecha, P. máx, Fecha, Promedio, Partidas, Últ. partida.

Módulo	P. min	Fecha	P. máx	Fecha	Promedio	Partidas	Últ. partida
+ Fácil	0	2020-09-11 00:22:24	7	2020-09-11 09:16:43	2.28	165	2020-09-17 12:11:24
+ Medio	0	2020-09-11 16:42:42	4	2020-09-10 23:36:52	1.57	23	2020-09-16 20:40:09
+ Difícil	1	2020-09-11 17:01:36	1	2020-09-11 17:01:36	1	5	2020-09-11 17:01:36
- Fácil	2	2020-09-11 16:44:52	5	2020-09-11 15:36:58	3	12	2020-09-16 18:53:15
- Medio	0	2020-09-11 10:42:25	4	2020-09-11 09:47:56	2.75	13	2020-09-11 16:20:55
- Difícil	3	2020-09-11 12:10:02	5	2020-09-11 14:08:50	3.67	7	2020-09-11 15:41:23

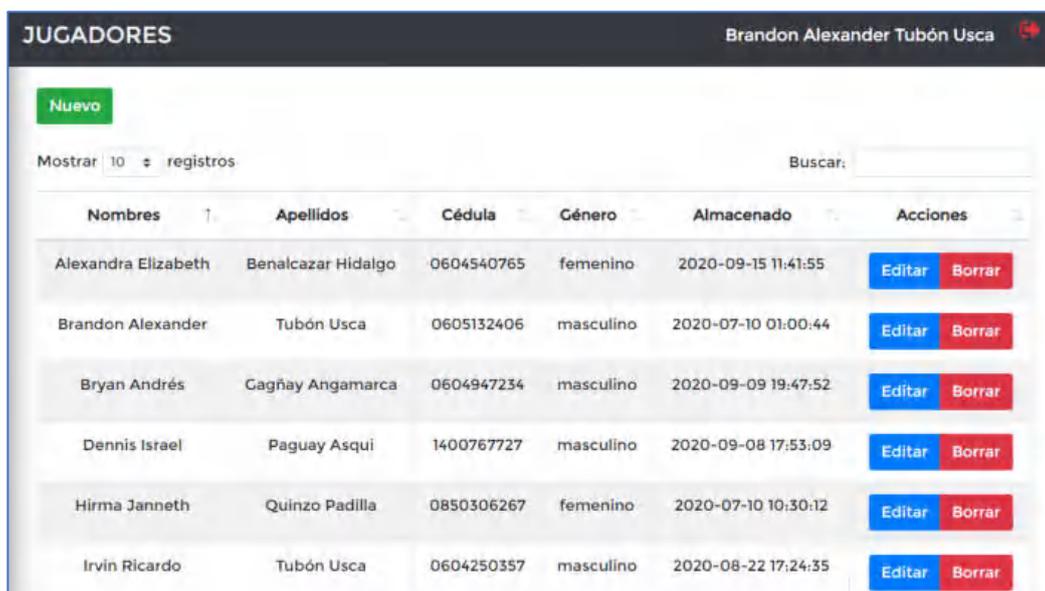
Nota:

Los registros en rojo indican un puntaje inferior a 4

Los registros en verde indican un puntaje superior a 7

Jugadores

En la sección de Jugadores se puede observar un listado de todos los jugadores de la siguiente manera:

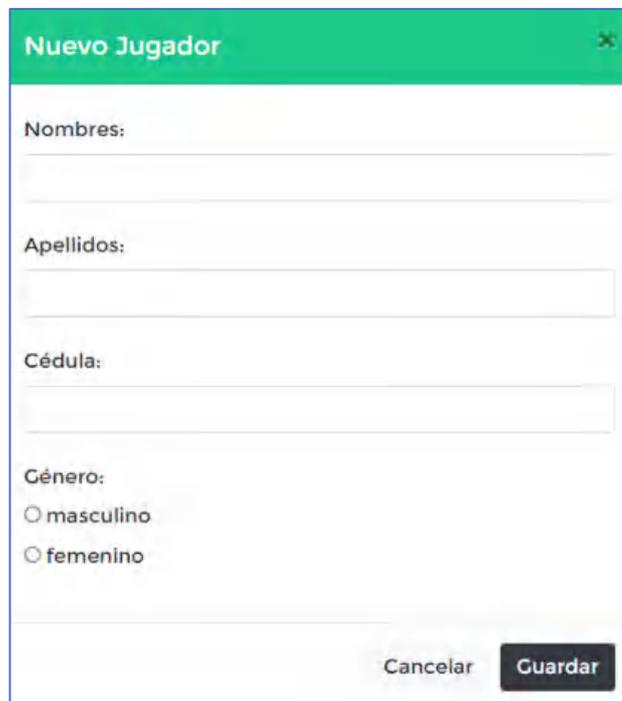


Sección de Jugadores. Encabezado: JUGADORES y Brandon Alexander Tubón Usca. Botón: Nuevo. Mostrar: 10 registros. Buscar: [campo]. Tabla de jugadores con columnas: Nombres, Apellidos, Cédula, Género, Almacenado, Acciones.

Nombres	Apellidos	Cédula	Género	Almacenado	Acciones
Alexandra Elizabeth	Benalcazar Hidalgo	0604540765	femenino	2020-09-15 11:41:55	Editar Borrar
Brandon Alexander	Tubón Usca	0605132406	masculino	2020-07-10 01:00:44	Editar Borrar
Bryan Andrés	Gaghay Angamarca	0604947234	masculino	2020-09-09 19:47:52	Editar Borrar
Dennis Israel	Paguay Asqui	1400767727	masculino	2020-09-08 17:53:09	Editar Borrar
Hirma Janneth	Quinzo Padilla	0850306267	femenino	2020-07-10 10:30:12	Editar Borrar
Irvin Ricardo	Tubón Usca	0604250357	masculino	2020-08-22 17:24:35	Editar Borrar

Módulos

Al dar click sobre el botón **Nuevo** se puede crear un nuevo jugador en donde se debe llenar con sus datos básicos:



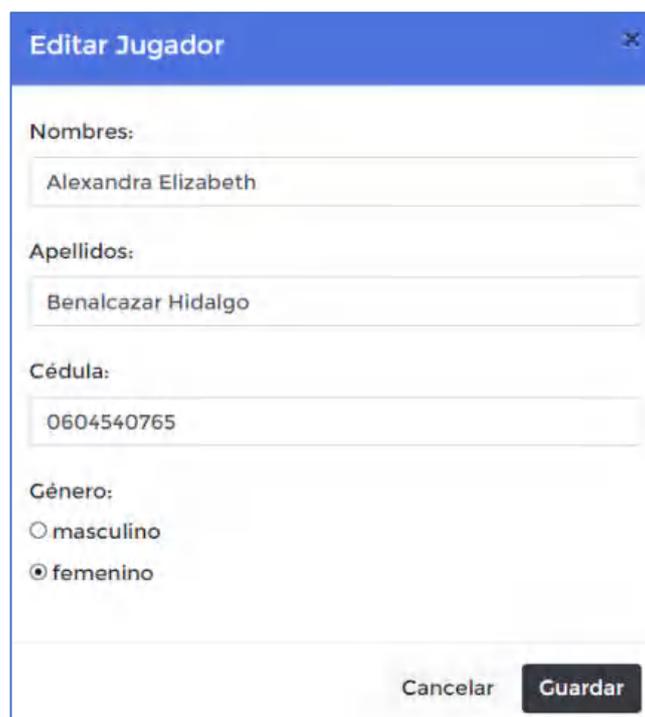
Formulario para crear un nuevo jugador. El formulario tiene un encabezado verde con el título "Nuevo Jugador" y un ícono de cerrar. Los campos de entrada son:

- Nombres:
- Apellidos:
- Cédula:
- Género: masculino femenino

En la parte inferior derecha hay dos botones: "Cancelar" y "Guardar".

Nota: Cada uno de estos datos son obligatorios y se validan antes de ser ingresados así que procure llenarlo debidamente.

Al dar click sobre el botón **Editar** se presentará un formulario parecido al anterior:



Formulario para editar un jugador existente. El formulario tiene un encabezado azul con el título "Editar Jugador" y un ícono de cerrar. Los campos de entrada están pre-llenados con los siguientes datos:

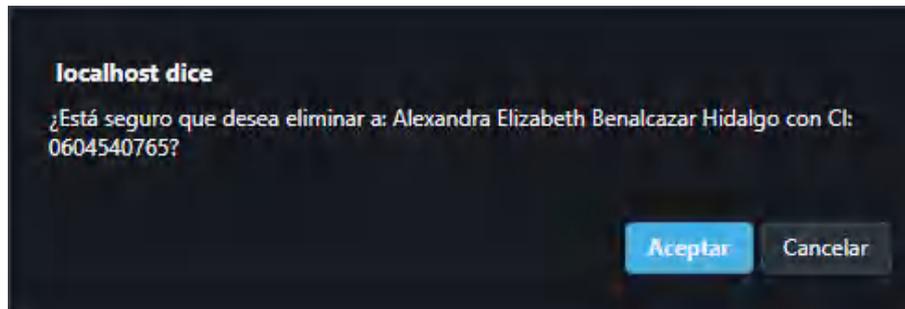
- Nombres:
- Apellidos:
- Cédula:
- Género: masculino femenino

En la parte inferior derecha hay dos botones: "Cancelar" y "Guardar".

Módulos

Nota: Cada uno de estos datos son obligatorios y se validan antes de ser ingresados así que procure llenarlo debidamente.

Al dar click sobre el botón **Borrar** se presentará una notificación para confirmar la eliminación:



Stakeholders

En la sección de Stakeholders se puede observar un listado de todos los interesados (socios) del proyecto de la siguiente manera:

STAKEHOLDERS							Brandon Alexander Tubón Usca	
Nuevo								
Mostrar 10 registros						Buscar:		
Nombres ↑	Apellidos ↓	Correo ↓	Género ↓	Rol ↓	Almacenado ↓	Acciones		
Brandon Alexander	Tubón Usca	brandon.tubon@epoch.edu.ec	masculino	desarrollador	2020-08-07 12:50:10	Editar	Borrar	
Bryan Andrés	Gañay Anagamarca	bryan.gagniy@epoch.edu.ec	masculino	desarrollador	2020-09-07 16:04:56	Editar	Borrar	
Diego Fernando	Ávila Pesantez	diego.avila@epoch.edu.ec	masculino	docente	2020-08-07 11:16:20	Editar	Borrar	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

Módulos

Al dar click sobre el botón **Nuevo** se puede crear un nuevo socio donde se debe llenar sus datos básicos:



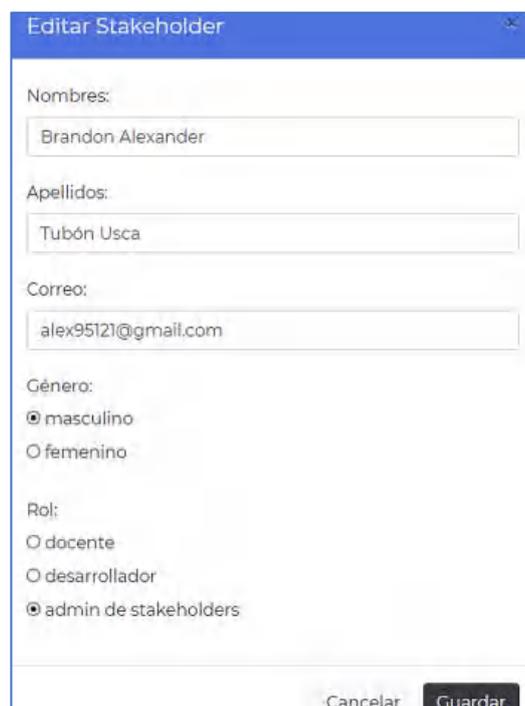
The screenshot shows a form titled "Nuevo Stakeholder" with a green header. It contains the following fields and options:

- Nombres:
- Apellidos:
- Correo:
- Género:
 - masculino
 - femenino
- Rol:
 - docente
 - desarrollador
 - admin de stakeholders

At the bottom right, there are two buttons: "Cancelar" and "Guardar".

Nota: Cada uno de estos datos son obligatorios y se validan antes de ser ingresados así que procure llenarlo debidamente.

Al dar click sobre el botón **Editar** se presentará un formulario parecido al anterior:



The screenshot shows a form titled "Editar Stakeholder" with a blue header. It contains the following fields and options:

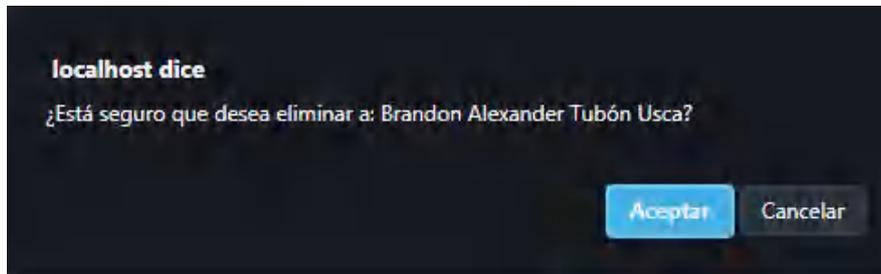
- Nombres:
- Apellidos:
- Correo:
- Género:
 - masculino
 - femenino
- Rol:
 - docente
 - desarrollador
 - admin de stakeholders

At the bottom right, there are two buttons: "Cancelar" and "Guardar".

Módulos

Nota: Cada uno de estos datos son obligatorios y se validan antes de ser ingresados así que procure llenarlo debidamente.

Al dar click sobre el botón **Borrar** se presentará una notificación para confirmar la eliminación:



Acerca De

En la sección "**Acerca De**" se puede observar detalles como:

- Información acerca del proyecto.
- Desarrolladores a cargo del proyecto.
- Tecnologías utilizadas (lenguajes de programación y herramientas)

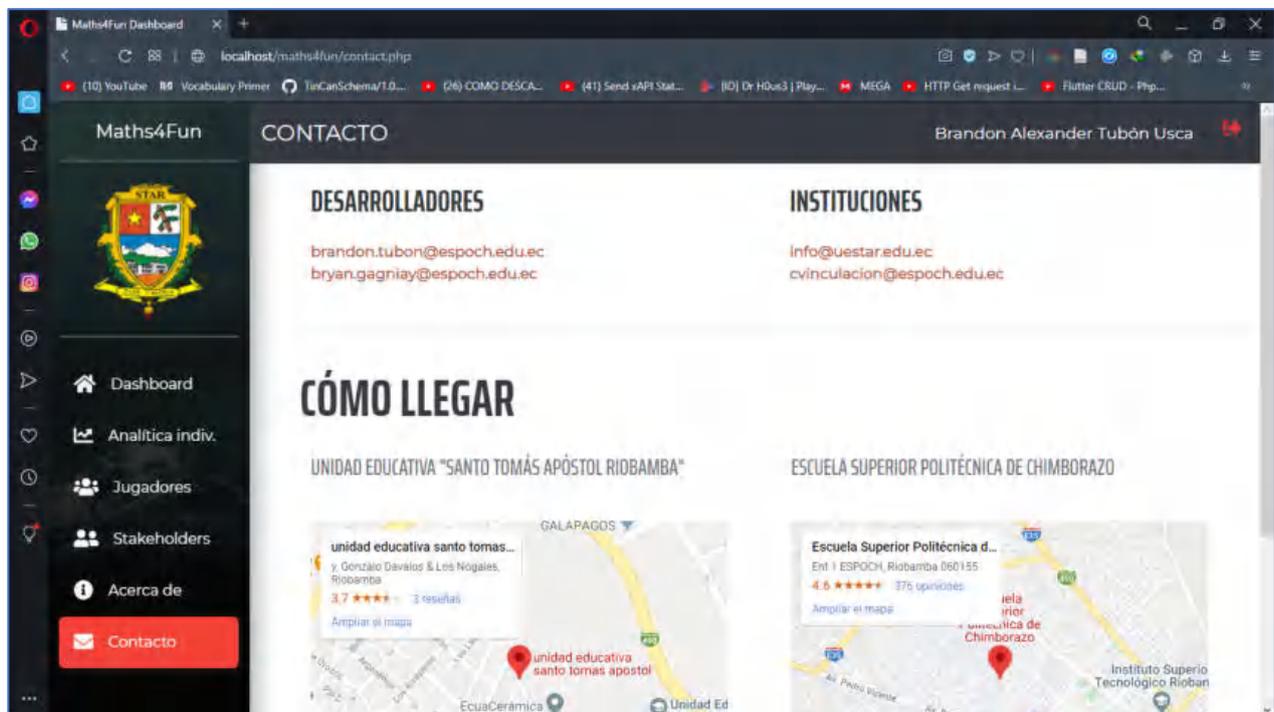


Módulos

Contacto

En la sección "**Contacto**" se puede observar detalles como:

- Información de contacto de los desarrolladores.
- Información de contacto de las instituciones asociadas en el proyecto.
- Información de localización en mapas de las instituciones asociadas en el proyecto.



ANEXO D: Modelo de documento de consentimiento para los participantes de la Fase BETA



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Riobamba, 2021-01-28

SEÑORES PADRES DE FAMILIA
Presente

De nuestra consideración:

Reciba un cordial saludo a la vez permitimos expresarles nuestros mejores deseos para este año en medio del tiempo difícil por el cual está consternado el mundo entero, el motivo de la presente solicitud es para, que se autorice a sus representados la realización de pruebas de testeo sobre un serious game que forma parte del trabajo de titulación de los estudiantes: BRANDON ALEXANDER TUBÓN USCA con CI: 0605132406 y BRYAN ANDRÉS GAGÑAY ANGAMARCA con CI: 0604947234.

Esta firma quedará como constancia también de las pruebas de calidad de uso realizadas.

Particular que solicitamos para los fines pertinentes. Por su gentil colaboración expresamos nuestros sentimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

.....
Ing. Diego Ávila
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

.....
Brandon Alexander Tubón Usca
ESTUDIANTE

.....
Bryan Andrés Gagnay Angamarca
ESTUDIANTE

AUTORIZO

Nombre: Fedina Chapellay

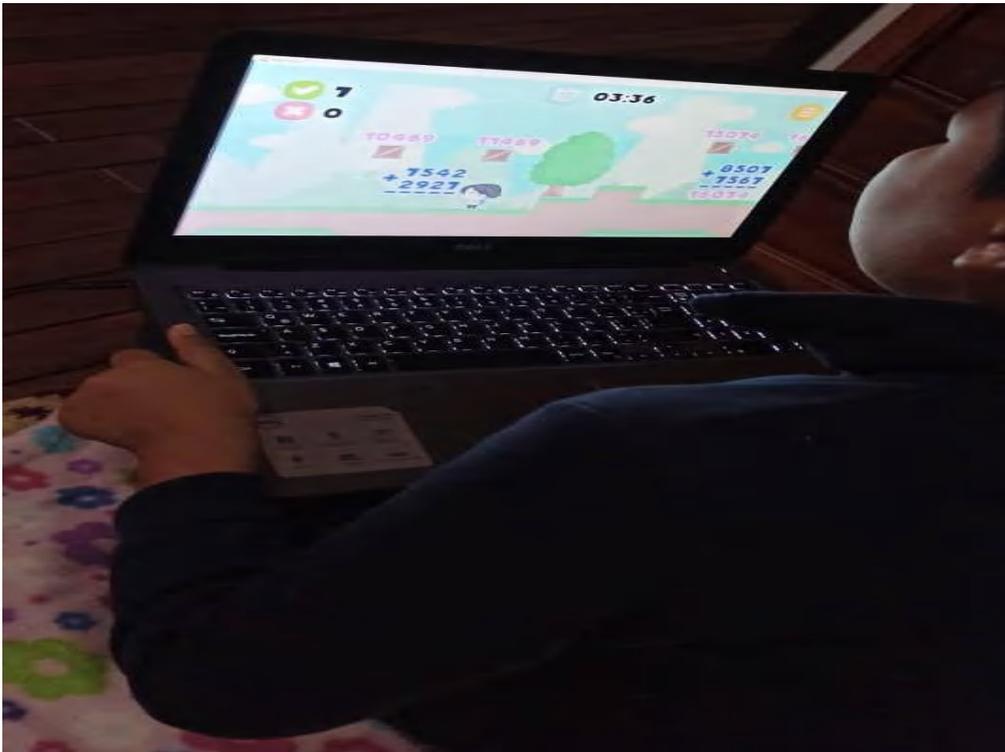
Firma: Fedina Chapellay

Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2.
www.espoch.edu.ec

Teléfono: 593 (03) 2 998200
Código Postal: EC060155

ANEXO E: Evidencias de participación de los niños en la fase BETA

Tester 1



Tester 2



Tester 3



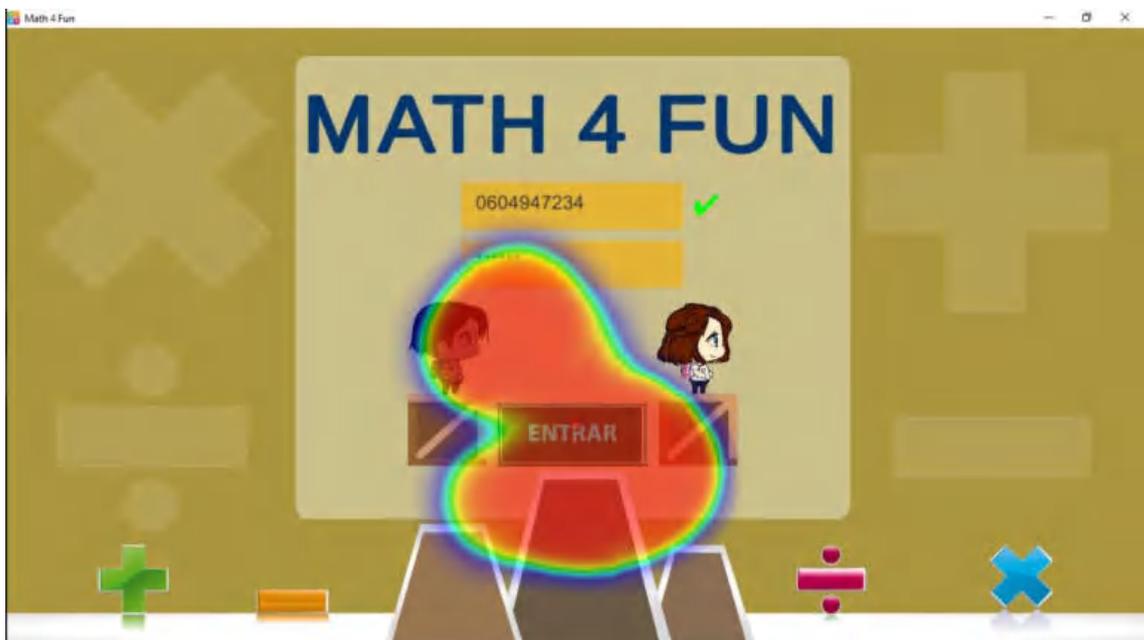
ANEXO F: Sesiones de Eye Tracking de los participantes

Tester 1

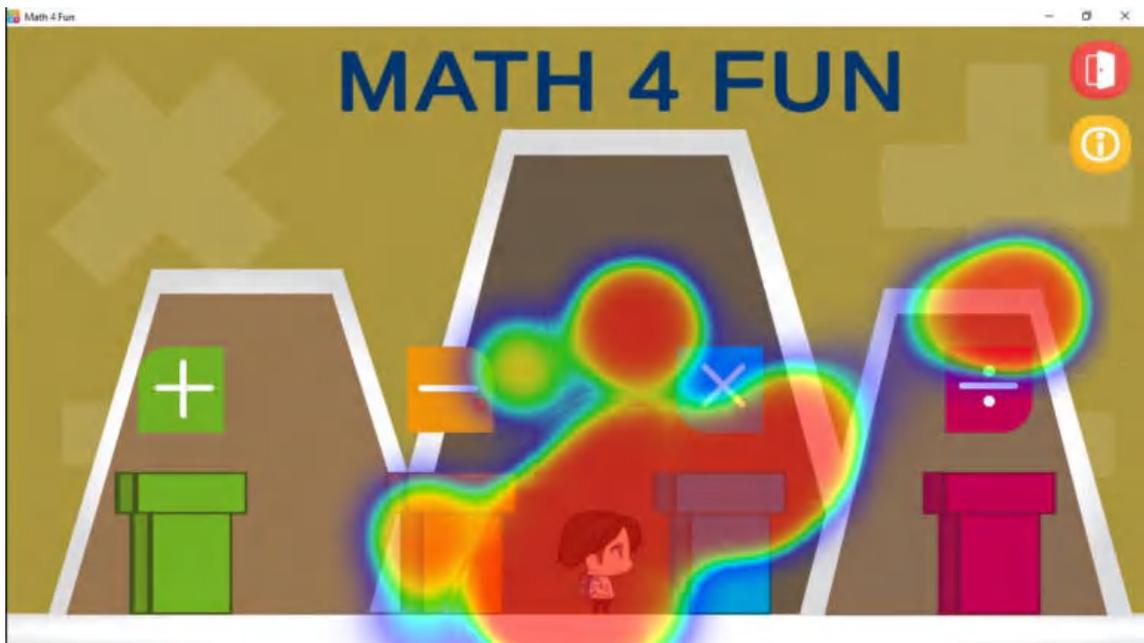
Fase 1



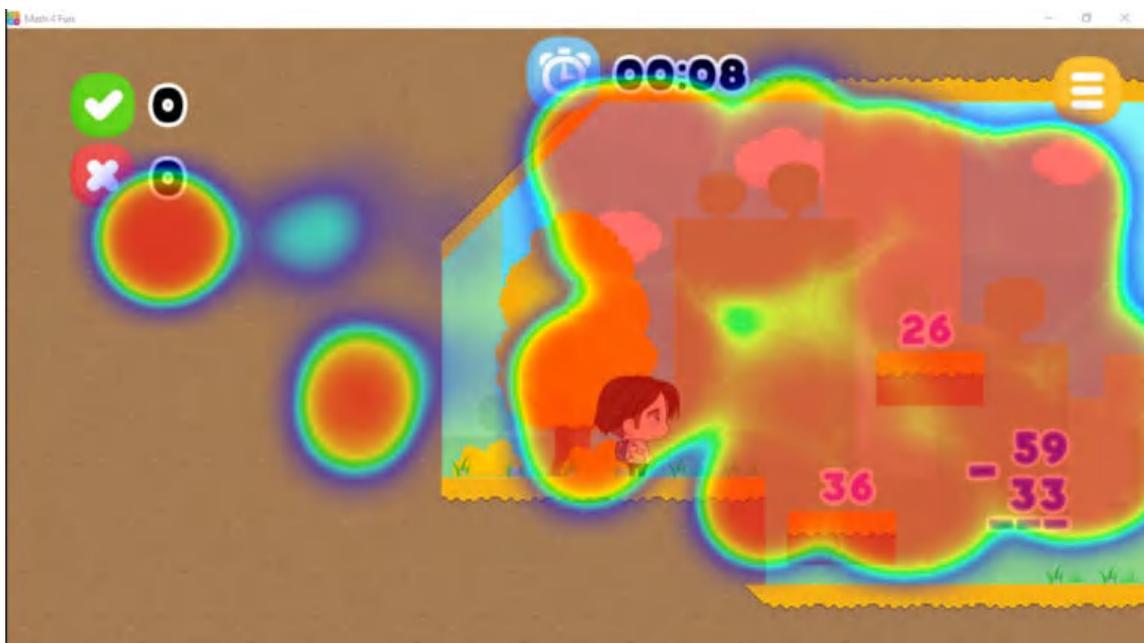
Fase 2



Fase 3



Fase 4

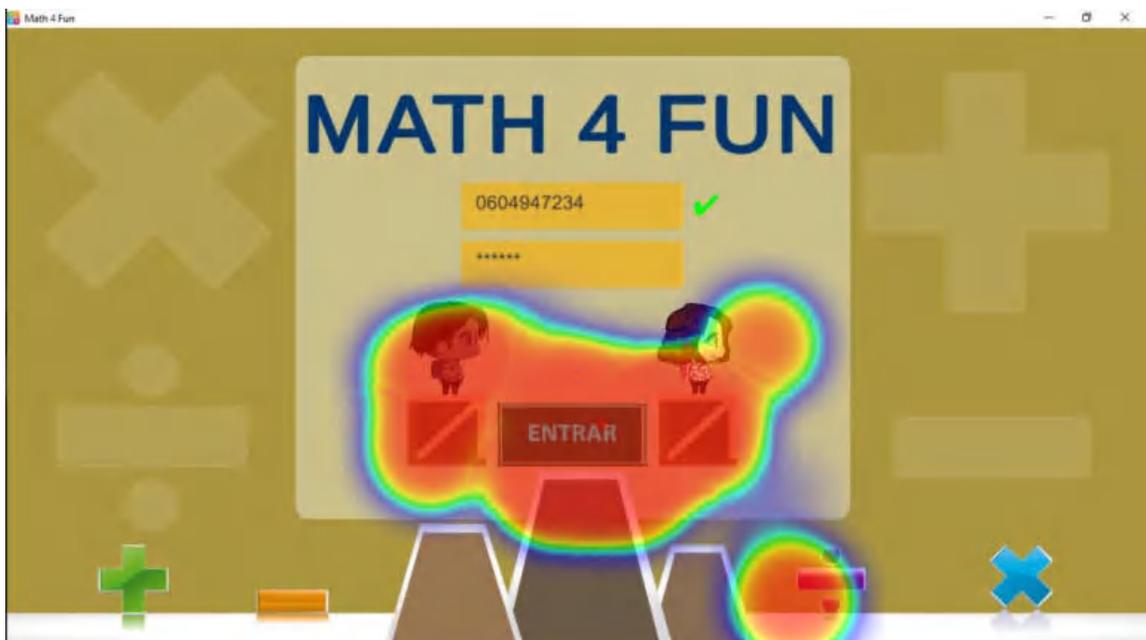


Tester 2

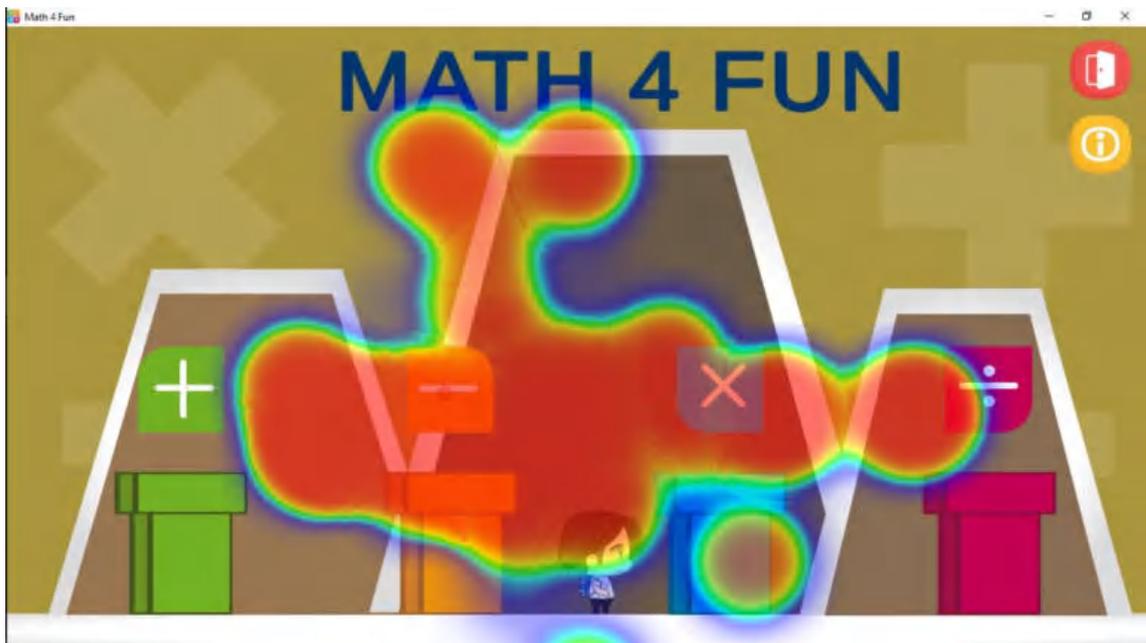
Fase 1



Fase 2



Fase 3



Fase 4

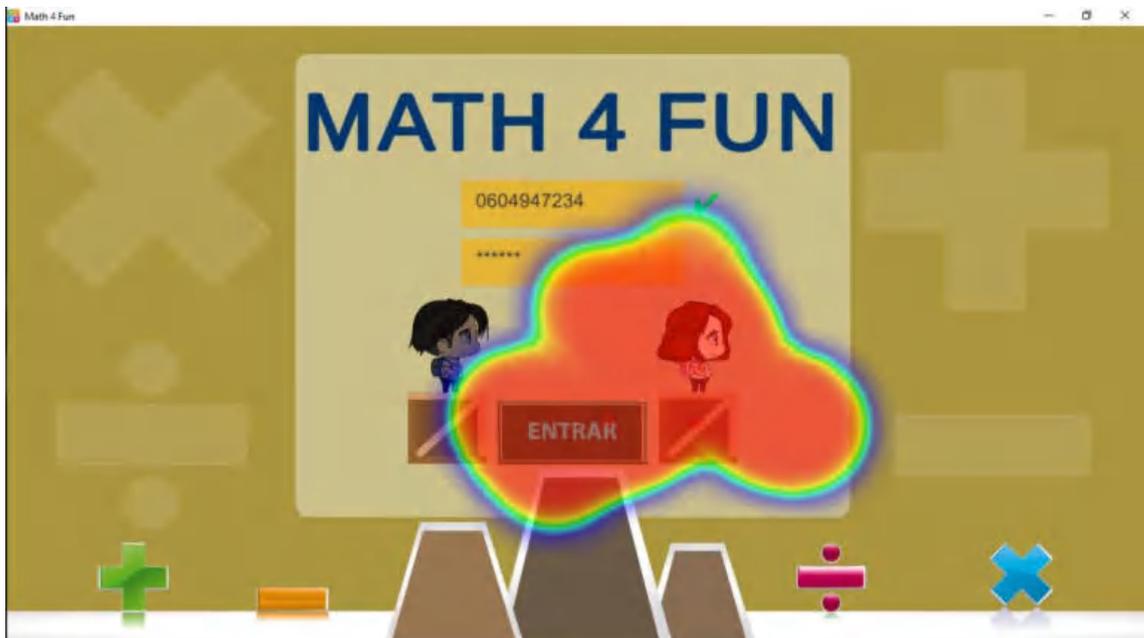


Tester 3

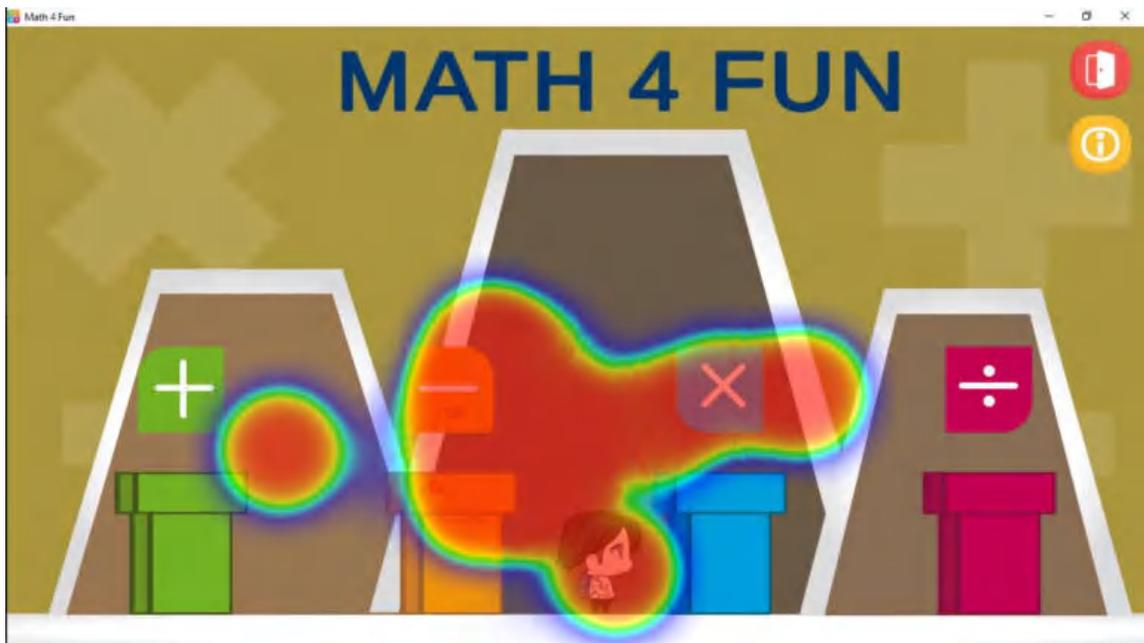
Fase 1



Fase 2



Fase 3



Fase 4



ANEXO G: Resultados de los cuestionarios de usabilidad

Resultados de los cuestionarios de la primera versión de las interfaces

Estudiante	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Promedio
E1	3	2	2	3	2	3	2	2.43
E2	2	4	3	2	2	3	3	2.71
E3	3	3	2	2	1	3	2	2.29
E4	2	2	2	3	3	3	2	2.43
E5	2	2	3	4	2	3	3	2.71
E6	2	2	2	2	2	3	3	2.29
E7	3	3	2	4	1	3	3	2.71
E8	2	3	2	2	2	2	3	2.29
E9	2	3	3	2	1	3	4	2.57
E10	2	3	3	2	1	2	4	2.43
E11	3	3	1	2	2	3	3	2.43
E12	3	4	2	2	2	3	4	2.86
E13	2	2	3	3	2	3	3	2.57
E14	2	2	2	3	3	3	4	2.71
E15	3	3	2	3	2	3	4	2.86
E16	3	3	2	2	3	3	4	2.86
E17	2	3	2	3	2	4	4	2.86
E18	3	2	2	3	3	4	4	3.00
E19	3	4	2	3	2	3	4	3.00
E20	2	3	3	3	3	4	4	3.14
E21	1	2	3	2	2	3	4	2.43
E22	2	1	2	2	3	3	4	2.43
E23	3	3	3	2	2	3	4	2.86
E24	3	2	2	2	2	4	3	2.57
E25	3	2	2	3	2	3	3	2.57
E26	3	2	3	3	3	4	3	3.00
E27	3	3	3	2	3	3	2	2.71
E28	3	2	3	4	3	4	2	3.00
E29	3	4	2	2	2	3	3	2.71
E30	3	3	1	2	3	4	4	2.86
E31	3	3	2	2	3	3	3	2.71
E32	2	4	2	4	3	4	3	3.14
E33	2	2	2	3	2	4	3	2.57
E34	3	2	3	2	1	3	4	2.57
E35	3	3	3	4	2	3	4	3.14
E36	4	3	2	3	3	4	4	3.29
E37	3	3	3	3	3	3	3	3.00
E38	2	3	2	3	2	3	4	2.71
E39	3	3	3	4	3	3	3	3.14
E40	4	3	2	2	2	3	4	2.86
E41	2	2	3	3	3	3	3	2.71
E42	3	4	3	3	1	4	2	2.86

E43	3	2	3	4	2	4	4	3.14
Promedio	2.63	2.72	2.37	2.72	2.23	3.23	3.33	2.75

Resultados de los cuestionarios de la segunda versión de las interfaces.

Estudiante	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Promedio
E1	4	4	5	4	4	4	5	4.29
E2	5	5	4	4	4	4	5	4.43
E3	4	5	4	5	5	4	5	4.57
E4	4	3	4	5	4	4	5	4.14
E5	5	4	4	5	5	5	5	4.71
E6	4	4	4	4	4	5	5	4.29
E7	4	4	4	5	4	5	5	4.43
E8	4	4	4	4	4	4	4	4.00
E9	5	5	4	4	5	5	5	4.71
E10	4	5	5	4	4	5	5	4.57
E11	5	4	4	4	5	5	5	4.57
E12	4	5	4	5	4	4	5	4.43
E13	4	5	5	4	4	4	5	4.43
E14	4	5	4	5	4	5	5	4.57
E15	4	4	4	4	4	4	5	4.14
E16	5	4	5	5	5	5	5	4.86
E17	4	4	5	4	4	5	5	4.43
E18	4	4	4	5	4	5	5	4.43
E19	4	4	4	4	4	5	5	4.29
E20	5	5	4	4	5	5	4	4.57
E21	4	4	5	5	4	5	5	4.57
E22	4	5	4	4	4	5	4	4.29
E23	4	4	4	4	4	5	4	4.14
E24	5	4	4	4	4	5	5	4.43
E25	4	4	5	4	4	4	5	4.29
E26	4	5	4	5	5	4	5	4.57
E27	4	5	4	4	4	4	5	4.29
E28	4	4	4	5	4	5	5	4.43
E29	5	5	4	5	4	5	5	4.71
E30	4	4	4	4	4	5	4	4.14
E31	5	4	4	4	4	5	5	4.43
E32	4	5	4	4	5	5	4	4.43
E33	5	4	5	4	4	5	4	4.43
E34	5	5	4	5	4	5	5	4.71
E35	5	4	5	4	4	5	5	4.57
E36	4	5	4	4	5	4	5	4.43
E37	4	4	4	4	4	5	4	4.14
E38	4	4	5	5	5	5	5	4.71
E39	5	5	5	4	4	4	5	4.57
E40	4	4	4	4	5	5	5	4.43

E41	4	5	4	5	4	4	4	4.29
E42	4	4	5	4	4	4	5	4.29
E43	5	5	4	5	4	4	5	4.57
Promedio	4.33	4.40	4.28	4.37	4.26	4.63	4.79	4.44

Promedio de cada pregunta en las dos versiones de interfaces.

#	Pregunta	Interfaz Versión 1	Interfaz Versión 2
1	¿El juego es fácil de usar?	2.63	4.33
2	¿Te gustó el diseño de las pantallas?	2.72	4.40
3	¿Cumpliste con la actividad en menos pasos?	2.37	4.28
4	¿Realizaste la actividad sin esfuerzo?	2.72	4.37
5	¿Puedes usar el juego sin instrucciones escritas?	2.23	4.26
6	¿El juego no mostró ningún error mientras lo usabas?	3.23	4.63
7	¿Realizaste todas las actividades dentro del juego?	3.33	4.79



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23/06/2021

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: BRANDON ALEXANDER TUBÓN USCA BRYAN ANDRES GAGÑAY ANGAMARCA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: INGENIERÍA EN SISTEMAS
Título a optar: INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS
f. Analista de Biblioteca responsable:

