

CIS1710CP09

HORUS, APLICACIÓN PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DE FRACCIONARIOS

SANTIAGO GALEANO CARRILLO
ALEJANDRA GUERRERO CUCHIMBA
ANDRÉS FELIPE HERRERA BUITRAGO
MARÍA ALEJANDRA HURTADO PÉREZ
CAMILO ANDRÉS ZAMORA GAONA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
2017

CIS1710CP09
HORUS, APLICACIÓN PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DE
FRACCIONARIOS

Autor(es):

Santiago Galeano Carrillo
Alejandra Guerrero Cuchimba
Andrés Felipe Herrera Buitrago
María Alejandra Hurtado Pérez
Camilo Andrés Zamora Gaona

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO
DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE
SISTEMAS

Director

Ángela Cristina Carrillo Ramos

Jurados del Trabajo de Grado

Alejandro Sierra

Diana Lancheros

Página web del Trabajo de Grado

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1710CP09>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
NOVIEMBRE, 2017

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Rector Magnífico

Jorge Humberto Peláez Piedrahita, S.J.

Decano Facultad de Ingeniería

Ingeniero Jorge Luis Sánchez Téllez

Director de la Carrera de Ingeniería de Sistemas

Ingeniera Mariela Josefina Curiel Huérfano

Director Departamento de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Efraín Ortiz Pabón

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de junio de 1946

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos de María Alejandra Hurtado

Primero quiero agradecer a mi familia por siempre apoyarme, y confiar en mis habilidades, por siempre sentir orgullo de mí, por defenderme con capa y espada de todo lo que me quisiera hacer daño. Mutti gracias por ser la más alcahueta de todas, por darme la vida, y cuidarme como si tuviera 4 años. Padre, gracias por siempre guiarme por el camino correcto, por estar para escucharme, y por siempre demostrarme tu amor, Hermanos -los ocho- por ser mi inspiración para seguir adelante, luchar por mis sueños y por un futuro mejor.

A Ángela Carrillo por el cariño y apoyo brindado en mis cinco años en la universidad, por siempre confiar en mí y en mi potencial como ingeniera, por adoptarme en su batería educativa, por ser una mujer ejemplar y un modelo por seguir.

A Rosa-Elvira Martínez mi madrina, la persona que siempre me ha acompañado y apoyado desde mi niñez, por la que siempre seguí adelante la persona que más ha confiado en mí, aun cuando yo no lo hacía, la persona que me guio a escoger mi profesión y a quien le debo mi título.

A mi equipo Horus: Andrés Felipe Herrera mi compañero eterno de batallas, mi pequeño gran problema, por acompañarme en toda la carrera, por soportar mi mal carácter, y por llenar mi vida de colores; Camilo Zamora (mi compañero favorito) infinito agradecimiento por la disposición a escuchar y enseñar, por siempre alegrar mi día; a Alejandra Guerrero por ofrecerme su amistad, cariño y confianza; y a Santiago Galeano por ver cosas en mí que nadie más ve. A ustedes cuatro, gracias porque más que simples compañeros de trabajo son mis amigos, personas que jamás olvidaré y que se robaron parte de mi corazón, ¡qué afortunada soy de tenerlos en mi vida!

A Tomás -mi gato- por acompañarme en mis noches de traspasado, a Maidita por ser como mi niñera en la universidad, a Quala, por confiar en mis habilidades como profesional y abrirme sus puertas. A Cesar por ser la primera persona que me ofreció su amistad en la universidad y confió en mí. Y a todas aquellas personas que se tomaron la molestia de ver más allá de los estereotipos y se atrevieron a descubrir la persona que soy.

Y por último al *amore della mia vita* Luis Hurtado, abuelo, esto es por ti: te amaré y te recordaré por toda mi vida.

María Alejandra Hurtado Pérez

Agradecimientos Andrés Felipe Herrera Buitrago:

A mi familia por siempre estar a mi lado, apoyarme en todo momento y ser mi inspiración para seguir adelante. A mis compañeros de trabajo de grado a quienes admiro y aprecio profundamente. A Angela Carrillo, por siempre confiar en mí, por ofrecerme su apoyo, por ser una guía en todo mi proceso de formación y permitirme ser parte de la batería educativa.

A María Alejandra Hurtado, por ser mi amiga durante más de cinco años estar conmigo en las duras y en las peores, ser mi compañía más linda y ser una mujer de admirar, cabeza de huevo una parte de mi corazón es tuyo. a Lana, mi fiel acompañante de batallas. Y a mi tía Sixta Tulia, gracias por tanto amor que me diste, te amo y te recuerdo cada día de mi vida, y espero que donde te encuentres te sientas orgullosa de mí.

Andrés Felipe Herrera.

Agradecimientos de Santiago Galeano Carrillo.

Todo este camino y esfuerzo, va dedicado a mi familia. A mis papás y a mis hermanos, esta tesis va para ustedes, por lo mucho que me han aportado, por creer en mí, por apoyarme durante todos estos años. No sería lo que soy, de no ser por lo que cada uno de ustedes ha construido en mí. Así mismo, quiero agradecer a los profesores que me han formado desde el inicio de mi carrera. Principalmente a Luisa, porque es una excelente mentora, consejera, me vio crecer en estos semestres y siempre recordaré esas palabras de ánimo, aliento y apoyo. También a Ángela, porque no pude pedir una mejor madre sustituta, que nos exige, pero también da el 100% por cada uno de sus hijos.

Gracias a mis amigos. En primer lugar, a Alejandra Guerrero Cuchimba, para mí, la persona más importante que conocí en la universidad, gracias, por tanto, por lo mucho que hemos vivido, por la rabia y la alegría; sabes que te odio/amo depende de la ocasión, pero de verdad, espero nunca perderte en mi vida. A la señorita Hurtado, porque lo vivido no me lo quita nadie y apareciste para hacerme caer en cuenta de muchos aspectos que antes ni siquiera se me habían pasado por la cabeza. En general, agradezco a todos mis compañeros de tesis, por las reuniones, a Felipe por las risas y su hospitalidad. A Camilo, que estoy cansado de verle la cara todos los semestres en alguna materia, pero igual no me imagino cómo habrían sido esos años de no tenerlo cerca (*en la buena compañero*).

Agradezco al negro, por la amistad de tantos años, por la deconstrucción, por la construcción, por la autenticidad, por ser la mejor y la peor influencia que tengo, por la certeza de que es un amigo para toda la vida. A Tepha y sus... bueno ella sabe, por tantas cosas. Es muy importante también agradecer a Gokú, mi animalito, que, aunque nunca tendrá conocimiento de estas palabras, ha sido una gran compañía en mis noches en vela trabajando. A Evelyne, porque me da fuerzas para orientar el camino que viene y no temer al devenir de los próximos años. Por último, agradecer a los docentes del colegio fe y alegría, por toda su colaboración y disposición, de no ser por ellos, no habría sido posible llevar a cabo este proyecto.

Santiago Galeano Carrillo.

Agradecimientos de Alejandra Guerrero Cuchimba

A mi familia por apoyarme siempre, por confiar en mí e impulsarme a ser cada día mejor. Ustedes son mi impulso y mi motivación. Gracias por su amor, su paciencia y espera, por darle alegría a mi vida. Gracias madre por tu devoción. Gracias padre por creer en mí y amarme como nadie en la vida, sin ti esto no habría sido posible, me mostraste un horizonte nuevo y cuidaste de mí durante todo este trayecto, gracias por ser mi guía, mi amigo y mi protector.

A mi colegio Fe y Alegría José María Vélaz y a sus profesores, por poner su voto de confianza en mí y permitirme llegar a esta universidad; y por abrirme las puertas una vez más al permitirme realizar mi trabajo de grado en este lugar. A la Pontificia universidad Javeriana por permitirme formarme como profesional y como persona. A Mauricio García por acogerme al llegar a la universidad, por escucharme y ofrecerme su apoyo tras conocer mi situación. A Maidita por su cariño, por su bondad y por su disposición a ayudarnos. A la profesora Luisa por sus palabras, su cariño y orientación.

A mis compañeros de trabajo de grado, por construir esto juntos, por aceptar el reto y superarlo. A Camilo por su alegría, tranquilidad y habilidades. A María Alejandra por su ímpetu, innovación y espíritu libre. A Santiago por su compromiso y perseverancia, y a Felipe por su creatividad y honestidad. A la profesora Ángela Carrillo por su apoyo a lo largo de este proceso, por su confianza en nosotros, por adoptarnos y guiarnos en la construcción de este proyecto.

A mis amigos, por hacer de este tiempo una aventura inolvidable. Gracias Carlitos por ofrecerme tu amistad desde primer semestre, por animarme, escucharme y quererme. Gracias Teph por tu cariño y compañía y por todas las experiencias que hemos compartido. Gracias Aleja por creer en mí, por animarme a enfrentar nuevos retos. Gracias a mis induc-sistemas por las sonrisas y lágrimas que me han dado, porque hemos crecido juntos y hemos formado lazos inigualables. Y, por último, gracias a mi gran amigo de la universidad, Santiago Galeano. Es gratificante que hayamos logrado esto juntos, no consigo imaginar estos años sin ti. Gracias por el tiempo que hemos compartido, porque nos hemos visto crecer, porque nos hemos visto caer y porque a pesar de las tantas diferencias hemos sabido entendernos.

Alejandra Guerrero Cuchimba.

Agradecimientos de Camilo Andrés Zamora.

Gracias a mis padres y a mi hermano por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso de formación el cual estoy a punto de finalizar, es gracias a ustedes que he llegado hasta aquí.

A Tatiana García por su apoyo y cariño incondicional.

Y finalmente a mis compañeros de trabajo y a nuestra directora Angela Carrillo, pues esto no hubiera sido posible sin la colaboración de ellos.

Camilo Andrés Zamora.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	VII
INTRODUCCIÓN	1
I - DESCRIPCIÓN GENERAL	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	2
1.1.1 Oportunidad, Problemática y Antecedentes	2
1.1.2 Formulación del problema que se resolvió.....	3
1.1.3 Justificación del problema.....	3
1.1.4 Impacto Esperado	5
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.2.2 Objetivo general.....	6
1.2.3 Objetivos específicos.....	6
1.3 METODOLOGÍA	6
1.3.1 Fase metodológica 0: diagnóstico	7
1.3.2 Fase metodológica 1: modelo de personalización.....	7
1.3.3 Fase metodológica 2: diseño	7
1.3.4 Fase metodológica 3: desarrollo	8
1.3.5 Fase metodológica 4: validación y pruebas de la solución.....	8
II – MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 TRABAJOS RELACIONADOS	8
2.1.1 Clasificación de los trabajos relacionados:	10
2.1.2 Características específicas de cada aplicación.....	11
2.1.3 Descripción de las características de la aplicación:	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	14
2.2.1 Educación para niños	14
2.2.2 TIC en la Educación	15
2.2.3 Personalización.....	17
III – FASES DEL PROYECTO	17
3.1 DIAGNÓSTICO	17
3.1.1 Estrategias pedagógicas.....	17
3.1.2 Proceso de enseñanza.....	19
3.1.3 Necesidades de la población objetivo	23
3.2 MODELO DE PERSONALIZACIÓN	25
3.3 DISEÑO	27
3.3.1 Requerimientos	27
3.3.2 Casos de Uso.....	29

3.3.3	<i>Arquitectura</i>	31
3.4	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	36
3.4.1	<i>Selección de herramientas tecnológicas</i>	37
3.4.2	<i>Implementación de Horus</i>	38
3.5	VALIDACIÓN Y PRUEBAS DE LA SOLUCIÓN	48
3.5.1	<i>Pruebas de software</i>	48
3.5.2	<i>Pruebas de usabilidad</i>	49
3.5.3	<i>Pruebas de aceptación</i>	53
VI	CONCLUSIONES	54
4.1	ANÁLISIS DE IMPACTO DEL DESARROLLO	54
4.1.1	<i>Impacto tecnológico</i>	54
4.1.2	<i>Impacto social</i>	55
4.1.3	<i>Impacto educativo</i>	55
4.2	CONCLUSIONES	55
4.2.1	<i>Conclusiones generales</i>	56
4.2.2	<i>Conclusiones específicas</i>	56
4.3	TRABAJO FUTURO	57
4.3.1	<i>Enfoque tecnológico</i>	57
4.3.2	<i>Enfoque educativo</i>	57
4.3.3	<i>Enfoque a nivel de personalización</i>	57
VII	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	59

ABSTRACT

Fractions, is one of the most difficult topics to understand for elementary school children. This happens, because the traditional teaching focus doesn't have effective methods for the correct explanation of this concepts. For this reason, many software platforms had been created to solve this situation, proposing alternative ways to teach fraction numbers. However, most of these software tools doesn't keep into account student's style and the rhythm of learning. On the other hand, children usually stop using these platforms, because they find them unattractive. Hence, it was decided to create the tool "Horus", a software made for fractions teaching, that includes personalization, it's appealing for the student and considers the way he learns.

RESUMEN

Para los estudiantes de primaria, las fracciones es uno de los temas más difíciles de comprender. Esto se debe a que el enfoque tradicional de enseñanza no posee métodos efectivos para la correcta explicación de estos conceptos. Por esta razón, algunas plataformas de software se han creado para solventar esta dificultad, proponiendo enfoques alternativos para la enseñanza de los números fraccionarios. No obstante, la mayoría de estas no tienen en cuenta el tipo ni el ritmo de aprendizaje del estudiante. Por otro lado, estas plataformas no suelen resultar atractivas para los niños, por lo que estos pierden con facilidad el interés en utilizarlas. Es por este motivo, que se decidió crear la herramienta Horus, un software con enfoque de personalización para la enseñanza de fracciones que resulta llamativa al estudiante y tiene en cuenta la manera en que este aprende.

INTRODUCCIÓN

Las fracciones, son uno de los temas fundamentales que se abordan durante la primaria. Esto se debe a que son pilar base para el desarrollo de cursos posteriores como cálculo y trigonometría. Por este motivo, es de vital importancia que el estudiante comprenda correctamente las operaciones y los conceptos asociados a los números fraccionarios, ya que de esto podría depender el éxito en la comprensión de temas posteriores [1]. Sin embargo, es común encontrar falencias en los estudiantes cuando de este asunto se trata [2]. La razón de esto, tiene que ver con la dificultad conceptual que tienen comprendidos los números racionales [2] y el fracaso que han tenido los métodos tradicionales para enseñarlos apropiadamente [3]. El uso de la tecnología para la enseñanza de matemáticas ha sido frecuente en los últimos años y ha dado resultados satisfactorios como alternativa a la forma tradicional de explicar los temas de esta área del conocimiento [4].

Por este motivo, no es de sorprenderse que en la red se encuentren diferentes plataformas de software construidos con este propósito. Y para el tema de fraccionarios, existen una serie aplicativos que explican los conceptos vinculados a este. Sin embargo, el problema que presentan la mayoría de estas plataformas es que no involucran el ritmo y tipo de aprendizaje de los estudiantes, no involucran al profesor y no resultan llamativas para los niños, lo cual se traduce en un desinterés de estos para continuar utilizándolas. Por esta razón, surge la necesidad de crear el sistema Horus, un aplicativo que resulte atractivo para los estudiantes y a su vez tenga en cuenta la rapidez y la forma en la que ellos aprenden. Adicionalmente, que permita enviar reportes a los profesores con las principales falencias que poseen sus estudiantes.

En el siguiente documento, está descrito el proceso de construcción de Horus. En la primera parte está consignada la descripción del proyecto, sus objetivos y la metodología a utilizar. Posteriormente, se hace una explicación de los conceptos y trabajos relacionados al proyecto. Después de ello, se explica el proceso de levantamiento de requerimientos y el diseño que hay como resultado de este. Luego, se explica el desarrollo del sistema y las pruebas que se realizaron después de su implementación. Por último, se presentan las conclusiones y trabajos futuros para la plataforma

I - DESCRIPCIÓN GENERAL

En esta parte del documento se describe el sistema y las razones por las que fue necesaria su construcción, el alcance que se le dio y finalmente, la metodología con la que se desarrolló.

1.1 Descripción del Sistema

En esta sección se plantea el proceso de desarrollo de una herramienta basada en personalización, para la enseñanza de fraccionarios, que involucre la rapidez con la que el estudiante comprenda los temas, sea atractiva visualmente de modo que el niño se sienta motivado a utilizarla e involucre al profesor para que este pueda estar al tanto de las falencias de sus alumnos.

1.1.1 Oportunidad, Problemática y Antecedentes

En Colombia el aprendizaje de las matemáticas es un problema muy marcado en los estudiantes de bachillerato, los cuales evidencian un rezago considerable en las competencias y habilidades referentes a esta área, con respecto a los demás países. Prueba de ello son los resultados obtenidos en las pruebas PISA 2015 organizadas por la OECD (Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica). El objetivo de estas consiste en "*evaluar la formación de los alumnos cuando llegan al final de la etapa de enseñanza obligatoria*" [5]. En estas, el país obtuvo en matemáticas un puntaje de 390 puntos, 100 por debajo del promedio mundial [6], lo que indica una deficiencia crítica en los conceptos básicos de esta materia.

Debido a lo anterior, el gobierno colombiano en los últimos años ha impulsado el uso de la tecnología con el fin de mejorar la calidad educativa en el país [7]. La implementación de nuevos modelos sugiere que existen dificultades en los mismos. Por este motivo, es necesario indagar, en el caso concreto de las matemáticas, las razones por las cuales los estudiantes presentan dificultades para comprender los diferentes conceptos, de modo que sea posible, a través de nuevas estrategias, apoyar el aprendizaje de los diferentes tópicos. Un posible acercamiento es el análisis de Susan Perry Gurgans [8], quien considera que las falencias a la hora de adquirir conocimientos matemáticos pueden tener su origen en diferentes factores. Entre ellos se encuentran problemas de lectura y escritura, dificultades perceptivas, de memoria y atención. Adicionalmente, podrían ser el resultado de malos hábitos de aprendizaje. Sin embargo, el factor que determina el éxito en la aprehensión de los conceptos nuevos es la experiencia previa. La claridad en los temas anteriores es fundamental, y no poseerla puede representar una gran dificultad para apropiarse de los temas futuros.

Lo expuesto indica que debe prestarse una especial atención a la enseñanza de los conceptos básicos en los grados previos a bachillerato. En el año 2012, Robert Siegler, en compañía de ocho expertos, realizó un estudio en el Reino Unido [1], en el cual se determinó que el conocimiento de las fracciones en primaria tiene una relación directa en la adecuada comprensión de los temas de álgebra y de matemáticas en general de la secundaria. En este estudio es posible identificar la importancia de tener una precisión conceptual en este tema específico; sin embargo, es común encontrar dificultades en los estudiantes a la hora de comprender este tópico, tanto así, que en varios países los alumnos no alcanzan a llegar a un conocimiento completamente claro de los números fraccionarios [2]. Además de los planteamientos de Perry Gurgans, estas dificultades pueden estar vinculadas a la densidad del tema y a algunas propiedades específicas de los números racionales que generan confusión. Por ejemplo, en los números enteros positivos, la multiplicación siempre da como resultado una magnitud mayor, mientras que en los racionales esta regla no necesariamente se cumple [2].

Igualmente, es importante resaltar que cada estudiante tiene diferentes estilos de aprendizaje (memorístico, receptivo, observacional, latente, kinestésico, entre otros) [9] y distintos ritmos de aprendizaje. Por ello, es relevante identificar el conocimiento en los temas específicos que el alumno posee y, en base a ello, asumir las mejores estrategias para la comprensión de estos [10].

1.1.2 Formulación del problema que se resolvió

Según la información del anterior numeral surgió la siguiente pregunta: ¿Cómo mediante el uso de tecnologías de la información (TI) se puede apoyar el proceso de aprendizaje de fracciones a estudiantes de básica primaria?

1.1.3 Justificación del problema

Según estudios realizados en los cuales se compara las diferencias en el aprendizaje de matemáticas entre niños de altos y bajos recursos [9], un bajo rendimiento en las matemáticas puede tener graves consecuencias en el funcionamiento diario y para el progreso profesional. Esto se debe a que las habilidades matemáticas establecen las bases para el aprendizaje posterior y ayudan a formar un pensamiento lógico y crítico. Por esta razón, es necesario reforzar estos conocimientos en los niños, ya que es más fácil identificar las falencias en las matemáticas a edad temprana [11].

Sin embargo, se ha encontrado que los niños no se sienten atraídos hacia las matemáticas debido a que el sistema educativo implementado no se enfoca en el proceso individual de aprendizaje, ni se enfoca en la comprensión de los conceptos sino en la memorización de los procedimientos [6]. Estos

modelos de enseñanza se han aplicado desde hace varios años y, aunque ha tenido cambios, no han sido significativos ni acordes a las necesidades del estudiante.

Es en este punto en el que la tecnología juega un papel fundamental, ya que permite a los estudiantes acceder a los contenidos educativos, practicarlos y comprenderlos, a través de un medio virtual que resulta más atractivo que los convencionales [12].

Ahora bien, es necesario cuestionar si una alternativa tecnológica lograría impactar positivamente el aprendizaje de los jóvenes colombianos. De acuerdo con estadísticas obtenidas por el Centro Nacional de Consultoría y la Universidad de los Andes en el año 2014, los centros educativos que se beneficiaron del programa *Computadores para educar* disminuyeron la tasa de repitencia escolar y mejoraron su desempeño en las pruebas Saber [7]. Estos resultados evidencian una relación positiva entre el uso de las Tecnologías de la Información (TI) y el desempeño de los estudiantes.

Así mismo es necesario considerar si el uso de TI puede facilitar y apoyar el aprendizaje de las matemáticas. Para este punto es relevante considerar los estudios de Harold Wenglinisky y la NCTM (National Council Of Teachers Of Mathematics) [13] quienes se refieren a este asunto al afirmar que la tecnología impacta positivamente en el aprendizaje de matemáticas. No obstante, la mejor respuesta a este cuestionamiento es considerar un caso real que involucre el uso de las TI.

Para ello es posible utilizar el proyecto desarrollado por el gobierno de Malasia en el año 2006, en el cual se impulsó el desarrollo de un framework llamado “Mobile math”, el cual buscaba propiciar un entorno en el que los estudiantes aprendieran matemáticas [14]. Las ventajas que el gobierno malasio consideró para optar por este framework fueron cuatro. La primera es que los estudiantes aprenden valiéndose de un contenido que resulta más eficaz y llamativo que un libro de texto. La segunda corresponde a la posibilidad de acceder al material de estudio a cualquier hora y en cualquier ubicación, lo que elimina la dependencia exclusiva a la explicación del profesor y permite un aprendizaje al ritmo propio. Otra de las ventajas, es que permite monitorear el progreso obtenido, a través de evaluaciones cortas con las cuales se pueden identificar falencias para asumir las respectivas medidas. Finalmente, combina el aprendizaje y el ocio al permitir que aumente la ansiedad del estudiante por comprender los temas. Al considerar estos beneficios, el gobierno malasio concluye que las TI son una alternativa viable y que pueden ser un gran apoyo para el aprendizaje de las matemáticas. Si un estudiante permanece interesado en el proceso de aprendizaje, difícilmente lo abandonará [15].

Aprovechando el interés que se tiene por las herramientas tecnológicas en las nuevas generaciones [16], se propuso una herramienta educativa, basada en actividades lúdicas y que motive a los estudiantes a su utilización. Al mostrar temáticas de interés para el usuario, el aprendizaje es más memorable y entretenido, y es particularmente aplicable a contextos reales.

Actualmente, las estrategias pedagógicas y herramientas educativas no corresponden a las necesidades de los estudiantes de hoy día [3]. Por ello, la herramienta propuesta tiene elementos que le dan valor, como un modelo de personalización y la contextualización de las fracciones al mundo real por medio de estrategias pedagógicas pensadas para las nuevas generaciones.

La herramienta propuesta detecta las falencias que tienen sus usuarios en los conceptos básicos, y les ofrece ayudas para que el aprendizaje obtenido sea sólido. Además, posee estrategias para que los estudiantes más adelantados se motiven a seguir usando la herramienta y continuar en la mejora de sus habilidades y conocimientos. Todo el proyecto propuesto está enmarcado en una batería educativa que permita reforzar, ejercitar o potenciar conceptos lógico-matemáticos y lecto-escritores bajo la premisa de Piaget, quien afirma que los niños aprenden mejor si asimilan la información que reciben con experiencias que ellos puedan entender [12].

1.1.4 Impacto Esperado

El presente proyecto está dirigido a niños de quinto grado de básica primaria. Teniendo en cuenta esto, en caso de que el proyecto sea exitoso, la población beneficiada y el alcance del proyecto puede llegar a ser bastante grande, ya que la aplicación podría ser empleada prácticamente en cualquier colegio que tenga las instalaciones adecuadas para hacer uso de la herramienta, con el fin de apoyar el aprendizaje de fracciones de los estudiantes.

Las organizaciones más beneficiadas serán los colegios en los cuales el promedio de estudiantes que maneja cada profesor es alto, como por ejemplo los colegios distritales. La gran cantidad de estudiantes que cada profesor tiene en el aula, no les permite tomarse el tiempo de conocer a cada estudiante de forma individual, por esta razón es más difícil saber cuáles son sus fortalezas y debilidades. Adicionalmente, en este escenario todos los estudiantes deben ir al mismo ritmo de aprendizaje, ya que no se tiene el tiempo ni los recursos para enseñar a cada uno de forma individual según sus necesidades. Esto genera falencias como se nombró en la sección 1.3. Justificación del problema. Por ello se espera que Horus, que es el software que se propone construir y terminar en noviembre del 2017 para apoyar el aprendizaje de fraccionarios, se utilice como medio para que cada estudiante aprenda a su ritmo, y según en el nivel en que se encuentre. De igual manera se espera que la plataforma sea

atractiva para los usuarios finales, es decir para los niños, y que por medio de la personalización se incentive su uso e interés en el aprendizaje de fracciones.

A corto y mediano plazo se espera apoyar a los colegios distritales con la herramienta educativa, para así contribuir al mejoramiento del nivel académico en los niños de básica primaria. Como consecuencia de ello, se espera que los estudiantes puedan avanzar con buenas bases matemáticas a los grados posteriores y a la educación superior. Por otro lado, a largo plazo se podría llegar a emplear la herramienta a nivel departamental, y podría ser parte de una sola plataforma que contenga toda la batería educativa propuesta.

1.2 Descripción del Proyecto

En esta sección se establecen los objetivos que dirigen el presente proyecto y la metodología empleada para cumplir con ellos.

1.2.2 Objetivo general

Desarrollar una aplicación, orientada por un modelo de personalización y dirigido a niños de quinto grado de básica primaria, que apoye el proceso de aprendizaje de los números fraccionarios y sus operaciones básicas.

1.2.3 Objetivos específicos

- Crear un modelo de personalización que se integre a estrategias pedagógicas que implementen actividades lúdicas.
- Diseñar una aplicación que implemente el modelo de personalización.
- Desarrollar la aplicación de acuerdo con el diseño provisto anteriormente.
- Ejecutar pruebas de comparación y pruebas de usabilidad de la aplicación a través de un prototipo funcional con usuarios finales.

1.3 Metodología

Para la realización del presente proyecto se plantearon 5 fases: diagnóstico, modelo de personalización, diseño, desarrollo y validación. Para las dos primeras fases que corresponden a búsqueda de información y relación de datos para la generación del modelo de personalización, se optó por usar investigación descriptiva y documental. Posteriormente, como el objetivo general es el desarrollo de software, la metodología que se eligió para la fase de diseño y desarrollo fue la metodología Agile

Unified Process (Agile-UP) [16]. Finalmente, para la última fase metodológica, que busca validar el prototipo generado en la fase anterior, se usará el estándar QUIS.

1.3.1 Fase metodológica 0: diagnóstico

Consiste en hacer un acercamiento al contexto actual del problema y recopilar información sobre distintas estrategias pedagógicas y actividades lúdicas existentes. Además, busca caracterizar a la población objetivo en términos de sus preferencias visuales y de su conocimiento de fracciones.

Resultados de la fase

- Conjunto de estrategias pedagógicas que puedan utilizarse en la aplicación
- Conjunto de actividades lúdicas que puedan usarse en la aplicación
- Resultado de las pruebas de personalización
- Resultado de las pruebas de conocimiento

1.3.2 Fase metodológica 1: modelo de personalización

Su propósito es generar el modelo de personalización que será el soporte de la aplicación, basado en los resultados de la fase previa. Permite definir los perfiles de estudiantes existentes y los gustos y preferencias que estos poseen.

Resultados de la fase

- **Modelo de personalización:** perfil del usuario estudiante
- **Documentación del modelo de personalización:** explicación detallada del modelo.

1.3.3 Fase metodológica 2: diseño

Su propósito es construir el diseño de alto y bajo nivel de la aplicación, que busque satisfacer una serie de requerimientos específicos. Durante esta fase se adaptarán las estrategias, actividades y entregables de la metodología Agile-up. Es por este motivo que se decidió dividir esta fase en dos sub-fases basadas en el ciclo de vida seleccionado: la fase de inicio, que corresponde al desarrollo del plan de proyecto, y la fase de elaboración, que corresponde a la especificación de requerimientos, diseño y validación de la arquitectura del sistema.

Resultados de la fase

- Definición de los requerimientos

- Estimación del cronograma
- Plan de proyecto
- Arquitectura de la aplicación
- Diseño a bajo nivel de la aplicación

1.3.4 Fase metodológica 3: desarrollo

Fase que corresponde a la implementación del software propuesto. Utilizará los lineamientos de la fase de construcción de la metodología AUP, que consiste en realizar de forma iterativa una serie de actividades.

Resultados de la fase

- Prototipo de software estable y que permite su despliegue en los computadores especificados.
- Plan de pruebas para la fase de validación

1.3.5 Fase metodológica 4: validación y pruebas de la solución

Busca validar el software usando el prototipo funcional generado en la fase anterior. Se busca confrontar que Horus si genera un apoyo y un impacto positivo en el proceso de aprendizaje de fraccionarios.

Resultados de la fase

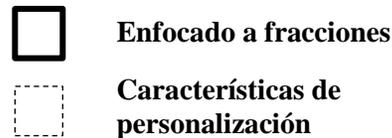
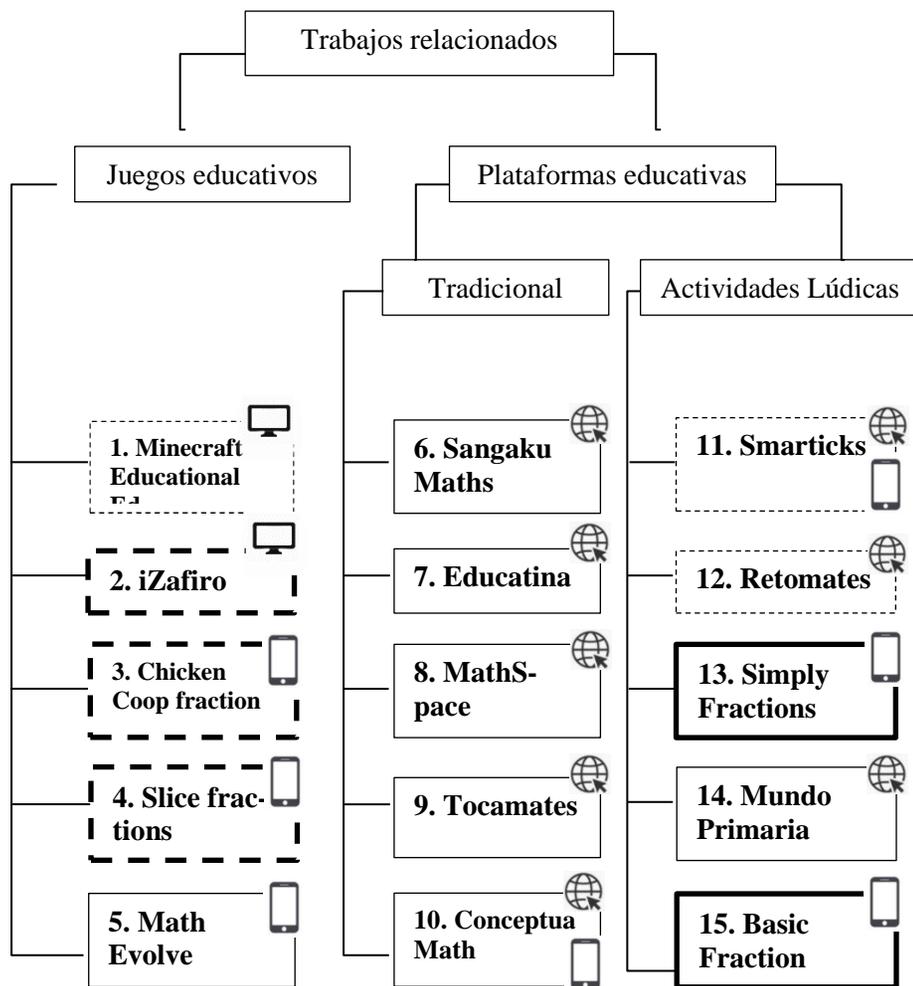
- **Documentación de fase validación:** documento con el proceso de pruebas: plan, resultados, análisis y correcciones.
- **Producto final:** versión del producto aceptado por los stakeholders.

Manuales: guía para utilizar Horus 1.0. Se incluirán manuales de instalación y manuales de uso

II – MARCO TEÓRICO

2.1 Trabajos Relacionados

A continuación, se listan los trabajos que el equipo consideró que cuentan con características similares a las que la herramienta debe contar: Minecraft Educational Edition [17], iZafiro [18], Chicken Coop Fractions [19], Slice Fractions [20], Math Evolve [21], Sangaku Maths [22], Educatina [23], MathSpace [24], Tocamates [25], Conceptua Math [26], Smarticks [27], retomates [28], simply fractions [29], Mundo Primaria [30], Basic Fractions [31].



1) **Minecraft Educational Edition**: es una edición del videojuego Minecraft que permite al estudiante incursionar en diferentes temas académicos, involucrándolo en mundos 3D dinámicos y atractivos. La plataforma provee a los profesores herramientas para crear actividades que los alumnos desarrollan individual o grupalmente.

2) **iZafiro**: software modo videojuego de apoyo al aprendizaje en números fraccionarios en niños de 9 a 10 años mediante la simulación dramatizada.

3) **Chicken Coop Fraction**: aplicación para Android y IOS, con temática de gallinas para la enseñanza del concepto de fraccionarios y sus operaciones, a través de diferentes juegos.

4) **Slice fractions**: reconocido juego de Android, para la enseñanza de los conceptos fundamentales de fraccionarios, a través de escenarios prehistóricos.

5) **Math Evolve**: juego educativo para IOS, para la enseñanza de conceptos básicos de matemáticas, a través de escenarios de ciencia ficción.

6) **Sangaku Maths**: plataforma web para la enseñanza de conceptos fundamentales de matemáticas en diferentes módulos: álgebra, cálculo, geometría, probabilidad, etc.

7) **Educatina**: plataforma educativa. para la enseñanza de temas académicos en diferentes áreas del conocimiento, a través de vídeos explicativos y ejercicios de práctica.

8) **MathSpace**: plataforma educativa para la enseñanza de diferentes módulos de matemáticas. Proporcionando retroalimentación al estudiante en los diferentes ejercicios que realiza.

9) **Tocamates**: recurso online que consta de acertijos, juegos y comentarios de experiencias de alumnos y profesores, para la enseñanza de las matemáticas.

10) **Conceptua Math**: plataforma educativa para la enseñanza de conceptos matemáticos, desde multiplicación y división, hasta fraccionarios. Utilizando ejercicios de práctica actividades y vídeos explicativos.

11) **Smarticks**: plataforma educativa orientada a niños, creada por ingenieros y pedagogos, para la enseñanza de diferentes conceptos matemáticos, utilizando escenarios dinámicos, situaciones reales y una interfaz atractiva, para la explicación de los diversos módulos. Cuenta con una prueba diaria para evaluar el progreso del estudiante y permite competir entre usuarios, a través de actividades y ejercicios

12) **Retomates**: plataforma web con actividades, juegos y retos, para la explicación y práctica de diversos conceptos matemáticos. Incluye herramientas para profesores, que permiten crear torneos y competencias entre un grupo de estudiantes.

13) **Simply fractions**: conjunto de aplicaciones para Android, que cuenta con una serie de actividades lúdicas separadas por módulos, para practicar y reforzar los diversos temas de fraccionarios

14) **Mundo primaria**: plataforma web que cuenta con una serie de actividades y juegos, para practicar y enseñar diferentes áreas del conocimiento que se abordan en primaria.

15) **Basic Fraction**: aplicación móvil para IOS, que posee un conjunto de ejercicios y actividades lúdicas, para practicar y aprender fraccionarios.

2.1.1 Clasificación de los trabajos relacionados:

A continuación, se explicarán las categorías por las que se dividieron los trabajos relacionados de la gráfica expuesta anteriormente:

- **Juegos educativos:** las aplicaciones y plataformas clasificadas en esta sección, corresponden a juegos que involucran niveles y escenarios, en los cuales los jugadores deberán utilizar conceptos y operaciones matemáticas para avanzar a través de ellos. Los usuarios se ven inmersos en una historia o un contexto y controlaran un personaje para superar las diversas situaciones que los juegos les presenten.

Desventajas: en estas aplicaciones se ofrece un reducido detalle sobre el contenido académico y teórico de los temas, ya que el estudiante apropiará los conceptos a través de la práctica. Adicionalmente, los juegos educativos no tienen en cuenta el ritmo de aprendizaje de los usuarios, de modo que a cada uno de ellos se les presenta el mismo tipo de ejercicios. No hay forma de rastrear el progreso del estudiante, más allá de considerar los niveles que ha avanzado.

- **Plataformas educativas:** plataformas diseñadas para la enseñanza de conceptos académicos. Los temas se diferencian con claridad por medio de una serie de módulos, en los cuales el estudiante podrá aprender y practicar los diversos conceptos que se aborden en ellos. A diferencia de los juegos, la mayoría de las plataformas educativas dedican un espacio en cada módulo para explicar el contenido teórico de los temas. Adicionalmente, cada módulo suele tener independencia de los demás, aunque se asume que el estudiante cuenta con los conocimientos previos para acceder a cada uno de ellos.

Desventajas: esta independencia entre módulos se traduce en una ausencia del contexto e hilo conductor. Ocasionando que el estudiante pueda perder la atención o el interés en la plataforma.

Enfoques de las plataformas educativas:

No todas las plataformas educativas cuentan con el mismo enfoque, por lo que se dividieron en dos categorías:

- **Tradicional:** enfoque clásico de los libros de enseñanza, en el que primero se realiza una explicación teórica de los temas, se muestran ejercicios de ejemplo y se procede a presentar problemas que implican la aplicación de un algoritmo para su resolución. La dificultad de los ejercicios aumenta a medida que el módulo avanza. Finalmente se realiza una prueba para validar la comprensión del tema.

Desventajas: este tipo de plataformas no involucra formas alternativas para la explicación de los temas y los ejercicios normalmente se reducen exclusivamente al uso de una o varias operaciones para dar

con la respuesta. Salvo la ubicuidad, no representan más ventajas que un libro de texto. No hay manera de rastrear el progreso individual del estudiante.

- **Actividades lúdicas:** las plataformas que utilizan este enfoque suelen involucrar explicaciones dinámicas y presentar ejercicios que implican una interacción activa entre los elementos del problema y el usuario. Los ejercicios incluyen elementos multimedia como imágenes, animación, sonido y videos, a través de los cuales el estudiante comprende con mayor facilidad los enunciados de los problemas y las posibles soluciones. Aunque la utilización de algoritmos continúa siendo fundamental, se utilizan actividades lúdicas para explicar su correcto uso y, así mismo, se plantean procedimientos alternativos para dar con la respuesta.

Desventajas: la mayoría de estas plataformas solo van enfocadas al aprendizaje individual, ninguna va dirigida a instituciones, no hay manera de manejar grupos ni analizar informes grupales.

2.1.2 Características específicas de cada aplicación

Algunas características se explicaron en el gráfico expuesto anteriormente, a través de una serie de convenciones. Se indicó el tipo de plataforma en la cual fue implementada cada aplicación: Stand Alone, Web o móvil. Es importante resaltar, que tanto la herramienta *smarticks* como *conceptua Math*, a pesar de que es un recurso web, cuentan con la posibilidad de acceder también desde dispositivos móviles. El gráfico también indica si las herramientas están exclusivamente enfocadas a la enseñanza de fraccionarios; aquí es necesario indicar que algunas aplicaciones que no están catalogadas en esta clasificación, involucran ejercicios, juegos o actividades de fracciones dentro de su contenido, este es el caso de: *Minecraft Educational Edition*, *Sangaku Maths*, *Concepthua Maths*, *Smarticks* y *retomates*, aunque no están centradas específicamente en este tema. Por último, las aplicaciones que aparecen con borde de línea no continua, indican que la herramienta incluye características de personalización.

A continuación, se expondrán aquellos elementos de personalización con los cuales cuenta cada aplicación catalogada en esta categoría:

- **Minecraft Educational Edition:** en esta herramienta, el estudiante puede personalizar el personaje que utilizará por los diferentes mundos y niveles. Las opciones en ese sentido resultan ilimitadas, puesto que la aplicación permite modificar con gran detalle la apariencia física del personaje y permite descargar avatares realizados por otros usuarios.
- **Retomates:** en esta aplicación el estudiante puede personalizar su avatar basado en diferentes atuendos y personajes que están incluidos en la aplicación. Adicionalmente, cuando el usuario tiene un buen desempeño en las actividades o juegos que realiza, se le premia con insignias que puede lucir en su perfil de usuario.

- **Smartick:** esta aplicación evalúa el conocimiento del estudiante a través de una prueba diagnóstico. En sesiones futuras sugerirá diariamente una serie específica de ejercicios, basado en los resultados de la prueba y en la interacción que tenga el usuario al interior de la aplicación (es decir, de acuerdo con los módulos que el muestre interés). Adicionalmente, cada estudiante cuenta con un personaje al cual le puede cambiar la apariencia física, utilizando atuendos, peinados y accesorios que podrá comprar con dinero que obtendrá resolviendo las diferentes actividades de la plataforma.
- **Izafiro:** el usuario podrá escoger la apariencia física del personaje con el cual se conducirá a través de los diferentes niveles y escenarios del juego.
- **Slice Fractions y Chicken Coop fraction:** el usuario puede agregar accesorios al personaje principal, que irá desbloqueando a medida que avanza en los niveles.

2.1.3 Descripción de las características de la aplicación:

A continuación, se enunciarán una serie de características y se indicará cuáles de las aplicaciones cumplen con ellas:

Ítem a desarrollar por Horus \ Herramientas existentes		Slice fraction	Educatina	Mundo Primaria	MINECRAFT: Education	Sangaku maths	izafiro	Fractions Basics	MathSpace	Smartick	Chicken coop fraction	Retomates	MathEvolve	Tocamates	Conceptuamath	Simple fraction
Ayudas	Ayudas implícitas	X											X		X	
	Ayudas explícitas		X		X		X		X	X	X	X			X	X
Manejo de las actividades	Actividades según ritmo de aprendizaje	X	X		X					X		X	X		X	
	Actividades lúdicas	X		X		X				X	X	X	X			X
	Actividades en contexto con el mundo real.	X	X			X		X	X	X		X		X	X	X
	Refuerzo conceptos base		X	X		X			X	X		X			X	
	Actividades de reforzar, ejercitar y potenciar						X			X	X				X	
Personalización	Escenarios de acuerdo con gustos del usuario.															
	Avatar personalizado.	X		X			X			X	X	X				
	Actividades de acuerdo con el estilo de aprendizaje.									X						
Para el	Reporte del proceso individual por usuario.									X		X			X	

	Crear grupos de estudiantes.			X							X			X		
	Crear actividades dentro de la plataforma				X											
	Informe del progreso por grupos										X			X		
Motivacionales	Sistema de puntaje	X			X		X		X	X	X	X				
	Aplicación gratuita						X	X			X					
	Informe del avance al estudiante.	X			X		X		X		X		X			
Tecnología	Compatibilidad offline			X			X	X	X					X	X	
	Multiplataforma								X					X		
	TOTAL	7	4	6	5	3	7	3	4	12	5	12	4	3	10	4

Conclusiones del cuadro comparativo

Ayudas: en este aspecto se evalúa el tipo de ayudas que utiliza la plataforma para guiar al estudiante en caso de que tenga alguna dificultad resolviendo el ejercicio. Varias plataformas involucran ayudas explícitas en sus ejercicios, pero sólo unas pocas como *Slice Fractions*, *Conceptua math* y *Math Evolve*, cuentan con ayudas implícitas en sus actividades. En este caso resalta *Conceptua math*: Que no sólo ofrece una ayuda o pista para solucionar la actividad, sino que adicionalmente muestra una guía visual en caso de que el estudiante falle al resolverla.

Manejo de actividades: en este aspecto se evalúa la manera en que las plataformas presentan y desarrollan sus actividades. Se tiene en cuenta si la plataforma incluye actividades lúdicas, si evalúa el ritmo de aprendizaje de los estudiantes y si los enunciados o el contexto de las actividades involucran problemas del mundo real. Adicionalmente, se evalúa que la plataforma permita abordar conceptos base que no están incluidos en el tema de fracciones y que diferencie los ejercicios de reforzar, ejercitar y potenciar. En este caso, se resalta la plataforma *Smartick* incluye todas las características previamente indicadas.

Personalización: en este aspecto se evalúan características que hagan el uso de la plataforma único para cada usuario. Se tiene en cuenta la posibilidad de contar con un avatar o personaje el cual se le puedan modificar las prendas y los accesorios. Adicionalmente, que la plataforma involucre escenarios temáticos que el usuario pueda escoger a preferencia. Por último, se evalúa que las actividades tengan en cuenta el tipo de aprendizaje de cada estudiante. Menos de la mitad de las plataformas cuentan con personalización y cinco de las seis que lo incluyen, solamente cuentan con un avatar personalizado. *Smartick* tiene en cuenta el tipo de aprendizaje en sus actividades, pero los escenarios están preestablecidos y no es posible seleccionar a preferencia.

Para el tutor: en este aspecto se evalúa que la plataforma involucre características para tutores, que haya un informe grupal e individual de los resultados de las actividades de los estudiantes y que exista la posibilidad de crear ejercicios adicionales. Las aplicaciones que resaltan son *Retomates*: que permite crear torneos entre grupos de estudiantes y evaluar su desempeño y *conceptua math*: que permite al tutor visualizar los resultados y el tiempo promedio que un conjunto de estudiantes tiene en el uso de la aplicación. Solamente Minecraft educational edition, permite la creación de actividades en su plataforma.

Motivaciones y tecnología: consiste en aspectos adicionales que representen una preferencia del estudiante en el uso de la aplicación. Como se observa en el cuadro, destacan *iZafiro* y *retomates*, por manejar un sistema de puntuación, ser gratuitas e indicar el progreso del estudiante. Respecto a la tecnología, solamente *Smarticks* y *Conceptua Maths* son multiplataforma.

Conclusiones: se puede resaltar del cuadro que las aplicaciones que mejor cumplen con los requisitos son: *Smarticks*, *Conceptua Maths* y *Retomates*. No obstante, ninguna de estas, cuenta con todas las características sometidas a consideración. En el caso de *Smarticks*, no incluye reportes grupales de estudiantes, no posee ayudas implícitas dentro de las actividades y no es gratuita. En el caso de *Conceptua Maths*, a pesar de su apoyo gráfico, tiene un enfoque tradicional que no involucra actividades lúdicas, no tiene presente el tipo de aprendizaje del estudiante, no diferencia las actividades de reforzar, ejercitar y potenciar, carece de características de personalización y adicionalmente, es de pago. *Retomates* tampoco diferencia las actividades de reforzar, ejercitar y potenciar, no es multiplataforma y no cuenta con ejercicios explicativos o guía en el módulo de fracciones. Ninguna de estas aplicaciones permite al tutor crear actividades, ninguna maneja escenarios temáticos de preferencia del usuario y ninguna cuenta con compatibilidad online. Son plataformas que, si bien cuentan con muchas ventajas y características de utilidad para el estudiante, no cumplen con todos los requisitos que se han impuesto en este proyecto.

2.2 Marco Conceptual

En esta sección se describen algunos conceptos y definiciones son de vital de relevancia, ya que a lo largo de la descripción del proyecto se estará remitiéndose constantemente a estas. Adicionalmente, se describirán algunos elementos pedagógicos que se ven reflejados en la aplicación.

2.2.1 Educación para niños

Como se ha establecido en secciones anteriores, la herramienta debe contar con métodos alternativos a los tradicionales para la enseñanza de fraccionarios hacia los estudiantes. Las temáticas descritas a continuación, están vinculadas a metodologías que van a incluirse dentro de la herramienta.

2.2.1.1 Estrategias pedagógicas

Estas se entienden como el conjunto de pasos tomados por los educadores para transferir conocimiento a los estudiantes. El autor Ausubel en su artículo *Psicología educacional, una vista cognitiva* [32] presenta la importancia de las estrategias pedagógicas en el proceso de aprendizaje. Para ello, Ausubel menciona que se deben cumplir los siguientes aspectos: el tema a enseñar tiene que ser significativo, los estudiantes deben tener los conocimientos previos necesarios para comprender el tema, y las estrategias a utilizar deben ser atrayentes para dichos estudiantes [32].

2.2.1.2 Actividades lúdicas

El aprendizaje se basa en el desarrollo individual de cada persona, siendo el conocimiento una producción de la actividad del sujeto y su interacción con el mundo [33]. Por esto, se destaca la importancia de las actividades lúdicas, que se definen como las acciones que realizan los entes educativos para facilitar la formación y el aprendizaje de los estudiantes. Dichas acciones responden a un modelo de enseñanza, donde las personas desarrollan sus funciones cognitivas, por medio de actividades que dan paso a situaciones donde experimentan y asocian conceptos del mundo real [34].

Es importante mencionar a Jean Piaget y su premisa del juego como herramienta lúdica en la enseñanza [35], en la que refleja el rol del juego en el aprendizaje de los niños. Se ha demostrado el impacto positivo que tiene el material didáctico, puesto que capta más la atención de los estudiantes en comparación con actividades tradicionales, debido a que a ellos les parece más atractivo, interesante y entretenido interactuar en un contexto, en lugar de asistir a sesiones rutinarias. Las actividades lúdicas favorecen el desarrollo cultural y emocional de los niños, además, aseguran un aprendizaje significativo y perdurable [35].

2.2.2 TIC en la Educación

Como se mencionó con anterioridad, en el presente proyecto se busca aplicar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramienta para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ello es importante establecer la razón por la que éstas se usan y cómo es su relación con los niños y con el área de las matemáticas, ya que en resumen las TIC serían el intermediario entre el niño y las matemáticas.

2.2.2.1 ¿Por qué se usan?

El desarrollo que han tenido las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en los últimos años, ha afectado notablemente la educación de forma positiva. Esas tecnologías se presentan cada vez más como una necesidad en el contexto de sociedad donde los cambios rápidos, el aumento de los conocimientos y las demandas de una educación de alto nivel constantemente actualizada se convierten en una exigencia permanente [36].

De esta manera, las TIC se han convertido en herramientas facilitadoras en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y en la gestión pedagógica de los profesores. Tanto así, que organizaciones como la UNESCO (Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) promueven su uso con el fin de mejorar la educación mundial. Para la UNESCO los principales problemas que las TIC pueden abordar son el acceso, la integración y la calidad, de ahí que afirman que “Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden contribuir al acceso universal a la educación, la igualdad en la instrucción, el ejercicio de la enseñanza y el aprendizaje de calidad y el desarrollo profesional de los docentes, así como a la gestión, dirección y administración más eficientes del sistema educativo” [37].

Se puede evidenciar entonces, que el uso de estas tecnologías ha revolucionado la forma de educar y ha creado nuevas formas de enseñar y de aprender. Actualmente, por medio de una aplicación interactiva, que integre sonidos, imágenes, animaciones, etc., se pueden aprovechar los distintos sentidos para adquirir nuevos conocimientos.

2.2.2.2 TIC para niños

El uso de las TIC en la educación de los niños ha sido un gran acierto debido a que las tecnologías se adecuan a los intereses de los estudiantes, con lo cual se consigue mayor motivación en estos a la hora de aprender. Las TIC son herramientas que facilitan el aprendizaje y el desarrollo de habilidades cognitivas, cuando están bien orientadas por un mediador [38].

Dado que las TIC aportan dichas ventajas al sector educativo, hacer uso de estas tecnologías en las etapas de formación inicial es fundamental, porque es en estas etapas que nace el querer aprender, lo cual posiblemente será una constante para el resto de sus vidas.

2.2.2.3 TIC en Matemáticas

Las TIC pueden llegar a jugar un papel muy importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas si se utilizan correctamente. Estas no son el fin sino el medio con el cual los estudiantes pueden obtener nuevos conocimientos [39].

De esta manera, las nuevas tecnologías pueden apoyar el aprendizaje de los alumnos en múltiples áreas de las matemáticas. La existencia, versatilidad y poder de las TIC hacen posible y necesario reexaminar qué matemáticas deben aprender los alumnos, así como examinar la mejor forma en que puedan aprenderlas [40].

2.2.3 Personalización

Para herramientas educativas, como la que aquí se propone la personalización juega un papel de vital importancia tal como se nombra en el numeral [1.2.2 Objetivos específicos](#), en el proyecto se pretende ver a cada usuario como un ser individual con respecto a su proceso de aprendizaje.

No obstante, existen obstáculos que amenazan la puesta en práctica de la personalización del aprendizaje, como por ejemplo el hecho de que tradicionalmente en el salón de clase prima el grupo, no los logros de cada estudiante como individuo. Otro obstáculo, es que las prácticas educativas habituales piden un ritmo uniforme de aprendizaje al grupo de estudiantes. Sin embargo, los avances de la tecnología de e-learning y de tratamiento de la información hacen que cada vez sea más viable aplicar la personalización del aprendizaje y que se puedan superar dichos obstáculos [15].

La puesta en práctica de la personalización del aprendizaje se puede lograr entonces, mediante herramientas tecnológicas que ofrecen contenidos a sus usuarios de forma personalizada, adaptando los contenidos a las características de cada usuario.

III – FASES DEL PROYECTO

3.1 Diagnóstico

A continuación, se expone la información base para el desarrollo de Horus. Esta información es importante ya que define características de la herramienta y apoya las decisiones tomadas durante el proceso.

3.1.1 Estrategias pedagógicas

A continuación, se expondrán algunas estrategias pedagógicas que se tuvieron en cuenta para la creación de los ejercicios y actividades de números fraccionarios que se involucraron en la aplicación. Estas estrategias se obtuvieron del trabajo de diferentes fuentes, no obstante, la realización se apoyó principalmente en los trabajos de grado “*Propuesta de intervención pedagógica para la enseñanza de fracciones* [41]” de la universidad de Antioquia y “*Una propuesta para la enseñanza de fracciones en el grado sexto* [42]” de la universidad nacional.

Tipos de problema:

De acuerdo con el trabajo de la universidad de Antioquia existen diferentes tipos de enfoques para abordar problemas matemáticos que serán descritos a continuación¹: 1) **Situaciones lineales**: son los ejercicios más comunes, para resolverlos se debe realizar una interpretación del problema y aplicar uno o varios algoritmos para solucionarlo. 2) **Situaciones que involucran pensamiento reversible**: problemas de carácter inverso al de la situación lineal. Se ofrece la respuesta o solución del ejercicio y el estudiante plantea un problema acorde a este. 3) **Situaciones con enunciados abiertos**: se le brinda la primera parte o una idea del problema para que esta sea completada. 4) **Situaciones de enlace**: ejercicios en los que debe encontrarse la concordancia lógica entre enunciado, pregunta y solución. 5) **Situaciones para hallar el error**: ejercicios en las que no se ha empleado correctamente el concepto y debe identificarse por qué y en qué lugar se cometió el error. 6) **Situaciones para completar**: ejercicios en el que el enunciado está incompleto y debe completarse según corresponda.

Concepto de fracciones:

Apoyándose en el trabajo de grado de la universidad nacional, a pesar de que el concepto de fracciones suele asociarse a diferentes factores (razón, cociente, porcentaje, etc.), debe tomarse siempre como **parte de un todo** y variarlo en diferentes contextos. Antes de someterla a los diferentes contextos, es pues de vital relevancia que el estudiante comprenda el concepto parte de un todo y cómo se relaciona este con cada uno de los componentes de la fracción:

- **Fracción**: es la parte del todo.
- **Numerador**: indica el número de partes iguales que se han tomado del todo.
- **Denominador**: indica el número de partes iguales en las que se ha dividido el todo

Adicionalmente, en este mismo estudio se reconoce la relevancia de los gráficos en la comprensión de este tipo de ejercicios. A continuación, se resumen las estrategias pedagógicas, en el proceso de aprendizaje utilizado para la creación del sistema.

¹ Los ejemplos son adaptaciones de los expuestos en la tesis original.

3.1.2 Proceso de enseñanza

Las actividades de los diferentes módulos se realizaron con base en una serie de actividades sugeridas obtenidas de diferentes fuentes y trabajos de grado [43] [41].

Concepto: fracción como parte - todo

- Empezar con el concepto de repartición equitativa con ejemplos del contexto real: frutas, barras de chocolate, pasteles, pizza, etc.
- Explicar el concepto de fracción, numerador y denominador.
- Abarcar el concepto de fracciones unitarias. A partir de ellas, enseñar la representación simbólica y semántica empleada en fracciones (medios, tercios, cuartos, etc.) utilizando ejemplos que involucren figuras geométricas (ver figura 1).
- Explicar el concepto parte-todo con fracciones no unitarias.

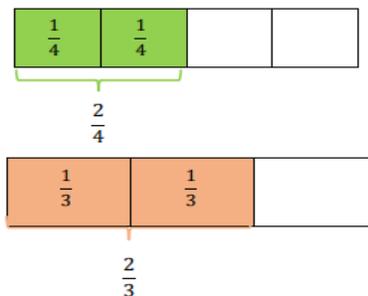


Figura 1 Fracciones unitarias

Una vez se expliquen los conceptos anteriores, se pueden utilizar ejercicios del siguiente estilo para ejercitar (ver figura 2):

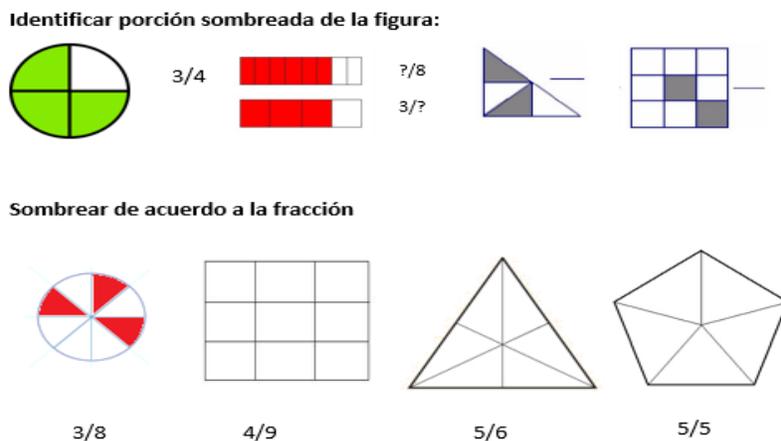


Figura 2 Representación de fracciones

Extender el concepto de parte-todo con ejercicios que involucren parte de un grupo (ver figura 3):

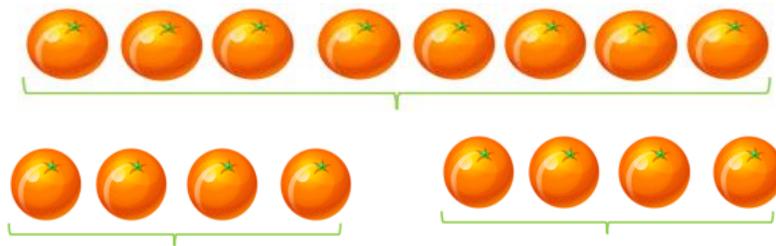


Figura 3 Fracciones en grupos

Comprender que una fracción es mayor que otra a través de comparaciones, apoyadas en representaciones gráficas (ver figura 4):

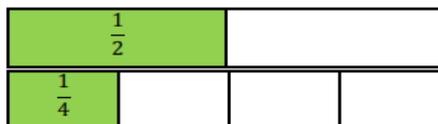


Figura 4 Comparación de fracciones

Adición y sustracción

Homogéneos

Se introduce al estudiante en la suma de fraccionarios homogéneos utilizando representaciones geométricas y rectas numéricas como los de la figura 5.



- ¿En cuánto está dividida la figura?
- ¿Cuántos cuadros naranjas hay?
- ¿Cuántos cuadros verdes hay?
- ¿Cuántos cuadros azules hay?
- ¿Cuántos sextos hay sumando los cuadros verdes y los azules?
- ¿Cuántos sextos hay sumando los cuadros naranjas y los azules?

Figura 5 Ejemplo de fracción homogénea

Explicar el algoritmo de suma de homogéneos indicando que sólo debe sumarse el numerador y no el denominador. Debe reforzarse el concepto de que el numerador corresponde a las partes que se eligen del todo y el denominador indica en cuántas partes se dividió este.

- Verificar el total de una suma representando gráficamente el resultado y validar que sea coherente con la representación de los sumandos iniciales (Ver figura 6).

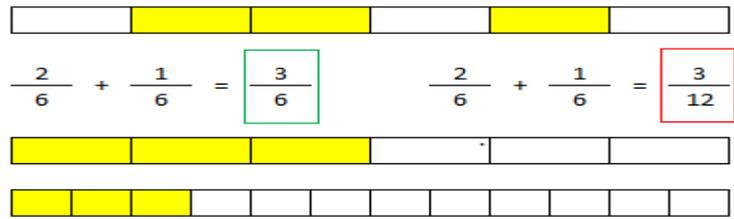


Figura 6 Suma de homogéneos

Heterogéneos

- Explicar la suma de heterogéneos a través de la recta numérica.
- Explicar el algoritmo para resolución de suma de heterogéneos.

$$\frac{2}{6} + \frac{1}{7} = \frac{(2 \times 7) + (6 \times 1)}{42} = \frac{14 + 6}{42} = \frac{20}{42}$$

- Utilizar el concepto de equivalencia para la resolución de suma de heterogéneos.

Multiplicación y división

- Trabajar el concepto de multiplicación y división utilizando figuras geométricas, puntualmente rectángulos. El siguiente ejemplo es la mejor forma de relacionar un gráfico con la teoría:

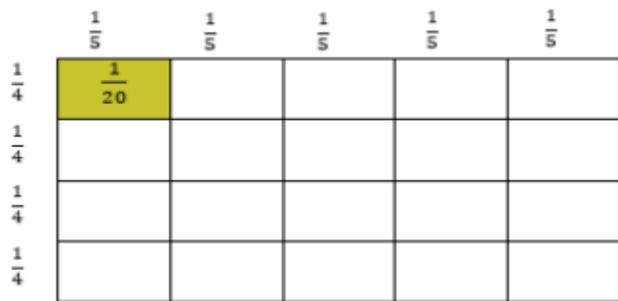


Figura 7 Multiplicación de fracciones

El algoritmo para la resolución de multiplicaciones de fracciones seleccionado fue el siguiente:

$$\frac{2}{5} \times \frac{3}{4} = \frac{6}{20}$$

Se multiplica el numerador del primer fraccionario, con el numerador del segundo fraccionado, el mismo modo se hace el mismo proceso para multiplicar los denominadores.

Por su parte, el algoritmo para división de fraccionarios, seleccionado fue el siguiente:



$$\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{ad}{bc}$$

Se multiplica el numerador de la primera fracción, por el denominador de la segunda y eso da como resultado el numerador de la fracción respuesta. El denominador de la respuesta se obtiene multiplicando el denominador de la primera fracción, por el numerador de la segunda.

Amplificación, simplificación y equivalencia

Para explicar el módulo de amplificación y simplificación, fue necesario recurrir a los conceptos de equivalencia entre fracciones. Las fracciones equivalentes son aquellas que representan una misma cantidad (Ver figura 8).

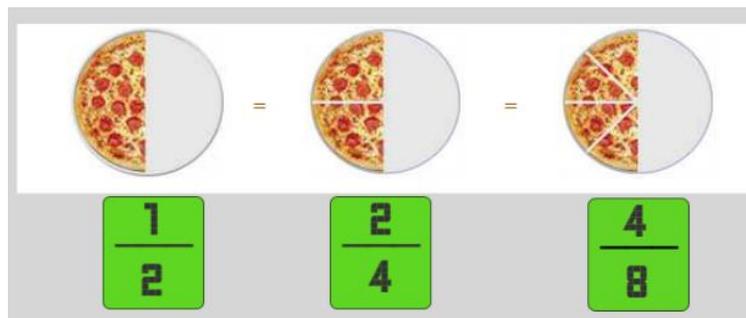


Figura 8 Ejemplo amplificación

La simplificación se asumirá como una fracción equivalente cuyos valores en el numerador son menores, del mismo modo, la amplificación será como una fracción cuyos numeradores y denominadores estén multiplicados por un mismo número. Como se indicará más adelante, en la descripción de la fase de Diagnóstico del proyecto, la amplificación y simplificación no se abordarán desde el concepto de M.C.M ni M.C.D.

Las fracciones en contextos diferentes

Como se explicó anteriormente, las fracciones deben visualizarse en diferentes contextos. A continuación, se expondrán algunas de los principales escenarios en el que pueden verse asociados los números fraccionarios: 1) *Fracción como división o cociente*: fracción como resultado de una situación de reparto donde se busca conocer los tamaños resultantes de distribuir “a” unidades en “b” partes iguales. 2) *Fracción como operador*: fracción como objeto que modifica un valor objeto que modifica multiplicándolo por “a” y dividiéndolo por “b”, con “a” y “b” números enteros positivos. 3) *Fracción como razón*: comparación entre dos cantidades a y b, descritas en el mismo orden que han sido comparadas.

3.1.3 Necesidades de la población objetivo

Para desarrollar una herramienta software que respondiera de forma adecuada a las necesidades de nuestra población objetivo, fue necesario realizar un acercamiento a dicha población. Por ello se decidió realizar el proyecto con el apoyo de un colegio distrital, en este caso la Institución Educativa Distrital Fe y Alegría José María Vélaz (ubicada en la localidad de Suba - Bogotá D.C.), para recopilar información y posteriormente realizar pruebas del software implementado. En dicha institución se enseñan fraccionarios en los grados cuarto y quinto, pero se decidió trabajar únicamente con el grado quinto dado que, para la fecha en que se desarrolló esta fase, eran quienes tenían conocimientos previos que permitieran realizar un diagnóstico del tema de fracciones.

Se decidió realizar una prueba de conceptos que evaluará si los estudiantes del grado quinto utilizaban la operación apropiada frente a un problema propuesto, y si, además, realizaban la operación correctamente. Para ello, se plantearon una serie de ejercicios y problemas relacionados con las operaciones matemáticas básicas (adición, sustracción, multiplicación y división) con números naturales y con números fraccionarios. Adicionalmente, se incluyeron ejercicios que evaluaran cuestiones conceptuales de las fracciones, por ejemplo, identificar numerador, denominador y comprender la representación de estos de forma gráfica, simbólica y escrita. También, se consideró necesario evaluar el concepto de MCM y MCD, ya que el manejo de ellos puede usarse para enseñar la equivalencia y simplificación de fracciones. Cabe resaltar que los ejercicios planteados surgieron con base en los que proponen libros académicos de matemáticas para grado quinto [44], [45].

Previo a la realización de la prueba, los ejercicios propuestos se sometieron a juicio de la asesora del proyecto, Mónica Brijaldo, y de una de las profesoras de matemáticas del colegio, Andrea Maldonado, y se realizaron en estos los ajustes que se consideraron pertinentes. La versión final de la prueba mencionada puede consultarse en el anexo Prueba de conceptos.

Con el fin de tener información acertada, se decidió realizar la prueba a los tres cursos que se encuentran en grado quinto en la jornada mañana. El primer curso evaluado fue Quinto A. Durante el desarrollo de esta prueba se buscó que los estudiantes respondieran la prueba individualmente y sin ayudas para no sesgar los resultados. Sin embargo, conforme lo anterior se iba dando, se observó que, si se continuaba con la misma dinámica no se obtendrían resultados dicientes, puesto que el estado conceptual de los niños no era el esperado. Por ello con el segundo curso evaluado, Quinto B, se respondieron las dudas que les surgían a los niños y se brindaron pistas o ejemplos más detallados para que los niños llegaran a la solución. Finalmente, con Quinto C se decidió estar en un plano intermedio: ofrecer ayuda, pero sin ser tan específicos, se daba tiempo al estudiante para que pensara y por si solo llegará a la solución.

Los resultados de las anteriores pruebas pueden ser consultados en el Anexo Resultados prueba de conceptos. Algunos de ellos pueden verse en la Figura 9 y 10, de donde se puede concluir que:

- Los estudiantes no tienen gran dificultad para resolver problemas que involucren números naturales, puesto que la mayoría de ellos identifica cuáles son las operaciones que deben usar. Sin embargo, algunos presentan dificultades para operar con precisión.
- A los estudiantes se les dificulta identificar la operación que soluciona un ejercicio cuando en su contexto se involucran números fraccionarios. Adicionalmente, muchos de los que reconocen la operación no logran realizarla correctamente, ya que desconocen o no recuerdan el algoritmo para proceder.
- Los resultados de las pruebas mejoraron proporcionalmente con respecto a la ayuda que se les brindó. Esto denota una gran importancia al apoyo que se les debe dar a los estudiantes, y la necesidad de usar ejemplos y ejercicios más claros, y con un contexto que facilite su comprensión

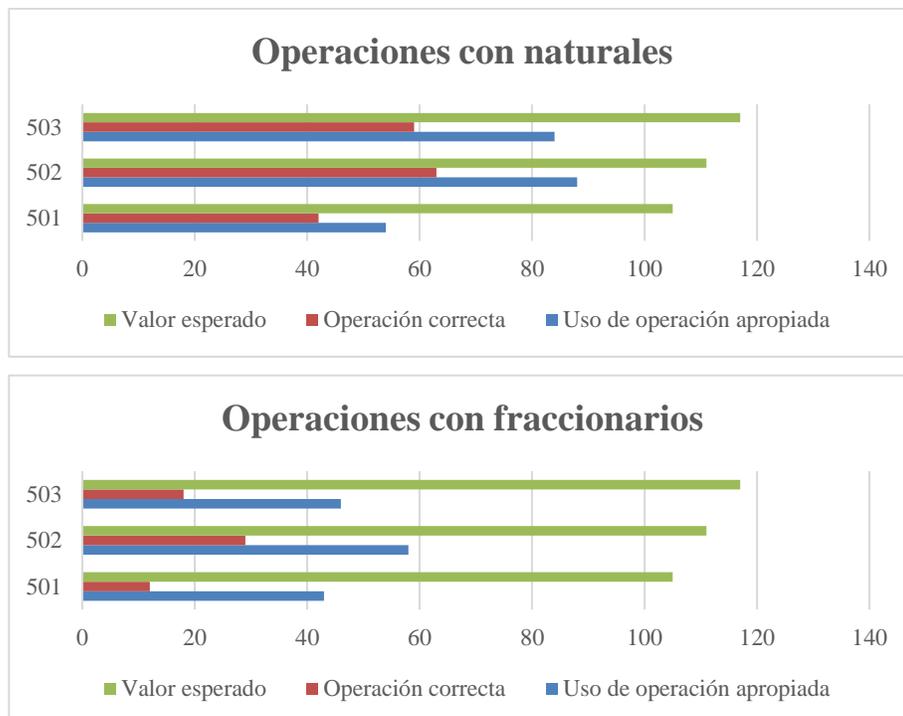


Figura 9 Operaciones con naturales y Figura 10 Operaciones con fracciones

El desarrollo de la prueba demostró la necesidad que hay en esta población de fortalecer y corregir el tema de fracciones, puesto que son muy pocos los niños que tuvieron éxito con estos ejercicios: solo 11 de los 105 evaluados. Del resultado de estos ejercicios destaca el hecho de que los estudiantes no siempre comprenden la fracción como una parte del todo, por ejemplo, separan el numerador del denominador. Un concepto que es importante comprender es la equivalencia, y en la pregunta que lo evaluaba solo 1 estudiante

llegó al resultado esperado. Cabe resaltar que, las pruebas mostraron que en su mayoría los niños no manejan el MCM y el MCD, y por tal motivo este no se usará en el aplicativo y tampoco será enseñado dado que se sale del alcance del proyecto.

3.2 Modelo de personalización

Para realizar el modelo de personalización fue necesario hacer caracterizaciones sobre los usuarios de la aplicación, en este caso estudiantes. Por ello se definió el perfil de estudiante que se define continuación.

Perfil del estudiante

Es necesario caracterizar a los estudiantes que harán uso de la herramienta, ya que de esta forma se pueden obtener datos que permitan mejorar la aplicación, y en consecuencia la interacción y satisfacción que este usuario tiene con ella. Lo anterior se traduce en una respuesta efectiva a las necesidades de los estudiantes. Los aspectos que se consideraron tener presentes son cuatro y son los siguientes (ver figura 11):

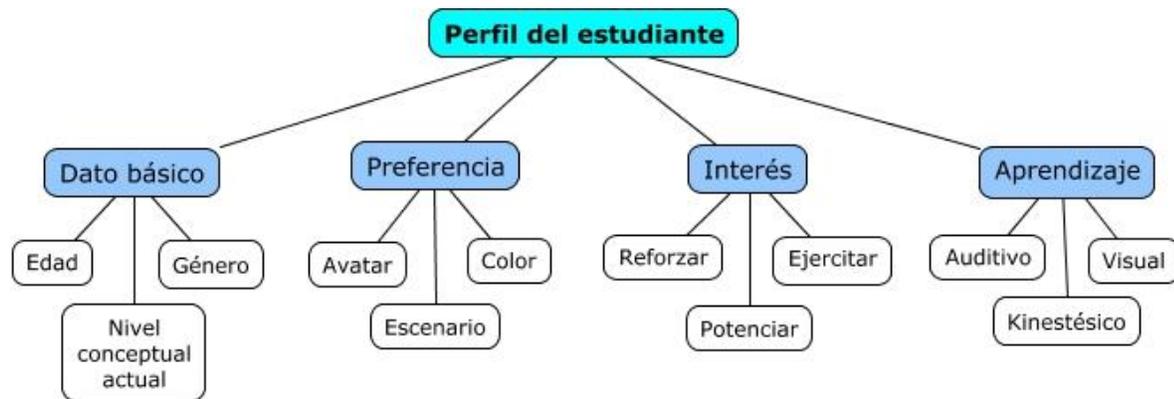


Figura 11 Perfil del estudiante

Dato básico: comprende datos generales del estudiante que son relevantes puesto que determinan sus posibles gustos. Las características que lo componen son edad, género, y nivel conceptual actual. Cabe resaltar que la última característica permite identificar el punto del aplicativo en el que este usuario debe empezar.

Preferencia: esta característica está compuesta por avatar, color y escenario, las cuales permiten identificar las temáticas que son del interés de un estudiante, y adaptar la UI y la herramienta a lo que prefiere él. Los escenarios que se disponen son: una aventura espacial, una aventura en la selva y una aventura medieval. Los colores que se eligieron son los que hacen parte de la paleta de colores flat. No hay avatares predefinidos, salvo por un niño y una niña que pueden ser vestidos como el usuario prefiera usando las prendas que se le brindan.

Interés: esta información es relevante ya que permite establecer la razón por la que el estudiante usa la herramienta, que puede ser para reforzar, ejercitar y potenciar sus conocimientos sobre fraccionarios y sus operaciones. Con base en esta información se puede ofrecer contenido al estudiante que sea de su interés.

Aprendizaje: conocer la forma en que un estudiante aprende es importante ya que permite determinar la mejor forma en que se debe mostrar el contenido de la herramienta. Por ejemplo, si es auditivo, se pueden incluir grabaciones u audios; si es visual, se da importancia a los gráficos y si es kinestésico se da importancia a la práctica. Para obtener información que alimentara el perfil definido se decidió diseñar una encuesta, que puede consultarse en el Anexo prueba de personalización. Los resultados que se obtuvieron en esta encuesta pueden consultarse en el Anexo Resultados prueba de personalización.

Entre los resultados que se obtuvieron lo que más destaca es que la mayoría de los niños están entre los 10 y 11 años, en su mayoría son niños (56.3% de la población) y prefieren los colores rosados, azules y verdes. Frente a tres escenarios propuestos, prefirieron el escenario relacionado con el espacio y el universo, y como segunda opción consideraron un mundo medieval. Referente al estilo de aprendizaje se descubrió que son más kinestésicos ya que prefieren aprender haciendo y practicando lo que aprenden (ver Figura 12). No obstante, estilos expresivos como el auditivo y visual no es posible descartarlos dado que se encontró que son un tipo de apoyo por el que los niños también suelen optar.



Figura 12 Prueba de personalización

A partir de la información anterior se determinó que la herramienta a utilizar debía utilizar como contexto los escenarios elegidos por los niños de Quinto con el fin de generar su interés en la herramienta. Sin embargo, como se evidenciará en la sección de [trabajo futuro](#), una gran ventaja con la que cuenta la herramienta es la posibilidad de crear nuevos escenarios sin demasiado esfuerzo, facilitando la extensibilidad del sistema. Adicionalmente, debía estar muy orientada al desarrollo de ejercicios y debía apoyarse en aspectos visuales y auditivos. Finalmente, gracias a la prueba de conceptos se estableció que hay tres tipos de estudiantes:

- Aquellos que necesitan reforzar, dado que no poseen un conocimiento base estable al no identificar los conceptos propios de las fracciones ni sus operaciones.
- Aquellos que necesitan ejercitar, puesto que presentan problemas al realizar de forma adecuada la operación y generar resultados precisos.
- Aquellos que pueden potenciar su conocimiento, dado que su apropiación de los conceptos les permite un reto mayor que fortalezca su razonamiento y sentido crítico.

Para dar respuesta al reto que presenta tener tres tipos de enfoques (reforzar, ejercitar y potenciar), se decidió que los ejercicios que se propusieran debían tener un nivel de dificultad que permita adaptar el ejercicio al nivel al que se encuentra el niño.

3.3 Diseño

A continuación, se expondrán las decisiones y medidas tomadas durante la fase de Diseño del proyecto. Se expondrán los requerimientos funcionales y aquellos arquitecturalmente significativos. Adicionalmente, se incluirán algunos diagramas UML que expliquen los componentes y comportamientos que el software tendría al ser implementado en fases posteriores.

Para mayor detalle sobre el diseño del sistema el **Documento SDD**, profundiza mejor lo referente a este aspecto. Y el **Documento SRS**, ofrece más información respecto a los requerimientos.

3.3.1 Requerimientos

En primer lugar, se expondrán los requerimientos funcionales que se obtuvieron después de realizar las diferentes pruebas durante la fase de **Diagnóstico**. Así mismo, se dará una breve explicación sobre qué requerimientos no funcionales fueron determinados y por qué se decidió incluirlos.

3.3.1.1 Requerimientos funcionales

Tabla 1 Requerimientos funcionales

Tipo	ID	Requerimiento
Funcionales Sistema	FS1	El sistema debe ofrecer actividades lúdicas que permitan comprender los conceptos de fraccionarios
	FS2	El sistema debe proveer actividades de diferente dificultad para permitir reforzar o potenciar el conocimiento del estudiante respecto a un tema.
	FS3	El sistema debe registrar los fallos que presente el estudiante en cada actividad.

	FS4	El sistema debe contar con actividades que evalúen el conocimiento del estudiante
	FS5	El sistema debe contar con actividades que expliquen los conceptos del tema de fraccionarios al estudiante
	FS6	El sistema debe sugerir ayudas implícitas y explícitas en las actividades que resuelva el estudiante.
Funcionales Estudiante	FE1	El sistema debe permitir al estudiante realizar actividades
	FE2	El sistema debe permitir al estudiante personalizar su perfil
	FE3	El sistema debe permitir al estudiante seleccionar un escenario.
	FE4	El sistema debe realizar al estudiante un examen diagnóstico
	FE5	El sistema debe permitir al estudiante personalizar su avatar
Funcionales Profesor	FP1	El sistema debe permitir al profesor consultar el progreso de los estudiantes por curso.
Funcionales Administrador	FA1	El sistema debe permitir al administrador crear cuentas para los profesores
	FA2	El sistema debe permitir al administrador editar la información de los profesores
	FA3	El sistema debe permitir eliminar cuentas de los profesores.
	FA4	El sistema debe permitir consultar los profesores registrados.
	FA5	El sistema debe permitir al administrador crear cuentas de estudiante
	FA6	El sistema debe permitir al administrador eliminar cuentas de estudiante
	FA7	El sistema debe permitir al administrador consultar cuentas de estudiante
	FA8	El sistema debe permitir al administrador modificar cuentas de estudiante

3.3.1.2 Requerimientos No Funcionales

Requerimientos de Usabilidad: dada la naturaleza de los usuarios, la usabilidad es una de las categorías más relevantes respecto a los requerimientos no funcionales. Dentro de los principales se rescatan los siguientes:

Tabla 2 Requerimientos de usabilidad

RNFU-1	El sistema debe tener un flujo de navegación dispuesto de tal manera, que el estudiante pueda recordar cómo acceder a cada una de las funcionalidades, después de utilizar el aplicativo por 40 minutos.
--------	--

RNFU-2	El sistema debe ser visualmente atractivo, de modo que los estudiantes se sientan motivados a utilizarlo (esto se evaluará con pruebas de usabilidad).
RNFU-3	El sistema debe contar con actividades de fácil comprensión para su resolución (esto se evaluará cualitativamente con pruebas de usabilidad).

Requerimientos de Rendimiento

Tabla 3 Requerimientos de rendimiento

NF-DP1	El sistema debe responder a una petición web en 20 segundos o menos
NF-DP2	El sistema debe desplegar las actividades de los estudiantes en menos de 10 segundos.
NF-DP3	El sistema debe desplegar el reporte de los estudiantes de un curso en 3 min o menos.

Requerimientos de Seguridad

Tabla 4 Requerimientos de seguridad

NF-SP1	El sistema debe permitir restringir a los clientes web no registrados todas las funcionalidades excepto el acceso a la página principal y al formulario de registro
NF-SP2	El sistema debe almacenar la información multimedia de los estudiantes de forma local
NF-SP3	El sistema debe encriptar todas las contraseñas almacenadas

3.3.2 Casos de Uso

Con base en los requerimientos funcionales indicados anteriormente, se determinaron los Casos de Uso (CU) expuestos en el diagrama de la figura 13 Para describir la información descrita en el diagrama se realizará una división por cada actor y sus respectivos CU asociados:

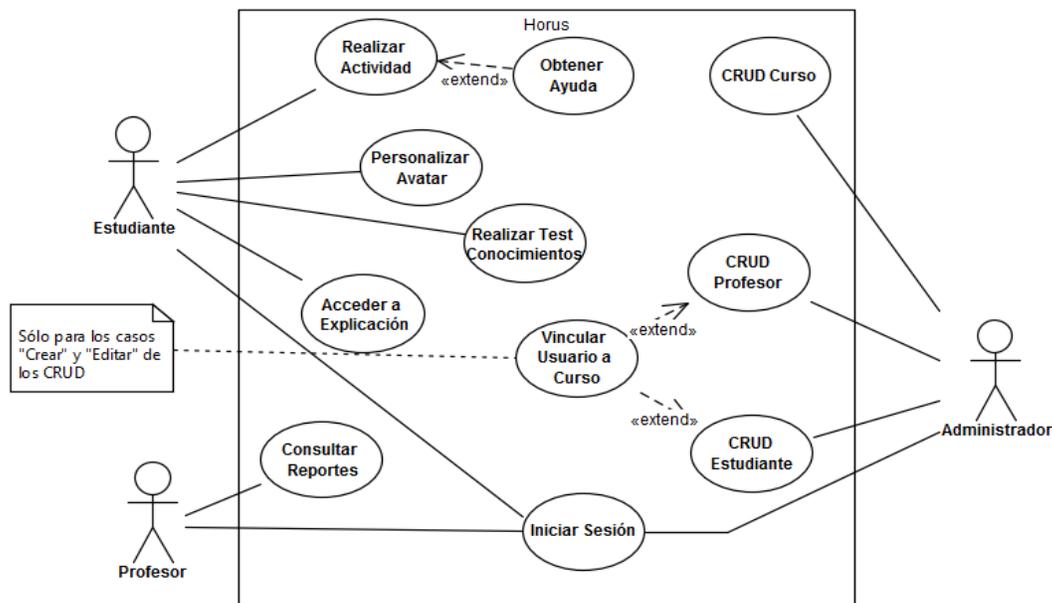


Figura 13 Diagrama de Casos de Uso

Actor Estudiante: este es el usuario principal de la aplicación, corresponde a los estudiantes de la institución que interactúan con el sistema para realizar las diferentes actividades sobre fraccionarios, que están comprendidas en el módulo Standalone (Más adelante se explicará en el diagrama de despliegue). Los CU que tiene asociados son los siguientes:

- **Realizar Actividad:** el estudiante selecciona y realiza una actividad lúdica asociada a uno de los temas de fraccionarios que están comprendidos en Horus. Si presenta errores resolviendo la actividad, se registrará el error para luego enviarlo al servidor web y registrarlo en la base de datos.
- **Obtener Ayuda:** mientras realiza la actividad, el estudiante puede solicitar ayuda para obtener consejos y explicaciones sobre cómo resolverla.
- **Personalizar Avatar:** el estudiante selecciona el atuendo de su personaje
- **Realizar Test de Conocimientos:** al final de cada módulo, el estudiante podrá poner a prueba los conceptos adquiridos a través de un *test*, que medirá su conocimiento respecto a los temas que abordó. El *test* es muy similar a una actividad, pero las ayudas sólo se indicarán al final en caso de que lo repruebe.
- **Acceder a Explicación:** el estudiante accede a explicación sobre el tema específico del sub-módulo.

Actor Profesor: este actor accede a Horus vía web, corresponde a los profesores de la institución, que ingresan a la aplicación con el objetivo de observar los reportes sobre las falencias que presentan los estudiantes en los diferentes temas de fraccionarios.

- **Consultar reporte:** el profesor accede al reporte de los estudiantes, que se genera a medida que estos utilizan la aplicación. Estos reportes están ordenados por curso.

Actor Administrador: es el encargado de crear las cuentas de los estudiantes y los profesores, así como asociarlos a los cursos a los que pertenecen.

- **CRUD Estudiante:** el administrador crea, edita, consulta y borra las cuentas de los estudiantes.
- **CRUD Profesor:** el administrador crea, edita, consulta y borra las cuentas de los profesores.
- **CRUD Curso:** el administrador crea, edita, consulta y borra los cursos a los cuales están vinculados profesores y estudiantes.
- **Asociar usuario a curso:** durante la creación o edición de un profesor o estudiante, el administrador puede vincularlos a los cursos determinados.

3.3.3 Arquitectura

3.3.3.1 Modelo del Dominio e indicadores

A continuación, en la figura 14 se expondrá el Diagrama del modelo del dominio, en el que se dará un vistazo a las clases identificadas que deberán ser implementadas en la realización de Horus.

Clases de personalización: las clases azules del modelo del dominio corresponden a aquellas que se consideraron incluir para apoyar el proceso de personalización de la herramienta.

Además de la explicación que concierne al diagrama, resulta importante agregar algunos indicadores que clarifican la relación entre las clases: en este caso se observa que Horus cuenta con dos módulos, el **Módulo Estudiante** y el **Módulo Profesor**. Al primero de ellos acceden los estudiantes a través de un usuario registrado, que debe encontrarse en la base de datos del servidor web. Cada estudiante tiene la posibilidad de acceder a un **Módulo Tema** que corresponde a los diferentes temas de fraccionarios (Conceptos, Suma/Resta, Multiplicación/División, Amplificación/Simplificación). Estos módulos cuentan con una **historia**, que permite al estudiante vincularse más con el uso de la aplicación. Adicionalmente, cada Módulo cuenta con diferentes **Submódulos**, los cuales contienen contenidos específicos de cada tema (por ejemplo, del módulo de “Suma” un submódulo es “fracciones homogéneas” y otro “heterogéneas”).

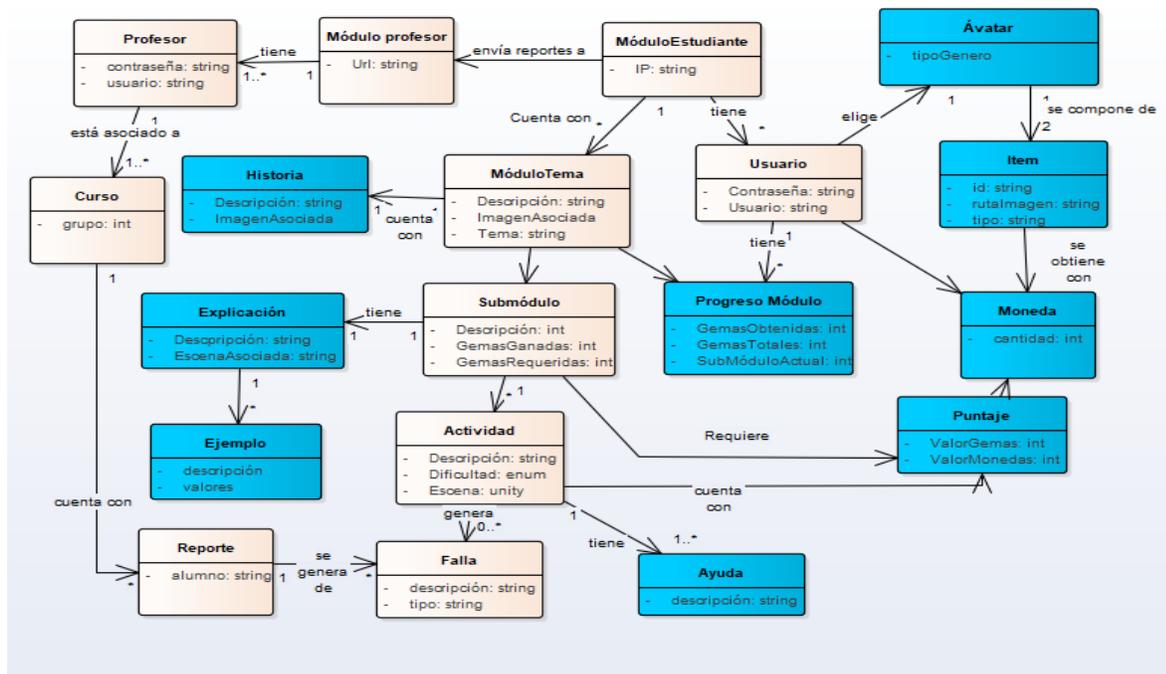


Figura 14 Modelo del Dominio

Los submódulos contienen **Actividades** y **Explicaciones**; las primeras consisten una serie de actividades lúdicas que permiten afianzar la comprensión de los conceptos vistos. Las segundas, son una serie de ejemplos y guías, para explicar cómo resolver los ejercicios que le atañen al tema a tratar. Es de gran importancia resaltar que cada actividad cuenta con **ayudas explícitas e implícitas**, las primeras se accionan por acción voluntaria del estudiante, mientras que las otras, aparecen en el caso de que falle en repetidas ocasiones en la respuesta de la actividad. Adicionalmente, el estudiante cuenta con un **avatar** que puede personalizar. Este avatar consiste en un personaje cuyos atuendos puede cambiar.

Antes de proceder con el siguiente módulo, es de vital importancia explicar algunos indicadores y datos que fueron considerados para el desarrollo de la aplicación:

- **Dificultad:** cada actividad cuenta con una dificultad específica que depende de un factor de complejidad cualitativo. Este valor es determinado por la asesora de la tesis y el equipo de trabajo, y, es tenido en cuenta para asignar el *rango de valores*. De este rango depende la asignación de dificultad. Para el cálculo de la dificultad se utiliza la siguiente fórmula:

$$ValorDificultad(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \leq MAX * 33\% \\ 2 & \text{si } MAX * 30\% \leq x \leq MAX * 66\% \\ 3 & \text{si } x = MAX \end{cases}$$

Para explicar el rango, debe aclararse que cada ejercicio genera aleatoriamente los valores de los numeradores y denominadores. Los números aleatorios van de un rango desde 1 hasta x. Entre mayor sea

x, mayor será la dificultad del ejercicio. El número máximo al que puede llegar x está determinado en la fórmula como MAX. Este rango debe ir acorde al factor de complejidad, un ejercicio muy complejo no debería tener dificultad 3, ya que sería muy frustrante para el estudiante.

- **Puntaje:** cada actividad tiene asociado un puntaje (asignado por la asesora y el equipo de trabajo), que depende del grado de dificultad. Como se explica en la siguiente fórmula:

$$PuntajeBruto(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } ValorDificultad(x) = 1 \\ 3 & \text{si } ValorDificultad(x) = 2 \\ 5 & \text{si } ValorDificultad(x) = 3 \end{cases}$$

No obstante, ese puntaje se ve afectado por el número de errores que cometa el estudiante al realizar la actividad.

$$PuntajeNeto(x) = \begin{cases} (PuntajeBruto(x) - \#errores) & \text{si } errores < PuntajeBruto(x) \\ 1 & \text{si } errores \geq PuntajeBruto(x) \end{cases}$$

Estos errores se registran después de validar las respuestas. Esto se explica mejor en el BPMN del **CU Realizar Actividad**.

- **Gemas y monedas:** el puntaje se traduce en dos ítems dentro del juego, cuyo equivalente es el siguiente:

$$Gemas(x) = PuntajeNeto(x)$$

$$Monedas(x) = PuntajeNeto(x) * 100$$

Las gemas son necesarias para desbloquear submódulos. Por ejemplo, para tener acceso al submódulo de fracciones heterogéneas, primero el estudiante debe realizar un conjunto de actividades en el de fracciones homogéneas. Para determinar el número de Gemas necesarios para pasar de un submódulo a otro se utiliza la siguiente fórmula:

$$GemasNecesarias(x) = \left(\sum PuntajeBruto(x)_i \right) * 70\%$$

Se necesita obtener el 70% de la suma del *Puntaje Bruto* de todas las actividades del submódulo para acceder al siguiente.

Las monedas por su parte se obtienen también del puntaje y son utilizadas para comprar accesorios para el personaje del estudiante, en el **CU Personalizar Avatar**.

Estos indicadores pueden evidenciarse con mejor detalle en las imágenes obtenidas para la **fase de Implementación**.

Ahora bien, los errores no sólo impactan en el puntaje, adicionalmente generan **fallas**, que son registros en el sistema de los errores del estudiante; estos sistemas servirán para que generar **reportes**, que posteriormente un **profesor** podrá acceder a revisar desde el **Módulo del profesor**. Estos reportes los verá organizados por **curso**.

3.3.3.2 Diagrama de Componentes

Después de la fase de diagnóstico, se tomaron las siguientes decisiones con la directora de trabajo de grado y el grupo del proyecto, respecto a los componentes que serían necesarios para la construcción del sistema (ver figura 15):

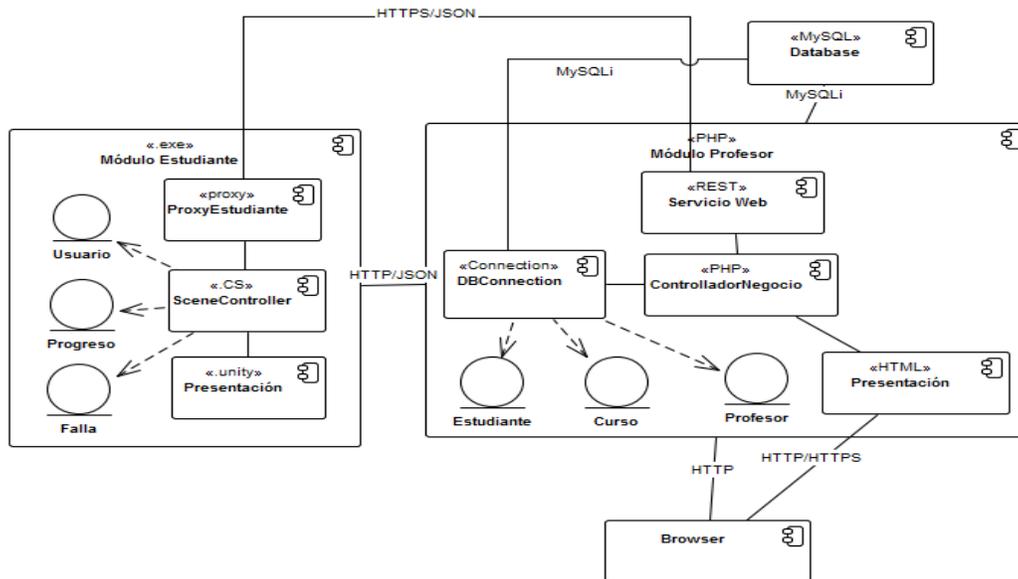


Figura 15 Diagrama de Componentes

Estos componentes se determinaron con base en las siguientes decisiones, para las cuales se tuvieron en cuenta los requerimientos que se obtuvieron durante la fase de diagnóstico: el módulo de estudiantes se realizó Standalone para asegurar que cualquier alumno pudiese acceder a él sin preocuparse por las especificaciones técnicas. Sin embargo, decidió construirse utilizando el motor de juegos **Unity**, en primer lugar, porque este ofrece la posibilidad de mudar a un medio móvil sin necesidad de mucho esfuerzo; en segundo lugar, porque Unity posee un conjunto de herramientas visuales que facilitan la elaboración de la presentación de un modo atractivo, de este modo se cumplen los requerimientos fundamentales de usabilidad.

El módulo de profesores decidió hacerse web, en primera medida, para que los reportes puedan enviarse desde cualquier ubicación y, en segunda, para facilidad de acceso del profesor. La comunicación entre módulos se realizará a través de un webservice tipo REST; aunque no existe información sensible de los estudiantes, cualquier dato se enviará a través del protocolo POST, para evitar que la información sea visible. Las contraseñas se envían encriptadas (con encriptado de tipo SHA-1) desde el módulo del estudiante y cada reporte tendrá asociado un id, para identificar a qué alumno corresponde, de ese modo, no se envía ningún

nombre durante la comunicación. La lógica de negocio del servidor está construida en PHP por dos motivos, el primero por facilidad de aprendizaje, ya que es un lenguaje con el que está familiarizado la mayoría del equipo y, el segundo, porque existen varias facilidades técnicas para conectar un servidor PHP5 con un ejecutable construido en Unity. Esta información se detallará a profundidad en la sección de **“Selección de herramientas tecnológicas”**.

3.3.3.3 Diagrama de despliegue

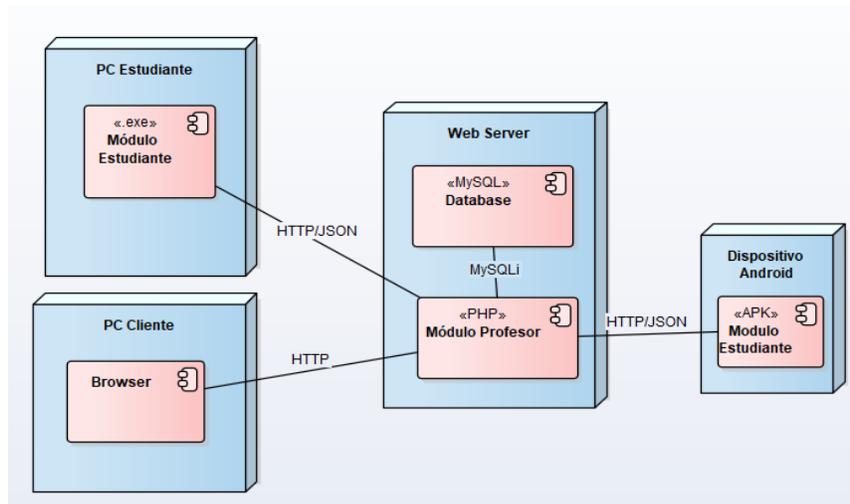


Figura 16 Diagrama de despliegue

Se identificaron cuatro nodos concretos: el computador y dispositivo móvil del estudiante (de kitkat en adelante), el computador del cliente y el servidor web. Aquí es de vital importancia resaltar que el actor administrador y el actor profesor, acceden al sistema a través de un navegador y, por tal motivo, no se consideraron nodos diferentes. En el servidor web se almacena la base de datos y la lógica de negocio del módulo del profesor (observar la sección **“Selección de herramientas tecnológicas”**). La lógica de negocio atenderá tanto las peticiones HTTP de los profesores y las solicitudes que se hagan desde el módulo de los estudiantes través del webservice. Es necesario indicar que tanto el módulo standalone, como el móvil, poseen la misma lógica, es decir, son el mismo componente que se despliegan para plataformas diferentes.

A continuación, en la figura 17 se presenta un diagrama BPMN, para ejemplificar cómo es la interacción del estudiante con el sistema:

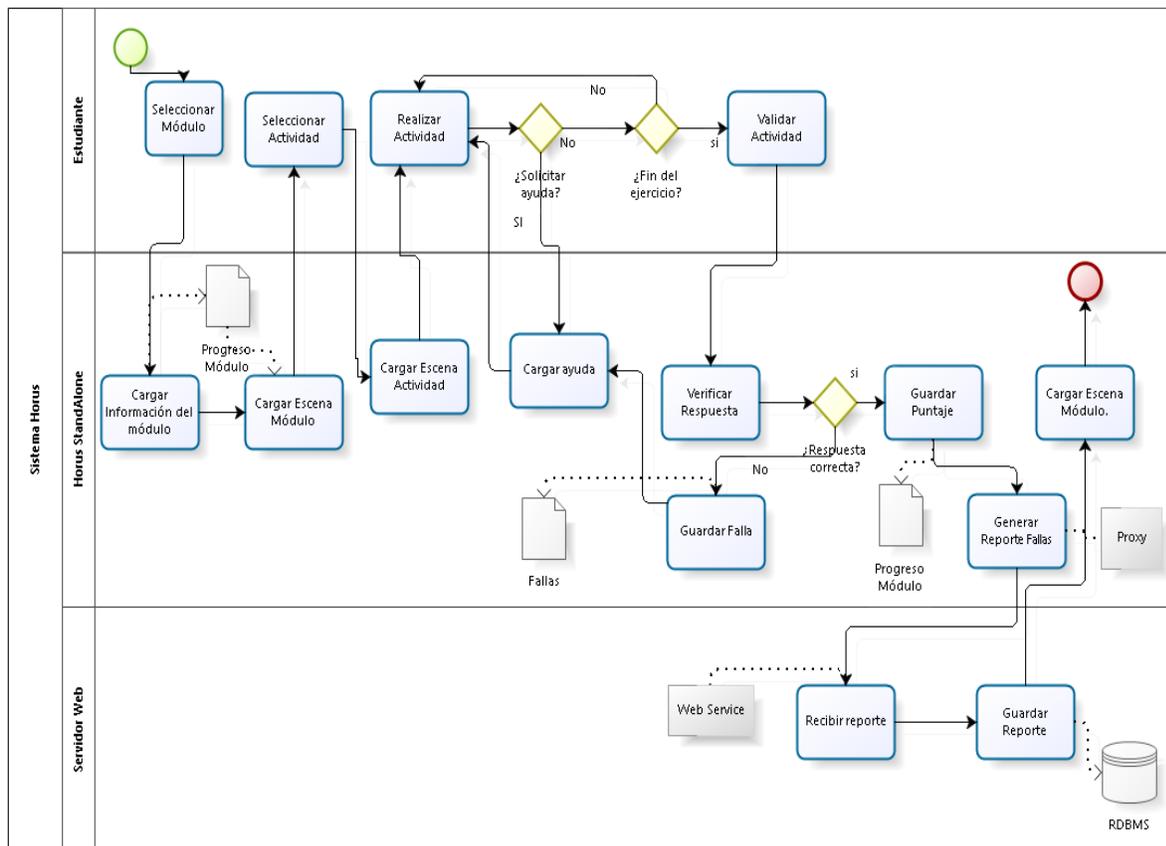


Figura 17 Proceso CU-Realizar Actividad

3.4 Desarrollo de la solución

A partir del modelo de personalización definido en la [sección 3.2](#) y el diseño establecido en la [sección 3.3](#), se realizó el proceso de implementación de Horus haciendo uso de la metodología Agile Unified Process (Agile-UP o AUP). Para esto, se utilizaron los lineamientos de la fase de construcción de dicha metodología, la cual se desarrolla de forma iterativa.

La elaboración del diagrama de despliegue dio como resultado cuatro unidades de despliegue necesarias para la implementación de Horus. Estas se describen a continuación:

- Cliente standalone que permita al estudiante realizar actividades con el fin de reforzar, ejercitar y potenciar sus conocimientos acerca de los números fraccionarios y sus operaciones básicas.
- Cliente web permita al profesor conocer el progreso de sus estudiantes en Horus, además de estadísticas del desempeño de sus estudiantes.
- Servidor web encargado de procesar la información obtenida de las actividades realizadas por los estudiantes en el cliente standalone y móvil, para dar información útil a los profesores a través del cliente web.

-
- Base de datos: en la cual almacenar la información de los estudiantes y del profesor.

3.4.1 Selección de herramientas tecnológicas

Teniendo claros los componentes a desarrollar, fue necesario llevar a cabo una investigación acerca de las herramientas tecnológicas que se utilizaron para la implementación de Horus. Esto se hizo teniendo en cuenta las características con las que Horus debía contar, además de los objetivos, restricciones, y alcance del proyecto. A continuación, se exponen las razones por las cuales se utilizaron las siguientes herramientas para la implementación de Horus.

- **Cliente standalone y móvil:**

Para el desarrollo del cliente standalone y móvil, se decidió utilizar el motor de creación de juegos *Unity* [46], esto debido a que incluye una serie de herramientas que facilitan la creación de contenido animado y un sistema integrado que permite crear interfaces de usuario con rapidez. Además, permite el uso del lenguaje de programación *C#*, con el cual la mayoría del equipo de trabajo tiene experiencia. *Unity* se basa en dos elementos principales para el desarrollo de juegos y aplicaciones, estos son las escenas y los scripts. Las escenas son los elementos que contienen los objetos generalmente visibles que integran una pantalla (imágenes, interfaz de usuario, etc.), estos objetos son llamados *GameObjects*, por otro lado, los scripts son archivos de código *C#* desde los cuales se puede cambiar el comportamiento de los *GameObjects*.

- **Cliente web**

Para el desarrollo del cliente web, se determinó que la mejor opción sería usar la herramienta *Bootstrap* [47], un kit de herramientas de código abierto para desarrollar con HTML, CSS y JS. Esto debido a que todo el equipo de trabajo ha trabajado anteriormente con dichos lenguajes y con *Bootstrap*.

- **Servidor web**

El servidor web fue desarrollado usando el lenguaje de programación *PHP* [48], sin hacer uso de un framework, pues las necesidades del proyecto no hacían necesario el uso de alguno, además el equipo de trabajo no tiene experiencia con el uso de framework de PHP pero sí estaba familiarizado con dicho lenguaje. De esta manera, se decidió usar *PHP* para el desarrollo del servidor web.

- **Base de datos**

Para la persistencia de la información se utilizó el sistema de gestión de bases de datos relaciona *MySQL* [49], esto, debido a la experiencia que el equipo de trabajo tiene con dicho sistema y con el lenguaje de bases de datos SQL. Por otro lado, *MySQL* ofrece una gran escalabilidad, seguridad y estabilidad, más razones por las cuales se tomó la decisión de utilizar dicha base de datos [21].

3.4.2 Implementación de Horus

El módulo estudiante (desplegado tanto standalone, como móvil), es el componente principal de Horus, se dividió en cuatro módulos, esto se hizo teniendo en cuenta las diferentes temáticas que se deben abarcar con los números fraccionarios, de tal manera que el estudiante encuentre en Horus desde la explicación de que son los números fraccionarios, hasta la forma de realizar operaciones con estos.

De este modo, cuatro integrantes del equipo de trabajo se dedicaron a implementar cada uno un módulo, esto de forma iterativa tal como indica la metodología Agile-UP, mientras que al 5° integrante le fue asignada la tarea diseñar y elaborar las imágenes, iconos, fondos, y todos los demás elementos estéticos utilizados en la implementación de Horus.

Los módulos establecidos fueron los siguientes: i) concepto de fracción y tipos de fracciones, ii) suma y resta de fracciones, iii) multiplicación y división de fracciones, iv) amplificación, simplificación y equivalencia de fracciones.

A continuación, se describen las principales funcionalidades de la aplicación Horus, junto con sus correspondientes pantallas y el flujo que el usuario sigue a través de estas. Estas funcionalidades están determinadas por los casos de uso correspondientes al actor “Estudiante”, estos se explican en detalle en la sección 3 de este documento.

3.4.1.1 Iniciar Sesión

El estudiante accede a la aplicación por medio de un usuario y contraseña (fig. 18). Estos le deben ser dados por el profesor o por quien gestiona la aplicación en la institución educativa.



Figura 18 Pantalla inicio de sesión

Si es la primera vez que el estudiante inicia sesión, la aplicación lo lleva a la pantalla en la cual este puede personalizar su personaje, de lo contrario es dirigido a la pantalla principal de Horus en la cual puede acceder a cada uno de los módulos de los que consta la aplicación.

Los módulos están representados por planetas cuya descripción se puede observar al pasar el puntero del *mouse* sobre estos. De igual manera, al llevar el puntero hacia la parte superior de la pantalla, aparecerá la barra de estado del estudiante donde puede observar su avatar, su nombre de usuario, las monedas recolectadas para gastar en la tienda del juego, un botón para regresar a la pantalla anterior y otro para desplegar las opciones del juego.



Figura 19 Pantalla principal

3.4.1.2 Personalizar su personaje

La primera vez que el estudiante ingresa a Horus, será llevado directamente a la pantalla mostrada en la Figura 20, donde podrá personalizar su personaje con accesorios para la cabeza como otros tipos de peinado, de cabeza, cascos, etc., así como también cambiar el vestuario de este según sus gustos.

Inicialmente no hay muchos accesorios disponibles para la personalización del personaje, el estudiante podrá acceder a más contenido comprándolo con la moneda del juego la cual puede conseguir realizando actividades en los diferentes módulos de Horus. La personalización del personaje fue pensada de esta manera buscando motivar al estudiante para que utilice la aplicación, y así, a medida que aprende acerca de los números fraccionarios, puede también modificar su personaje para que sea único.



Figura 20 Personalizar su personaje

Al finalizar la personalización del personaje, el estudiante es dirigido a la pantalla principal de Horus, donde puede acceder a los módulos con el fin de realizar actividades.

3.4.1.3 Acceder a la explicación de un tema

La primera acción que debe realizar e estudiante para acceder a la explicación de un tema es ingresar a uno de los módulos, en la Figura 21 se puede observar la descripción del primero de ellos. Al hacer clic sobre este, se muestra la pantalla de la Figura 22.



Figura 21 Pantalla principal con descripción



Figura 22 Pantalla principal del módulo de conceptos

La Figura 22 muestra la pantalla principal del módulo de conceptos de fracción y tipos de fracciones. En esta, el estudiante debe acceder a la primera explicación con el fin de desbloquear las actividades relacionadas. Una vez dentro se muestra una pantalla en la cual se explica el tema en cuestión tal como se ejemplifica en la Figura 23.

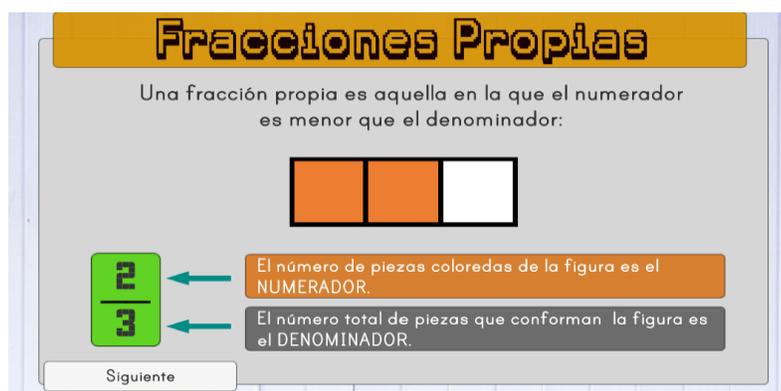


Figura 23 Explicación fracciones propias

Al finalizar el recorrido por la explicación, el estudiante es dirigido nuevamente a la pantalla principal del módulo, donde podrá acceder a las actividades que acaba de desbloquear.

3.4.1.4 Realizar una actividad

Tal como se muestra en la Figura 24 luego de realizar la primera explicación, se desbloquean las actividades que el estudiante puede realizar. Cada una de estas tiene un número máximo de diamantes que se puede conseguir, estos son necesarios para acceder a la siguiente explicación.

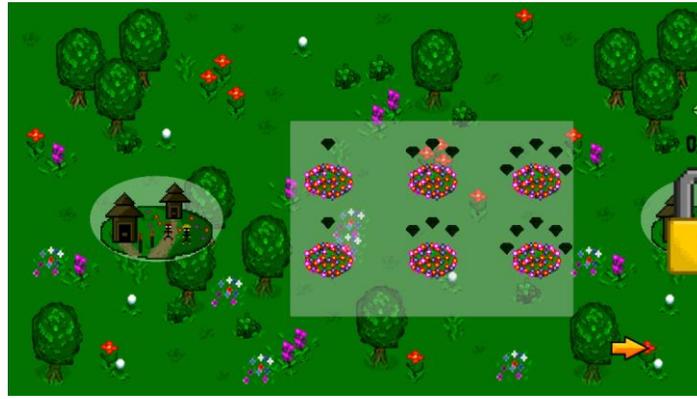


Figura 24 Pantalla principal del módulo de conceptos con actividades desbloqueadas

Cuando el estudiante accede a alguna de las actividades, es dirigido a una pantalla como la que se muestra en la figura 25. En esta, hay un botón de ayuda por medio del cual se desplegará un panel con consejos acerca de cómo desarrollar el ejercicio. Además, dependiendo de la actividad, este panel será desplegado automáticamente si el estudiante falla un determinado número de veces en la realización de esta. La figura 26 ejemplifica la forma en la que se despliegan las ayudas.



Figura 25 Pantalla de actividad



Figura 26 Ayuda de actividad

Es necesario resaltar que algunas ayudas de los ejercicios cuentan con un **audio** que explica la correcta resolución del ejercicio.

3.4.1.5 Consultar Reporte

Para consultar un reporte en el módulo del profesor, es necesario en primer lugar iniciar sesión desde la página web. La interfaz de inicio de sesión del profesor puede apreciarse en la figura 27.



Figura 27 Iniciar Sesión Profesor

Los profesores cuentan con una serie de cursos que puede consultar (ver figura 28).

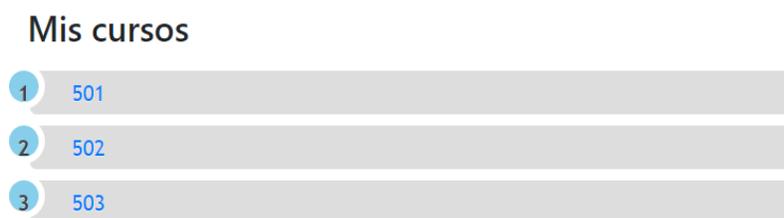


Figura 28 Cursos

Cada curso está compuesto por un conjunto de estudiantes, de los cuales se muestran sus nombres y apellidos (ver figura 29)

Mis Estudiantes

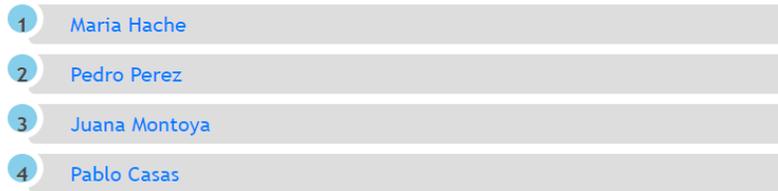


Figura 29 Estudiantes por Curso

El profesor puede seleccionar uno de los estudiantes del curso y consultar su desempeño en los diferentes módulos (véase figura 30). Podrá observar un porcentaje de acierto por módulo, que corresponde al número de aciertos sobre el número de intentos. Cada módulo Debe resaltarse que este reporte es sólo para dar un indicio al profesor sobre aquellos temas en los que podría reforzar en sus clases.

Informe de avance

Selecciona el modulo a consultar

Indicador	Puntaje
Explora la equivalencia entre fracciones a través de representaciones concretas y gráficas.	30%
Comprende el concepto de amplificación	20%
Comprende el concepto de simplificación	50%

Figura 30 Informe avance

3.4.1.6 Administrador.

Los administradores pueden crear profesores, cursos y estudiantes. A continuación, se muestra la pantalla asociada a la creación de los estudiantes y los cursos.



Figura 31 Crear estudiantes y cursos

3.4.1.7 Compones de personalización

A continuación, se mostrarán los aspectos de personalización que fueron incorporados dentro de la aplicación. En primer lugar, las historias asociadas a cada uno de los módulos, que permiten al estudiante motivarse para el uso de la herramienta. Las imágenes que se mostrarán ahora son tomadas el cliente móvil de Horus.



Figura 32 Historias

La figura 32, es la pantalla que se despliega al ingresar al módulo de “Simplificación, amplificación y equivalencia”.

Progreso y dificultad



Figura 33 Cambio de dificultad.

Originalmente, el ejercicio aparece con una dificultad determinada (ver sección [modelo del dominio e indicadores](#)), sin embargo, cuando el estudiante falla en repetidas ocasiones (el número necesario de fallas se asignan cualitativamente dependiendo de la naturaleza de cada actividad) la herramienta cambia automáticamente la dificultad del ejercicio. La imagen de la izquierda es el ejercicio en difícil, el de la derecha, es el ejercicio con la dificultad reducida a medio.

En cada módulo, el estudiante puede elegir qué actividades realiza y cuáles decide evitar, de este modo se evita que este el usuario se frustre, dado el caso que encuentre un ejercicio muy complejo (ver figura 34).

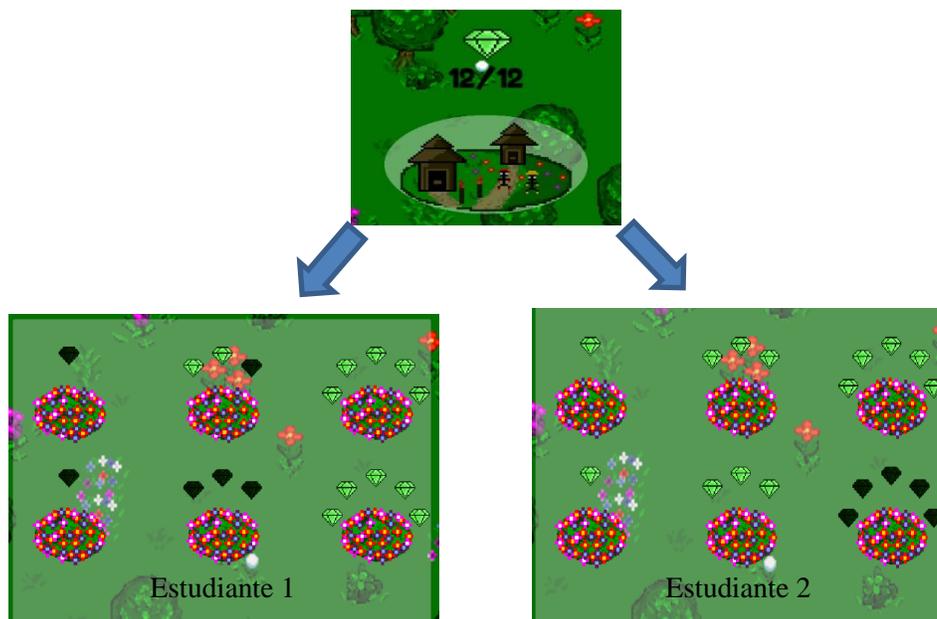


Figura 34 Progreso por estudiante

Como puede evidenciarse en la figura 34, para avanzar al siguiente submódulo, que requería 12 diamantes, los estudiantes tomaron rutas diferentes, el primero de ellos no necesitó realizar los ejercicios fáciles para lograrlo, mientras que el segundo no tuvo la necesidad de realizar uno de los difíciles.

Ejercicios aleatorios:

Los valores de las actividades se generan de manera aleatoria, de modo que cada vez que el estudiante acceda a realizar un ejercicio, se encuentre con uno diferente para cada ocasión

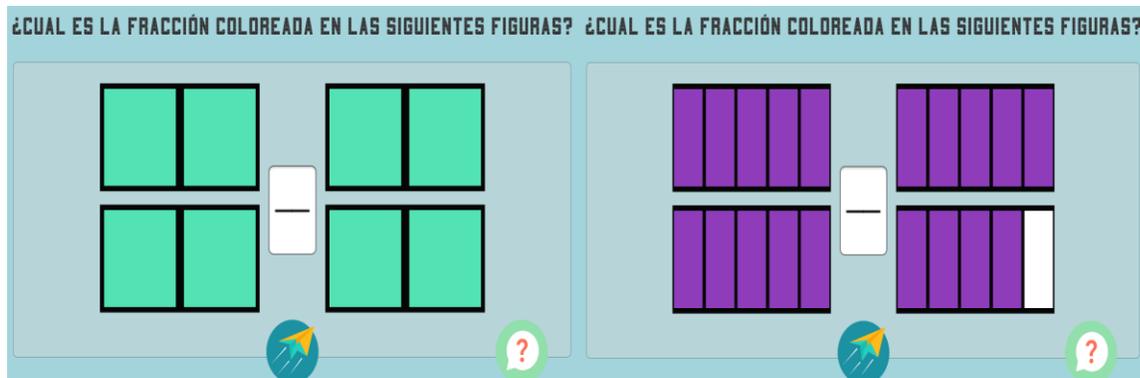


Figura 35 Valores aleatorios 1

Ambas imágenes de la figura 35 corresponden al mismo ejercicio, pero se accedió a él en momentos diferentes.

Personalización barra de color:

El color de la barra de estado puede modificarse a gusto del usuario, los colores seleccionados, corresponden a los principales de obtenidos de la prueba de personalización.



Figura 36 Barra de Estado personalizable

Tienda de accesorios:



Figura 37 Tienda de accesorios

Con las monedas obtenidas a lo largo de las actividades, el estudiante puede comprar accesorios para personalizar su avatar.

3.5 Validación y pruebas de la solución

Para controlar el proyecto y garantizar la calidad del software implementado, se desarrollaron pruebas de software y pruebas de usabilidad. Con base en los resultados de las anteriores se tomaron acciones preventivas y correctivas durante el desarrollo de la herramienta.

3.5.1 Pruebas de software

A continuación, se describen las pruebas de software llevadas a cabo durante la implementación de Horus, para identificar posibles fallos de funcionamiento y asegurar la calidad de la aplicación.

3.5.1.1 Pruebas funcionales

Se realizaron pruebas unitarias en cada una de las iteraciones de la implementación de Horus para asegurar el correcto funcionamiento de los módulos y componentes del sistema, tal como se define en la metodología Agile-UP.

Las pruebas se realizaron usando la herramienta *Unity Test Runner* [16], la cual viene integrada en *Unity* y permite probar las funcionalidades de la aplicación, de esta manera se verificó que las actividades desarrolladas en cada uno de los módulos funcionaran correctamente.

3.5.1.2. Pruebas de integración

La estrategia por seguir en las pruebas de integración fue la de *Bottom-Up*. En este enfoque el proceso se desarrolla comenzando por los componentes o módulos que no necesitan llamar a ningún otro y finalizando con el componente principal [52]. De este modo, la integración de Horus se realizó desde las actividades de cada módulo hasta la integración de cada uno de ellos en la aplicación completa, haciendo las pruebas pertinentes para asegurar el correcto funcionamiento de Horus en cada paso de la integración.

3.5.2 Pruebas de usabilidad

Se realizaron pruebas de usabilidad con el fin de evaluar la herramienta Horus y la interacción que tienen los usuarios finales (estudiantes de quinto de primaria) con ella. Estas pruebas se basaron en los estándares SUS y QUIS [53] [54], los cuales consisten en una serie de preguntas que evalúan la satisfacción del usuario frente a aspectos como efectividad y eficiencia. La prueba consistió en seis preguntas que se evaluaron con una escala de 1 a 6 que corresponden a “totalmente en desacuerdo” y “totalmente de acuerdo” respectivamente.

Objetivo General: determinar errores y dificultades con los que se pueden encontrar los estudiantes al utilizar la aplicación de forma independiente, es decir, por su propia cuenta.

Objetivos específicos:

- Determinar la facilidad de uso de la aplicación
- Conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes al momento de utilizar la aplicación.
- Conocer la percepción de los estudiantes respecto a la interfaz gráfica de Horus.
- Determinar si la aplicación falla en reiteradas ocasiones al momento de ser utilizada.

Participantes: las pruebas se realizaron a 33 estudiantes de grado quinto de primaria, pertenecientes al curso 503 del colegio IED Fe y Alegría José María Vélaz.

3.5.2.1. Descripción de las pruebas

Para la realización de estas pruebas se decidió que, a diferencia de las pruebas de conceptos que se aplicaron a los tres grados quintos de la jornada de la mañana, se aplicaran a solo uno de los quintos, en este caso 503, ya que fueron quienes tuvieron un rendimiento intermedio en las pruebas de conceptos en comparación con los otros quintos. Inicialmente los estudiantes interactuaron libremente con la aplicación por 40 minutos y mientras tanto se tomó nota de las dificultades y errores con las que los estudiantes se encontraron. Posteriormente se les realizó un cuestionario de seis preguntas que se evaluaron con una escala de 1 a 6, siendo 1

“totalmente en desacuerdo” y 6 “totalmente de acuerdo”. Las seis preguntas realizadas fueron: 1) la herramienta fue fácil de usar, 2) me gustó esta herramienta y volvería a usarla, 3) la herramienta utilizaba pocos colores, 4) la información presentada en pantalla fue comprensible, 5) en una semana recordaría cómo usar la herramienta y 6) la herramienta falló en escasas ocasiones

3.5.2.2. Resultados

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas de usabilidad realizadas. Se separaron los resultados en dos partes: el resultado de lo que se observó y se anotó mientras se realizaban las pruebas, y el resultado del cuestionario que se les realizó a los estudiantes después de utilizar la aplicación

Resultado Toma de notas

Observar el proceso de pruebas permitió obtener las siguientes conclusiones:

- En ciertos ejercicios el enunciado no era muy claro, puesto que lo que para un adulto es trivial para un joven no lo es. Por ello fue necesario replantear varios ejercicios y hacerlos más claros y entendibles para un estudiante de quinto de primaria
- Varios estudiantes por la emoción de utilizar todas las funcionalidades de la aplicación no leían las instrucciones de los ejercicios, razón por la cual en algunos casos no entendían qué era lo que se tenía que hacer
- Se identificaron errores y *bugs* en varios ejercicios de la aplicación que posteriormente se solucionaron

Resultado cuestionario

A continuación, se muestra el resultado general del cuestionario realizado. Para esta gráfica se sumaron todos los puntajes obtenidos por cada pregunta, siendo 198 el puntaje máximo posible por pregunta y 0 el mínimo, esto con el fin de apreciar de forma general qué impresión tuvieron los usuarios del sistema.

Como indicadores de éxito, se establecieron los siguientes: para las preguntas 1, 2, 4, 5 y 6 (color azul) se considera que un puntaje aceptable es uno mayor a 132; este último valor corresponde al que se obtiene si todos los estudiantes hubieran escogido un puntaje de 4 para la misma pregunta. Para la pregunta 3 se considera que un resultado aceptable es uno menor a 99, valor que se obtiene si todos los estudiantes hubieran escogido un puntaje de 3 para esta pregunta.

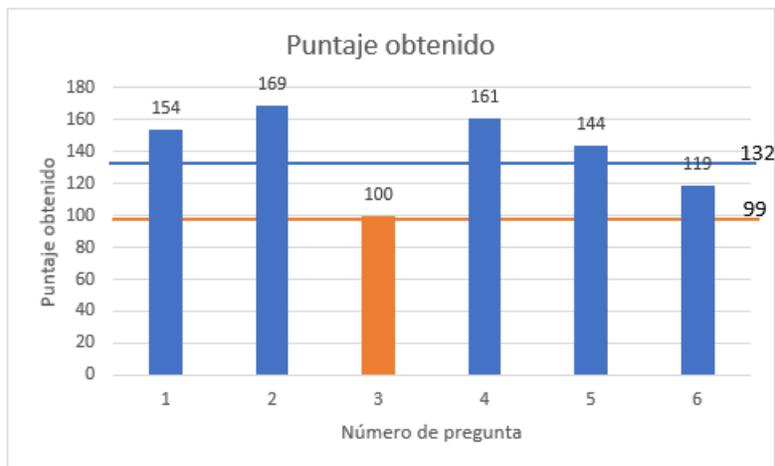


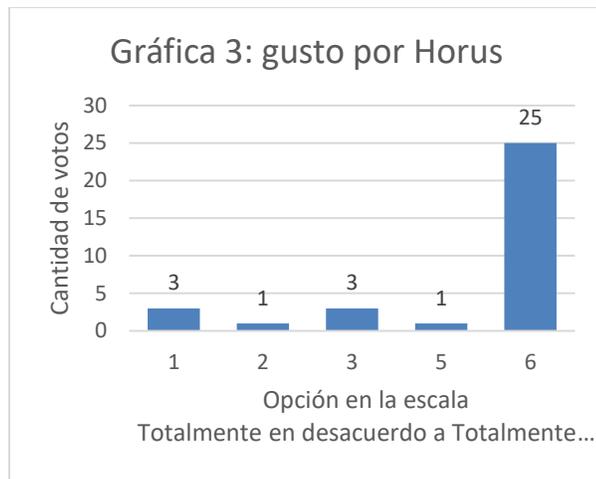
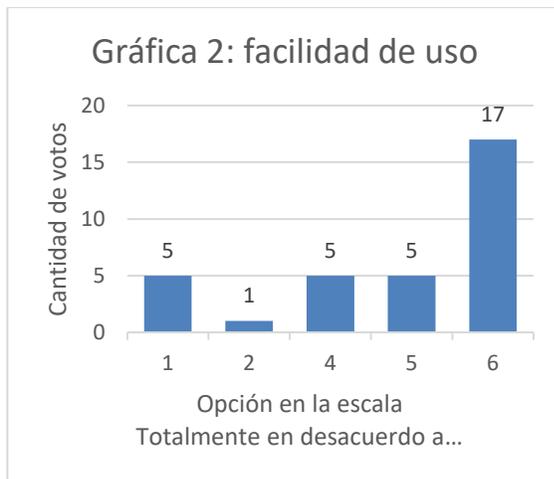
Gráfico 1 Resultados generales

En el gráfico 1 se puede observar que, en general, los estudiantes tuvieron una buena impresión sobre el sistema ya que la mayoría de las preguntas obtuvieron un resultado aceptable. En cuanto a la pregunta 6, la aplicación presentó varios errores durante la ejecución razón por la cual no se obtuvo un resultado aceptable en esta pregunta.

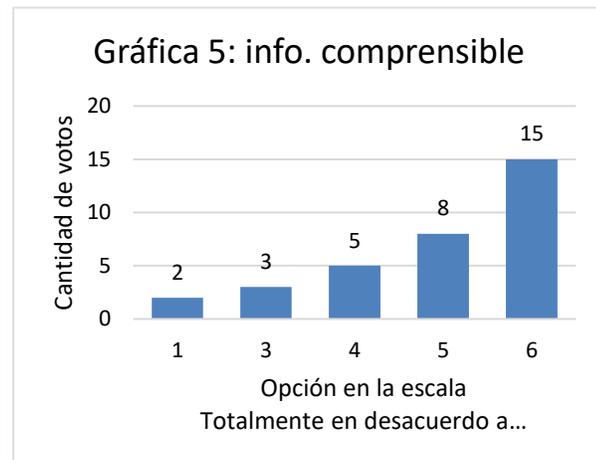
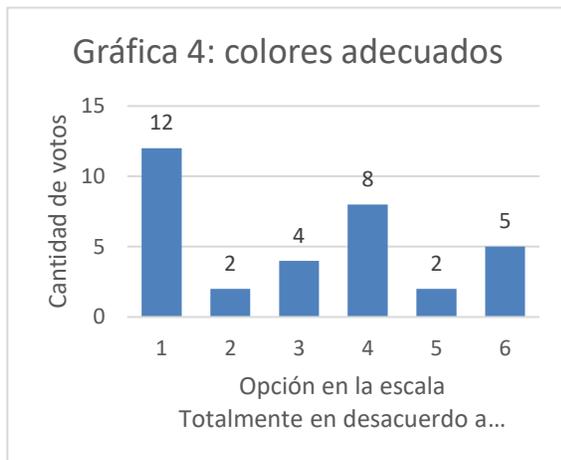
En general la aplicación fue fácil de usar para la mayoría de estudiantes, ya que muchos de ellos pudieron acceder a todos los ejercicios y opciones de la aplicación por su cuenta sin problema alguno. Además, gran parte de la información presentada fue clara y comprensible para los estudiantes, aunque se evidenció la necesidad de aclarar algunos enunciados.

Por último, los diseños y animaciones fueron de agrado para los estudiantes, puesto que se recibieron comentarios positivos sobre la interfaz de usuario y sus diseños. Cabe resaltar que un aspecto por mejorar que se identificó corresponde a la paleta de colores de los diseños, ya que no era muy variada.

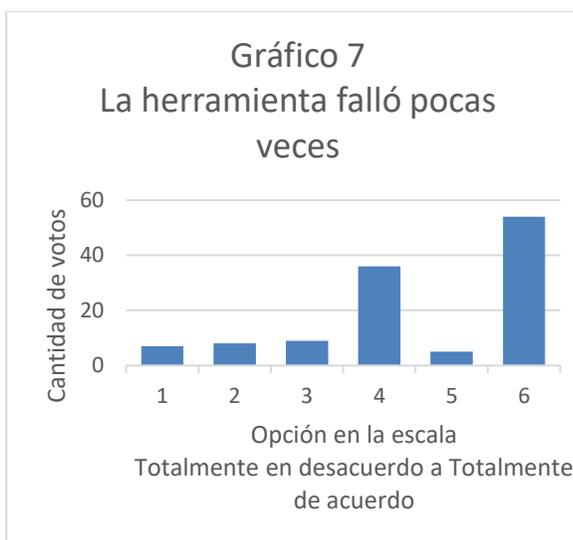
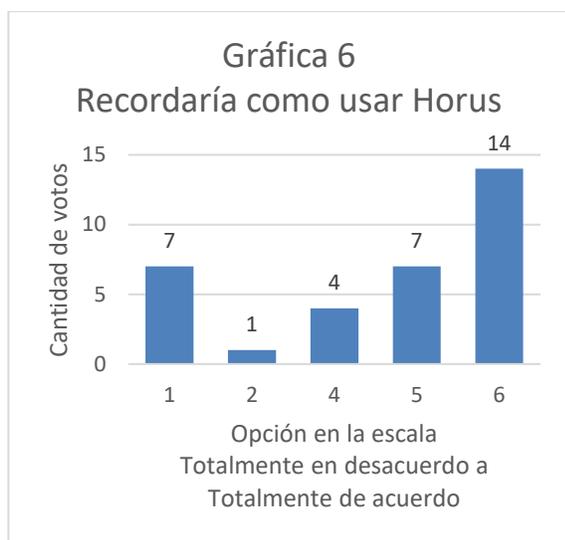
Resultados individuales



Se puede apreciar en el gráfico 2 que para la mayoría de los estudiantes fue fácil hacer uso de la aplicación. Aun así, algunos tuvieron problemas al navegar por las diferentes opciones y al resolver algunos de los ejercicios planteados en Horus. En algunas ocasiones, esto fue causa de los errores de la aplicación y en otras se debió a que el estudiante no entendió lo que tenía que realizar. Del gráfico 3 se pudo concluir que a la gran mayoría de los estudiantes les gustó la aplicación y la volverían a usar en el futuro gracias a su interfaz llamativa y al contexto que brinda.



En el gráfico 4 se evidencia que la opinión sobre lo colorido de la aplicación es muy variada, pero se recibieron comentarios positivos de todos los estudiantes en cuanto a los diseños y el estilo de estos. Por otro lado, en el gráfico 5 se puede observar que solo la mitad de los evaluados afirmaron entender la información presentada, lo cual reitera la necesidad de corregir los enunciados.



En el gráfico 6 se puede apreciar que gran parte de los evaluados recordarían como utilizar la aplicación en el futuro, pero aun así se debe mejorar la claridad de las instrucciones y de las ayudas que se presentan para mejorar este indicador. Del gráfico 7 se puede concluir que las fallas que se presentaron tras hacer el despliegue dieron la impresión de que la herramienta falla con bastante regularidad por lo que era prescindible hacer las correcciones pertinentes.

3.5.3 Pruebas de aceptación

Con el fin de verificar que la aplicación cumpliera su principal objetivo, que es apoyar el proceso de aprendizaje de fraccionarios, se decidió realizar una prueba en la que se comparara el rendimiento de estudiantes que no usan la herramienta respecto a estudiantes que si la usan. Para ello, se eligieron a diez niños, ya que, por cuestiones logísticas del colegio, no fue posible realizar la prueba al grupo completo. Dentro del grupo seleccionado se aseguró que hubiera estudiantes de todos los niveles, es decir, con resultados buenos, regulares y deficientes en la prueba de conceptos de la fase de diagnóstico. Cabe resaltar que el grupo de estudiantes debía ser parte del curso 503, ya que fue este curso el que realizó las pruebas de usabilidad y, por tanto, tienen un mayor conocimiento sobre el proyecto.

Posteriormente, se dividió en dos grupos iguales a los diez estudiantes. Al primer grupo, se le hizo un breve repaso sobre suma de fracciones homogéneas y heterogéneas y se les aplicó una evaluación sobre dichos conceptos. Al segundo grupo, se le permitió interactuar con la herramienta por 20 minutos sin ninguna ayuda externa en el mundo de sumas y restas, y luego se les aplicó la misma prueba que a los del primer grupo. Los resultados de este proceso se muestran a continuación.

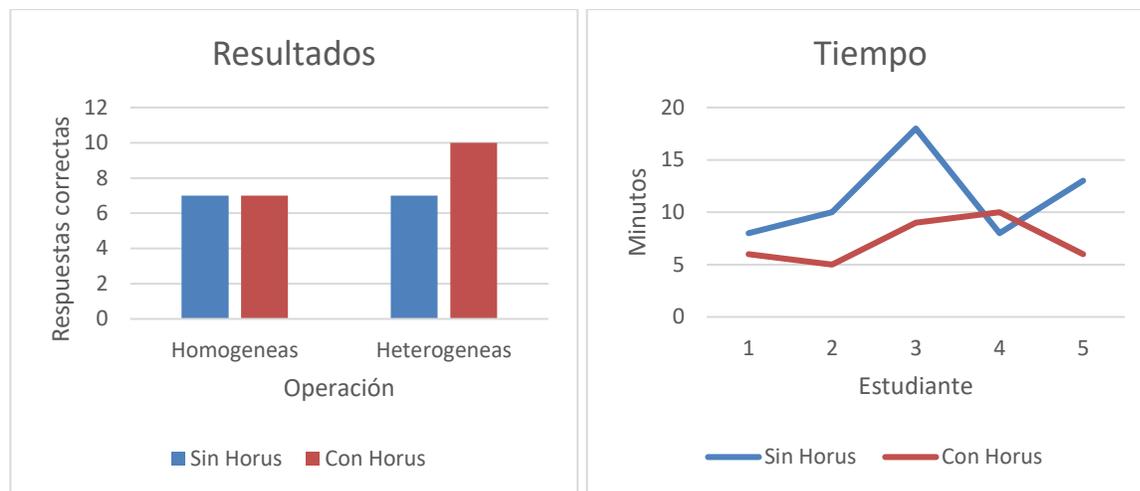


Gráfico 8 Resultado pregunta 5

Gráfico 9 Resultado pregunta 5

En el gráfico

8 se puede evidenciar que al usar Horus mejora considerablemente el resultado que tienen los niños al operar fracciones, lo cual se puede traducir en un mejor proceso de aprendizaje. Por otro lado, si se comparan los tiempos que le tomó a los niños solucionar la prueba propuesta tras hacer uso de Horus respecto a los otros que no la usaron (gráfico 9), podemos observar que usar Horus para ejercitar un tema permite que a un niño le tome menos tiempo llegar a una solución.

VI – CONCLUSIONES

Esta sección tiene como objetivo presentar las apreciaciones generales de lo realizado por el equipo Horus como trabajo de grado

4.1 Análisis de Impacto del Desarrollo

El impacto de Horus como herramienta para el apoyo al aprendizaje de números fraccionarios tiene tres focos principales: tecnológico, social y educativo.

4.1.1 Impacto tecnológico

Horus abarcó la personalización del aprendizaje ofreciendo contenidos a sus usuarios de forma individual, adaptándolos a las características de cada uno de los estudiantes, con el fin de hacer la aplicación más atractiva para ellos. Esto se logró al incorporar el manejo de escenarios, historias, personajes con atuendos personalizables, manejo de colores a preferencia del usuario, ejercicios acordes al ritmo de aprendizaje y ayudas

gráficas y auditivas. Todo ello, buscando cautivar al estudiante y motivarlo a utilizar la aplicación, de modo que tuviese un motivo para acceder a los dispositivos electrónicos como tablets y computadores, no sólo para actividades de ocio, sino para fines académicos.

Por otro lado, una de las grandes ventajas de haber construido Horus con el motor Unity, es que es posible expandirlo a diferentes plataformas sin mayor esfuerzo. Por otro lado, al tener la lógica de negocio en un servidor web, es factible ampliar la herramienta a otras instituciones educativas, sin necesidad de realizar despliegues adicionales.

4.1.2 Impacto social

De acuerdo con el alcance, Horus va dirigido a estudiantes de colegios distritales, donde el uso de herramientas tecnológicas en el salón de clase esta hasta ahora en auge, por tal motivo, Horus puede ser una iniciativa para incentivar a los colegios a utilizar dichas instrumentos dándoles un enfoque educativo e innovador, aprovechando la predilección de las nuevas generaciones hacia la tecnología, convirtiendo esta, en una medio de apoyo a la educación colombiana en las comunidades más vulnerables del país. Si bien es cierto que la herramienta se probó en un colegio distrital, esto no significa que no pueda replicarse en otro tipo de instituciones educativas.

4.1.3 Impacto educativo

De acuerdo a lo nombrado en la sección I , Horus es un proyecto que espera incentivar el uso de material tecnológico en el aula de clases, dando un buen uso a las TIC contribuyendo así a que los profesores motiven a sus alumnos con material lúdico y didáctico que facilite el aprendizaje en temas que pueden ser densos de explicar y entender, y de igual modo se pueda monitorear el avance y comprensión de los temas de manera individual y grupal dando la facilidad de reforzar temas específicos que se dificulten.

Es importante tener en cuenta que, a pesar de las ventajas otorgadas por estas herramientas, cualquier tecnología sin contenidos supervisados por profesionales académicos especializados en el área a la cuál va dirigida, sería una herramienta totalmente desaprovechada puesto que, la tecnología por sí sola no funciona.

4.2 Conclusiones

En esta sección se explica cómo se cumplió tanto el objetivo general como los objetivos específicos acordados al inicio del proyecto, teniendo en cuenta el análisis de resultados obtenidos.

4.2.1 Conclusiones generales

De acuerdo con lo mencionado en el estado del arte, el valor agregado de Horus es la personalización la cual se abarca es la adopción de preferencias de usuarios en la aplicación, lo cual mejoró la experiencia de usuario de acuerdo con las pruebas de usabilidad realizadas. La posibilidad que el niño cree su propio avatar y esté incluido en una historia hace que la aplicación sea atractiva para él y fomente su uso.

El prototipo entregado por Horus demuestra que las herramientas tecnológicas en conjunto con estrategias pedagógicas y actividades lúdicas son un método de enseñanza que complementan el trabajo del profesor en el aula de clase. Sin embargo, es importante resaltar que el público objetivo son los niños y gran parte del trabajo que se realizó en la aplicación, se hizo buscado mantener el interés de estos, para motivarlos a que aprendan y repasen los conceptos vistos en el colegio de manera autónoma, mientras se entretiene utilizando la herramienta.

4.2.2 Conclusiones específicas

Al inicio del proyecto se planeó crear un modelo de personalización que integrara estrategias pedagógicas que implementaran actividades lúdicas, gracias a la asesoría de la licenciada Mónica Brijaldo se logró el objetivo mencionado, creando actividades dinámicas que explicaran de manera clara y simple los temas expuestos en cada uno de los módulos

El desarrollo de la aplicación de acuerdo con el diseño de personalización planteado se puede evidenciar en la entrega del prototipo final, realizado bajo el motor de videojuego multiplataforma Unity utilizando C#, lo cual fue una decisión acertada puesto que, la elección de esta tecnología facilitó la implementación de ejercicios dinámicos que fueran atractivos para los niños utilizando como técnicas drag and drop que permitieron al niño interactuar activamente en el ejercicio.

En las pruebas de usabilidad se concluye que la aplicación es atrayente para los niños, a pesar de que fueron necesario cambios en la interfaz, como mejorar la explicación de algunos ejercicios puesto que los niños no comprendían lo que tenían que hacer y realizar cambios en algunos iconos que no eran fácilmente identificables para ellos.

Las ayudas brindadas por la herramienta cumplen con su objetivo, guiando al niño en la solución del ejercicio no sólo cuando él lo pide, también a partir de un criterio automático, como la definición de un umbral de errores o de un paso específico en la actividad.

Para los profesores del colegio el concepto de generación de informe de avance es de gran utilidad puesto que se facilita la identificación de falencias en temas específicos y de manera grupal cómo individual.

Es importante recalcar nuevamente que gracias al correcto diseño de la solución y especificación de requerimientos evidenciado en los documentos SDD y SRS, el prototipo beta de Horus logró cumplir con las expectativas esperadas, y que además la arquitectura propuesta facilita el escalamiento de la aplicación y la generación de nuevas herramientas educativas tomando como base el modelo de Horus.

4.3 Trabajo futuro

Se proponen tres enfoques en los cuales se puede dar continuidad al trabajo realizado por el equipo Horus: tecnológico, educativo, y a nivel de personalización.

4.3.1 Enfoque tecnológico

La información recolectada de los estudiantes con relación a su estilo de aprendizaje, preferencias, resultados obtenidos en los ejercicios, entre otros puede ser utilizada en modelos de minería de datos tanto predictivos donde se pueda inferir una variable a partir de la combinación de otras como descriptivos donde se pueda descubrir relaciones entre variables del modelo.

En cuanto a la arquitectura física, es un deseable poder desplegar el aplicativo en tecnologías móviles con el fin de aprovechar las ventajas en cuanto a hardware que estos presentan, como pantalla táctil, micrófono y cámara, con las que se pueden generar actividades más atractivas para los niños.

4.3.2 Enfoque educativo

En este se propone ampliar el contenido explicativo de los temas propuestos, alimentándolo con más ejercicios guiados, y problemas de aplicación con el objetivo de darle más herramientas al estudiante para que comprenda mejor los temas. De igual modo, se sugiere agregar temas bases necesarios para la mejor comprensión de fraccionarios, tales como MCM, MCD, números primos, relación con decimales, entre otros.

4.3.3 Enfoque a nivel de personalización

Se propone aumentar la cantidad de escenarios disponibles con el fin de aumentar el grado de afinidad entre las preferencias del usuario y los escenarios a escoger en la aplicación. En este punto es muy importante resaltar la facilidad de la realización de los nuevos escenarios, ya que solamente implica un cambio en las imágenes del aplicativo, no hay necesidad de realizar cambios en el código. A continuación, se incluye un ejemplo de otro escenario posible (Figura 38 y 39), en el que las actividades y lógica se mantienen y sólo cambian las imágenes de la interfaz de usuario.

Respecto al proyecto, como trabajo futuro es posible hacer mejoras en la arquitectura propuesta para hacerla más compleja y facilitar la integración de los distintos componentes de la batería. Por otro lado, es conveniente realizar pruebas de rendimiento formales ya que al desplegarse en dispositivos móviles se debe tener en cuenta su uso de memoria y batería; y finalmente realizar un análisis de costo detallado que permita definir su rentabilidad.

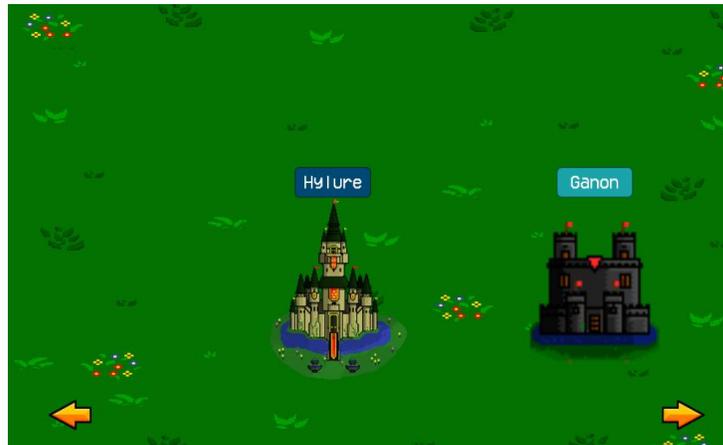


Figura 38 Selección de módulos escenario alternativo

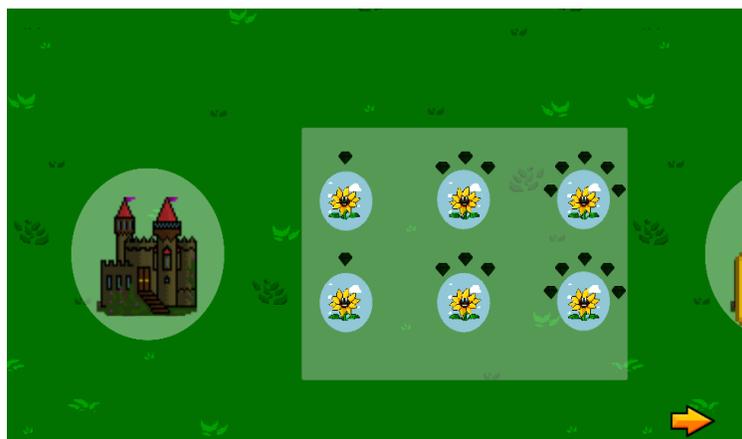


Figura 39 Selección de actividades, escenario alternativo

Con respecto a las ayudas es un deseable que a partir del estilo de aprendizaje se le presenten al niño de manera de audio, hacer y repetir, o de manera visual.

Por último, ligado al primer enfoque de minería, se propone un modelo personalizado en donde la asignación de ejercicios se haga mediante un análisis predictivo en donde se tenga en cuenta las necesidades del estudiante, es decir; si se necesita reforzar, ejercitar, o potenciar un tema en específico.

VII - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. S. Siegler *et al.*, “Early predictors of high school mathematics achievement”, *Psychol. Sci.*, vol. 23, núm. 7, pp. 691–697, 2012.
- [2] L. Fazio y R. Siegler, “Enseñanza de las fracciones”, 2011.
- [3] N. C. Jordan y S. C. Levine, “Socioeconomic variation, number competence, and mathematics learning difficulties in young children”, *Dev. Disabil. Res. Rev.*, vol. 15, núm. 1, pp. 60–68, 2009.
- [4] H. Wenglinsky, “Does it compute? The relationship between educational technology and student achievement in mathematics.”, 1998.
- [5] OECD, “Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA)”, *Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos*, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/programainternacionaldeevaluaciondelosalumnospisa.htm>. [Consultado: 02-dic-2017].
- [6] OECD, “Education GPS - PISA 2015: Full selection of indicators”, *Education GPS - OECD*, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://gpseducation.oecd.org>. [Consultado: 12-feb-2017].
- [7] MinEducacion, “Colombia avanza cuando su educación se sincroniza con las nuevas tecnologías”, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-printer-354607.html>. [Consultado: 01-feb-2017].
- [8] B. Candace y S. Vaughn, *Math instruction for students with learning problems*, 5a ed. Boston: Pearson Education, 2007.
- [9] H. Gardner, “Inteligencias múltiples”, *Teoría En Práctica*, pp. 2014–1, 1993.
- [10] P. Grant y D. Basye, *Personalized learning: A guide for engaging students with technology*. Washington, D.C.: International Society for Technology in Education, 2014.
- [11] F. Velazquez, “La concreción del lenguaje matemático en los primeros años de escolarización”, *ÉMAN*, vol. 16, pp. 111–117, 1994.
- [12] D. Bjorklund y K. Causey, *Children’s thinking: Cognitive development and individual differences*, 6a ed. EUA: SAGE, 2013.
- [13] National Council of Teachers of Mathematics, *Principles, Standards, and Expectations*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics, 2014.

- [14] S. Mahamad, M. N. Ibrahim, y S. M. Taib, “M-learning: A new paradigm of learning mathematics in Malaysia”, *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, núm. 3, pp. 76–86, 2010.
- [15] D. Lerís y M. L. Sein-Echaluce, “La personalización del aprendizaje: Un objetivo del paradigma educativo centrado en el aprendizaje”, *Arbor*, vol. 187, núm. Extra_3, pp. 123–134, 2011.
- [16] Agile modeling, “Just Barely Good Enough Models and Documents: An Agile Best Practice”, *Agile Modeling*, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://agilemodeling.com/essays/barelyGoodEnough.html>. [Consultado: 14-feb-2017].
- [17] “What is Minecraft | Minecraft: Education Edition”. [En línea]. Disponible en: <https://education.minecraft.net/how-it-works/what-is-minecraft/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [18] “.: iZafiro - Trabajo de Grado .:.” [En línea]. Disponible en: <http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1310IS08/paginas/descripcion.html>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [19] L. Learning, *Chicken coop fractions games*. Lumpty Learning, 2014.
- [20] “Slice Fractions - Aplicaciones de Android en Google Play”. [En línea]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.ululab.SliceFractions&hl=es>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [21] “Math Evolve: An educational app for kids”, *Math Evolve: A fun educational video game for practicing multiplication, division, addition, and subtraction*. [En línea]. Disponible en: <http://mathevolve.com>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [22] S. Maths, “Sangaku Maths”. [En línea]. Disponible en: <http://www.sangakoo.com/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [23] “Educatina - Aprende más, de todo.”, *Educatina*. [En línea]. Disponible en: <https://www.educatina.com/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [24] “Mathspace - the world’s smartest maths app”. [En línea]. Disponible en: <https://mathspace.co/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [25] “Tocamates, matemáticas y creatividad”. [En línea]. Disponible en: <http://www.tocamates.com/quienes-somos/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [26] “About - Conceptua Math”. [En línea]. Disponible en: <http://www.conceptuamath.com/about/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [27] “Smartick: Matemáticas para niños.” [En línea]. Disponible en: <https://co.smartickmethod.com/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [28] “retomates - juegos de matemáticas, exámenes y ejercicios”. [En línea]. Disponible en: <http://www.retomates.es/>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [29] S. LearningAid, *Simply Fractions, math games*. Simply LearningAid, 2014.
- [30] “Mundo Primaria - El portal para aprender jugando.” [En línea]. Disponible en: <https://www.mundoprimaria.com/>. [Consultado: 10-nov-2017].

-
- [31]“Basic Fraction on the App Store”, *App Store*. [En línea]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/us/app/basic-fraction/id460652734?mt=8>. [Consultado: 10-nov-2017].
- [32]D. Ausubel, J. Novak, y H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Rinehart and Winston, 1978.
- [33]M. S. Ramírez, *Modelos y estrategias de enseñanza para ambientes innovadores*. México: Editorial digital, 2013.
- [34]J. Piaget, *Science of education and the psychology of the child*. EUA: Orion Press, 1970.
- [35]J. Piaget, “Comments on mathematical education”, *Contemporary Educational Psychology*, vol. 47, 1975.
- [36]Á. Chávez, W. Revilla, E. Castillo, y C. Castañeda, “Programa de estrategias pedagógicas basadas en el modelo psicoeducativo para mejorar el aprendizaje del balonmano en estudiantes de cuarto grado de la I. E Talentos”, *UCV-SCIENTIA*, vol. 4, núm. 2, pp. 119–123, 2010.
- [37]J. Rosario, “TIC: Su uso como Herramienta para el Fortalecimiento y el Desarrollo de la Educación Virtual”, *Observatorio para la ciberseguridad*, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://www.cibersociedad.net/archivo/articulo.php?art=221>. [Consultado: 29-abr-2017].
- [38]UNESCO, “Las TIC en la Educación”, *Las TIC en la Educación*, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts>. [Consultado: 01-may-2017].
- [39]EDUCREA, “Las TIC y el desarrollo del aprendizaje en educación inicial”, *Las TIC y el desarrollo del aprendizaje en educación inicial*, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://educrea.cl/las-tic-y-el-desarrollo-del-aprendizaje-en-educacion-inicial/>. [Consultado: 05-ene-2017].
- [40]M. Real, “Materiales para el desarrollo curricular de matemáticas”, 2010. [En línea]. Disponible en: http://personal.us.es/suarez/ficheros/materiales_para3ESO3.pdf. [Consultado: 05-mar-2017].
- [41]W. O. Montoya Betancur, J. C. Arcila Ospina, y C. M. Macea Coronado, “Propuesta de intervención pedagógica para la enseñanza de fracciones: método tradicional vs. método alternativo”, 2007.
- [42]M. E. Hurtado Orduz, “Una propuesta para la enseñanza de fracciones en el grado sexto”, Universidad Nacional de Colombia, 2012.
- [43]Y. R. Martínez, “Las fracciones: la trayectoria de su enseñanza en la escuela elemental”.
- [44]Castaño, Jorge, *La Matemática Con Da Vinci*. Saberes y escuela, 2004.
- [45]Castaño, Jorge, *La matematica con quetzacoa*. Saberes y escuela, 2003.
- [46]“Unity - Products”, *Unity*. [En línea]. Disponible en: <https://unity3d.com/es/unity>. [Consultado: 06-nov-2017].
- [47]M. O. contributors Jacob Thornton, and Bootstrap, “Bootstrap”. [En línea]. Disponible en: <https://get-bootstrap.com>. [Consultado: 07-nov-2017].
- [48]“PHP: ¿Qué es PHP? - Manual”. [En línea]. Disponible en: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>. [Consultado: 07-nov-2017].

- [49]“MySQL”. [En línea]. Disponible en: <https://www.mysql.com/>. [Consultado: 07-nov-2017].
- [50]“Razones por la que utilizar MySQL”, *Instituto FOC*, 11-abr-2013. .
- [51]“Unity - Manual: Unity Test Runner”. [En línea]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/Manual/testing-editor-test-runner.html>. [Consultado: 07-nov-2017].
- [52]J. Tuya, I. R. Román, y J. J. D. Cosín, *Técnicas cuantitativas para la gestión en la ingeniería del software*. Netbiblo, 2007.
- [53]Usability.gov, “System Usability Scale”, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>. [Consultado: 20-may-2017].
- [54]QUIS, “About the QUIS, version 7.0”, 2009. [En línea]. Disponible en: <http://lap.umd.edu/quis/>. [Consultado: 20-abr-2017].