

Herramienta didáctica para el aprendizaje de sistemas físicos mecánicos usando Realidad Aumentada e Interfaces Naturales de Usuario



Trabajo de Grado

Diego Alejandro Alvis Palencia
Cristian Camilo Riaño Martínez

Director: Ing. Darío Fernando Chamorro Vela
CO-Director: PhD. Gustavo Adolfo Ramírez

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Línea de Investigación Aplicaciones y Servicios sobre Internet
Popayán, Octubre de 2016

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
Listado de Figuras	5
Listado de Tablas.....	7
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Contribuciones o aportes.....	4
1.6 Estructura del documento.....	4
CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE	6
2.1 Contexto General	6
2.1.1 Realidad mixta.....	6
2.1.2 Interfaz de usuario.....	10
2.1.3 TIC en educación	12
2.2 Trabajos relacionados	14
2.2.1 Búsqueda en fuentes bibliográficas	14
2.2.2 Trabajos relevantes	18
2.2.3 Aportes y brechas.....	21
2.3 Información comercial	22
2.3.1 Búsqueda de productos comerciales.....	23
2.3.2 Tecnologías disponibles	26
2.4 Resumen.....	28
CAPÍTULO 3 ANALISIS DE PROBLEMAS EN EL USO DE LAS TIC EN LA EDUCACION MEDIA.....	29
3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC.....	29
3.1.1 Descripción del Grupo de Control.....	29
3.1.2 Ejecución de encuestas.....	30

3.1.3 Análisis de las encuestas	31
3.1.4 Resultados	34
3.2 Caracterización del docente y uso de las TIC.....	34
3.2.1 Descripción del Grupo de Control.....	35
3.2.1 Ejecución de entrevistas.....	35
3.2.2 Análisis de entrevistas.....	36
3.2.3 Resultados	39
3.3 Identificación de temática.....	39
3.3.1 Análisis de datos	40
3.3.2 Resultados	41
3.4 Resumen.....	41
CAPÍTULO 4 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA DIDACTICA.....	43
4.1 Metodología de desarrollo	43
4.1.1 SCRUM	43
4.1.2 <i>Story Mapping</i>	47
4.2 Modelado de herramienta.....	51
4.2.1 Arquitectura del sistema	51
4.2.2 Motor físico.....	52
4.2.3 Realidad aumentada	53
4.2.4 Interfaces naturales	56
4.2.5 Interfaz gráfica de usuario de FisionAR	60
4.3 Implementación.....	64
4.3.1 Implementación de la metodología	64
4.3.2 FisionAR.....	67
4.4 Resumen.....	69
CAPÍTULO 5 EXPERIMENTACION Y EVALUACION.....	71
5.1 Metodología de evaluación.....	71
5.1.1 Planeación del experimento	71
5.2 Pruebas y resultados.....	75
5.2.1 Ejecución.....	75
5.2.2 Aprendizaje significativo	77
5.2.3 Uso de la herramienta	86
5.3 Resumen.....	89

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	91
6.1 Conclusiones.....	91
6.1.1 Conclusiones del estado del arte.....	91
6.1.2 Conclusiones de la caracterización	92
6.1.3 Conclusiones sobre el diseño y desarrollo de la aplicación	92
6.1.4 Conclusiones de la evaluación	93
6.1.5 Conclusiones generales	93
6.2 Contribuciones	93
6.3 Lecciones aprendidas	94
6.3 Trabajos futuros	95
Referencias.....	96
ANEXOS	
ANEXO A CONSENTIMIENTOS INFORMADOS	1
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA INSTITUCION.....	1
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL DOCENTE	4
ANEXO B GUÍAS PARA LAS ENCUESTAS, ENTREVISTAS E IDENTIFICACION DE TEMATICA EN LA CARACTERIZACION.....	7
GUÍA PARA LAS ENCUESTAS	7
GUÍA PARA LAS ENTREVISTAS A PROFUNDIDAD	9
GUÍA PARA LA ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE TEMÁTICA.....	10
ANEXO C GRAFICAS RESULTADO DE ENCUESTAS	11
ANEXO D TRANSCRIPCIONES Y TABLA DE CO-OCURRENCIA.....	16
TRANSCRIPCIONES.....	16
TABLA DE CO-OCURRENCIA	18
ANEXO E PRODUCT BACKLOG Y SPRINT BACKLOGS	19
ANEXO F PRETEST, POSTEST Y GUIA DE LABORATORIO	23
PRETEST	23
POSTEST	26
GUIA DE LABORATORIO.....	28
ANEXO G CUESTIONARIO DE SATISFACCION Y GRAFICAS DE RESULTADOS	32
GUIA DE CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN	32
GRAFICAS DE RESULTADOS.....	34

Listado de Figuras

Espectro de la realidad mixta	7
Aplicaciones AR de acuerdo al tipo de elemento de disparo (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012)	9
Características demográficas	30
Inconformidad con actividades realizadas en clase.....	31
Aceptación de las TIC por parte de estudiantes	32
Uso de las aplicaciones móviles para la educación.....	32
Entendimiento de temas físicos	33
Gusto por los temas de física.....	33
Red de conceptos	36
Fragmento red de conceptos	37
Fragmento red de conceptos	37
Fragmento red de conceptos	38
Fragmento tabla de coocurrencia.....	38
Proceso SCRUM.....	44
Componentes <i>Story Mapping</i>	49
<i>Story Mapping</i>	50
Arquitectura del sistema.....	51
Arquitectura aplicación con Vuforia	54
Target de ejemplo	55
Target del experimento	55
<i>Target</i> y ayudante de FisionAR.....	56
Leap Motion	57
Espacio de interacción del dispositivo	57
Gesto <i>swipe</i>	58
Gesto <i>two-fingers swipe</i>	59
Gesto <i>all-hand pinch</i>	59
Gesto <i>raise open palm</i>	60
Gesto <i>drop open palm</i>	60
Interfaz menú de Inicio.....	61
Interfaz menú de ayuda	61
Interfaz instrucciones AR	62
Interfaz instrucciones NUI	62
Interfaz escena del experimento	63
Interfaz menú de ajustes de experimento.....	63
<i>Burn-Down Chart</i>	66
Interfaz "Inicio"	68
Interfaz "Escena del experimento"	68
Interfaz "Menú de ajustes de experimento"	69
Interfaz "Experimento"	69

Ejecución de evaluaciones.....	76
Interacción con la herramienta GE.....	76
Pretest física general.....	80
Aciertos pretest GC.....	81
Aciertos pretest GE.....	82
Aciertos postest GC vs GE.....	83
Facilidad de uso percibida de AR.....	87
Acogida de la AR en física.....	87
Percepción del aprendizaje con la herramienta.....	88
Acogida de las NUI frente las TUI.....	88
Facilidad de uso del Leap Motion percibida.....	89
Características demográficas población encuestada.....	11
Graficas preguntas encuesta estudiantes 1 y 2.....	11
Graficas preguntas encuesta estudiantes 3 y 4.....	12
Graficas preguntas encuesta estudiantes 5 y 6.....	12
Graficas preguntas encuesta estudiantes 7 y 8.....	13
Graficas preguntas encuesta estudiantes 9 y 10.....	13
Graficas preguntas encuesta estudiantes 11 y 12.....	14
Graficas preguntas encuesta estudiantes 12a y 12b.....	14
Grafica pregunta encuesta estudiantes 12c.....	15
Grafica pregunta encuesta estudiantes 12d.....	15
Entrevista 1.....	16
Entrevista 2.....	17
Entrevista 3.....	17
Tabla de Co-ocurrencia.....	18
<i>Sprint Backlog 1</i>	20
<i>Sprint Backlog 2</i>	21
<i>Sprint Backlog 3</i>	22
Preguntas encuesta satisfacción 1 y 2.....	34
Preguntas encuesta satisfacción 3 y 4.....	34
Preguntas encuesta satisfacción 5 y 6.....	35
Preguntas encuesta satisfacción 7 y 8.....	35
Preguntas encuesta satisfacción 9 y 10.....	36

Listado de Tablas

Aplicaciones AR móvil de acuerdo a visualización y superposición (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012)	9
Resultados de la búsqueda general por fuentes bibliográficas y palabras clave.	16
Referentes revisados por título	17
Referentes revisados por título, interés, resumen, conclusiones y autores	18
Aportes y brechas	22
Productos comerciales.....	25
<i>Frameworks</i> de AR	27
Tecnologías para NUI	27
Problemas detectados por la caracterización de estudiantes	34
Perfil del participante.....	35
Problemas detectados por la caracterización docente	39
Criterios para selección de temática	40
Núcleos temáticos grado 10°	40
Selección de temática.....	41
Criterios para el diseño de gestos	58
Asignación de roles.....	64
Cronograma de pruebas	74
Resultados pretest	77
Resultados pretest física general	77
Resultados pretest colisiones.....	78
Resultados postest	78
Resultados individuales para prueba T	79
Prueba de Normalidad	84
Prueba T	85
Resultados cuestionario de satisfacción.....	86

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la motivación que llevó a la realización de este trabajo de investigación, de igual manera se realiza un planteamiento del problema del cual se abstrae una pregunta de investigación que será el eje central sobre el que se desarrolla todo el documento. Adicionalmente se presentan los objetivos del presente trabajo, así como las contribuciones o aportes y la manera como se encuentra estructurado el documento.

1.1 Motivación

Una de las principales razones de deserción escolar en Colombia se debe a disminución de interés por parte de los estudiantes de educación media respecto a los contenidos educativos, los cuales, no resultan atractivos para ellos y tampoco llenan sus expectativas. Esta problemática se suma al hecho de que existe una constante frustración a raíz de las calificaciones obtenidos en materias que a pesar de que posean el mayor índice de intensidad horaria, no dejan de ser complejas para los estudiantes, dado al alto grado de lógica y abstracción que estas requieren. Por esta razón nace la idea de construir una herramienta TIC que incremente la motivación de la población estudiantil por este tipo de materias, haciendo uso de tecnologías vanguardistas que logran captar la atención de los jóvenes, facilitando el entendimiento de temas que muchas veces resultan difíciles de interpretar a través de mecánicas convencionales como el “papel y lápiz”. De esta manera dicha herramienta busca ser una ayuda didáctica que sirva como soporte en el estudio de conceptos de física mecánica, superando las dificultades tanto en la enseñanza como en el aprendizaje en la educación media aprovechando la inversión tecnológica que ha venido realizando el gobierno nacional en los últimos años.

1.2 Planteamiento del problema

La última década ha estado marcada por una constante evolución tecnológica, que ha introducido aplicaciones y servicios en internet a nuestra cultura y cotidianidad, y como tal a los procesos de enseñanza y aprendizaje, generando nuevas perspectivas y posibilidades en la educación, lo cual, ha permitido que esta se vuelva digital y electrónica (Costabile, De Angeli, Lanzilotti, & Ardito, 2008), contribuyendo a que sea más colaborativa, interdisciplinaria y asequible, entre

1.2 Planteamiento del problema

otros beneficios (Villaroman, Rowe, & Bret, 2011). A pesar de que se han presentado dificultades en la implementación de las TIC en la educación en Latinoamérica (UNESCO, Enfoque Estratégico sobre Tics En Educación en América Latina y el Caribe, 2012), múltiples estudios han demostrado resultados significativos en el incremento de la motivación y el aprendizaje de los estudiantes (Gómez Mercado & Oyola Mayoral, 2012) presentando oportunidades para la mejora de los procesos de aprendizaje - enseñanza - evaluación, a través de la implementación de nuevas tecnologías.

En el grupo de nuevas tecnologías que impactarán a la educación sobresale la Realidad Aumentada (AR)¹, que fomenta la imaginación, creatividad y motivación de los estudiantes (Radu, 2012). Por esta razón la AR es considerada como una de las principales tecnologías emergentes que serán aplicadas en la educación en los próximos 5 años (Parvathy K. R., McLain, Bijlani, Jayakrishnan, & Bhavani, 2016), así como lo ha resaltado el reporte *Horizon* en sus últimas ediciones (Johnson, Smith, Willis, Levine, & Haywood, 2011). Sin embargo, la mayoría de herramientas diseñadas con AR no son usadas extensamente en escuelas o universidades debido a elevados costos de mantenimiento y de los equipos, sin mencionar la difícil interacción con estos (Kaufmann & Meyer, 2008).

Como se dijo antes, una de las dificultades para difundir el uso de las aplicaciones de AR es la difícil interacción con sus contenidos; pues el usuario logra interactuar fácilmente con el mundo real, donde se muestran estos contenidos, pero no directamente con el mundo digital. Existen medios tradicionales para interactuar con el mundo digital, como teclados y controles, pero no son apropiados para AR (Mateu, Lasala, & Alamán, 2013), pues sus contenidos se muestran en el mundo real y no en una pantalla. Lo anterior es una dificultad que se ha considerado puede ser solucionado por las Interfaces Naturales de Usuario (NUI)² (Seo, Kim, & Kim, 2006) (Radu, 2012) las cuales le permiten al usuario interactuar de manera natural con las máquinas.

Además de esto, se ha comprobado que el aprendizaje usando este tipo de interfaces potencian factores como la memoria a largo plazo, la motivación y la memoria espacial (Radu, 2012) (Seo, Kim, & Kim, 2006), gracias a que activan la memoria kinestésica. Lo anterior combinado con las ventajas de la AR en la educación, hacen que se recomiende de manera exhaustiva el uso de NUI como un buen complemento para realizar la interacción con contenido virtual como el presente en AR.

Colombia no es un país ajeno a las ventajas educativas que proporcionan las tecnologías emergentes, por este motivo le ha apostado a las tecnologías móviles (*m-learning*) (MinTIC, Tabletas para Educar) (MinTIC, Más de 355 mil tabletas recibirán niños de Colombia a partir de julio, 2014), buscando superar falencias presentes en el modelo educativo; esto buscando cumplir las metas establecidas para el 2025 (Colombia la más educada de Latinoamérica) (Colombia deberá ser en 2025 el país más educado de Suramérica, 2014). Para lograr esto

¹ AR: *Augmented Reality*

² NUI: *Natural User Interface*

1.3 Objetivos

deben solucionarse dificultades educativas presentes en áreas de las ciencias naturales como matemática, física, química y biología. Particularmente los conocimientos en Física requieren el entendimiento de conceptos invisibles (como fuerzas y ondas) que actúan en un mundo tridimensional, lo cual es arduo de plasmar en un medio convencional como una hoja o un tablero y por ende difícil de entender con técnicas tradicionales (Ibáñez, Serio, Villarana, & Delgado Kloos, 2014) (Kaufmann & Meyer, 2008). De igual forma los laboratorios de estos temas cuentan con problemas operacionales inherentes a su naturaleza como los costos, la limpieza del sitio, la configuración del entorno e incluso la seguridad (Seo, Kim, & Kim, 2006).

Teniendo en cuenta el problema planteado anteriormente surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo el uso de las tecnologías de AR y NUI facilita el proceso de enseñanza y aprendizaje de fenómenos físicos mecánicos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Desarrollar una herramienta didáctica³ basada en realidad aumentada e interfaces naturales de usuario para facilitar los procesos de aprendizaje en un tema de sistemas físicos mecánicos⁴.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el escenario y contexto de los docentes y estudiantes de la materia física en la Institución Educativa Técnico Industrial de Popayán en el grado 10°.
- Desarrollar un prototipo de herramienta soportada en realidad aumentada e interfaces naturales de usuario, basada en los resultados de la caracterización del objetivo anterior.
- Evaluar la herramienta mediante un caso de estudio en un entorno educativo de prueba en la Institución Educativa Técnico Industrial de Popayán.

1.4 Hipótesis

La hipótesis planteada para el trabajo y con la cual se pretende responder a la pregunta de investigación es: El uso de tecnologías de Realidad Aumentada e Interfaces naturales de usuario facilita los procesos de aprendizaje de fenómenos físicos mecánicos.

³ Entiéndase didáctica como lo define la RAE: una herramienta tal que sea adecuada para la enseñanza.

⁴ Un sistema perteneciente a la rama de la física que estudia y analiza el movimiento y reposo de los cuerpos a través el tiempo, denominada mecánica.

1.5 Contribuciones o aportes

Con el desarrollo de este proyecto, se lograrán aportes significativos en el ámbito académico, investigativo y de las tecnologías de la información y comunicación en diferentes escenarios. Entre estos aportes se encuentran:

- La caracterización de los estudiantes en cuanto al uso de TIC en la educación, en al menos una institución educativa.
- La caracterización de los estudiantes en cuanto al uso de TIC en la educación, en al menos una institución educativa.
- Diseño y desarrollo de un prototipo de herramienta didáctica para el aprendizaje de sistemas físicos mecánicos que use AR y NU.
- Evaluación de la herramienta propuesta para delimitar el nivel de aprendizaje obtenido.
- Un artículo académico que condense los resultados de la investigación propuesta.

1.6 Estructura del documento

El presente documento posee la siguiente estructura.

- Capítulo 1, “Introducción”, presenta la introducción, motivación, planteamiento del problema, objetivos, contribuciones o aportes y la estructura general del documento.
- Capítulo 2, “Estado del Arte”, contiene una explicación de los conceptos más importantes que serán utilizados a lo largo del desarrollo del documento, así como una exploración sobre las tecnologías a utilizar y los trabajos y experiencias previas realizadas sobre el uso de Realidad Aumentada e Interfaces Naturales de Usuario para la construcción de una herramienta didáctica para el campo de la educación.
- Capítulo 3, “Análisis de problemas en el uso de las TIC en la educación media”, hace referencia a un análisis y caracterización tanto de estudiantes como docentes en relación a los principales problemas del uso de las TIC en la educación, particularmente en educación media.
- Capítulo 4, “Diseño e implementación de la herramienta didáctica”, presenta todo el proceso de diseño y construcción de la herramienta, así como la metodología de desarrollo escogida para completar dicho proceso. En este capítulo se establece una arquitectura de desarrollo de acuerdo a las tecnologías seleccionadas una vez se ha realizado una previa exploración de estas.
- Capítulo 5, “Experimentación y evaluación”, hace referencia a la metodología de evaluación escogida para la realizar una experimentación con la herramienta dentro de las instalaciones del Instituto Técnico Industrial de la ciudad de Popayán.

1.6 Estructura del documento

- Capítulo 6, “Conclusiones y trabajos futuros”, presenta las conclusiones y logros obtenidos de acuerdo a una síntesis de los resultados de todo el trabajo, las lecciones aprendidas durante el proceso y los trabajos a futuros que pueden surgir a partir de la elaboración de este trabajo.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

Este capítulo corresponde al desarrollo del estado del arte como componente de investigación documental, lo cual mediante una exploración de información existente en fuentes comerciales y bibliográficas para enmarcar el presente proyecto dentro de un contexto de educación específico, de esta manera se presentan las bases teóricas necesarias que permitan analizar cómo la Realidad Aumentada (AR) en combinación con las interfaces naturales de usuario (NUI) sirve de soporte en el proceso de aprendizaje en niveles de educación media y alta, exponiendo sus principales beneficios y problemas. Por último y como resultado de la exploración de información en fuentes bibliográficas se obtienen las brechas existentes entre los trabajos relacionados, fijando un punto de referencia que ayude a identificar el aporte realizado por este trabajo de investigación.

2.1 Contexto General

Esta sección contiene conceptos relevantes para la comprensión y posterior análisis del problema central del presente trabajo de grado. Entre los conceptos más importantes se destacan los relacionados con Educación, Realidad Aumentada e Interfaces Usuario y una revisión de los mayores esfuerzos en el uso de TIC en un ambiente escolar.

2.1.1 Realidad mixta

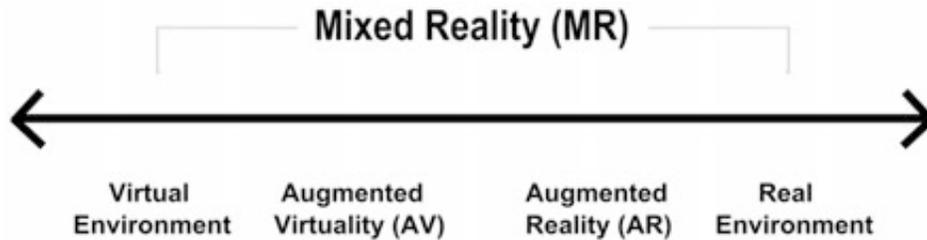
La Realidad Mixta (MR)⁵ es un conjunto de técnicas que combinan ambientes generados por computadoras o mundos virtuales con el entorno que percibimos a través de los sentidos o mundo físico en tiempo real. El término fue usado por primera vez en 1994 por Milgram y Kishino para agrupar y categorizar las distintas tecnologías que existían en ese entonces considerando la proporción de contenido proveniente del mundo físico y la inmersividad del usuario con el contenido proveniente del mundo virtual.

Como se muestra en la Figura 1 en un extremo de la MR se encuentra el mundo real, donde todo lo que experimentamos es producto de la realidad física que todos compartimos y experimentamos con los sentidos; en cambio, en el otro extremo se encuentran los mundos

⁵ MR: *Mixed Reality*

2.1 Contexto General

virtuales, donde todo lo que percibimos es generado artificialmente y no tiene ninguna conexión con los objetos o localizaciones del mundo real. En medio de estos dos extremos se ubican dos conceptos para definir ambientes de realidades mixtas; la realidad aumentada (AR), en la cual, contenido creado por computador es insertado en la percepción del mundo real del usuario; y la virtualidad aumentada (AV) en donde el mundo percibido es virtual en su mayoría, pero con contenido del mundo real mezclado o superpuesto (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012).



Source: Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*,77(12).

Figura 1 Espectro de la realidad mixta

Actualmente el mayor campo de acción de todas las aplicaciones pertenecientes al espectro de la MR, se encuentra en la industria de los videojuegos. Son estas empresas las que realizan los mayores esfuerzos en el desarrollo de nuevos dispositivos (Olmedo & Jorge, 2013) buscando mejorar la experiencia de usuario en estos ambientes.

2.1.1.1 Realidad virtual

La realidad virtual (VR)⁶ le presenta al usuario ambientes completamente simulados y que no tienen ninguna relación con el mundo físico sumiendo lo en otros mundos y usualmente perdiendo contacto o percepción del entorno.

Actualmente los usos más recurrentes de VR son en el ámbito de los videojuegos a modo de MMORPG (Juegos de Rol Multijugador Masivos Online), los cuales sumergen al usuario en un mundo ficticio donde la interacción se da por medio de un avatar (personaje virtual) y visto a través de un monitor de computadora.

2.1.1.2 Virtualidad aumentada

Las aplicaciones de virtualidad aumentada (AV)⁷ permiten al usuario experimentar ambientes mayormente simulados por computadora similar al VR, pero incorporando elementos del mundo real. Un ejemplo de esta tecnología son las consolas de videojuegos, las cuales han desarrollado juegos, generalmente de deportes, en los cuales la interacción con objetos reales o la presencia de los mismos sirven como avatares en este ambiente virtual.

⁶ VR: *Virtual Reality*

⁷ AV: *Augmented Virtuality*

2.1.1.3 Realidad aumentada

La realidad aumentada (AR) y VR fueron los primeros en aparecer comenzando con la publicación “*The Ultimate Display*” de Ivan Sutherland en 1965; la cual describe un cuarto capaz de crear materia como salida del sistema, lo que le permite al usuario controlar libremente el entorno que lo rodeaba simulando así cualquier ambiente o escenario.

La AR cuenta con tres criterios básicos: (i) combina elementos reales y virtuales (donde un objeto virtual puede ser cualquier tipo de contenido virtual: audio, imágenes, video, etc.), (ii) que interactúan en tiempo real, y (iii) que son percibidos en 3D (Azuma, 1997). Otras definiciones de AR incluyen: son sistemas que combinan información real y generada por computadora en un entorno real, interactivo y en tiempo real, y que alinea objetos virtuales con físicos (Höllner & Feiner, 2004); o, la AR es cualquier tecnología que permite que imágenes generadas por computadora se sobre pongan en objetos físicos en tiempo real (Zhou, Duh, & Billinghurst, 2008). El concepto de AR es un pilar esencial para el desarrollo de este proyecto, por este motivo es importante resaltar que la AR no se considera como una tecnología específica (como el uso de interfaces montadas en la cabeza HMD⁸), sino más bien una técnica para el desarrollo de aplicaciones interactivas; por lo cual se resalta como la primera definición permite a distintas tecnologías encajar, mientras retiene los componentes esenciales de la AR.

El contenido de AR puede ser mostrado a través de una interfaz ya sea móvil, o estacionaria.

2.1.1.3.1 Interfaces de AR estacionarias

La mayoría de interfaces de visualización estacionarias son espejos virtuales. Un espejo virtual consiste en un dispositivo o sistema que refleja una versión del mundo real con contenidos virtuales superpuestos de modo que parecen existir en el mundo real. El sistema más común para una interfaz estacionaria consta de un computador equipado con una cámara.

2.1.1.3.2 Interfaces de AR móviles

El reciente incremento en las capacidades de procesamiento y de detección del entorno (sensores de posición, acelerómetros, etc.) de los Smartphones, Tablets y otros dispositivos de mano, ha permitido que estos equipos se conviertan en una de las plataformas más usadas en el desarrollo de aplicaciones de AR. Para su implementación se usa la cámara y la pantalla del dispositivo para simular una ventana virtual, la cual le permite al usuario ver el mundo con el contenido virtual superpuesto.

La AR móvil funciona de 2 formas; a través de localización, usando el GPS o incluso Wifi; o por medio de algún tipo de reconocimiento de patrón del mundo físico, como imágenes u objetos. De acuerdo al tipo de evento que dispare el contenido aumentado, la AR se puede dividir en 5 tipos los cuales se explican en más detalles en la Tabla 1.

⁸ HMD: *Head Mounted Display*

2.1 Contexto General

Mobile AR overlay applications and display systems

Type	Common systems	Linking method	Content display	Example AR Products	Implementation
Geotag Apps	<ul style="list-style-type: none"> • Mobile Device (Smartphone/ Tablet/HMD) • GPS • Compass • Internal sensors • Camera 	Point-linked (1D)	Point-tracking	Geo-referenced hyperlinked media	Easy
QR-Code Apps	Smartphone/Tablet/Mobile HMD	Code-linked (2D)	Non-anchored	Code-referenced hyperlinked media	Easy
Image-link Apps	<ul style="list-style-type: none"> • Camera • Internal sensors 	Image-linked (2D)	Non-anchored	Image-referenced Hyperlinked media	Easy
Augmented surface apps		Surface-linked (3D)	Surface-tracking	Augmented surface 3D content/games	Hard/ Professional
Augmented object Apps		Object-linked (3D)	Object-tracking	Augmented object 3D content/Games	Professional
Virtual costume apps		Human-linked (3D)	Human-tracking	3D Social networking links	Professional
Augmented environment games	Smartphone/Tablet/UAV (Drone) <ul style="list-style-type: none"> • Compass • Internal sensors • Camera 	Object-linked (3D)	Object-tracking	Drone racing games, Drone combat games	Hard/ Professional

Tabla 1 Aplicaciones AR móvil de acuerdo a visualización y superposición (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012)

Se debe considerar la naturaleza del elemento que dispara el contenido aumentado. Dicho gatillo puede ser: en una dimensión (dirección en que apunta el dispositivo), dos dimensiones (una imagen o código plano) o en tres dimensiones (un objeto con todas las características del mundo real). Esto se puede apreciar en la Figura 2.

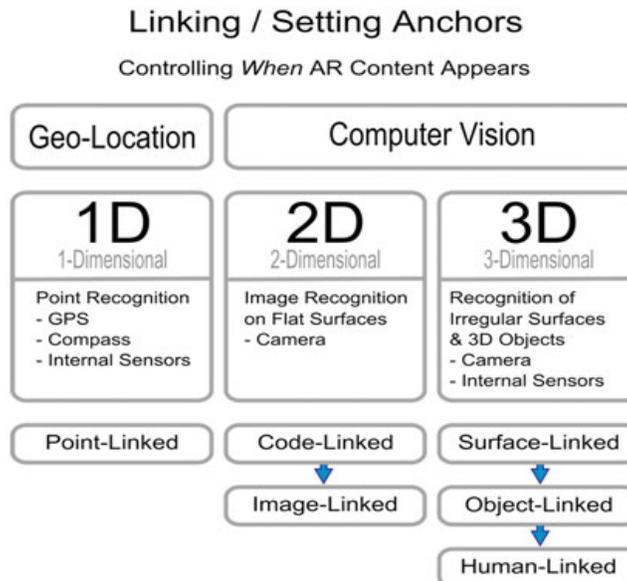


Figura 2 Aplicaciones AR de acuerdo al tipo de elemento de disparo (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012)

2.1 Contexto General

2.1.1.3.3 AR en la educación

La AR se ha estado desarrollando durante muchos años, logrando grandes avances especialmente en los campos del entretenimiento y la educación. Ha llegado a ser considerada como una de las principales tecnologías emergentes que serán aplicadas a la educación en los próximos 5 años (Parvathy K. , McLain, Bijlani, Jayakrishnan, & Bhavani, 2016), así como lo ha expuesto sucesivamente el reporte *Horizon* (proyecto para resaltar las tecnologías emergentes más importantes en el área de la educación y el aprendizaje) en los últimos años.

Esto se ve reflejado en los resultados positivos que han arrojado los numerosos estudios de AR en la educación realizados recientemente (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012). Entre los cuales se resalta (Radu, 2012) el fomento a la imaginación, creatividad y motivación de los estudiantes, debido a la naturaleza exploratoria de la AR. Además, su bajo costo en el desarrollo facilita su implementación en distintos ambientes de aprendizaje; y la posibilidad de explorar mundos de difícil acceso, como el microscópico o el de las ondas magnéticas.

Teniendo en cuenta las distintas aplicaciones de AR exitosas que se han desarrollado para la educación, podemos dividir estas en 4 categorías (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2012):

1. **Libros:** cuyo contenido es complementado con modelos 3D, algunas veces interactivos.
2. **Juegos:** Que incentivan la exploración y creatividad en un entorno de AR
3. **Modelado de objetos:** Usando un enfoque educativo constructivista los estudiantes pueden realizar complejos modelos 3D de forma sencilla en AR
4. **Entrenamiento de habilidades:** Proporcionando valiosas experiencias en tareas cotidianas, en especial en la industria militar y médica.

2.1.2 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario (UI)⁹ es la estructura conceptual y tecnológica utilizada para el intercambio de información e interacción entre la aplicación y el usuario, consta de elementos que permiten emitir órdenes y peticiones las cuales son procesadas por la aplicación (Lafkas, 2013). En (Jørgensen, 2006) se define la interfaz de usuario como el medio con el que el usuario establece una comunicación, de una o dos vías, con un ordenador o dispositivo. Las interfaces de usuario se pueden clasificar según el método de interacción.

2.1.2.1 Interfaz de línea de comandos (CLI)

Una interfaz de línea de comando utiliza texto como insumo para la comunicación entre la aplicación y el usuario. Dicha aplicación contiene un "diccionario" con ciertas palabras reconocibles, comúnmente introducidas por teclado, que corresponden a instrucciones específicas de la aplicación, la cual responde mediante la ejecución de algún proceso o el despliegue de un resultado, según sea la naturaleza y tipo de comando ejecutado por el usuario.

⁹ UI: User Interface

2.1.2.2 Interfaz gráfica de usuario (GUI)

Son quizás las más populares y constituyen la principal forma de interactuar con una aplicación actualmente. Una interfaz gráfica de usuario hace uso de elementos visuales para representar la información y las acciones disponibles en la aplicación generando un entorno de fácil manejo y sencillo en cuanto a la interacción humano-computador (Lafkas, 2013). Las interfaces gráficas fueron concebidos en los años 70, pero se hizo popular en la década de mediados de los 80 con su primera aparición en las computadoras de gran consumo, revolucionando la manera de comunicarse e introduciendo un lenguaje visual y amigable con los sistemas informáticos, siendo el ratón el instrumento de entrada más utilizado en este tipo de interfaces debido a su funcionamiento de seleccionar, arrastrar y soltar, acciones que funcionan en perfecta armonía con la interfaces gráficas de usuario (Mullet & Sano, 1994).

2.1.2.3 Interfaz tangible de usuario (TUI)

Introducido por Ishii y Ulmer en 1997, se define como el acoplamiento del mundo real mediante la lectura de información de un objeto físico utilizado como dispositivo de entrada y salida, un ejemplo de esta clase de interfaz es el ratón (mouse) del computador. Este tipo de interfaz proporciona una interacción directa por medio de la manipulación del objeto realizando acciones sobre él cómo rotar, desplazar, comprimir, tocar, etc. Esta interacción se convierte en un método de comunicación natural e intuitivo para el usuario (Ishii, 2008). La interfaz tangible posee una limitación en cuanto a las funciones soportadas debido a que estas dependen del número de acciones que se pueden realizar con el objeto.

2.1.2.4 Interfaz natural de usuario (NUI)

Se basa en el diseño de interacciones que se sienten natural para el ser humano. En ese sentido, el usuario y la aplicación se comunican de una manera que se asemeja a la comunicación humana (Lafkas, 2013). El objetivo de este modelo de diseño es hacer que la interfaz se comporte de una manera que se siente real y no icónica (Curtis, 2013). La característica más notable de las interfaces naturales es el soporte extendido para reconocer gestos siendo capaz de reconocer un movimiento realizado por el usuario y asignarle a una acción determinada. Otro aspecto importante es la capacidad para entender el habla, al igual que con los gestos, una palabra, una frase o un dictado se pueden identificar para invocar una respuesta desde la aplicación. Además de todo esto una interfaz natural de usuario tiene la capacidad de ser consciente del contexto, esto significa que la interfaz puede adaptarse a diferentes condiciones ambientales o a expresiones contextuales percibidas en la comunicación (Lafkas, 2013), un ejemplo de lo primero es el ajuste de brillo en la pantalla dependiendo de las condiciones de luz del lugar, mientras que una instancia de lo segundo es apagar o suspender la pantalla cuando el usuario gira la cabeza lejos de él, apartando del foco de la aplicación.

La interfaz natural de usuario no es un concepto nuevo, sin embargo, en los últimos años ha ganado popularidad y formando parte de la evolución tecnológica. Su influencia se hace más notable en el campo de diseño y desarrollo de prototipos digitales y en la mejora de experiencia de usuario como sustituto de las interfaces de usuario tradicionales. Las NUI brindan un método

2.1 Contexto General

altamente intuitivo con relación a la interacción entre el usuario y la aplicación facilitando el manejo de programas y aplicaciones informáticas aprovechando todo el potencial que estas ofrecen (Florin & Butnariu, 2015)

2.1.2.5 Interfaz natural de usuario y realidad aumentada

La inclusión de objetos virtuales en entornos reales es la principal función de la AR, la cual busca unir cada vez más el mundo digital con el mundo real. Sin embargo, los estudios e investigaciones han centrado todos sus esfuerzos en hacer que los objetos virtuales formen parte del mundo real de forma que pueda percibirse como si de verdad pertenecieran a este mundo, es decir que fueran capaces de adaptarse a un entorno cambiante y al contexto que lo rodea, descuidando por completo la manera en cómo las personas interactúan con estos objetos. Si partimos del hecho de que las NUI buscan virtualizar la manera natural en que se comunican los seres humanos con su entorno, a través del reconocimiento de gestos, se puede asumir que la NUI son el complemento indicado para impulsar la tecnología AR al siguiente nivel, dado a que estas tecnologías combinadas ofrecen un perfecto balance entre la comunicación en dos vías que va desde la realidad virtual hacia él los usuarios finales y su entorno, y en viceversa.

2.1.3 TIC en educación

La aparición de nuevos conceptos como Web 2.0 ha introducido espacios como foros, chats, blogs, redes sociales, wikis y demás contenido de carácter interactivo y colaborativo a nuestra cotidianidad. Estas tecnologías han impactado en la educación permitiendo que los procesos de enseñanza y aprendizaje se vuelvan digitales y electrónicos (Costabile, De Angeli, Lanzilotti, & Ardito, 2008), trayendo consigo una educación más colaborativa, interdisciplinaria y asequible, entre otros beneficios (Villaroman, Rowe, & Bret, 2011).

Es importante resaltar que solo el uso de tecnologías no garantiza el aprendizaje en el estudiante, pues el aprender depende de muchos factores; entre ellos, de la voluntad de aprender, la orientación, la previa adquisición de actitudes para aprender, y así como del grado de competencia de los profesionales que desarrollan los programas y de la habilidad de los tutores locales (UNESCO, 7ª Tecnologías de la Información: Nuevas Tecnologías de la Información y Educación de Adultos, 1999).

Aun así, las evidencias de los beneficios de usar Tics en la educación son contundentes, demostrando como aumentan la motivación, el aprendizaje colaborativo, el entendimiento del espacio, la creatividad, la solución de problemas, la gestión del aprendizaje propio y el alcance en la educación de calidad (Gómez Mercado & Oyola Mayoral, 2012) (Radu, 2012).

Debido a su naturaleza las Tics tienen un gran potencial para la comunicación, difusión de la información y el aprendizaje constante, por lo cual, es importante invertir en ellas (Ruiz Castañeda, Ferrer Esparza, & Jimenez Torres, 2008). Es por esto que actualmente se ven programas como Enciclomedia (Programa "Enciclomedia", 2012) y Explora (Programa: Habilidades Digitales para Todos, 2012) que son dos plataformas de aprendizaje virtual implementadas por el gobierno de México, las cuales obtuvieron muy buenos resultados, pero

2.1 Contexto General

se resalta la necesidad de vincular estas con los enfoques metodológicos existentes actualmente por medio de una planeación con los docentes.

Por otra parte, la Universidad Autónoma de Barcelona evaluó el uso de la Pizarra Digital, libros digitales y uso de Internet a lo largo de 10 centros educativos en Cataluña (Coscollola & Agustó, 2010), donde destaca el aumento de la motivación tanto de estudiantes como docentes, el incremento en la participación, la facilitación en la comprensión de las temáticas y el aprendizaje en general.

2.1.3.1 En Colombia

En Colombia, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Educación ha realizado distintos esfuerzos por proporcionar elementos tecnológicos que permitan el aprovechamiento de las Tic en salones de clase de las instituciones públicas. Tal como el Programa de Formación de Docentes CREA-TIC, que busca fortalecer las competencias de los docentes e implementar experiencias innovadoras de aprendizaje, usando las Tic en la educación (Construyendo Capacidades en Uso de TIC para Innovar en Educación). Así mismo podemos resaltar los programas Computadores para Educar (Computadores para Educar, 2016) y Tablet para Educar (Tabletas para Educar, 2016), los cuales pretenden aportar al desarrollo tecnológico del país brindando oportunidades de acceso, apropiación y aprovechamiento de las Tic en instituciones educativas públicas; así como también al mejoramiento de la calidad educativa del país buscando cumplir las metas establecidas para el 2025 (Colombia deberá ser en 2025 el país más educado de Suramérica, 2014).

En el marco del programa educativo Todos a Aprender (Vence Pájaro, 2014) se diseñaron e implementaron actividades mediante el uso de las Tic para las estrategias en la enseñanza de las áreas de Lenguaje y Matemáticas. Con este propósito se usó el software educativo ActivInspire (Rosen, 2013), pero este, al ser poco usable requirió el soporte de un tutor para capacitar a los docentes en el manejo del software.

Por último, a nivel local se implementó el proyecto Smart School (Serrano, 2015) que busca soportar procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación incorporando buenas prácticas en el uso de las Tic basadas en las necesidades de estudiantes y profesores. En el marco de este proyecto nace el programa Maestros Creativos, el cual, tiene como objetivo que los estudiantes logren alcanzar aprendizajes significativos en el aula, brindándoles herramientas tecnológicas a los profesores que les permitan implementar procesos de enseñanza-aprendizaje que faciliten esta meta.

2.2 Trabajos relacionados

2.2.1 Búsqueda en fuentes bibliográficas

A continuación, se realiza la búsqueda de información relacionada en fuentes bibliográficas para tener una mayor comprensión del estado en el que se encuentran actualmente la investigación y el desarrollo en los campos de AR, educación y NUI.

2.2.1.1 Selección de fuentes de información

Para realizar la búsqueda se consultó en distintas fuentes bibliográficas de gran renombre, las cuales arrojaron resultados de investigaciones de todo el mundo a modo de artículos en su mayoría. A continuación, se muestran las fuentes bibliográficas consultadas.

2.2.1.1.1 Science Direct

Es una base de datos perteneciente al grupo Elsevier con cerca de 13 millones de publicaciones de 2.500 revistas y más 33.000 libros del grupo y sus asociados. Combina textos científicos, técnicos y publicaciones acerca de la salud. Se tiene acceso a través de la biblioteca virtual de la Universidad del Cauca

2.2.1.1.2 IEEE Xplore

La biblioteca digital IEEE Xplore es un poderoso recurso para el descubrimiento y acceso a contenido técnico y científico publicado por la IEEE¹⁰ (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) y sus aliados. Provee acceso a más de 3 millones de documentos completos de las publicaciones más citadas en la ingeniería eléctrica, electrónica y ciencias de la computación.

El contenido en IEEE Xplore comprende más de 160 revistas, 1.200 resúmenes de congresos, 3.800 normas técnicas, 1.000 libros electrónicos y más de 300 cursos de formación. Aproximadamente 25.000 nuevos documentos se agregan a IEEE Xplore cada mes.

2.2.1.1.3 Springer

Es un editorial fundado en 1842, cuenta con más de 300 alianzas académicas en el mundo, presencia en 25 países y amplia gama de servicios en línea, tales como revistas con gran visibilidad e impacto en el ámbito científico, revistas indexadas en las principales bases de datos referenciales, como Scopus o Web of Science e incluso contenido disponible para móviles. Para esta investigación se utilizó la plataforma SpringerLink que proporciona acceso a más de 8 millones de documentos de investigación.

¹⁰ IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

2.2 Trabajos relacionados

2.2.1.1.4 ACM

ACM¹¹ (Asociación para la Maquinaria en Computación) ha sido ampliamente reconocida como una organización de gran importancia para los profesionales de la computación, reuniendo recursos que generan avances en la computación como ciencia y como profesión. Fundada en 1947 hoy cuenta con diarios, revistas, conferencias, talleres, foros y un centro de aprendizaje en su biblioteca digital, al servicio de sus miembros.

2.2.1.1.5 Google Scholar

Google Scholar permite realizar búsquedas bibliográficas especializadas de manera sencilla en un gran número de disciplinas y fuentes distintas. Su base de datos incluye tesis, libros, resúmenes y artículos de diferentes editoriales académicas, sociedades profesionales, universidades y otras organizaciones académicas.

2.2.1.2 Búsqueda y análisis de relevancia

Una vez seleccionadas las fuentes información se generan las búsquedas para una posterior síntesis de la información encontrada, de acuerdo al siguiente orden.

2.2.1.2.1 Selección de palabras claves

Para lograr encontrar la mayor cantidad de información relevante en esta investigación se definieron un conjunto de palabras claves en inglés, pues se considera que es el idioma en el cual existe la mayor cantidad de información científica y la más actualizada. Lo anterior para filtrar de manera efectiva la información disponible en las bases de datos nombradas anteriormente. Las palabras claves son las siguientes:

1. Augmented Reality AND Education
2. Augmented Reality AND Mobile Devices
3. Augmented Reality AND Education AND physics science
4. Augmented Reality AND Education AND Mobile devices
5. Augmented Reality AND Education AND Smartphone
6. Augmented Reality AND Education AND College
7. Natural Interfaces AND Education
8. Natural Interfaces AND Mobile Devices
9. Natural Interfaces AND Education AND Physics science
10. Natural Interfaces AND Education AND Mobile devices
11. Natural Interfaces AND Education AND Smartphone
12. Natural Interfaces AND Education AND College
13. Augmented Reality AND Natural Interfaces
14. Augmented Reality AND Natural Interfaces AND Education
15. Augmented Reality AND Natural Interfaces AND Physics Science
16. Augmented Reality AND Natural Interfaces AND Mobile Devices

¹¹ ACM: *Association for Computing Machinery*

2.2 Trabajos relacionados

17. Augmented Reality AND Natural Interfaces AND Smartphone
18. Augmented Reality AND Natural Interfaces AND College

2.2.1.2.2 Proceso de búsqueda de palabras clave

Teniendo en cuenta las palabras claves y sus respectivas combinaciones mencionadas en el apartado 2.2.1.2.1 Selección de palabras claves se realiza la búsqueda en las fuentes de información bibliográfica seleccionadas con el propósito de construir una base de información sobre la cual realizar un proceso de exploración y elegir los trabajos que se asemejen y más puedan aportar a la investigación.

Una vez terminada las búsquedas por palabra clave se realiza un proceso de filtrado de información para discernir los trabajos de investigación más relevantes con respecto al presente, para dicho proceso los filtros aplicados se dividen en (i) filtro por título (Tabla 3) (ii) filtro por interés, resumen, conclusiones y autores (Tabla 4). Obteniendo como resultado las siguientes tablas organizadas por palabra clave y base de datos bibliográficas.

Palabras clave en la búsqueda	Science Direct	IEEE Xplore	Springer	ACM	Google Scholar	TOTAL
1	1088	3390	2912	1811	16200	25401
2	570	210	1898	1868	7800	12346
3	101	0	2	1	19	123
4	253	22	828	625	7120	8848
5	36	5	346	1079	8660	10126
6	0	6	452	40	7850	8348
7	64	98	164	3	905	1234
8	24	57	86	2	342	511
9	0	56	1	0	0	57
10	13	1	47	23	195	279
11	5	1	15	9	203	233
12	42	0	33	11	146	232
13	43	6	76	43	315	483
14	22	1	37	20	174	254
15	0	0	1	0	0	1
16	13	0	28	20	124	185
17	0	0	15	10	72	97
18	5	0	5	9	63	82
TOTAL	2279	3853	6946	5574	50188	68840

Tabla 2 Resultados de la búsqueda general por fuentes bibliográficas y palabras clave.

2.2 Trabajos relacionados

Palabras clave en la búsqueda	Science Direct	IEEE Xplore	Springer	ACM	Google Scholar	TOTAL
1	67	96	116	54	34	367
2	22	11	53	35	27	148
3	11	0	1	0	4	16
4	4	8	54	29	42	137
5	5	4	14	27	43	93
6	0	3	19	12	23	57
7	2	9	23	2	21	57
8	4	1	12	1	20	38
9	0	4	1	0	0	5
10	3	0	8	4	17	32
11	0	0	0	0	12	12
12	2	0	3	2	5	12
13	4	4	15	10	16	49
14	0	1	9	6	12	28
15	0	0	1	0	0	1
16	0	0	6	3	11	20
17	0	0	2	0	5	7
18	0	0	1	2	9	12
TOTAL	124	141	338	187	301	1091

Tabla 3 Referentes revisados por título

Palabras clave en la búsqueda	Science Direct	IEEE Xplore	Springer	ACM	Google Scholar	TOTAL
1	2	2	6	2	4	16
2	0	0	3	2	0	5
3	0	0	0	0	0	0
4	0	2	2	1	0	5
5	0	0	0	1	4	5
6	0	0	1	0	0	1
7	0	0	0	2	0	2
8	1	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	2	3
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0

2.2 Trabajos relacionados

13	1	1	3	1	1	7
14	0	1	2	1	0	4
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	1	0	1
TOTAL	4	6	18	11	11	50

Tabla 4 Referentes revisados por título, interés, resumen, conclusiones y autores

2.2.2 Trabajos relevantes

Existen diferentes trabajos que abordan los núcleos temáticos del presente proyecto, en ellos se han presentado propuestas interesantes alrededor de diferentes aspectos involucrados con la AR y NUI en el campo de la educación. A continuación, se presenta un análisis de estos divididos entre “AR en la educación”, “NUI con AR” y “Tics en la enseñanza de Física”, exponiendo sus principales aportes, obteniendo elementos que servirán de base para el presente proyecto de grado.

Realidad aumentada en la educación

Applying Augmented Reality in Teaching Fundamental Earth Science in Junior High Schools En el trabajo de Chang y Pei (Chang-hwa & Pei-han, 2012) se investiga la satisfacción del estudiante y su relación para alcanzar los logros educativos. Para esto primero se desarrolla una aplicación de escritorio interactiva basada en marcadores QR enfocada en el aprendizaje de los procesos de rotación, traslación de la tierra con respecto al Sol y sus interacciones (día y noche). Para realizar las mediciones pertinentes primero se efectúa un pretest a los estudiantes luego de recibir una clase tradicional, después se les proporciona la aplicación para su experimentación y uso. Posteriormente se realiza un post-test (para el contenido) y un cuestionario que examina factores como actitud del usuario, satisfacción de usuario y satisfacción de aprendizaje; el cuestionario está basado en el TAM (Modelo de Aceptación de Tecnología) y el modelo ISS (Sistema Informativo de Éxito). Se concluye al fin que los estudiantes tienen una alta aceptación por las tecnologías AR en la educación; una alta satisfacción por la aplicación y sus contenidos; y en términos educativos se obtuvieron mejores resultados en los post-test

Why Should My Students Use AR? A Comparative Review of the Educational Impacts of Augmented-Reality En el trabajo de Iulian (Radu, 2012) se realiza una investigación documental acerca de las ventajas y desventajas de usar AR en la educación. Dentro de los efectos positivos más importantes están: Su alta efectividad en el aprendizaje contenidos como estructuras del espacio y sus funciones (geometría, mecánica, química, etc.), relaciones palabra-símbolo y practica de tareas; también está la retención de conocimientos a largo plazo y el aumento en la colaboración entre estudiantes. Por el lado de los efectos negativos está la dificultad de uso de algunas herramientas, la difícil integración en un ambiente de salón y la mayor atención que este requiere. Por último, se explican unos posibles motivos para estos efectos como: las

2.2 Trabajos relacionados

interacciones más naturales que la AR proporciona, el uso de distintos sentidos en el aprendizaje, el descubrimiento de mundos invisibles y el cambio innovativo en el material.

Simulating Educational Physical Experiments in Augmented Reality En el trabajo de Kaufmann y Meyer (Kaufmann & Meyer, 2008) se desarrolla un sistema para la simulación de experimentos mecánicos con AR por medio de un HMD, y un lápiz inalámbrico con un PIP (Panel de Interacción Personal). Para esto desarrollaron unos cuerpos rígidos básicos, ya sean dinámicos o no, con comportamientos físicos (inercia, peso, fricción, etc.); junto con unos conectores para crear cuerpos y ambientes más complejos; además de unos adaptadores para poder analizar los fenómenos que experimenta cada cuerpo a lo largo del experimento.

Augmented Reality Laboratory for High School Electrochemistry Course

En el trabajo de Chen y Liao (Chen & Liao, 2015) se desarrolla un software basado en AR como soporte en el aprendizaje de la Electroquímica, para ello se parte del hecho de que los conceptos de esta área son difíciles de entender, debido a que los fenómenos electroquímicos se presentan a escalas microscópicas, a partir de esto se implementan dos técnicas de diseño de Realidad Aumentada, dinámica y estática, combinadas con un ciclo experimental de aprendizaje basado en métodos visuales, facilitando la comprensión de conceptos abstractos. En este orden de ideas se evaluaron dos estrategias de aprendizaje: estrategia guiada por procedimientos y estrategia guiada por preguntas, ambas utilizando cada uno de los tipos de AR mencionados, concluyendo que sobre un grupo representativo fue más aceptado la estrategia procedimental que consiste en la observación del progreso en el aprendizaje y la retroalimentación de lo observado, así como una clara motivación por parte de estudiantes y profesores en el uso de la tecnología AR siendo la del tipo estática la más aceptada, que se diferencia de la dinámica en que esta no presenta ninguna clase de animación en los modelos tridimensionales.

Influences of AR-supported Simulation on Learning Effectiveness in Face-to-face Collaborative Learning for Physics En este trabajo se estudia la influencia de la AR como soporte para el aprendizaje colaborativo en temas relacionados a la física, partiendo del hecho de que muchos conceptos físicos son en muchos casos de difícil comprensión y su comprobación experimental puede llegar a ser costosa. Para esto Nai Li, Yuan Xun Gu, Leanne Chang y Henry Been-Lirn Duh (Li, Chang, Gu, & Duh, 2011) desarrollan una aplicación de realidad aumentada diseñada para explicar algunos conceptos de la física mecánica mediante la visualización de estos fenómenos en ambientes simulados, añadiendo un componente colaborativo en el funcionamiento de la aplicación, permitiendo fomentar el debate y la discusión, prácticas fundamentales para un correcto proceso de aprendizaje.

Interfaces naturales de usuario con realidad aumentada

Designing Interactions for Augmented Reality Based Educational Contents En el trabajo de Jinseok y Namgyu (Seo, Kim, & Kim, 2006) se realiza un análisis crítico de la interacción con aplicaciones de AR en la educación, para posteriormente desarrollar una aplicación de escritorio (interfaz estacionaria) para el aprendizaje del ciclo del agua. Este proceso se realizó en tres pasos: El primero es una prueba comparativa entre una aplicación educativa de los volcanes y capas de la tierra en AR con una clase magistral común del mismo tema. El segundo es el análisis

2.2 Trabajos relacionados

de la prueba anterior; donde se resalta que para obtener el mayor éxito en la educación con AR los contenidos deben tener un nivel de interacción (experiencia “*hands on*”). Y en el tercer paso se diseña la aplicación interactiva del ciclo del agua en ella se busca que cada interacción esté relacionada con el fenómeno que representa, por ejemplo, chocar dos cubos en las nubes para comenzar una lluvia, o simular el movimiento de la marea con uno de los cubos, esto se hace por medio de una TUI.

Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality Book-Based Educational Tool Zaman y Sin (Zaman & Sin, 2010) desarrollan una aplicación para el aprendizaje de astronomía usando un híbrido entre las interfaces de usuario tangibles TUI y la Realidad Aumentada AR, TAR. El principal objetivo es buscar que la aplicación fuera eficiente a la hora de usarse como herramienta de aprendizaje y su manejo sea intuitivo y cómodo. Como la interfaz tangible de usuario requiere de un objeto físico recurren al uso de un cubo para esta tarea, y de acuerdo a las acciones que se realizan sobre él se le asignan funciones dentro de la aplicación. Finalmente, la validación del desarrollo se hace mediante un estudio que establece que los estudiantes muestran una clara aceptación frente a esta innovadora forma de aprender astronomía, además las pruebas diseñadas para evaluar los conceptos aprendidos en la aplicación muestran un resultado positivo.

Design review of cad models using a NUI Leap Motion sensor En este trabajo Girbacia y Silviu (Florin & Butnariu, 2015) evalúan la eficiencia a la hora de usar NUI en el desarrollo de diseños asistidos por computadoras CAD, los cuales son de vital importancia en el área de creación de prototipos y trabajos de diseño en ingeniería. Para esto desarrollan un sistema basado en Realidad Virtual e Interfaces Naturales con el objetivo de brindar una forma de comunicación con la aplicación más interactiva, natural y brindar más grados de libertad al momento de realizar los diseños virtuales. El estudio arrojó resultados positivos al brindar al usuario una interfaz más intuitiva y simplificar la manera de interactuar con el objeto (reduciendo múltiples funciones de barra de herramientas), también demostró que este tipo de tecnologías son ergonómicas y muy sencillas de asimilar, tanto así que no fue necesaria una sesión de capacitación intensiva para los usuarios de prueba.

Tics en la enseñanza de física

Estrategias didácticas basadas en el uso de Tic aplicadas en la asignatura de física en la educación media El trabajo de Gomez y Oyola (Gómez Mercado & Oyola Mayoral, 2012) muestra los resultados de una investigación cuyo propósito era proponer estrategias de aprendizaje-enseñanza basadas en Tics para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de Educación Media en el área de Física. Con el fin de realizar la planeación, desarrollo y evaluación de las clases se tomaron como base los conceptos de aprendizaje significativo, mapas conceptuales y aspectos motivacionales. Para ello, tuvieron 2 grupos, el experimental al cual se le aplicaron estrategias basadas en Tic, y el de control que continuo con sus clases normalmente; a ambos grupos se les aplico un pretest y post-test para medir el rendimiento académico. Finalmente, se verifico que el uso de la estrategia tuvo un impacto significativo en el rendimiento, motivación e interés de los estudiantes por la asignatura.

2.2 Trabajos relacionados

2.2.3 Aportes y brechas

A partir del análisis de los anteriores trabajos se determina las brechas y aportes existentes consignados en la siguiente tabla:

NOMBRE Y AUTOR	APORTES	BRECHAS
<p>Designing Interactions for Augmented Reality Based Educational Contents</p> <p>(Seo, Kim, & Kim, 2006)</p>	<p>Logran realizar una interacción natural e intuitiva con el contenido virtual donde las acciones del usuario reflejaban características del tema expuesto, reforzando así la experiencia educativa.</p>	<p>Se encontró que la aplicación no fue probada en ambientes reales para evaluar el desempeño y la experiencia de usuario</p>
<p>Applying Augmented Reality in Teaching Fundamental Earth Science in Junior High Schools</p> <p>(Chang-hwa & Pei-han, 2012)</p>	<p>Realizan una exhaustiva validación de la aplicación, mostrando claramente la relación entre la experiencia de usuario y la aprehensión del conocimiento en una aplicación interactiva educativa con AR.</p>	<p>La falta de una interfaz más intuitiva y natural hace que sea complicado su uso por lo que no se logró aprovechar todo el potencial del trabajo relacionado</p>
<p>Simulating Educational Physical Experiments in Augmented Reality</p> <p>(Kaufmann & Meyer, 2008)</p>	<p>Diseñan una herramienta que hace uso de la AR para enseñar conceptos de mecánica de una manera práctica, logrando simular de una manera más que aceptable fenómenos físicos con precisión suficiente para ser usados en la educación. De igual manera logran implementar una TUI acertada y versátil para la aplicación en cuestión.</p>	<p>Tal y como lo dicen al final, se hace necesaria la evaluación acerca de su efectividad para el aprendizaje, así como también pruebas para la experiencia de usuario.</p>
<p>Augmented Reality Laboratory for High School Electrochemistry Course</p> <p>(Chen & Liao, 2015)</p>	<p>Demuestra la eficiencia de la AR como herramienta para explicar conceptos relacionados a la Electroquímica.</p> <p>Plantea y valida dos tipos de estrategias de aprendizaje como complemento en los métodos de</p>	<p>Los temas y conceptos abordados en la herramienta AR están limitados únicamente a temas relacionados con electroquímica y no brindan la posibilidad de generar contenido.</p>

2.3 Información comercial

	aprendizaje implementados con AR.	El trabajo de implementación de la tecnología AR supone un alto gasto en tiempo y costo siendo poco versátil y únicamente dedicada a equipos de escritorio.
Design review of cad models using a NUI Leap Motion sensor (Florin & Butnariu, 2015)	Resaltan la importancia de un método intuitivo y natural a la hora de realizar modelos y prototipos asistidos por computadora (CAD). Muestran como las NUI son una solución altamente acertada como intermediaria entre la el usuario y el software por ofrecer una manera fácil y sencilla de interactuar que no necesita de una previa capacitación para su uso.	El trabajo prueba la efectividad de las NUI en aplicaciones de Realidad Virtual específicamente en programas de creación de modelos CAD. El papel que cumple NUI dentro de este trabajo es un componente de mejora en la interacción humano-computador, mas no como factor influyente dentro de un proceso específicamente educativo y de aprendizaje.
Influences of AR-supported Simulation on Learning Effectiveness in Face-to-face Collaborative Learning for Physics (Li, Chang, Gu, & Duh, 2011)	Utiliza el concepto de trabajo colaborativo para generar una apropiación del conocimiento más eficiente en temas de física mecánica. La tecnología AR se puede implementar en dispositivos móviles de bajo coste. Las simulaciones virtuales de experimentos reales muestran un resultado que se asemejan a los comportamientos reales.	Poca funcionalidad y limitado número de simulaciones soportadas, además de baja calidad en estas. Ausencia de plataforma de aprendizaje como complemento de los experimentos físicos simulados y falta de soporte para la creación de nuevo contenido y objetos de aprendizaje. Uso de interfaz táctil de usuario que limita la interacción con la aplicación, especialmente con la parte de AR.

Tabla 5 Aportes y brechas

2.3 Información comercial

En esta sección se presenta los resultados de la búsqueda de información relacionada con el

2.3 Información comercial

tema alrededor del cual gira esta investigación con el propósito de establecer las brechas y aportes de este proyecto de investigación frente a aplicaciones y trabajos relacionados.

2.3.1 Búsqueda de productos comerciales

En este apartado se presenta la búsqueda realizada en tiendas de aplicaciones existentes en el mercado y en otros sitios de interés comercial con el objetivo de encontrar las aplicaciones desarrolladas que hacen uso de la tecnología AR como elemento principal en sus desarrollos. Para dicha tarea el día cuatro (4) de septiembre se realizó una búsqueda exhaustiva de juegos, aplicaciones y proyectos para educación basados en AR en las principales tiendas de aplicaciones y motores de búsqueda. Con los resultados obtenidos se construye la siguiente tabla, donde se muestra el nombre comercial, la empresa desarrolladora, el sistema operativo en el que puede ser instalado, una breve descripción y cuál es la función de la tecnología AR dentro de la aplicación o juego.

NOMBRE	EMPRESA DESARROLLADORA	SISTEMA OPERATIVO	DESCRIPCIÓN	¿QUÉ HACE AR?
Anatomy 4D	Daqri (Qualcomm)	Android, iOS	Aplicación enfocada a estudiantes, profesores, médicos o cualquiera que quiera aprender sobre el cuerpo humano de una manera interactiva.	Superpone en la pantalla de dispositivo modelos en 3D del cuerpo humano al enfocar ciertas marcas. -El contenido se puede visualizar en cualquier lugar donde se encuentren las "marcas". -Permite interactuar con el contenido.
Dinosaur puzzle	Popar Toys (Qualcomm)	Android, iOS	Muestra una versión tridimensional de las imágenes que se encuentran en los posters y rompecabezas de dinosaurios.	-Los diseños cobran vida a través del dispositivo realizando acciones como caminar, correr, atacar. -Incorpora efectos de sonido. -Permite interactuar con el contenido. -Proyecta sobre el dispositivo el hábitat.
Schoolasti Book Fairs	Scholastic Inc (Qualcomm)	Android, iOS	Brinda información adicional y detalles sobre el autor y el libro realizando un escanear de la portada.	-Muestra videos y premios del autor. -Permite reproducir podcast. -Títulos similares, edades

2.3 Información comercial

				recomendadas, comentarios. -Proporciona lista de deseos.
Solar system	Arloon	Android, iOS, Windows PC.	Proporciona información sobre los planetas y su comportamiento, dando la posibilidad de mostrar contenido, además cuenta con ejercicios y trivias para fomentar el aprendizaje.	-Visualizar algunos escenarios en 3D sobre las marcas enfocadas por la cámara del dispositivo.
Geometry	Arloon	Android, iOS, Windows Phone, Windows PC.	Posee formas y figuras geométricas que ayudan a percibir mejor el mundo tridimensional.	-Mejora la percepción espacial mediante la superposición de objetos en un entorno real. -Permite desdoblarse las figuras y analizar las fórmulas matemáticas propias de cada figura.
Chemistry	Arloon	Android, iOS, Windows Phone, Windows PC.	Muestra información sobre elementos y componente químicos, así como sus reacciones al combinarse, posee una sección de trivias y ejercicios.	-Muestra el resultado de las combinaciones entre elementos químicos sobre la pantalla del dispositivo enfocando mediante la cámara ciertas "marcas".
Plant	Arloon	Android, iOS, Windows PC.	Conocer acerca de la composición, reproducción y el ambiente de las plantas, cuenta con sección de preguntas.	-Visualizar las plantas en un plano real a través del dispositivo. -Muestra el proceso de crecimiento de cada planta.
Eduloc	Itinerarium	Android, iOS	Permite crear itinerarios, escenarios y experiencias basadas en la localización, usando la realidad	-Proyecta contenido educativo a través el dispositivo, haciendo uso de las funciones de geolocalización. -Crea recorridos guiados

2.3 Información comercial

			aumentada por localización.	seleccionando puntos en un mapa donde se mostrará contenido de realidad aumentada.
Principios básicos en la anatomía de la pierna y el pie	Aumentaty	Windows PC	Es un libro que permite conocer la anatomía y fisiología de la pierna y el pie.	-Complementa el contenido textual mostrando modelos anatómicos sobre las marcas presentes en el libro.
Curso para la mejora de la capacidad espacial.	Aumentaty	Windows Pc	Libro con el contenido de un curso para mejorar la capacidad de percepción espacial y tridimensional.	-Permite observar modelos virtuales en 3D para cada ejercicio.
LearnAR	SSAT	Web	Plataforma para educación web, enseña biología, física, idiomas, matemáticas y química.	-Por medio de webcam se pueden visualizar a través de la pantalla los modelos en 3D sobre etiquetas específicas que se deben descargar e imprimir.
Sea Life 3D	Popar Toys (Qualcomm)	Android, iOS	Permite jugar mientras aprende con libros y productos de la compañía propietaria.	-Conocer ambientes suponiendo poniendo modelos sobre el libro a través del dispositivo. -Incorpora sonido. -Interactuar con criaturas marinas para conocer sus hábitos y comportamientos.

Tabla 6 Productos comerciales

En la Tabla 6 se presentan las aplicaciones con el mayor número de descargas que han sido publicadas tanto para dispositivos móviles como para equipos de escritorio, todas ellas están orientadas a la educación y hacen uso de la tecnología AR como elemento importante en su funcionamiento. Cabe resaltar que las aplicaciones presentadas en la tabla hacen uso casi en su totalidad de AR por reconocimiento de códigos QR y las funciones de esta tecnología van desde la visualización de los modelos tridimensionales superpuestos en un entorno real hasta la interacción con la aplicación mediante reconocimiento de comportamientos en los modelos e incorporación de sonido.

2.3 Información comercial

2.3.2 Tecnologías disponibles

En esta sección se realiza una exploración de las *frameworks* que se encuentran actualmente disponibles para el diseño e implementación de aplicaciones en AR, estos servirán como soporte para el desarrollo del presente trabajo de grado.

2.3.2.1 *Frameworks* disponibles en AR

La realidad aumentada ha sido una de las tecnologías con mayores avances en la última década, por tanto, existe un gran número de motores, entornos y programas para el desarrollo de aplicación AR. A continuación, se presenta una tabla con las tecnologías disponibles más importantes.

Nombre	Plataformas	Última Revisión	Licencia	Tipos de RA	Soporte	Soporte Unity	Precio	Sitio Web	Facilidad de Uso
ARToolkit	Android, IOS, MacOS, Windows, Linux	2015	GNU	Con marcadores Por imágenes	Mucho	SI	Gratis	http://artoolkit.org/	9
Aurasma	Android, IOS	2015	Comercial	Con marcadores Por imágenes	Poco	NO	Sujeto a necesidades	http://www.aurasma.com/	7
BeyondAR	Android	2015	GNU	Geolocalización	Mucho	NO	Gratis	http://beyondar.com/plataforma http://beyondar.com/plataforma	6
Layar	IOS, Android, PhoneGAP	2015	Comercial	Geolocalización Por imágenes	Medio	NO	€ 3 al mes	https://www.layar.com/	7
LookAR	Android	2013	GNU	Geolocalización	Mucho	NO	Gratis	http://www.lookar.net/	4
Metaio	Android, IOS, Windows	2015 (Cierre)	Comercial	Geolocalización Por imágenes	Poco	SI	Adquirido por apple	http://www.metaio.com/	7.5
PanicAR	IOS (Principal) Android	2014	GNU	Geolocalización	Poco	NO	Gratis	http://panicar.dopanic.com/	5
Vuforia	Android, IOS	2015	Comercial	Por imágenes Con marcadores	Mucho	SI	Gratis desarrollo Desde \$99	https://developer.vuforia.com/	9

2.3 Información comercial

Wikitude	Android, IOS	2015	Comercial	Geolocalización Por imágenes	Mucho	NO	Gratis	http://www.wikitude.com/	8.5
-----------------	--------------	------	-----------	------------------------------	-------	----	--------	---	-----

Tabla 7 Frameworks de AR

Como se puede apreciar en la tabla la mayoría de *frameworks* ofrecen soporte para plataformas móviles, esto se debe a la buena aceptación que ha recibido la AR móvil y por ende el gran crecimiento en este sector de la industria. Es importante destacar que la AR por geolocalización va orientada a un mercado de turismo y publicidad, mientras que el tipo de AR por marcadores y reconocimiento de imágenes está dirigido a desarrollos más especializados en áreas de medicina, educación, diseño, etc. Que brindan una mayor interacción con el usuario. Es este último tipo de AR el candidato con mayor opción para realizar el presente proyecto de investigación.

2.3.2.2 Tecnologías disponibles en NUI

En esta sección se analiza las principales tecnologías disponibles en el mercado para desarrollo de sistemas que posean Interfaces Naturales de Usuario como componente importante en el funcionamiento de estos. El resultado de este análisis se presenta en la Tabla 8.

Nombre	Plataforma	Sensible a	Precio	Lenguaje	Última Versión SDK	Soporte Unity	Sitio Web
Kinect	Windows, Linux, OSX	Gestos, Comandos de Voz, Imágenes	\$ 150	C/C++	2.0 en 21/10/2014	SI	https://dev.windows.com/en-us/kinect
Wiimote	Windows, Linux, OSX	Luz infraroja	\$ 30	Varios no oficiales	No Oficial	SI	https://www.nintendo.es/Wii/Wii-94559.html
Sony Move	Windows	Color, Movimiento	\$ 100	C/C++	1.0 en 26/07/2011	SI	https://store.playstation.com/#/en-us/apps/moveme/cid=UP9002-NPU00014_00-MOVEMESERVER0000
Leap Motion	Windows, OSX Linux	Dedos	\$ 100	Java, Python, C#, C++, etc	2.3.1	SI	https://developer.leapmotion.com/

Tabla 8 Tecnologías para NUI

Muchas de las tecnologías mostradas en la Tabla 8 son relativamente semejantes entre sí, sin embargo, la principal diferencia radica en la sensibilidad a la que estas responden, factor que afecta en la precisión y velocidad de respuesta a la hora de implementación. La tecnología *Leap Motion* ofrece una alta sensibilidad a los gestos de la mano humana, siendo su foco principal los dedos de, esto hace que esta tecnología se especialice en el reconocimiento de, quizá, la parte

más representativa de los gestos humanos, brindando una alta precisión y velocidad de respuesta a un conveniente costo.

2.4 Resumen

En este capítulo se resumieron los conceptos y tecnologías relevantes para el desarrollo del presente trabajo de grado, al igual que los *frameworks*, dispositivos e información académica disponible en las distintas fuentes bibliográficas a la fecha de realización (marzo de 2016). Entre los conceptos clave se encuentran: (i) la realidad aumentada, contemplada dentro del espectro de la realidad mixta y que se entiende como aquellos sistemas que combinan información real y aquella generada por computadora en un entorno real, interactivo y en tiempo real, (ii) las interfaces naturales, cuya característica más notable es el soporte para reconocer gestos, lo que le permite interpretar movimientos realizados por el usuario y asignarles una acción determinada, entregando una interacción natural para el usuario, (iii) el uso de las TIC en la educación, haciendo un particular énfasis en el contexto colombiano, como se describe en la sección **2.1.3.1** En Colombia.

A lo largo del capítulo también se detallan los artículos más relevantes considerando el foco abordado en la investigación, cuyos aportes y brechas se detallan en la Tabla 5. Por último, se consignan las aplicaciones móviles disponibles actualmente en el mercado que implementen estas tecnologías, así mismo en la Tabla 7 y en la Tabla 8 se encuentran los *frameworks* de AR y dispositivos de NUI, respectivamente.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE PROBLEMAS EN EL USO DE LAS TIC EN LA EDUCACION MEDIA

En este capítulo se describe el proceso investigativo de recolección y análisis de datos relacionados con el uso de herramientas TIC en la educación, específicamente en el área de física en educación media la cual corresponde al público objetivo al cual va dirigido este trabajo de grado. La recolección de datos es una parte importante para cualquier trabajo investigativo, dado que el análisis que se realiza a la información adquirida contribuye en la contextualización y enfoque del trabajo, generando un punto de referencia sobre el cual se plantea una hipótesis para ser demostrada. Los métodos de recolección de datos empleados durante el desarrollo de esta investigación consisten de métodos tanto cualitativos como cuantitativos y proporcionan una fuente de información que posteriormente, con ayuda de técnicas de análisis de datos, permite identificar las principales dificultades en la introducción de las TIC en la educación.

3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC

Con el objetivo de identificar los problemas y expectativas en la enseñanza de la física y el uso de las TIC, se realizó una encuesta a los estudiantes de grado 10° del Instituto Técnico Industrial de Popayán. Estas encuestas hacen parte de los métodos cuantitativos de recolección de datos, por lo que nos permiten analizar los datos obtenidos de una muestra relativamente grande sobre un tema específico de manera rápida y eficaz. La encuesta realizada a cada participante consta de 12 preguntas y se encuentra consignada en el **ANEXO B**. A partir del análisis de la información obtenida se pueden abstraer las características y requisitos que debe cumplir una herramienta didáctica que busque facilitar los procesos de enseñanza en los temas de sistemas físicos.

3.1.1 Descripción del Grupo de Control

Con el fin de realizar la caracterización de estudiantes, se toma una población que corresponde a un grupo representativo. Se asume que dicha población posee un comportamiento similar a otra población de características similares. Dichas características son: edad promedio de los

3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC

miembros del grupo, pertenecientes a una institución pública, estudiantes de grado 10° y que posean calendario A¹².

Para este propósito se toma una población que consta de un curso de grado 10° del Instituto Técnico Industrial de la ciudad de Popayán. Este curso fue seleccionado considerando su rendimiento académico, número de estudiantes y la sugerencia del docente a cargo.

El grupo representativo consta de 33 estudiantes en su mayoría hombres con una edad media de 16 años. Los datos demográficos completos del grupo representativo pueden verse en la Figura 3.

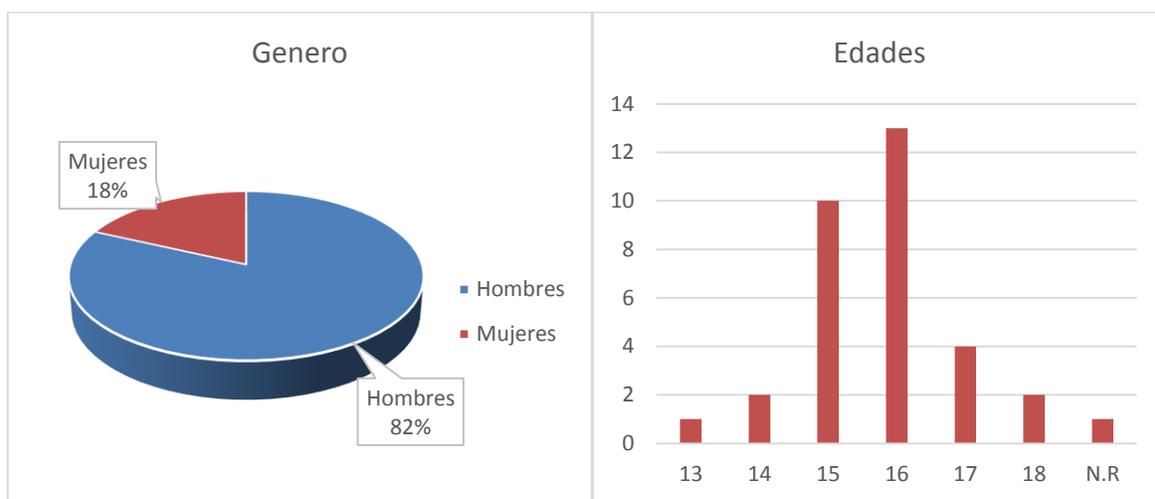


Figura 3 Características demográficas

Las características demográficas obtenidas permite constatar que el grupo representativo cumple con el promedio de edad Colombiano de estudiantes que cursan grado 10° (Sistema educativo de Colombia, 2016), así como también esta compuesto en su mayoría por hombres, tal y como es el perfil poblacional Colombiano para jóvenes de estas edades (Colombia Perfil Poblacional, 2014).

3.1.2 Ejecución de encuestas

Para detectar problemas de los estudiantes en su proceso de aprendizaje del área de física, se realizaron las encuestas al grupo representativo descrito anteriormente. El consentimiento escrito por parte de la institución para realizar este tipo de procedimientos se puede consultar en el **ANEXO A**.

Como primera medida se expone al grupo representativo el propósito del estudio y su importancia, al igual que el perfil del equipo de trabajo. Posteriormente se explica la total confidencialidad de todas las respuestas proporcionadas, así como la validez de sus respuestas, pues para el propósito de este estudio no existen respuestas buenas ni malas. Por último, se definen y aclaran algunos conceptos claves para las temáticas contempladas en esta encuesta,

¹² Inicia a mediados de Enero y termina en Noviembre

3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC

tales como: TIC, Smartphone y sistema operativo. En el **ANEXO B** se encuentra consignada la guía que sigue el equipo de trabajo para la correcta realización de la encuesta.

Durante su realización y para la resolución de dudas e inconvenientes, se cuenta con la presencia del docente a cargo y 2 miembros del equipo de trabajo. Las encuestas se realizan dentro de un salón de clases de la institución sugerido por el docente a cargo, estas tuvieron una duración de aproximadamente 15 minutos.

Una vez terminadas las encuestas se califican y cuantifican para posteriormente ser consignadas en tablas. Para el caso de las preguntas abiertas se clasifican las respuestas obtenidas en categorías que relevantes para el caso estudio del presente trabajo de investigación.

3.1.3 Análisis de las encuestas

La información obtenida mediante este método de recolección de datos fue analizada a través de gráficos que permitan visualizar de una manera más clara los hallazgos. El análisis de dicha información facilitó la identificación de una serie de problemas concisos acerca de la enseñanza de física y el uso de las TIC desde el punto de vista de los estudiantes de grado 10°. Las gráficas obtenidas en esta actividad se encuentran disponibles en el **ANEXO C**.

A continuación, se describen los principales hallazgos observados en las gráficas obtenidas a través de las encuestas:

En la Figura 4 se evidencia como una gran parte de los estudiantes no están conformes con las actividades tradicionales para el aprendizaje de la física, lo que puede ser una de las causas del bajo rendimiento académico y falta de motivación en esta área. Esto indica que **no existen suficientes actividades para reforzar los conceptos vistos en clase.**

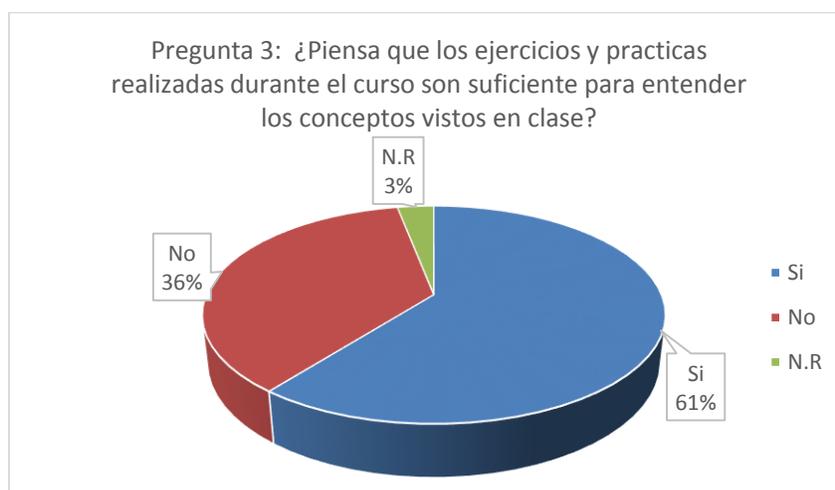


Figura 4 Inconformidad con actividades realizadas en clase

En la Figura 5 se puede observar la alta aceptación que tienen las TIC en el ámbito educativo, particularmente en el área de la física. Lo que indica que **su uso aumenta la motivación por parte de los estudiantes.**

3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC

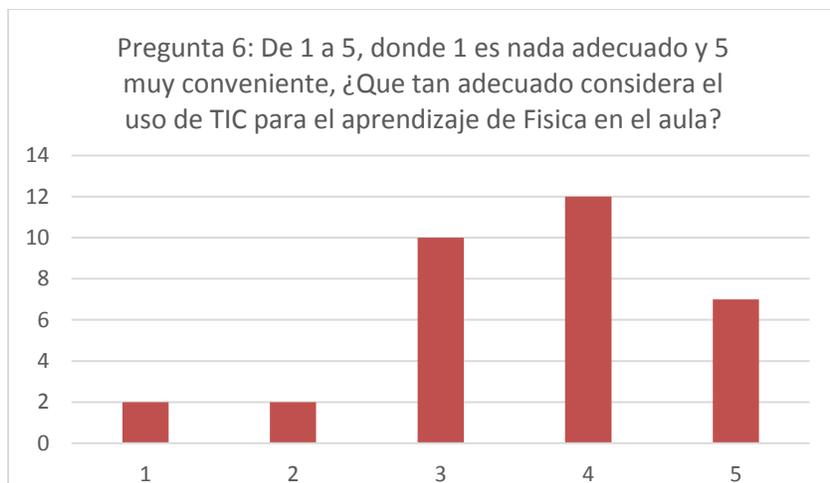


Figura 5 Aceptación de las TIC por parte de estudiantes

En la Figura 6 se evidencia que más de la mitad de los estudiantes se interesa por aplicaciones móviles en la educación y hacen uso de estas. Sin embargo, un análisis más exhaustivo muestra que a pesar que los estudiantes se sienten entusiasmados y dispuestos al uso de aplicaciones móviles para la educación, no cuentan con un catálogo amplio y ninguna estaba enfocada a la física. Esto apunta a la **falta de aplicaciones educativas de física y la difusión de estas.**

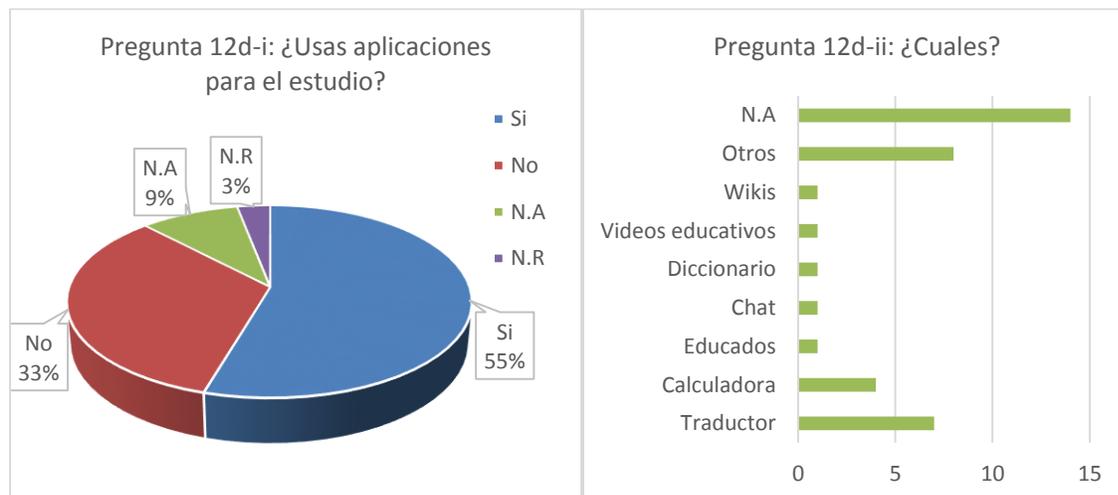


Figura 6 Uso de las aplicaciones móviles para la educación

En la Figura 7 se puede notar que un gran porcentaje de estudiantes encuentra difícil de entender los temas de física, lo anterior sabiendo que están expuestos únicamente a técnicas y metodologías de enseñanza tradicionales. Esto denota **la dificultad en la abstracción de conceptos físicos.**

3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC

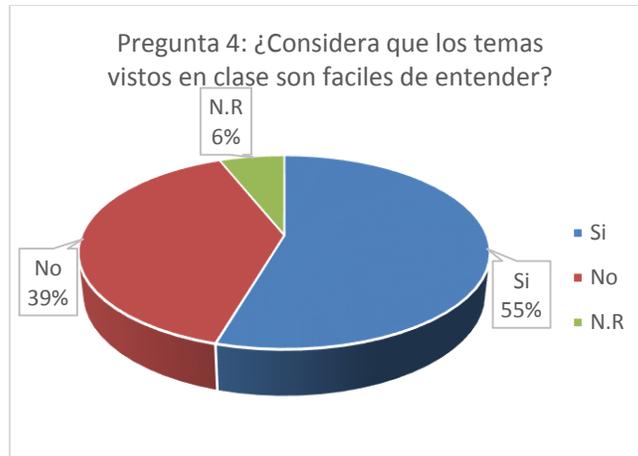


Figura 7 Entendimiento de temas físicos

En la Figura 8 se aprecia que un número considerable de encuestados dijo que no existe un tema de física que sea de su agrado. Lo anterior puede deberse a una concepción percibida en la juventud de que las ciencias exactas son aburridas y difíciles. Esto no puede insinuar que **no existe una motivación apropiada para los estudiantes en cuanto a los temas de física, lo cual se refleja en el disgusto general por el área.**

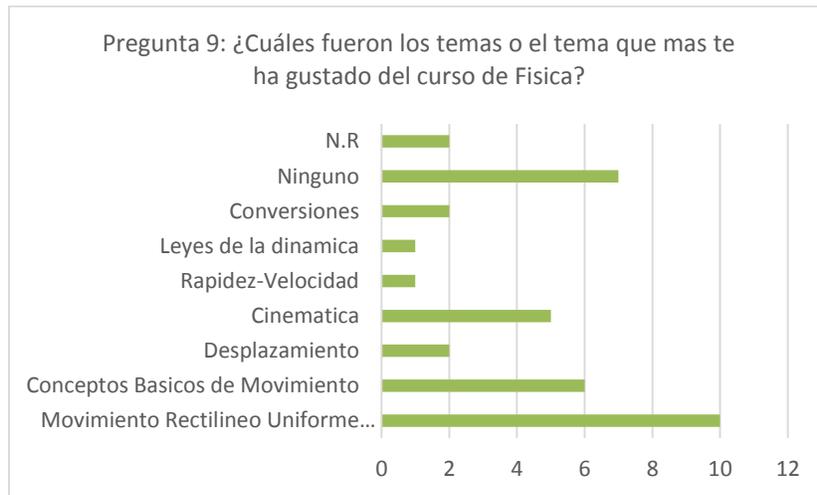


Figura 8 Gusto por los temas de física

3.2 Caracterización del docente y uso de las TIC

3.1.4 Resultados

La caracterización de estudiantes lograda a través de la recolección de información cuantitativa por medio de las encuestas, permitió obtener una serie de graficas que describen las dificultades y expectativas de los estudiantes en la enseñanza de física y el uso de TIC. Sin embargo, el análisis minucioso de esta información junto con la hipótesis central de esta investigación nos permite detectar unos problemas concretos que sirven como entrada para identificar los requisitos y condiciones que debe cumplir la herramienta planteada, los cuales se encuentran condensados en la Tabla 9

Problema	Consecuencia	Necesidad
Insuficiencia de actividades para reforzar los conceptos vistos en clase	Bajo rendimiento académico en una gran cantidad de estudiantes	Actividades educativas soportadas en modelos más innovadores.
Falta de aplicaciones educativas en todas las áreas	Desperdicio de recursos tecnológicos en el ámbito educativo	Generar y difundir contenidos interactivos en distintas áreas
Dificultad en la abstracción de conceptos físicos mecánicos	Rechazo a las temáticas planteadas	Implementación de técnicas innovadoras para apreciar conceptos abstractos
Disgusto general por los temas de física	Falta de motivación en los estudiantes	Cambio en las metodologías y herramientas usadas

Tabla 9 Problemas detectados por la caracterización de estudiantes

3.2 Caracterización del docente y uso de las TIC

Para identificar algunas de las principales dificultades a la hora de utilizar TIC en el aula, se realiza un estudio exploratorio por medio de una *entrevista en profundidad* para ser aplicada a los docentes encargados de la materia de física del Instituto Técnico Industrial y el Colegio Liceo Cervantes de la ciudad de Popayán, estos centros educativos fueron seleccionados por conveniencia debido a la cercanía en términos espaciales a la Facultad de Ingenierías de la Universidad del Cauca (punto central para la realización de este documento) y a las relaciones previamente establecidas con dichas instituciones. Una *entrevista en profundidad* es un “*método cualitativo de recolección de datos que consiste en realizar una investigación sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, aportando gran cantidad de información sobre un tema específico de manera rápida y fácil*” (F. Shull, 2008). A partir del análisis de la información recolectada es posible abstraer las necesidades que se podrían satisfacer a través de un producto o servicio, y que características debe tener este producto o servicio para superar las dificultades actuales de la introducción de las TIC en la educación.

3.2.1 Descripción del Grupo de Control

Para realizar este estudio exploratorio se toma una muestra por conveniencia de la población a la cual va dirigida esta investigación, el gremio de docentes en áreas de física. Los docentes seleccionados fueron aquellos que cumplen con una serie de características específicas y que en conjunto conforman un perfil del participante el cual se describe en la siguiente tabla.

PERFIL DEL PARTICIPANTE	
Edad (años)	25 – 50
Profesión	Docente
Área de especialidad	Física
Experiencia mínima (años)	5
Genero	Es indiferente
Estado Actual	Ejerciendo
Conocimiento de herramientas TIC	Mínimo

Tabla 10 Perfil del participante

Para la ejecución de las actividades que permitan la recolección de datos se realizó un proceso de selección que consistió en citar en la institución donde laboran a los docentes que cumplieran con el perfil del participante descrito en la Tabla 10, informarles sobre el propósito de las entrevistas e invitarlos a colaborar con este trabajo de investigación a lo cual deberían aceptar voluntariamente. Una vez seleccionado los participantes se hace necesario conocer las diferentes percepciones del uso de las TIC en la educación por parte de estos, para lo cual se procede a la ejecución de las entrevistas.

3.2.1 Ejecución de entrevistas

El proceso realizado para ejecutar las entrevistas en profundidad se basó en formular una serie de preguntas enmarcadas dentro de un protocolo guía para un método de investigación cualitativo, los participantes seleccionados fueron previamente informados sobre las preguntas de la entrevista y el objetivo de ésta aprobando la realización de la actividad mediante un consentimiento informado. La entrevista realizada se encuentra consignada en el **ANEXO B** al igual que el consentimiento informado entregado en los participantes que se encuentra en el **ANEXO A**.

Las entrevistas en profundidad fueron ejecutadas de manera personal generando un dialogo entre el entrevistador y el entrevistado el cual fue grabado en formato de audio, posteriormente se realizaron transcripciones a los contenidos de las grabaciones para poder utilizar mecanismos de análisis de datos en investigación sobre la información obtenida mediante las entrevistas.

3.2.2 Análisis de entrevistas

A continuación, se describe el proceso de análisis efectuado sobre la información obtenida en la sección anterior. Los mecanismos de análisis de datos en investigación cualitativa describen métodos de visualización como diagramas y matrices para facilitar la presentación y explicación de la información más relevante hallada por los investigadores (N. MACK, 2005), estos mecanismos permiten asociar conceptos y resultados cualitativos con métricas cuantitativas, de esta manera los resultados obtenidos presentan una fundamentación más robusta.

3.2.2.1 Red de conceptos

El análisis cualitativo realizado en esta fase del trabajo fue soportado por la herramienta de análisis cualitativo Atlas.ti (Atlas.ti, 2016), con ayuda de esta herramienta fue posible analizar los datos obtenidos mediante las entrevistas realizadas, para lo cual fue necesario codificar las transcripciones que contienen las percepciones y opiniones de cada uno de los participantes. El proceso de codificar se resume en asociar cada respuesta con uno o varios conceptos que están relacionados entre sí, de esta manera es posible obtener una red semántica de conceptos que describe de manera general el contenido del tema abordado en las entrevistas. El proceso de codificación de las entrevistas se encuentra consignadas en el **ANEXO D**. A continuación, en la Figura 9 se muestra la Red de Conceptos obtenida con la herramienta Atlas.ti y las relaciones existentes entre los diferentes conceptos.

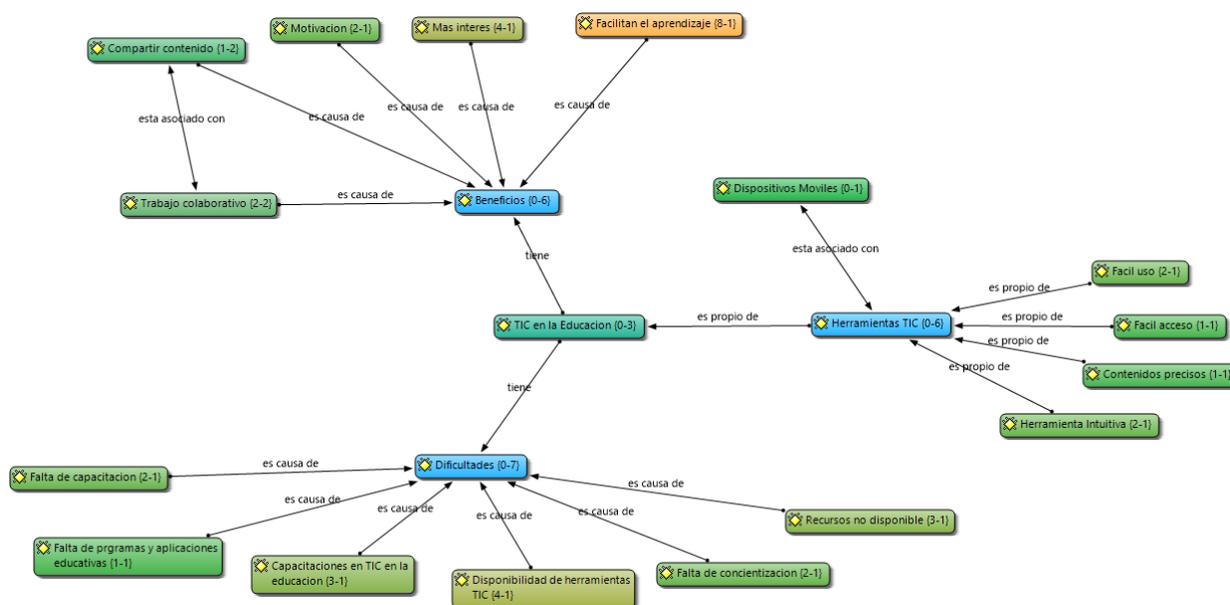


Figura 9 Red de conceptos

En la Red de Conceptos se muestra el estado actual del uso de las TIC en la educación, presentando los beneficios, dificultades y las principales características que las herramientas TIC deben ofrecer al momento de ser utilizadas en el aula. A continuación, se presenta un análisis más específico de cada uno de estos tres componentes mencionados.

3.2 Caracterización del docente y uso de las TIC

En la Figura 10 se puede observar un fragmento de la red de conceptos en el que se evidencia los beneficios del uso de las TIC en el aula, de este fragmento se resaltan los conceptos de facilitar el aprendizaje, mejorar el interés y generar motivación que presentan un mayor factor de ocurrencia en las entrevistas codificadas.

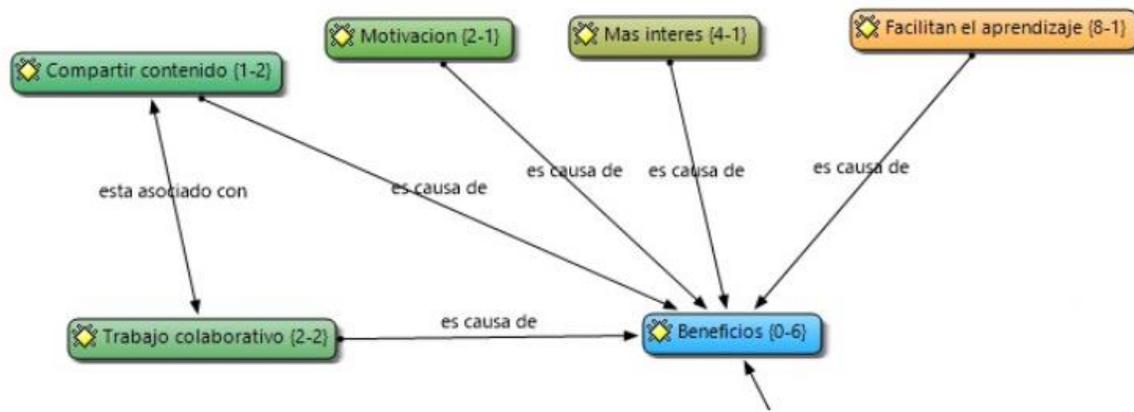


Figura 10 Fragmento red de conceptos

Las herramientas TIC enfocadas a la educación fueron caracterizadas en la Figura 11, estos elementos infieren en lo que se debe tener en cuenta a la hora de diseñar y construir una herramienta educativa para aprovechar en mayor medida los beneficios que ofrecen este tipo de soluciones. De lo anterior podemos observar que una herramienta TIC destinada para la educación debe permitir acceder a los contenidos educativos de manera fácil, además de esto la herramienta debe ser intuitiva a la hora de utilizarse para que cualquier tipo de persona pueda hacer uso de esta.

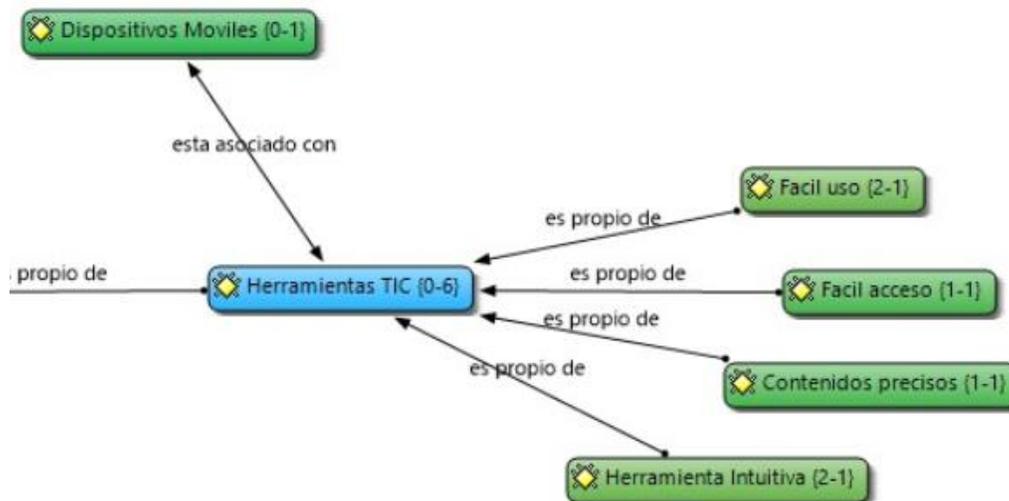


Figura 11 Fragmento red de conceptos

La Red de Conceptos también presenta algunas de las dificultades identificadas al momento de introducir las TIC en la educación, dentro de las cuales se destacan la poca disponibilidad de recursos TIC, falta de capacitación en el uso de herramientas educativas y el mal uso que se le

3.2 Caracterización del docente y uso de las TIC

da a los recursos tecnológicos disponibles. De lo anterior se puede concluir que las mayores dificultades se presentan a la hora de acceder a los recursos TIC, además la falta de información y capacitación sobre herramientas que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje es una constante junto con la poca concientización acerca del uso de los recursos disponibles en el aula.

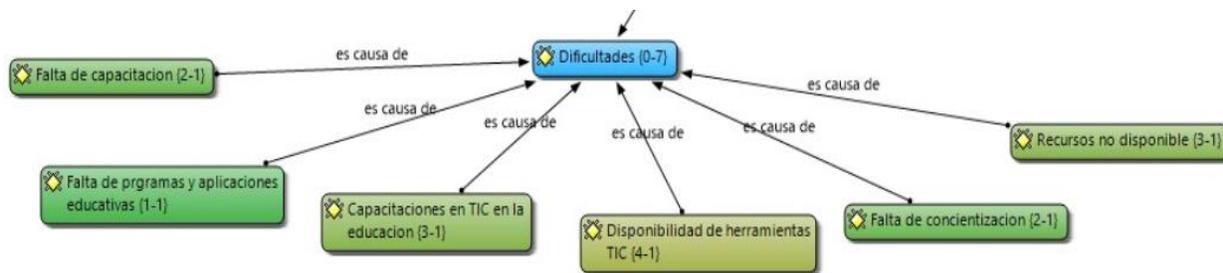


Figura 12 Fragmento red de conceptos

3.2.2.2 Tabla de coocurrencia

Atlas.ti brinda la opción de generar una tabla de coocurrencia de conceptos, la cual determina de manera cuantitativa la relación que existe entre los diferentes conceptos codificados. Esta relación es un número comprendido entre cero y uno, de esta manera si dos conceptos se encuentran estrechamente relacionados su valor estará cercano a uno, o a cero en caso contrario. La tabla de coocurrencia ayuda a identificar que conceptos están ligados y por ende tienen en común un núcleo temático relacionado con las TIC en la educación, un correcto análisis de esta tabla y de la red de conceptos resulta en una buena abstracción de problemas y dificultades a la hora de utilizar una aplicación o dispositivo tecnológico como herramienta educativa de soporte para el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de clase. En la Figura 13 se muestra un fragmento de la tabla de coocurrencia generada con la ayuda de Atlas.ti. La tabla de coocurrencia completa se encuentra disponible en el **ANEXO D**.

	Capacitaciones	Compartir con	Contenidos p	Disponibilidac	Facil acceso	Facil uso	Facilitan el ap	Falta de capac	Falta de conci	Falta de prgra
Capacitaciones en TIC en l		n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a
Compartir contenido	n/a		n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,13	n/a	n/a	n/a
Contenidos precisos	n/a	n/a		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Disponibilidad de herrami	n/a	n/a	n/a		n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	1 - 0,20	1 - 0,25
Facil acceso	n/a	n/a	n/a	n/a		1 - 0,50	n/a	n/a	n/a	n/a
Facil uso	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	1 - 0,50		n/a	n/a	n/a	n/a
Facilitan el aprendizaje	n/a	1 - 0,13	n/a	n/a	n/a	n/a		n/a	1 - 0,11	n/a
Falta de capacitación	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	n/a	n/a	n/a		n/a	n/a
Falta de concientización	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	n/a	n/a	1 - 0,11	n/a		n/a
Falta de programas y aplica	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Herramienta Intuitiva	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	1 - 0,50	2 - 1,00	n/a	n/a	n/a	n/a
Mas interes	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	2 - 0,20	n/a	n/a	n/a
Motivacion	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2 - 0,25	n/a	n/a	n/a
Recursos no disponible	n/a	n/a	n/a	1 - 0,17	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a
Trabajo colaborativo	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2 - 0,25	n/a	n/a	n/a

Figura 13 Fragmento tabla de coocurrencia

3.3 Identificación de temática

3.2.3 Resultados

La caracterización docente mediante una recolección cualitativa de datos usando entrevistas en profundidad permitió obtener la tabla de coocurrencia y la red de conceptos con ayuda de la herramienta Atlas.ti como ya se ha mencionado, sin embargo la identificación de las relaciones entre conceptos así como el análisis de la tabla de coocurrencia y la red de conceptos realizadas en la investigación, permiten condensar los hallazgos en un tabla de problemas del uso de las TIC en la educación, estos problemas conducen a necesidades que la herramienta que se va a desarrollar debe pretender solucionar. Por lo tanto, la tabla que muestra a continuación es uno de los pilares en la fase de diseño de la herramienta a desarrollar, ya que a partir del análisis de esta será posible determinar algunos de los requerimientos funcionales y no funcionales del prototipo.

Problema	Consecuencia	Necesidad
Poca disponibilidad de equipos	Difícil acceso y uso de TIC en el aula	Disposición de herramientas más asequibles
Poco conocimiento de nuevas tecnologías	Contenidos y herramientas tecnológicas desactualizadas	Difusión y capacitación de las herramientas TIC para la educación.
Dificultad en uso de aplicaciones	Rechazo y poca disposición a nuevas tecnologías	Construcción de aplicaciones intuitivas y de fácil interacción.
Falta de interés en el área de la física	Problemas de concentración y bajo rendimiento académico	Utilizar nuevos paradigmas y herramientas en los procesos de enseñanza

Tabla 11 Problemas detectados por la caracterización docente

3.3 Identificación de temática

Una vez identificados los principales problemas y necesidades por parte de estudiantes y docentes, los cuales se encuentran consignados en la Tabla 9 y en la Tabla 11 respectivamente, se hace necesario definir una temática estratégica a la cual enfocar el prototipo de la herramienta didáctica que cumpla con los criterios establecidos por equipo de trabajo consignados en la Tabla 12. Por esto, se realizó una encuesta adicional únicamente a los dos (2) docentes del Instituto Técnico Industrial de Popayán del área de física.

3.3 Identificación de temática

CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TEMÁTICA	
Criterio	Descripción
Consignada en plan de estudios	La temática seleccionada debe estar consignada en el plan de estudios de física de grado 10°, para facilitar el acople de la herramienta con las metodologías actuales.
No cuenta con sesión práctica.	Con el fin de complementar la educación en el área de física, la temática escogida no debe contar con una sesión práctica de ninguna índole (de laboratorio o de simulación). Dicha ausencia puede ser por la dificultad en el montaje, costos e incluso seguridad de los estudiantes.
Temática complicada para estudiantes	Con el propósito de maximizar el potencial educativo de AR y NUI, se busca una temática que sea de difícil abstracción para los estudiantes.
Consenso del equipo de trabajo	El equipo de trabajo decide aquellas temáticas que se adaptan mejor teniendo en cuenta factores como los <i>frameworks</i> utilizados y su capacidad.
Criterio del docente a cargo	La opinión de un experto como el docente en el área de física de la institución es fundamental para la selección de la temática.

Tabla 12 Criterios para selección de temática

Estas encuestas adicionales constan de 4 preguntas, que buscan identificar las temáticas impartidas en el grado 10° para el área de física; así como las herramientas que soportan la enseñanza de estas. La encuesta aplicada a cada docente se encuentra en el **ANEXO B**.

3.3.1 Análisis de datos

El análisis de esta información se realiza por medio de la observación de tablas con los miembros del equipo, esto permite identificar una temática en el área de física para implementar la herramienta; esta temática debe cumplir con los lineamientos curriculares para las Ciencias Naturales contemplados por el Ministerio de Educación de Colombia (Ministerio de Educación, 1998), ya que la institución por ser de carácter oficial cumple con estos lineamientos en su plan de estudios.

En la Tabla 13 se condensan los temas generales más relevantes que se imparten en el área de física en grado 10°. Es importante notar que cada elemento de la tabla puede incluir otros temas más específicos o casos particulares de dicho tema.

Numero	Temáticas
1	Sistema internacional de medidas
2	Vectores
3	Movimiento rectilíneo
4	Caída libre
5	Primera ley de Newton (Fuerzas)
6	Rozamiento
7	Movimiento circular
8	Gravitación Universal
9	Cantidad de movimiento (Colisiones)
10	Trabajo y Potencia

Tabla 13 Núcleos temáticos grado 10°

3.4 Resumen

De la tabla anterior solo los temas 1, 3 y 4 cuentan con una o varias sesiones de practica en un laboratorio. En cambio, **ninguno de los temas nombrados en la tabla son soportados por medio de alguna herramienta de simulación** para el aprendizaje de estas.

Adicionalmente los temas que presentan una mayor dificultad en la abstracción de conceptos el aprendizaje por parte de los estudiantes son **los temas 2, 6, 7 y 9**, lo anterior de acuerdo a la información recolectada a través de la encuesta.

3.3.2 Resultados

A través de la recolección de información cuantitativa obtenida por medio de encuestas, se logra identificar temáticas claves para el desarrollo del prototipo de una herramienta didáctica para el aprendizaje en el área de física usando las tecnologías de RA y NUI.

Para realizar el proceso de selección, se toma cada uno de los temas abordados en el plan de estudios de grado 10° (Tabla 13), y se contrastan con los criterios de selección de la Tabla 12. Este proceso se encuentra consignado en la Tabla 14, con la cual se opta por elegir el tema de **Colisiones (cantidad de movimiento)** como aquel que abordara la herramienta.

TEMAS	No cuente con sesión practica	No cuente con una sesión de simulación	Temática complicada para estudiantes	Consenso del equipo de trabajo	Criterio del docente a cargo
1		X			
2	X	X	X		
3		X			
4		X			
5	X	X		X	X
6	X	X	X	X	
7	X	X	X		X
8	X	X			
9	X	X	X	X	X
10	X	X			

Tabla 14 Selección de temática

3.4 Resumen

En este capítulo se identificaron varios puntos clave para el desarrollo de la herramienta propuesta por medio de la recolección de datos tanto cualitativos como cuantitativos, esto a través de encuestas y entrevistas en profundidad. Entre los puntos clave se encuentran: (i) las necesidades percibidas por parte de la población de estudiantes, así como el uso de herramientas TIC para la educación, lo cual se encuentra condensado en la Tabla 9, (ii) los problemas detectados en el proceso de enseñanza por parte de los docentes del área de física y el uso de las metodologías soportadas en TIC para este propósito, que se encuentra resumido en la Tabla 11, (iii) la temática seleccionada para implementar el prototipo de la herramienta didáctica, cuyo proceso de selección se encuentra en la Tabla 14.

3.4 Resumen

El tema de **Colisiones (cantidad de movimiento)** junto con las necesidades capturadas en la Tabla 9 y en la Tabla 11 servirá como entrada para identificar los requisitos y condiciones que debe cumplir la herramienta planteada que será desarrollada en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA DIDACTICA

En este capítulo se describe el proceso de diseño e implementación de la herramienta didáctica “FisionAR” para el aprendizaje y enseñanza de física en educación media, la cual corresponde a uno de los principales aportes de este trabajo investigativo. La estructura del capítulo se compone de la descripción de la metodología seleccionada para para el diseño e implementación de la herramienta, las tecnologías y frameworks utilizados para el modelado y el proceso de codificación del prototipo.

4.1 Metodología de desarrollo

Para el diseño, implementación y proceso de pruebas del prototipo se optó por utilizar una adaptación de la metodología para desarrollo ágil, Scrum. Entiéndase por metodología ágil como una guía para la gestión de proyectos basada en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto (Alistair Cockburn, 2006)

4.1.1 SCRUM

Scrum es una metodología que presenta un marco de trabajo para el desarrollo y mantenimiento de productos complejos que genere productos de máximo valor productiva y creativamente (Schwaber & Sutherland, 2013). La filosofía de Scrum se basa en el concepto de proceso empírico del cual se desprenden los tres pilares que soportan toda la implementación de Scrum: (i) Transparencia, ésta hace referencia a que no debe existir confidencialidad ni restricción en la información que corresponde al desarrollo del proyecto de tal modo que todos los actores involucrados en el desarrollo compartan un entendimiento común. (ii) Inspección, es realizada con el fin de verificar el progreso del desarrollo en busca de mejorar y maximizar el valor del producto final. Las inspecciones deben ser organizadas y poco frecuentes para no interrumpir el flujo de trabajo. (iii) Adaptación, es la que aporta la característica iterativa e incremental de Scrum, gracias a la transparencia e inspección es posible percibir cuando algún proceso no se está realizando correctamente o un objetivo no se completa satisfactoriamente, por ende, deben realizarse refinamientos en el menor tiempo posible para evitar desviaciones en el desarrollo.

4.1 Metodología de desarrollo



Figura 14 Proceso SCRUM

4.1.1.1 Roles SCRUM

El equipo de trabajo o Equipo Scrum (*Scrum Team*), como se refiere la metodología, debe ser un equipo autosuficiente y multifuncional, encargado de completar satisfactoriamente todas las tareas necesarias para el desarrollo de un producto, de igual forma debe entregar los productos de forma iterativa e incremental, maximizando las oportunidades de obtener retroalimentación de estas entregas. El Equipo Scrum se compone de 3 partes o roles: el Dueño del Producto (*Product Owner*), el Equipo de Desarrollo (*Development Team*) y el *Scrum Master*.

Dueño del Producto (*Product Owner*)

Este rol debe ser llevado a cabo por una única persona y no por un comité, el Dueño del Producto es el encargado de gestionar los requisitos funcionales y no funcionales del producto que son consignados en lo que se denomina la Lista del Producto (*Product Backlog*), esta Lista es de vital importancia dado a que es el camino a seguir por todo el Equipo Scrum. La gestión de la Lista del Producto incluye:

- Expresar claramente los elementos de la Lista del Producto.
- Ordenar los elementos en la Lista del Producto para alcanzar los objetivos de la mejor manera posible.
- Asegurar que la Lista del Producto es visible y clara para todos, y que muestra aquello en lo que el equipo trabajará a continuación.
- Asegurar que el Equipo de Desarrollo entiende los elementos de la Lista del Producto al nivel necesario.

4.1 Metodología de desarrollo

Equipo de Desarrollo (*Development Team*)

Se encuentra conformado por el grupo de personas encargadas de la creación del incremento del producto. Los Equipos de Desarrollo son auto organizados y autónomos siendo capaces de gestionar su propio trabajo internamente, mejorando de esta manera su eficiencia y efectividad. Las principales características del Equipo de Desarrollo son:

- Son auto organizados. Nadie (ni siquiera el Scrum Master) indica al Equipo de Desarrollo cómo convertir elementos de la Lista del Producto en Incrementos de funcionalidad potencialmente desplegados.
- Los Equipos de Desarrollo son multifuncionales, contando como equipo con todas las habilidades necesarias para crear un Incremento de producto.
- En el Equipo de Desarrollo, todos son Desarrolladores, independientemente del trabajo que realice cada persona; no hay excepciones a esta regla.
- Los Miembros individuales del Equipo de Desarrollo pueden tener diferentes tareas entre ellos, pero la responsabilidad recae en el Equipo de Desarrollo como un todo.

Scrum Master

Vigila que todas las características de la metodología Scrum sean correctamente aplicadas en cada paso del proyecto. El *Scrum Master* debe presentar una actitud de liderazgo y debe estar al servicio del Equipo de Desarrollo y del Dueño del Producto. Sus funciones radican principalmente en encontrar técnicas y adoptar estrategias para que el Equipo Scrum máxime el valor de cada incremento y por ende del producto final, además debe facilitar el desarrollo de los eventos de Scrum, así como ayudar a eliminar los obstáculos que se puedan presentar a la hora de aplicar Scrum dentro de la organización.

4.1.1.2 Eventos scrum

Scrum posee un conjunto bien definido de eventos con el fin de obtener un desarrollo estable del proyecto, estos eventos se deben completar en un bloque de tiempo llamado *Sprint*.

Sprint

Está definido como un bloque de tiempo de aproximadamente un mes, durante el cual se crea un incremento del producto, denominado un “Terminado”, este incremento debe ser utilizable y potencialmente desplegable. Los Sprint deben poseer una explicación clara de lo que se va a construir, un plan flexible para lograrlo y un producto resultante. Cada Sprint se compone de unos eventos que consisten de la Reunión de Planificación del Sprint (*Sprint Planning Meeting*), los Scrum Diarios (*Daily Scrums*), la Revisión del Sprint (*Sprint Review*), y la Retrospectiva del Sprint (*Sprint Retrospective*).

4.1 Metodología de desarrollo

Reunión de Planificación del Sprint (*Sprint Planning Meeting*)

Este evento se debe realizar cada vez que se inicia un nuevo Sprint y en él se planifica todo el trabajo que se va a realizar durante el Sprint. En la reunión todo el Equipo Scrum debe estar presente, dejando como mediador al Scrum Master para asegurarse de que todos entiendan la finalidad de la reunión. Durante la reunión se abordan dos temas:

- ¿Qué puede ser terminado en el Sprint que comienza?
- ¿Cómo completar el trabajo necesario para entregar el Incremento?

Para responder al primer interrogante es necesario que el Equipo de Desarrollo brinde una proyección de la funcionalidad que puede ser desarrollada durante el Sprint, mientras tanto el Dueño del Producto debe establecer el Objetivo del *Sprint*, así como los elementos de la Lista de Producto que de ser completados se alcance el objetivo establecido.

Una vez establecido el objetivo y seleccionado los elementos de la Lista de Producto para el Sprint el Equipo de Desarrollo diseña y planifica el trabajo necesario para completar el incremento satisfactoriamente, el Dueño del Producto puede contribuir en la aclaración del objetivo y los elementos seleccionados, sin embargo el Equipo de Desarrollo es quien da el mayor aporte en este punto siendo capaz de explicar al Dueño de Producto y al Scrum Master cómo pretende trabajar para lograr el Objetivo del Sprint y crear el Incremento esperado al finalizar la reunión.

Sprint Diario (*Daily Sprint*)

Es una reunión que lleva a cabo el Equipo de Desarrollo para definir el trabajo que se realizará en las siguientes 24 horas, en ésta reunión se debe inspeccionar el trabajo desarrollado en el último Scrum Diario y como dicho trabajo contribuyó en lograr el Objetivo del Sprint, con estos elementos el Equipo de Desarrollo puede hacer una proyección del trabajo que pueda ser completado hasta el próximo Scrum Diario y que cumpla con el plan establecido en la Reunión de Planificación del Sprint.

Revision del Sprint (*Sprint Review*)

Al final del Sprint se lleva a cabo una Revisión de Sprint para inspeccionar el Incremento y adaptar la Lista de Producto si fuese necesario. En la Revisión de Sprint el Dueño de Producto explica qué elementos de la Lista de Producto se han “Terminado” y cuáles no, proyectando fechas tentativas para la finalización del proyecto basándose en el progreso obtenido hasta la fecha, de igual manera el Equipo de Desarrollo muestra el trabajo realizado y habla sobre los problemas que aparecieron durante el Sprint y cómo fueron resueltos y responde preguntas acerca del Incremento. El resultado de la Revisión de Sprint es una Lista de Producto revisada y refinada para enfocarse en los nuevos desafíos que debe afrontar el Equipo Scrum.

4.1 Metodología de desarrollo

Retrospectiva del Sprint (*Sprint Retrospective*)

La Retrospectiva de Sprint es una oportunidad para el Equipo Scrum de inspeccionarse a sí mismo y crear un plan de mejoras que sean abordadas durante el siguiente Sprint. El propósito de este evento es encontrar las posibles causas de problemas que se presentaron en el Sprint para corregirlos y mejorar el proceso de desarrollo en el siguiente Sprint.

4.1.1.3 Artefactos de Scrum

Son los elementos que resumen el trabajo desarrollado por el Equipo Scrum y por lo tanto condensan el resultado del proyecto. Los artefactos consisten en:

La Lista del Producto (*Product Backlog*)

Es el resultado de la captura de requisitos del proyecto mostrados de forma ordenada en una lista. La Lista de Producto puede sufrir cambios a lo largo del desarrollo del proyecto, modificando sus elementos o su alcance y añadiendo el plan para implementar cada ítem de la lista, por lo general la Lista del Producto en conjunto con dicho plan recibe el nombre de Lista de Pendientes (*Sprint Backlog*).

Lista de Pendientes del Sprint (*Sprint Backlog*)

La Lista de Pendientes del Sprint es el conjunto de elementos de la Lista de Producto seleccionados para el Sprint, más un plan para entregar el Incremento de producto y conseguir el Objetivo del Sprint. La Lista de Pendientes del Sprint es una predicción hecha por el Equipo de Desarrollo acerca de qué funcionalidades formarán parte del próximo Incremento y del trabajo necesario para implementarlas.

Incremento

El Incremento es el resultado de implementar todos los elementos de la Lista de Producto que se han seleccionado para un Sprint más el valor de los incrementos de todos los Sprints anteriores. Cada incremento debe estar en facultados de ser utilizado, lo cual significa que debe cumplir con la definición de “Terminado”. El incremento debe estar en condiciones de utilizarse sin importar si el Dueño de Producto decide liberarlo o no.

4.1.2 Story Mapping

La metodología SCRUM sintetiza todos los requerimientos funcionales y no funcionales del producto en el *Product Backlog*, por tanto, la construcción de este artefacto se convierte en la primera tarea a realizar por el equipo de trabajo, dentro del *Product Backlog* se debe identificar las distintas actividades, funcionalidades y tareas de las que se compone el producto o solución, asignarles un orden secuencial y determinar el esfuerzo que cada una representa. En muchas ocasiones es difícil realizar dicha labor logrando un buen nivel de detalle que contribuyan a distribuir las actividades en orden cronológico, por esta razón Jeff Patton ideó una técnica que brinda un enfoque visual a la construcción del *Product Backlog*, denominada *Story Mapping* (Patton, 2014).

4.1 Metodología de desarrollo

El *Story Mapping* es un arreglo de dos dimensiones que brinda un panorama más completo a la hora de tomar decisiones que afecten el desarrollo del proyecto, en él se tienen en cuenta las funcionalidades y el tiempo para ubicar las tareas a desarrollar según el orden cronológico y el esfuerzo que estas requieren. El *Story Mapping* se compone de varios elementos los cuales se pueden observar en la Figura 15 y se describen a continuación.

User Activities

Son actividades que un usuario debe poder realizar con el producto final, estas actividades deben ser generales y se componen de una o varias tareas de usuario (*User Task*).

User Tasks

Representan una acción que realizará un usuario. Las *User Tasks* se distribuyen horizontalmente, según el orden en el que éstas serían usadas para completar un uso normal. Por ejemplo, el usuario primero accede al sistema, luego busca un producto, lo añade a la cesta de la compra, paga y finalmente recibe una notificación de la compra.

Working Skeleton or Tracer Bullet

Hace referencia a la primera capa de funcionalidad compuesta por *User Tasks*, la cual será la primera versión del producto que se pondrá en estado de terminado para ser utilizada por los usuarios y recibir retroalimentación para las versiones posteriores.

Product Versions

Son la representación de cada una de las versiones del producto en cuanto a sus funcionalidades se refiere. Cada versión representa la evolución del producto durante el desarrollo de este.

El *Story Mapping* permite visualizar cómo están distribuidas las funcionalidades del producto de acuerdo a las diferentes áreas del sistema (Patton, 2014).

4.1 Metodología de desarrollo

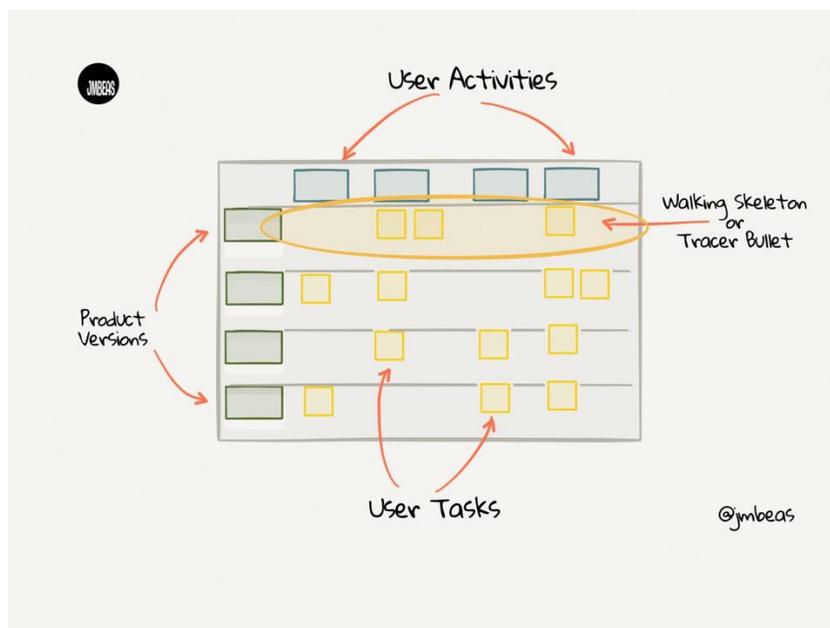


Figura 15 Componentes *Story Mapping*

Identificar las tareas y sub-tareas que deben realizarse en la fase de construcción del prototipo, se hizo posible basándose en los problemas y necesidades encontrados en el capítulo 3, de tal forma que puedan representarse visualmente a través de un *Story Mapping*. Es importante tener en cuenta que los requerimientos deben ser identificados por todo el equipo de trabajo liderados por el Dueño del Producto, tal y como lo propone SCRUM, con esto se garantiza que todos los elementos necesarios para alcanzar el objetivo de cada Sprint y por ende la finalización del producto, queden consignados en el *Story Mapping*.

Para el caso particular de este trabajo la distribución del *Story Mapping* presentado en la Figura 16 es el resultado de las necesidades y problemas identificados en el uso de las TIC en la educación, específicamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de física por parte de estudiantes y docentes, además de los problemas y necesidades mencionados existen otras tareas como el diseño de interfaces y modelo de navegación que deben ser contempladas por el equipo de trabajo, puesto que dichas tareas hacen parte indispensable en cualquier proyecto de desarrollo software orientado al usuario, todas estas tareas se organizan siguiendo los lineamientos propuestos por la metodología SCRUM.

4.1 Metodología de desarrollo

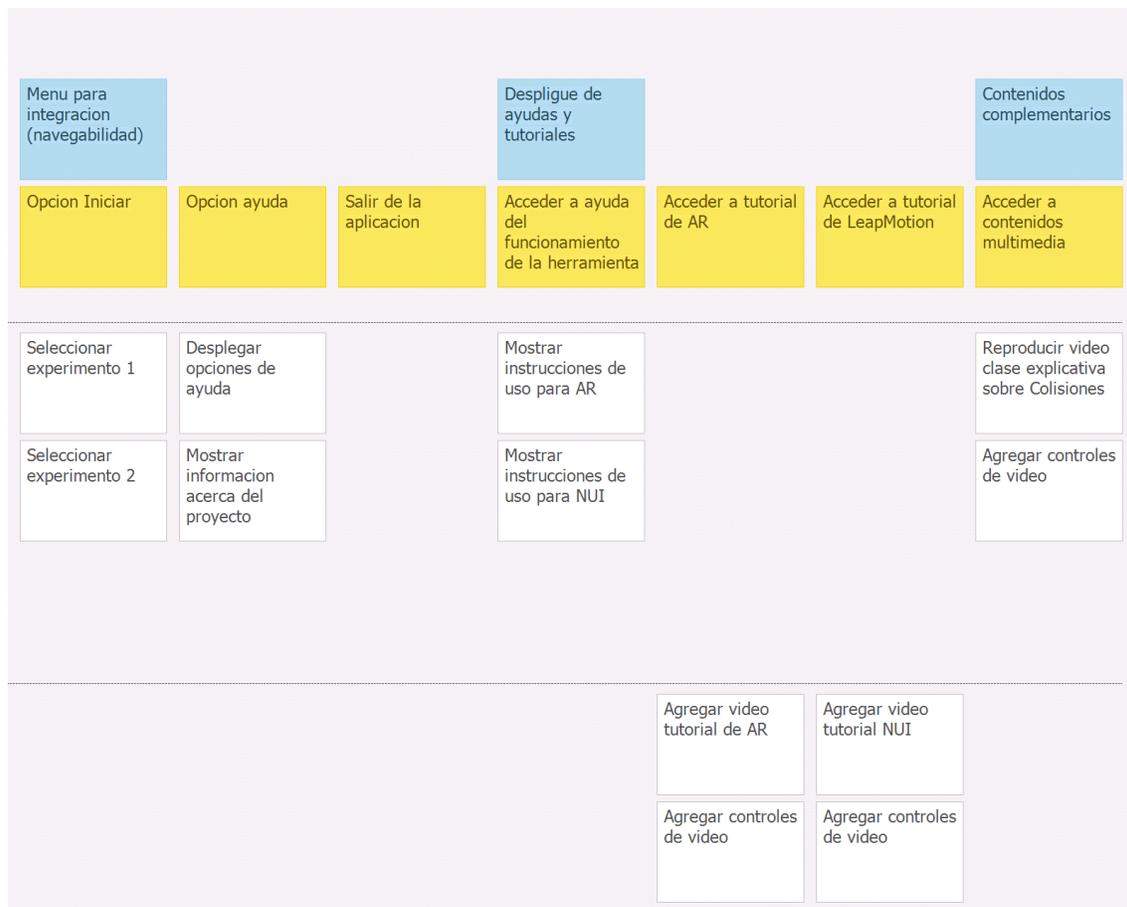
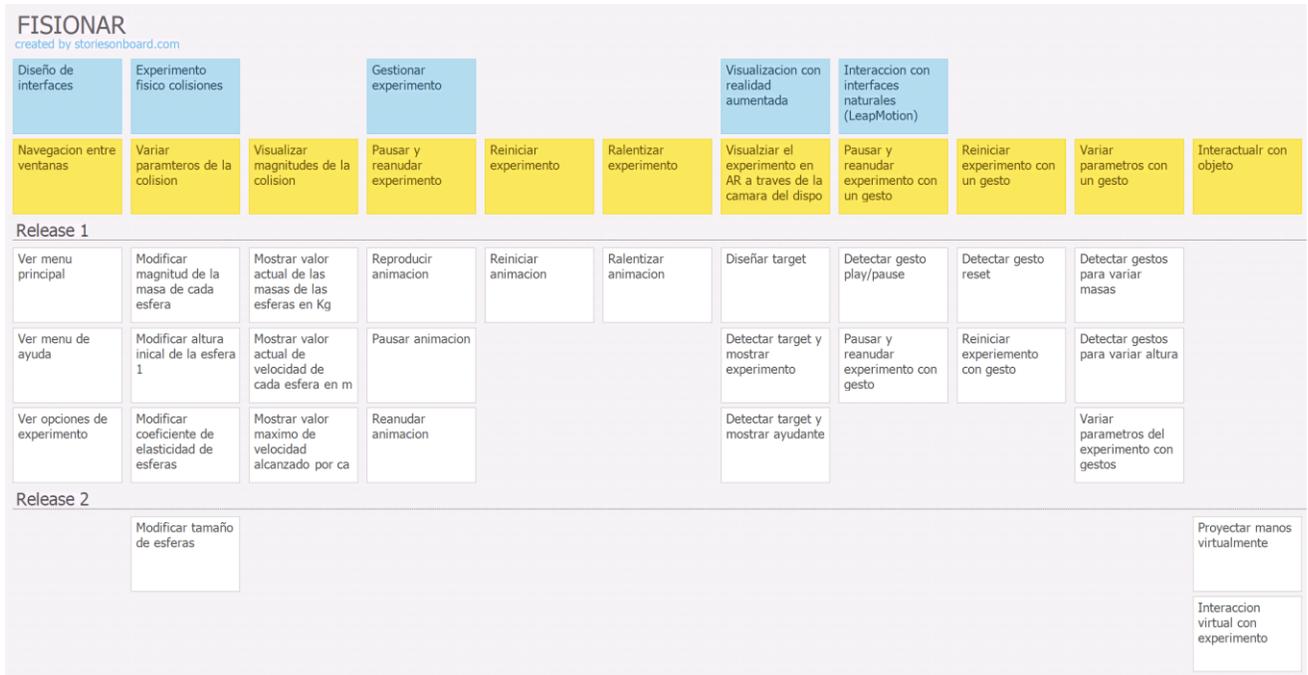


Figura 16 Story Mapping

4.2 Modelado de herramienta

Basado en las necesidades detectadas en el capítulo 3, se opta por desarrollar un prototipo de herramienta para plataformas móviles, concretamente para el sistema operativo Android que cuenta con el mayor porcentaje del mercado mundial (Universidad Cardenal Herrera, 2015), además de ser el sistema operativo móvil usado por la mayoría de estudiantes pertenecientes a la muestra, lo cual se ve reflejado en el **ANEXO C**.

El prototipo se desarrolla en el motor de juegos multiplataforma Unity 3D, el cual brinda muchas facilidades para los propósitos de esta herramienta, pues cuenta con un potente motor físico integrado y un gran número de SDKs¹³ para el desarrollo e integración con otros *frameworks*; entre ellos Vuforia y Leap Motion, los cuales se seleccionan para implementar AR y NUI respectivamente, como se concluye en el apartado **2.3.2** Tecnologías disponibles

4.2.1 Arquitectura del sistema

Para la implementación de una herramienta que cumpla, con los requerimientos identificados en el capítulo 3 y reflejados en el *Story Mapping* de la Figura 16, se requiere de una estructura robusta y de un entorno que permita el funcionamiento del SDK de Vuforia, el dispositivo Leap Motion y el motor físico PhysX. Para lograr esto se plantea una arquitectura que consta de 2 nodos (Figura 17).

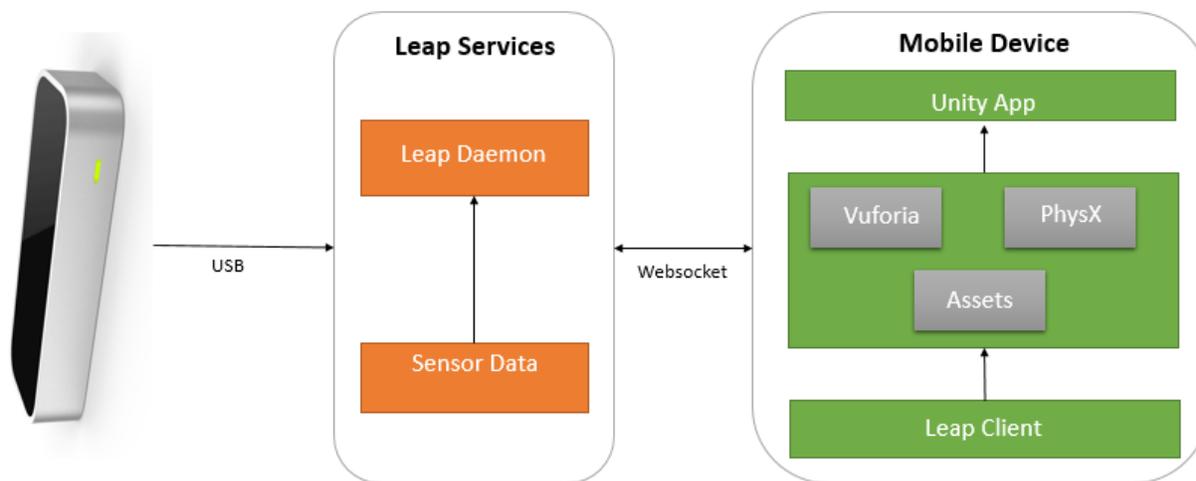


Figura 17 Arquitectura del sistema

El primer nodo (Mobile Device), realiza la detección y renderización de AR, los cálculos de las interacciones físicas y el control de la transición entre interfaces. Se compone de 3 capas. En la capa inferior, se encuentra el cliente Websocket que se conecta al *daemon* o servicio del Leap Motion a través del protocolo TCP; en la capa media, se encuentran 3 módulos que son: (i) el

¹³ SDK: Kit de Desarrollo Software (*Software Development Kit*)

4.2 Modelado de herramienta

motor de Vuforia, que se encarga de detectar los *Targets* (almacenados en una DB¹⁴ local) y proyectar el contenido aumentado, (ii) el motor PhysX, que realiza los cálculos de las interacciones físicas entre los cuerpos, (iii) los recursos o *assets*, que constan de las texturas, modelos, interfaces y scripts que requiere Unity. Por último en la capa superior se encuentra el compilador de Unity, el cual toma la información arrojada por la capa anterior para compilar la aplicación.

El segundo nodo (Leap Services), se encarga de recopilar, procesar y organizar toda la información necesaria para el uso de las NUI. Consta de una máquina donde se encuentra instalado el software de seguimiento del Leap Motion, y que a su vez proporciona el WebSocket al cual se conecta el primer nodo. Para esto la información es capturada por los sensores del dispositivo Leap Motion y enviada a través de USB, luego, la información pasa por 2 capas: (i) la primera capa, se encarga de aplicar los algoritmos para procesar los datos, y de esta manera expresarlos como una serie de *frames* que describen el comportamiento de las manos y dedos a lo largo del tiempo, (ii) la segunda capa, pone a disposición estos datos procesados por medio de un *webSocket*.

4.2.2 Motor físico

Un motor físico es un software capaz de realizar simulaciones de ciertos sistemas físicos como la dinámica de cuerpo rígido, el movimiento de fluidos, elasticidad, entre otros. Para el desarrollo de la presente herramienta se requiere de un motor físico que realice los cálculos pertinentes de las interacciones físicas entre los cuerpos. Lo anterior, con el propósito que los experimentos tengan un comportamiento muy parecido al observado en un laboratorio, y por ende reflejen el fenómeno visto y modelado en clase, esto, para reforzar la teoría estudiada en el aula.

Para lograr lo anterior se usa el motor físico *PhysX*, desarrollado por Nvidia. Este motor hace parte de la capa de software intermedio o *middleware* y está diseñado para realizar cálculos físicos muy complejos. Actualmente en la industria de los videojuegos es el motor físico más usado por desarrolladores y diseñadores (PhysX info, 2009). Este, hace parte del motor de videojuego de Unity.

El uso de *PhysX* en la herramienta didáctica facilita el diseño de experimentos, pues este se encarga de todos los cálculos internos como inercia, gravedad, rozamientos, etc. Además, la variación de estos parámetros se consigue de una forma sencilla, lo que incentiva la curiosidad y el aprendizaje empírico en los estudiantes. El motor físico también brinda una interacción fluida entre los cuerpos presentes en la simulación y permite el diseño e incorporación de futuros experimentos de una manera fácil.

¹⁴ DB: *Data Base* (Base de datos)

4.2.3 Realidad aumentada

Vuforia cuenta con un SDK compatible con una gran cantidad de plataformas y entornos de desarrollo como Android y Unity, este SDK proporciona las funcionalidades propias de Realidad Aumentada al prototipo software a construir en este trabajo de grado y su funcionamiento parte de la detección de patrones específicos de un objeto bidimensional o tridimensional denominado *Target* a través de la cámara del dispositivo, proyectando contenido virtual el cual se superpone con la imagen del entorno real capturada por la cámara.

Una aplicación de Realidad Aumentada desarrollada con Vuforia consta del SDK de Vuforia y el *Vuforia Target Manager*, el SDK es el encargado de detectar el *Target* mediante la cámara y genera uno o varios objetos virtuales asociados a ese *Target*, mientras que el *Vuforia Target Manager* es una herramienta web alojada en el portal de desarrollo de Vuforia que permite la creación y gestión de *Targets* compatibles con el SDK. El *Target Manager* brinda soporte para crear *Targets* de tipo imagen, *Multi-Targets* y *Targets* cilíndricos los cuales se construyen a partir de archivos tipo PNG o JPG 8 o 24 bits. Los archivos JPG deben ser RGB o escala de grises. El tamaño máximo del archivo de imagen es de 2,25 MB (PTC, 2016).

Una aplicación de Realidad Aumentada con Vuforia debe contener un *Dataset* en el cual se encuentran las configuraciones de los “*Trackeables*” y un archivo binario con la base de datos de estos. Este *Dataset* es descargado a través del *Vuforia Target Manager* y compilado por la aplicación para ser utilizado en tiempo de ejecución por el SDK Vuforia. Los *Trackeables* son clases base que representa todo objeto real que puede ser seguido en seis grados de libertad por Vuforia, estos pueden ser *Image Targets* (imágenes) y *Multi Targets* como *Markers* (objetos 3D). Cada *Trackeable* posee un nombre, un identificador, estado e información sobre su posición. Los *Trackeables* se actualizan cada vez que se procesa un fotograma, los resultados de este procesamiento se pasan a la aplicación mediante la utilización de un objeto que representa el estado del *Trackeable*.

Es importante resaltar que las aplicaciones desarrolladas con Vuforia poseen un *License Key* (Clave de Licencia), la cual, brinda acceso a la aplicación para utilizar el SDK de Vuforia (Developer.vuforia.com, 2016), esta clave puede ser gestionada por el *Vuforia License Manager*, herramienta que también se encuentra disponible en el portal para desarrolladores de Vuforia. Cada clave solo puede ser utilizada en una única aplicación, sin embargo, para las versiones de Android y iOS de la aplicación es posible utilizar la misma clave.

En la Figura 18 se puede observar la arquitectura de una aplicación de Realidad Aumentada que utiliza el SDK de Vuforia.

4.2 Modelado de herramienta

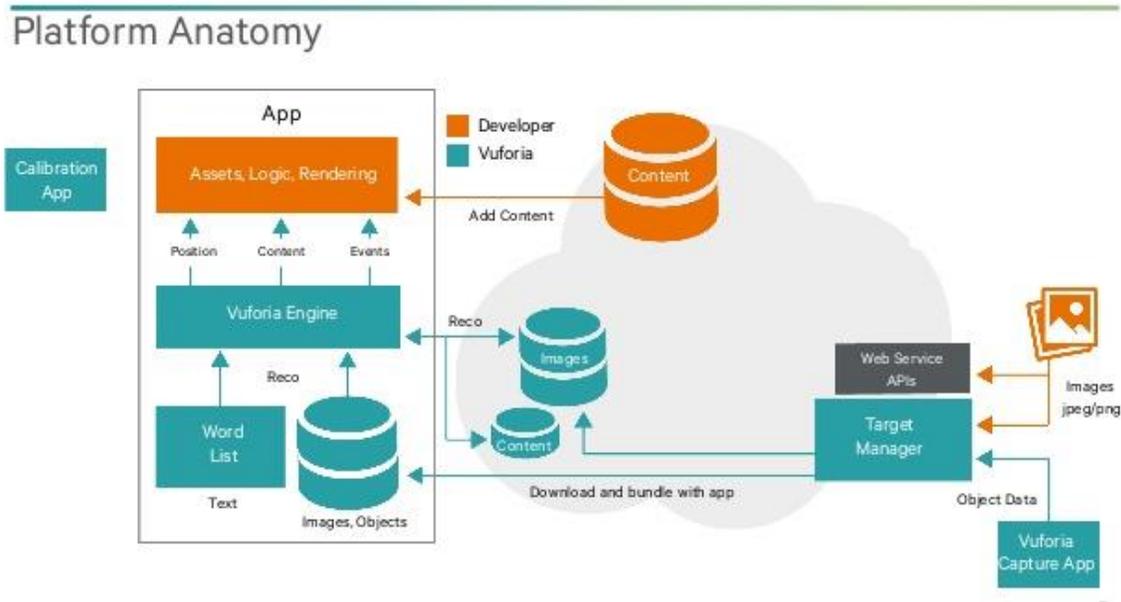


Figura 18 Arquitectura aplicación con Vuforia

La incorporación de Vuforia en desarrollo de la herramienta didáctica para el aprendizaje de física, agrega un enfoque realista e interactivo al producto, contribuyendo significativamente en la motivación por el uso de la herramienta dado a la naturaleza de la aplicación. Adicionalmente este enfoque de Realidad Aumentada hace posible observar los eventos físicos de un experimento desde diversos ángulos, dotando a la herramienta de una propiedad primordial en cualquier tipo de experimento como lo es la observación desde varias perspectivas mejorando la experiencia de usuario de la aplicación.

4.2.2.1 Targets

Dentro de los diferentes tipos de AR presentados en la Tabla 1, Vuforia tiene la capacidad de utilizar el reconocimiento de Códigos QR (2D), Imágenes (2D), Superficies (3D) y Objetos (3D), como elemento para proyectar el contenido virtual aumentado, cada tipo de detección posee sus características particulares y presentan mayor afinidad de acuerdo al contexto en que se utiliza. En el caso particular de la herramienta *FisionAR* no se hace necesario algún tipo de reconocimiento particular, por esta razón se selecciona el reconocimiento de Código QR y de Imágenes los cuales son tipos de reconocimiento planos (2D) y se caracterizan por su fácil implementación y porque poseen un alto índice de reconocimiento de patrones. El *Vuforia Target Manager* brinda la posibilidad de identificar estos patrones como se muestra en la Figura 19, los cuales ayudan a la cámara del dispositivo a reconocer con más facilidad el *Target*.

4.2 Modelado de herramienta

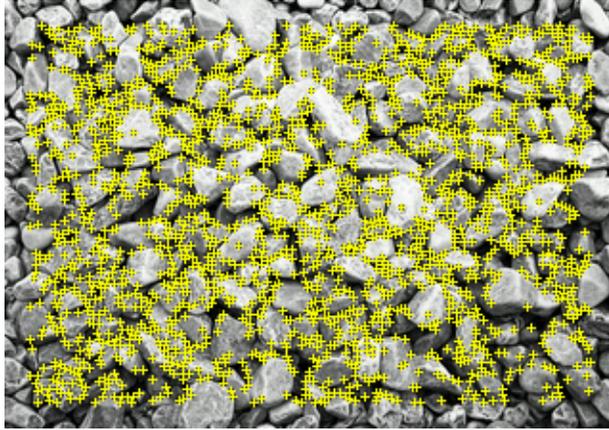


Figura 19 Target de ejemplo

Con el propósito de demostrar la versatilidad de Vuforia en cuanto al tipo de *Target* que soporta se utilizó un *Target* de Código QR para proyectar la escena del experimento de física y un *Target* de Imagen para proyectar un ayudante con el cual la aplicación cuenta. Los *Targets* también sirven como punto de referencia para el contenido virtual aumentado, haciendo que el tamaño del contenido dependa directamente de las dimensiones del *Target*. Para que las proyecciones tengan un tamaño adecuado y sea posible la fácil identificación de todos los elementos que componen la escena del experimento físico, las dimensiones de los dos *Targets* fueron elegidas después de un proceso de pruebas con diferentes medidas hasta llegar a un acuerdo entre el equipo de desarrollo, estas medidas fueron de 20 cm² para el *Target* del experimento y de 6 cm² para el *Target* del ayudante.

En la Figura 20 se puede observar el *Target* seleccionado para el experimento.



Figura 20 Target del experimento

Para proyectar el ayudante se seleccionó una imagen del escudo de la Universidad del Cauca que se muestra en la Figura 21, este ayudante se obtuvo directamente del repositorio de contenidos de Unity, *Asset Store*, una vez importado el modelo se establece la relación con el *Target* ya mencionado y se le agregan las funciones de mostrar texto de ayuda en pantalla, la función principal del ayudante es explicar cada elemento que compone la escena del experimento

4.2 Modelado de herramienta

así como las funciones para controlarla de una manera llamativa y amigable. El ayudante de FisionAR se puede muestra en la Figura 21.



Figura 21 Target y ayudante de FisionAR

4.2.4 Interfaces naturales

Uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de esta herramienta, es el uso de las NUI como método de interacción, con el fin de potenciar factores educativos como: (i) la memoria a largo plazo, (ii) la memoria espacial y (iii) el uso de la memoria kinestésica (Seo, Kim, & Kim, 2006). Esto además de ser un complemento ideal para la tecnología de visualización AR (Radu, 2012).

Para lograr esto se usa el dispositivo Leap Motion que se ve en la Figura 22. El cual, es un sensor que toma el movimiento de manos y dedos como entrada, sin la necesidad de ningún tipo de contacto. El Leap Motion cuenta con 2 cámaras y 3 Leds infrarrojos, los cuales le permiten recolectar información que posteriormente es enviada por medio de USB al software de seguimiento del Leap Motion, luego se realizan una serie de cálculos para procesar los datos enviados por el sensor. Esto permite extraer información acerca del seguimiento de dedos y manos aplicando además unos filtros para asegurar que los datos sean fluidos y coherentes a lo largo del tiempo. Por último, el servicio o *daemon* del Leap Motion, que corre en la máquina a la que está conectada el dispositivo, expresa los resultados como una serie de *frames* que contienen toda la información de seguimiento (Colgan, 2014).

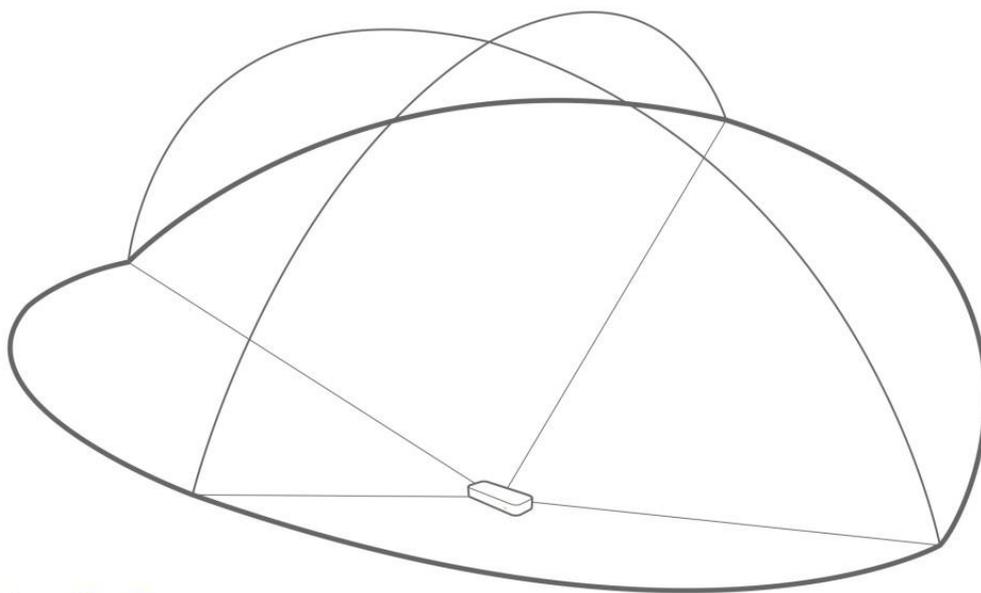
4.2 Modelado de herramienta



Figura 22 Leap Motion

Para consultar esta información el servicio, o *daemon*, del Leap Motion cuenta con librerías nativas, para aplicaciones locales (disponibles para C, C++, C#, Objective-C, Python y Java); y librerías para clientes, tanto web como móvil, que usan un Websocket.

Gracias a los amplios ángulos de detección de los lentes en el dispositivo, tiene un espacio de interacción de 8 pies cúbicos que toma la forma de una pirámide invertida como se ve en la Figura 23. Con el ultimo software el campo de vista del dispositivo ha sido expandido a 2.6 pies (80cm) (Colgan, 2014).



Interaction Area

2 feet above the controller, by 2 feet wide on each side
(150° angle), by 2 feet deep on each side (120° angle)

Figura 23 Espacio de interacción del dispositivo

El uso del dispositivo Leap Motion como mecanismo de NUI de la herramienta permite la interacción solo con las manos desnudas. Lo anterior, se realiza a través de gestos sencillos, los cuales fueron diseñados teniendo en cuenta el contexto de la herramienta, para que permita gestionar el ciclo del experimento y sus parámetros.

4.2.3.1 Diseño de gestos

Para el diseño de gestos se toma como referencia la guía para las mejores prácticas de desarrollo de VR con Leap Motion (Leap Motion, 2015) pero adaptadas al contexto educativo y la AR. En la Tabla 15 se resumen los criterios usados para el diseño de los gestos usados en la herramienta.

CRITERIOS PARA DISEÑO DE GESTOS	
Criterio	Descripción
Descrito textualmente	El gesto debe poder ser descrito en texto de una manera sencilla y clara
Movimientos cortos	El gesto no debe contar con movimientos exagerados que requieran demasiado movimiento por parte del usuario.
Limitar número de gestos	Para que el usuario tenga una experiencia agradable con la herramienta se debe limitar el número de gestos que debe memorizar a 5 o 6
Usar señales auditivas	Por medio de sonidos la aplicación debe indicar al usuario si el gesto es válido para el presente contexto
Separar estados claramente	Para los gestos debe ser posible separar su estado inicial y final, al igual que la transición entre ellos debe darse de manera simple y directa

Tabla 15 Criterios para el diseño de gestos

Swipe

El gesto *swipe* consiste en cerrar la mano en forma de puño dejando bien estirado y apuntando hacia la pantalla tan solo el dedo índice, como se ve en la Figura 24. Una vez realizado esto se mueve el dedo o la mano completa hacia la derecha o izquierda, según requiera el gesto. Es usado para variar la altura desde la cual se deja caer la esfera sobre la rampa para realizar la colisión

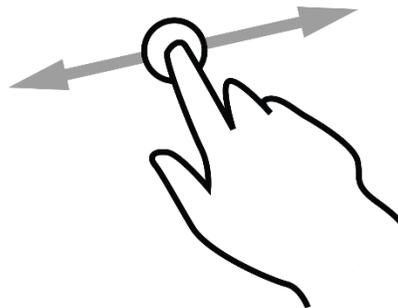


Figura 24 Gesto *swipe*

4.2 Modelado de herramienta

Two-fingers swipe

Este gesto es muy similar al anterior, pero en este caso se dejan estirados y apuntando a la pantalla tanto el dedo índice como el dedo medio, como se indica en la Figura 25. Igualmente, el movimiento puede darse tanto a la izquierda como derecha. Es usado para reiniciar el experimento.

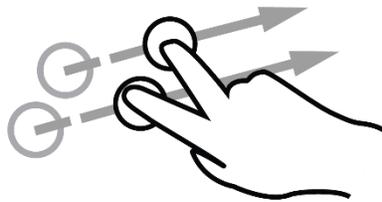


Figura 25 Gesto *two-fingers swipe*

All-hand pinch

Para realizar el gesto *all-hand pinch*, primero se abre totalmente la mano con la palma mirando hacia la pantalla, una vez hecho esto se cierran los dedos como agarrando un objeto entre los dedos índice, medio, anular y meñique con el dedo pulgar, mientras estos dedos quedan apuntando hacia la pantalla, como se ve en la Figura 26. Es usado para iniciar y pausar el experimento.



Figura 26 Gesto *all-hand pinch*

Raise open palm

En este gesto se abre totalmente la mano con los dedos apuntando hacia la pantalla y la palma apuntando hacia arriba. Hecho esto, se procede a levantar la palma sin perder la posición de los dedos como se ve en la Figura 27 . Es usado para aumentar la masa de las esferas que realizan

4.2 Modelado de herramienta

la colisión, donde cada mano simboliza una esfera, por lo que la mano izquierda controla la masa que se encuentra al lado izquierdo del usuario y viceversa.



Figura 27 Gesto *raise open palm*

Drop open palm

Este gesto es muy similar al anterior, pero esta vez la palma de la mano apunta hacia abajo, como indica la Figura 28, y el movimiento se da en la misma dirección indicando una disminución en la masa de la esfera asociada a la mano correspondiente.



Figura 28 Gesto *drop open palm*

4.2.5 Interfaz gráfica de usuario de FisionAR

La construcción de la interfaz de usuario hace parte de las tareas identificadas por el equipo de trabajo para desarrollar para el primer incremento del producto. La interfaz hace parte de la presentación de la herramienta y constituye un componente fundamental en cuanto a la navegabilidad e interacción con el usuario. A continuación, se presenta el diseño para cada una de las interfaces que componen el prototipo.

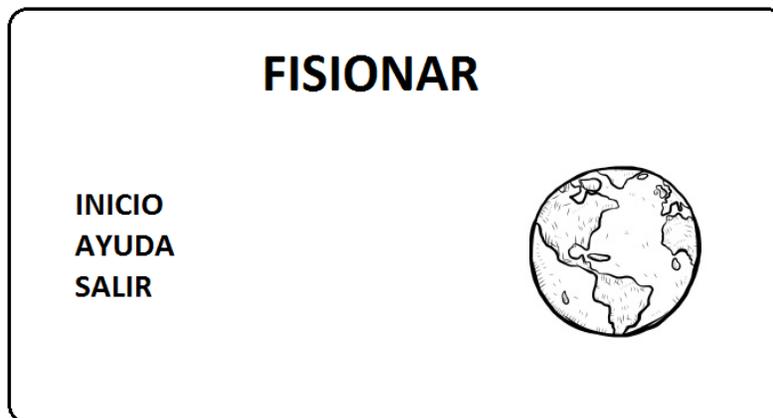


Figura 29 Interfaz menú de Inicio

En esta interfaz se muestra el menú principal de inicio de la herramienta, este menú consta de las funciones:

- **INICIO** que dirige a la escena del experimento.
- **AYUDA** para acceder al menú de ayuda.
- **SALIR** para cerrar la aplicación.

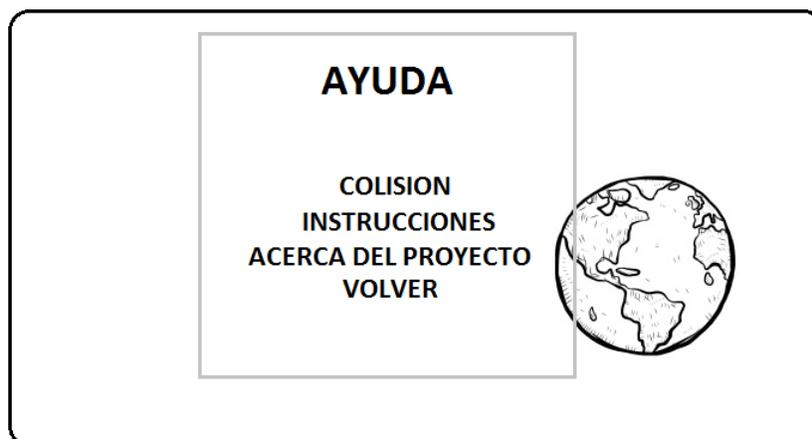


Figura 30 Interfaz menú de ayuda

Interfaz gráfica que presenta el menú de ayuda, consta de las funciones:

- **COLISION** la cual despliega en pantalla completa un video con la explicación teoría de una colisión física.
- **INSTRUCCIONES** dirige a una ventana donde se presentan la forma de manejar la Realidad Aumentada y el dispositivo Leap Motion para el reconocimiento de gestos.
- **ACERCA DEL PROYECTO** muestra un texto informativo sobre el desarrollo el trabajo de investigación para el cual fue desarrollada la herramienta FisionAR.
- **VOLVER** retorna al menú principal.

4.2 Modelado de herramienta

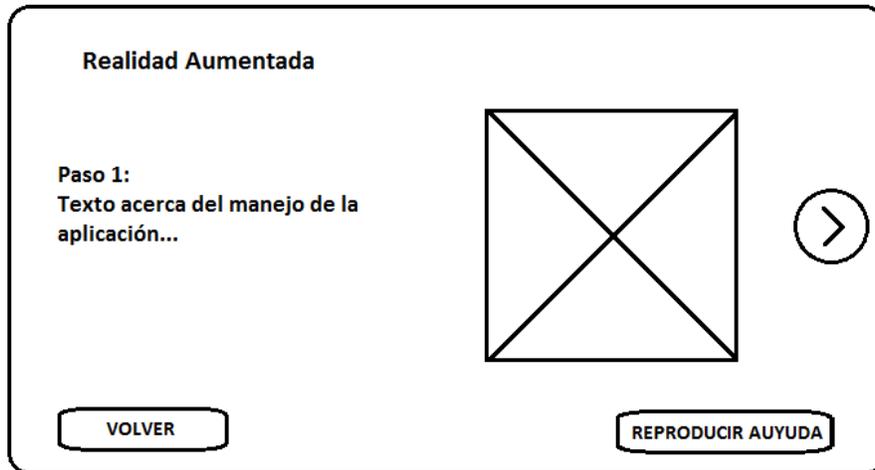


Figura 31 Interfaz instrucciones AR

Ventana a la cual se accede mediante la opción de INSTRUCCIONES del menú de AYUDA, en ella se presenta un tutorial paso a paso para el uso de los Targets y acceso a las funciones de AR, en ella se encuentran las siguientes funciones:

- REPRODUCIR AYUDA reproduce en pantalla completa un video de ayuda para el manejo de los Targets y el dispositivo sobre el cual se ejecuta la herramienta.
- ICONO SIGUIENTE dirige al siguiente paso de Realidad Aumentada, en caso de encontrarse en el último este botón dirige a las instrucciones para la interacción mediante Interfaces Naturales.
- VOLVER que retorna al menú principal.

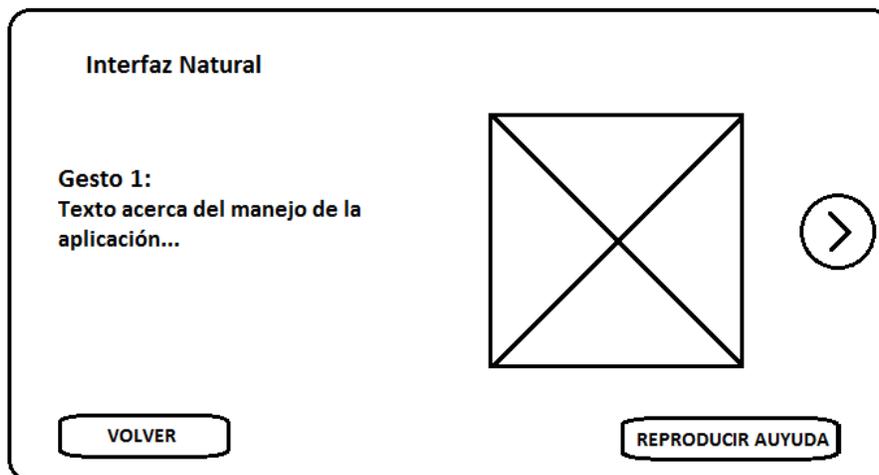


Figura 32 Interfaz instrucciones NUI

Ventana a la cual se accede mediante la opción de INSTRUCCIONES del menú de AYUDA, similar a la anterior presenta un tutorial para realizar la interacción con interfaces naturales mediante el dispositivo Leap Motion. Consta de las funciones:

4.2 Modelado de herramienta

- REPRODUCIR AYUDA reproduce en pantalla completa un video de ayuda explicando el uso del dispositivo Leap Motion y el reconocimiento de gestos mediante este.
- ICONO SIGUIENTE dirige al siguiente paso del tutorial, en caso de encontrarse en el último este botón dirige a las instrucciones para Realidad Aumentada.
- VOLVER que retorna al menú principal.

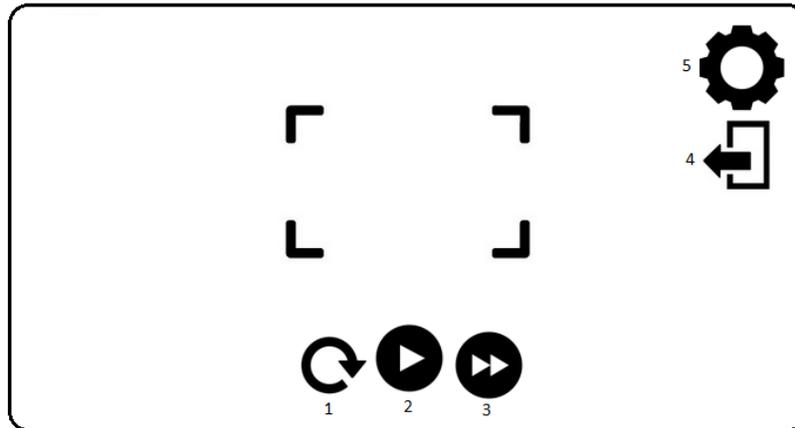


Figura 33 Interfaz escena del experimento

Interfaz gráfica de la escena del experimento, en ella se presenta las siguientes funciones:

- BOTON RESET (1) el cual reinicia el experimento.
- BOTON PLAY (2) para dar inicio a la simulación del experimento.
- BOTON SLOW (3) el cual reproduce en cámara lenta el experimento, también es utilizado para regresar la ejecución del experimento a velocidad normal.
- BOTON SALIR (4) el cual retorna al menú de inicio
- BOTON AJUSTES (5) al oprimirse este botón se despliega un menú de ajuste para calibrar los parámetros del experimento, como se muestra en la siguiente interfaz.

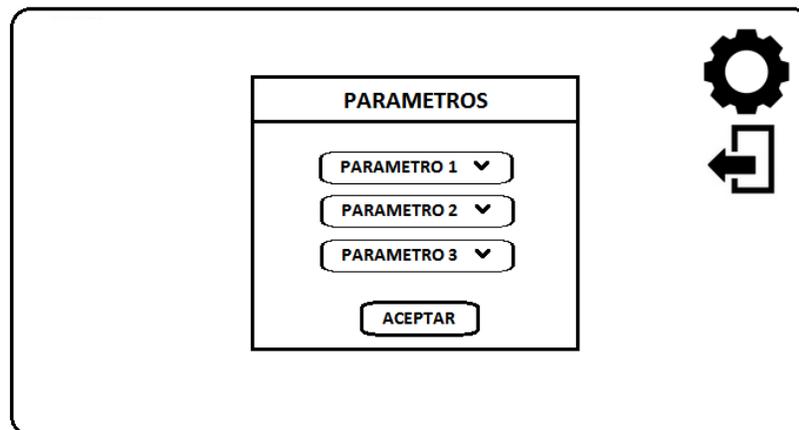


Figura 34 Interfaz menú de ajustes de experimento

4.3 Implementación

Interfaz de ajustes del experimento el cual muestra unos menús desplegables con unas opciones precargadas para ajustar los diferentes parámetros que se pueden variar en el experimento, la opción aceptar guarda los cambios y retorna a la escena del experimento. El botón de ajustes oculta el menú.

4.3 Implementación

A continuación, se describe el proceso de implementación que da como resultado el prototipo funcional de la herramienta didáctica FisionAR. Para el cual se tiene en cuenta el modelado realizado anteriormente y la metodología de desarrollo escogida.

4.3.1 Implementación de la metodología

Para el desarrollo del prototipo software se tuvieron en cuenta varios de los aspectos de Scrum, presentados en la sección 4.1.1 SCRUM, dentro de estos aspectos se destacan los eventos y artefactos que consignan el trabajo realizado durante la construcción de la herramienta. Scrum también contempla un equipo de trabajo denominado Equipo Scrum.

4.3.1.1 Roles

En la Tabla 16 se observan los roles de cada uno los miembros del equipo de trabajo, garantizando que todos los roles contemplados en la metodología Scrum sean asignados.

INTEGRANTE	CARGO	ROL
Darío Fernando Chamorro Vela	Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones, Scrum Master Certificado. (Director de tesis)	Scrum Master
Diego Alejandro Alvis Palencia	Estudiante	Desarrollador, Dueño de Producto
Cristian Camilo Riaño Martínez	Estudiante	Desarrollador

Tabla 16 Asignación de roles

4.3.1.2 Sprints

El Sprint es considerado el corazón de la metodología Scrum, pues alrededor de este evento se envuelve todo el trabajo de desarrollo y gestión, derivándose así los demás eventos. Como se menciona en la sección 4.1.1.2 Eventos scrum, la duración del *Sprint* debe ser lo suficientemente larga como para que el incremento del producto sea funcional e independiente; y lo suficientemente corto como para mantener la modularidad del producto. Adicional a esto, se debe procurar que el esfuerzo en todos los *Sprints* sea igual, y por ende tener la misma duración. Por estos motivos (y analizando el *Product Backlog*), el equipo del trabajo planeo el desarrollo del

4.3 Implementación

prototipo de la herramienta FisionAR en 3 *Sprints*, con una duración promedio de 10 días cada uno.

Durante el evento de planeación de cada *Sprint* se obtuvo un *Sprint Backlog*, el cual se compone de *User Activities* específicamente seleccionadas para cada *Sprint*. Así mismo, cada una de las *Users Task* (Tareas), que componen las *User Activities*, fueron asignadas entre los miembros del Equipo de Desarrollo (*Development Team*) fijando un tiempo estimado a cada una de ellas.

Para el *Sprint 1* se define el objetivo: “*Implementar el experimento y su ciclo en un entorno virtual*”, el cual consiste en modelar y construir una primera versión de la escena donde se lleva a cabo el experimento, así como el control de este.

En el caso del *Sprint 2* el objetivo planteado fue: “*Implementar el experimento en un entorno real incorporando las tecnologías de AR y NUI*”, que buscaba traer el experimento al mundo real por medio de AR, y brindar un sistema de interacción natural para el usuario por medio del reconocimiento de gestos.

Por último, el objetivo del *Sprint 3* fue: “*Obtener un prototipo funcional de la herramienta FisionAR con soporte de ayuda para el usuario*”, cuyo propósito era integrar lo realizado en los *Sprints* anteriores, brindando una sección de ayuda y soporte al usuario para el uso de las nuevas tecnologías.

Una vez finalizado cada *Sprint*, se obtiene como resultado un incremento del producto, el cual fue analizado por el Equipo Scrum en una reunión de Retrospectiva del *Sprint*. En estas reuniones se determinó que el objetivo del *Sprint* se cumplió en cada caso. Para consultar los *Sprint Backlogs* en detalle, consúltese el **ANEXO E**.

4.3.1.2.1 *Burn-Down Chart*

Para llevar un control del trabajo realizado, el Equipo de Desarrollo registro el tiempo diario invertido en cada tarea, usando la herramienta *Burn-Down Chart* (sugerido por el *Scrum Master*). Esta herramienta compara a lo largo del tiempo la velocidad a la que se está completando los objetivos, permitiendo extrapolar si el Equipo Scrum podrá completar el trabajo en el tiempo estimado (Albaladejo).

A continuación, se presentan los *Burn-Down Chart* para el tiempo de desarrollo estimado y real para cada uno de los *Sprints*:

4.3 Implementación

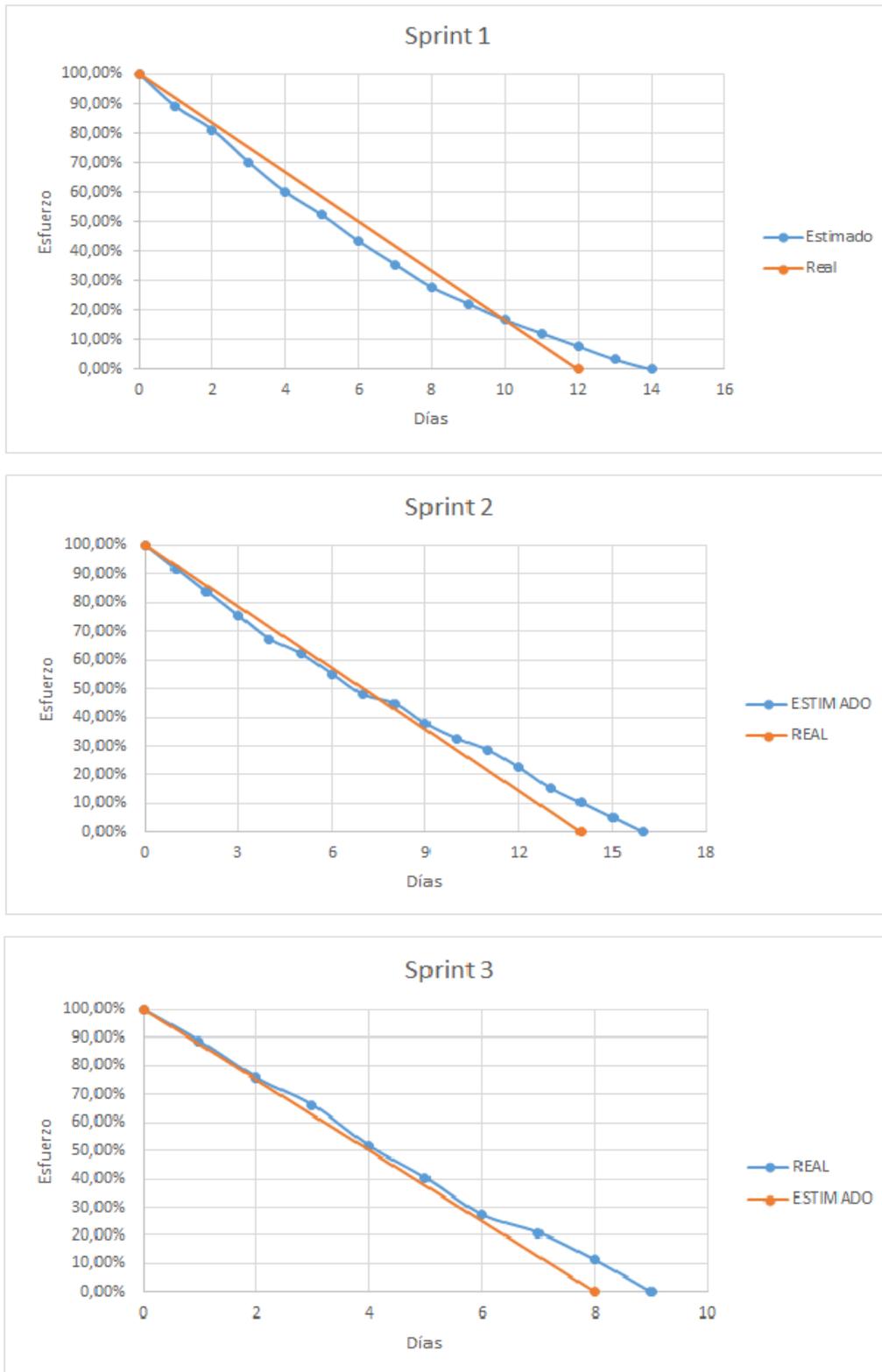


Figura 35 Burn-Down Chart

4.3 Implementación

Se puede observar que la graficas reales y las estimadas son similares. Lo cual, sugiere que el Equipo siguió la metodología de manera apropiada, esto se ve reflejado en la ausencia de dificultades graves a lo largo del desarrollo.

4.3.2 FisionAR

Siguiendo el *Product Backlog*, se prosiguió a modelar los objetos tridimensionales que componen la escena del experimento por medio de Unity, agregándoles características visuales (como textura, iluminación, posición y tamaño) y propiedades físicas (como masa, rozamientos, inercia estática, etc). Cada uno de estos objetos tiene asociado uno o varios controladores, los cuales se encargan de describir el comportamiento e interacción entre estos. De igual forma, la interacción (que en esta etapa se da a través de botones) con el usuario es gestionada por estos controladores, que fueron escritos en lenguaje C# (uno de los lenguajes soportado por Unity).

Luego, soportándose en el SDK de Vuforia, el cual brinda herramientas para dotar de características AR a la herramienta, se utilizó la detección de códigos QR para disparar el contenido AR. Estos *targets* se obtuvieron a través del Vuforia Target Manager.

Para la implementación de las NUI por medio del dispositivo Leap Motion, se usaron las librerías *Websocket-sharp* y *Newtonsoft.Json*, que permiten establecer la comunicación con el WebSocket y procesar la información recibida. Además, para la detección de gestos, se desarrolló una clase en lenguaje C# que compara los datos enviados por el dispositivo con la descripción matemática de los gestos usados, esta clase hace parte de la aplicación FisionAR.

Finalmente, se construyeron las interfaces para la navegación, que incluyen los tutoriales y las ayudas. También se integraron los contenidos audiovisuales usando el software *Quick Time Player* que es compatible con la gestión de archivos multimedia de Unity.

A continuación, se presentan algunas interfaces resultantes una vez terminado el proceso de diseño e implementación de la herramienta FisionAR.



Figura 36 Interfaz "Inicio"



Figura 37 Interfaz "Escena del experimento"

4.4 Resumen



Figura 38 Interfaz "Menú de ajustes de experimento"



Figura 39 Interfaz "Experimento"

4.4 Resumen

En este capítulo se describió la metodología, modelado e implementación del prototipo de la herramienta FisionAR. Para ello, primero se describió la metodología, Scrum, que se usa para la gestión de proyectos basados en el desarrollo iterativo e incremental, así como los roles, eventos y artefactos que esta sugiere. A continuación, se modeló el prototipo de la herramienta a desarrollar, explicando el funcionamiento y el modo de uso de los *frameworks* elegidos para

4.4 Resumen

implementar el comportamiento físico, la AR y las NUI. También se detalla el modelado de las interfaces que conforman la aplicación, al igual que la arquitectura que la soporta.

Por último, se describen las consideraciones técnicas para la implementación de la metodología y la herramienta FisionAR. Esta herramienta será la que servirá como foco de evaluación y experimentación de las pruebas desarrolladas en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5

EXPERIMENTACION Y EVALUACION

En este capítulo se describe la experimentación realizada con el prototipo de la herramienta FisionAR, planteando una guía metodológica para evaluar el funcionamiento de la herramienta en cuanto a su uso y como esta facilita los procesos de enseñanza y aprendizaje en temas de física mecánica. Adicionalmente se presenta todo el proceso relacionado a la ejecución de pruebas y el análisis de resultados de la experimentación.

5.1 Metodología de evaluación

Con el fin de realizar el proceso de evaluación de la herramienta FisionAR, se hace necesario establecer una metodología que defina los pasos que se ejecutaran para este fin, de esta manera se garantiza que los objetivos establecidos en este trabajo de investigación se completen satisfactoriamente. A continuación, se describen cada uno de los aspectos que se tuvieron en cuenta.

5.1.1 Planeación del experimento

En este apartado se define el objetivo de realizar la experimentación con la herramienta FisionAR, el planteamiento de las hipótesis, la selección de variables a medir, así como la selección de sujetos y métodos de evaluación, estableciendo un cronograma para la realización de estas actividades.

5.1.1.1 Definición del objetivo

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo general de la presente investigación, se compara el nivel de aprendizaje obtenido mediante metodologías tradicionales y aquel obtenido con metodologías soportadas en las tecnologías de AR y NUI. Para esto es necesario realizar un análisis descriptivo que contribuya a interpretar los resultados obtenidos durante la fase de experimentación y un análisis estadístico que soporte la interpretación de resultados mencionada.

Existe una gran variedad de pruebas estadísticas que pueden ser aplicadas para determinar si una hipótesis se acepta o se rechaza, considerando el número de muestras del experimento, la prueba estadística que se determinó para esta investigación es la prueba *T Student*.

5.1 Metodología de evaluación

Una prueba T se usa para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias. Estos grupos pueden ser de muestras independientes o muestras relacionadas (Gomez, 2006).

Para esta investigación la prueba T se describe de la siguiente manera:

- Prueba T de muestras independientes para determinar que el aprendizaje soportado en NUI y AR es significativamente mayor que el aprendizaje mediante metodologías tradicionales, denominada prueba T_1 .

5.1.1.2 Formulación de Hipótesis

Para T_1 se define una hipótesis nula, la cual dicta que no existe una diferencia significativa, y una hipótesis alternativa, indicando que si existe diferencia.

Hipótesis para prueba T_1 :

H_0 : No hay diferencia entre el nivel de aprendizaje obtenido a través de metodologías tradicionales y metodologías soportadas en AR y NUI.

H_i : El nivel de aprendizaje obtenido usando metodologías soportadas en AR y NUI es mayor que el obtenido usando solamente metodologías tradicionales.

5.1.1.3 Selección de variables

Para cumplir el objetivo planteado anteriormente, se decide utilizar las métricas de aprendizaje significativo y uso de la herramienta. Las cuales son descritas a continuación.

Aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje significativo dice que, para obtener un auténtico aprendizaje, el cual sea a largo plazo y no se olvide con facilidad, es necesario encajar las estrategias de los docentes, los conocimientos previos de los estudiantes y presentar la información de manera coherente y no arbitraria (Ausubel, 2012). Por lo tanto, es importante la forma en que se construye el conocimiento, y por ende la forma en que se exponen las nuevas temáticas a los estudiantes, que son criterios abordados en las sesiones teórico-prácticas desarrolladas con los estudiantes usando la herramienta FisionAR.

Con el propósito de aplicar esta métrica de una manera correcta, se decide por adaptar la estrategia usada en el estudio de Gómez y Oyola (Gómez Mercado & Oyola Mayoral, 2012) que usa variables cuantitativas. Para este caso particular se opta por el rendimiento académico, el cual se define como: la relación que existe entre el proceso de aprendizaje y sus resultados tangibles en valores predeterminados (Montes Gutierrez & Lerner Matiz, 2011).

Uso de la herramienta

El objetivo de este experimento es, por medio de variables cualitativas, determinar la facilidad de uso de la herramienta percibida por los participantes. Considerando el número de tecnologías

5.1 Metodología de evaluación

que se implementan para el desarrollo de esta herramienta (aplicaciones móviles, realidad aumentada e interfaces naturales), es importante definir unos núcleos temáticos para abordar y posteriormente realizar el correspondiente análisis. Estos núcleos son *experiencia con la AR, interacción con el sistema por medio de NUI y la motivación generada por la herramienta FisionAR*.

También es importante resaltar, que este experimento es considerado un primer paso hacia la evaluación y validación de la experiencia de usuario brindada por la herramienta. Para este caso se usa una técnica descriptiva basada en la opinión como lo detalla Alva en (Alva Obeso, 2005)

5.1.1.3 Selección de sujetos

Para llevar a cabo las pruebas de la herramienta FisionAR, se realizaron una serie de experimentos a la muestra representativa que consta de los estudiantes de un curso de grado 10° del Instituto Técnico Industrial de la ciudad de Popayán.

Esta muestra, corresponde con aquella usada para realizar la caracterización de estudiantes y el uso de las TIC en la sección 3.1 Caracterización del estudiante y uso de las TIC. Por ende, fue seleccionada bajo los criterios de rendimiento académico general en el área de física, número de estudiantes y sugerencia del docente como se explica en profundidad en el apartado 3.1.1 Descripción del Grupo de Control.

Sin embargo, el día de la ejecución del *postest* se ausentó un estudiante, por lo que los análisis posteriores se hacen con base a una muestra de 32 participantes.

5.1.1.4 Método de evaluación

En esta sección se describen los métodos de evaluación realizados para validar el uso del prototipo de la herramienta y como este facilita el entendimiento de conceptos del área física. Para llevar a cabo el proceso de evaluación se establecieron dos grupos:

- **Grupo de Control:** El cual servirá como referencia para determinar si el uso de la herramienta contribuye positivamente con el aprendizaje de física, este grupo no se verá afectado significativamente por los métodos de evaluación, asegurando que desarrolle el proceso educativo como se hace tradicionalmente en la clase de Física.
- **Grupo Experimental:** Corresponde al grupo de sujetos, los cuales experimentaran con la herramienta FisionAR sin incurrir a secciones extras para esta actividad, garantizando que el tiempo empelado para la experimentación sea el mismo que el tiempo de clase que se dispone para el Grupo de Control.

Los métodos de evaluación seleccionados para evaluar el aprendizaje significativo al momento de utilizar la herramienta corresponden a dos pruebas a los que denominaremos a partir de este punto como *pretest* y *postest*, ambas pruebas se encuentran constituidas por preguntas de selección múltiple con única respuesta, estos test fueron aplicados a cada uno de los integrantes tanto del Grupo de Control como del Grupo Experimental, con el fin de determinar el nivel actual

5.1 Metodología de evaluación

del conocimiento adquirido durante el curso de física y con el uso de la herramienta FisionAR. Es importante resaltar que el *pretest* y el *postest* fueron validados por el docente, y se encuentran disponibles en el **ANEXO F**.

Por otra parte, se realizaron unos cuestionarios cualitativos de satisfacción tomando como referencia una técnica descriptiva basada en la opinión, con el fin de determinar si el prototipo genera una experiencia intuitiva y agradable para los integrantes del Grupo Experimental en el campo de la educación. La guía de aplicación para estos cuestionarios se encuentra disponible en el **ANEXO G**.

Para realizar las pruebas se diseñó un cronograma (Tabla 17) que se alinea con los calendarios académicos de la institución y cumpliendo con las actividades planteadas en la metodología de evaluación. Cada una de las pruebas se realizó siguiendo un orden secuencia donde los pretest fueron ejecutados en primera instancia y a todos los estudiantes en general, luego ambos grupos abordaron los temas relacionados a colisiones físicas con la diferencia que el Grupo de Control recibió el tema mediante clases magistrales dictadas por un docente, como es tradicional en la institución, mientras el Grupo Experimental dedico la mitad del tiempo destinado a este tema para experimentar a través de una clase práctica con la herramienta FisionAR. Dicha sesión se basó en los lineamientos consignados en la guía de laboratorio diseñada por el equipo de trabajo y disponible en el **ANEXO F**

Finalmente, cada uno de los integrantes de los grupos resolvió un postest, el cual se constituye en su totalidad por el tema mencionado y con el cual es posible determinar la apropiación del conocimiento respecto a este en cada grupo.

A continuación, se presenta el cronograma a seguir para la ejecución de las pruebas.

ACTIVIDAD	FECHA	DURACION (minutos)
Reunión de concertación con las directivas de la institución.	Mayo 20	60
Reunión de planeación de sesiones con docente a cargo.	Mayo 24	120
Ejecución de pretest (GC¹⁵ y GE¹⁶)	Mayo 30	120
1 sesión teórica (GC y GE)	Junio 7	120
2 sesión teórica (GC)	Junio 9	120
1 sesión practica (GE)	Junio 9	120
Ejecución encuesta de satisfacción (GE)	Junio 9	15
Ejecución postest (GC y GE)	Junio 14	120

Tabla 17 Cronograma de pruebas

¹⁵ GC: Grupo de Control

¹⁶ GE: Grupo experimental

5.2 Pruebas y resultados

Una vez definidas las metodologías de evaluación y siguiendo el calendario expuesto en la sección anterior, se ejecutaron las pruebas respectivas. Estas se dividen en 2 grupos dependiendo de la variable que se desea medir, ya sea *Aprendizaje Significativo* o *Uso de la Herramienta*.

Antes de realizar cada una de las pruebas se optó por hacer una introducción la cual consistió en explicar el contenido de la prueba al grupo, dando a conocer la importancia de la actividad y como el grupo contribuye para el desarrollo de este

5.2.1 Ejecución

Antes de realizar las pruebas se realizó una introducción, la cual consistió en explicar el contenido de la prueba a los participantes, dando a conocer la importancia de la actividad y como su participación contribuye para el desarrollo de este trabajo, en este espacio se resolverían las dudas que el grupo pudiera tener. Seguidamente se desarrolló la primera prueba, que hace referencia al pretest mencionado, obteniendo así una referencia del rendimiento académico en el área de física general, que incluía temas previamente vistos por los estudiantes. Igualmente se obtuvo un rendimiento académico en el tema de Colisiones que era desconocido por los estudiantes. Una vez concluido el test se dio por finalizada la primera sesión con los sujetos de prueba.

Las sesiones teóricas y prácticas se llevaron a cabo con los grupos de control y experimental respectivamente, prestando especial énfasis a la sesión practica que se realizó con el prototipo de la herramienta FisionAR. Durante la cual hubo un acompañamiento continuo por parte del equipo de trabajo para solucionar dudas y dificultades respecto al uso de la herramienta. Una vez terminadas estas sesiones se realizó la segunda prueba, o postest, para obtener los datos que mostraran la respuesta y el crecimiento de ambos grupos frente a las metodologías usadas.

Por último, se llevó a cabo los cuestionarios de satisfacción con el Grupo Experimental, obteniendo así información importante para realizar el análisis de la métrica *Uso de la Herramienta*, en la cual se profundizará a lo largo de la sección **5.2.3** Uso de la herramienta. El proceso descrito anteriormente se resume en la Figura 40.

5.2 Pruebas y resultados

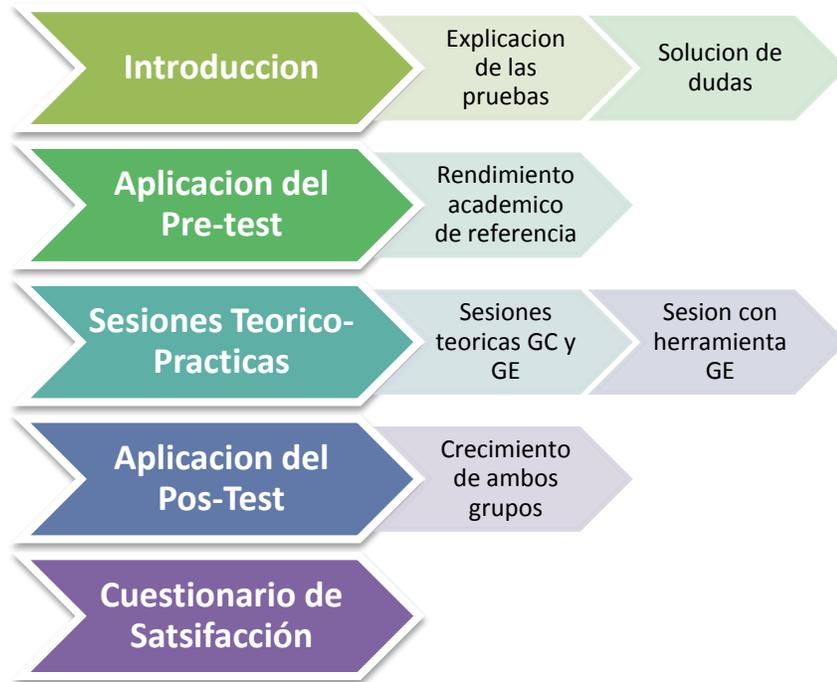


Figura 40 Ejecución de evaluaciones

Las pruebas fueron realizadas dentro de las instalaciones del Instituto Técnico Industrial de la ciudad de Popayán, con supervisión del docente de física a cargo, una vez finalizada las pruebas en su totalidad se procede a realizar la fase de análisis a los resultados obtenidos.

A continuación, se presentan las evidencias de la experimentación y evaluación con la herramienta FisionAR en el instituto técnico industrial de Popayán.

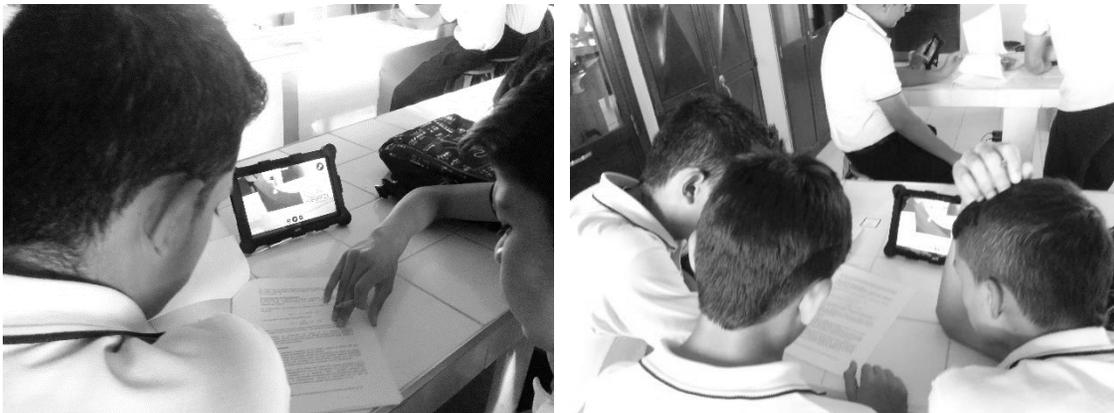


Figura 41 Interacción con la herramienta GE

5.2.2 Aprendizaje significativo

En la sección 5.1.1.4 Método de evaluación se describen en detalle los métodos de evaluación usados para determinar la contribución de la herramienta en el aprendizaje de temas de física. A continuación, se detallan los resultados que las pruebas arrojaron y su análisis correspondiente.

5.2.1.1 Resultados

Una vez realizado los pasos previos a la aplicación del pretest que se describen en la Figura 40, se llevó a cabo la aplicación del pretest con el fin de obtener el nivel de física general en el que se encontraba todo el grupo de participantes, es decir todos los integrantes del Grupo de Control y del Grupo Experimental. Los resultados del pretest se muestran la siguiente.

<i>Numero de Pregunta</i>	<i>Aciertos</i>
1	14
2	18
3	10
4	5
5	4
6	6
7	7
8	9
Total	73
% aciertos	27,65
Promedio de aciertos por pregunta	9,13
Varianza	22,98

Tabla 18 Resultados pretest

El pretest se compone de dos partes: la primera consta de 4 preguntas acerca de temas de física general; la segunda, abarca el tema de Colisiones que como se dijo anteriormente se encuentra consignado en el plan de estudio de grado 10° de la institución. En la Tabla 19 y Tabla 20 se presentan los resultados de cada una de las secciones respectivamente.

<i>Física general (MRU)</i>	
Aciertos	47
Errores	85
% aciertos	36
TOTAL	132

Tabla 19 Resultados pretest física general

<i>Colisiones elásticas e inelásticas</i>	
Aciertos	26
Errores	106

5.2 Pruebas y resultados

% aciertos	20
TOTAL	132

Tabla 20 Resultados pretest colisiones

En la Tabla 21 se condensan los resultados obtenidos en la fase de experimentación y evaluación del prototipo para la variable de aprendizaje significativo, en dicha tabla se muestra la cantidad de aciertos por cada pregunta del postest en cada uno de los grupos. Es importante tener en cuenta que el Grupo de Control se compone de 18 participantes mientras el Grupo Experimental de 15.

Numero de Pregunta	Aciertos	
	GE	GC
1	6	9
2	8	6
3	6	4
4	8	2
5	6	11
6	6	2
7	9	2
8	8	13
9	6	3
10	6	3
Total	69	55
% aciertos	46	31
Promedio	6,9	5,5
Varianza	1,43	16,72

Tabla 21 Resultados postest

A continuación, se muestra los resultados individuales en el área de colisiones dado que este es el foco de la investigación. Los valores se encuentran normalizados para realizar el análisis estadístico de ellos.

Estudiante	Pretest		Postest		Evolución		
	Preguntas Correctas	Aciertos (normalizado)	Preguntas Correctas	Aciertos (normalizado)	Individual	Grupal	Grupo
1	0	0,00	6	0,60	0,60	13%	GC
2	0	0,00	3	0,30	0,30		
3	1	0,25	0	0,00	-0,25		
4	1	0,25	4	0,40	0,15		
5	1	0,25	4	0,40	0,15		
6	0	0,00	2	0,20	0,20		
7	0	0,00	4	0,40	0,40		
8	0	0,00	3	0,30	0,30		
9	2	0,50	2	0,20	-0,30		
10	1	0,25	2	0,20	-0,05		

5.2 Pruebas y resultados

11	0	0,00	2	0,20	0,20		
12	0	0,00	3	0,30	0,30		
13	1	0,25	2	0,20	-0,05		
14	0	0,00	1	0,10	0,10		
15	2	0,50	6	0,60	0,10		
16	3	0,75	5	0,50	-0,25		
17	1	0,25	6	0,60	0,35	24%	GE
18	2	0,50	3	0,30	-0,20		
19	1	0,25	3	0,30	0,05		
20	0	0,00	6	0,60	0,60		
21	2	0,50	6	0,60	0,10		
22	1	0,25	2	0,20	-0,05		
23	2	0,50	5	0,50	0,00		
24	1	0,25	5	0,50	0,25		
25	0	0,00	5	0,50	0,50		
26	0	0,00	7	0,70	0,70		
27	2	0,50	1	0,10	-0,40		
28	1	0,25	2	0,20	-0,05		
29	0	0,00	8	0,80	0,80		
30	0	0,00	3	0,30	0,30		
31	0	0,00	6	0,60	0,60		
32	1	0,25	7	0,70	0,45		

Tabla 22 Resultados individuales para prueba T

5.2.1.2 Análisis descriptivo

Basados en los resultados resumidos en las tablas anteriores, se realizaron una serie gráficos con el fin de analizar el aprendizaje de la muestra representativa de la población estudiantil de grado 10° en Colombia frente al uso de la herramienta y la falta de ella representados por el Grupo Experimental y el Grupo de Control respectivamente.

A continuación, se presenta una gráfica de los aciertos y errores obtenidos por el Grupo de Control y el Grupo Experimental en el pretest.

5.2 Pruebas y resultados

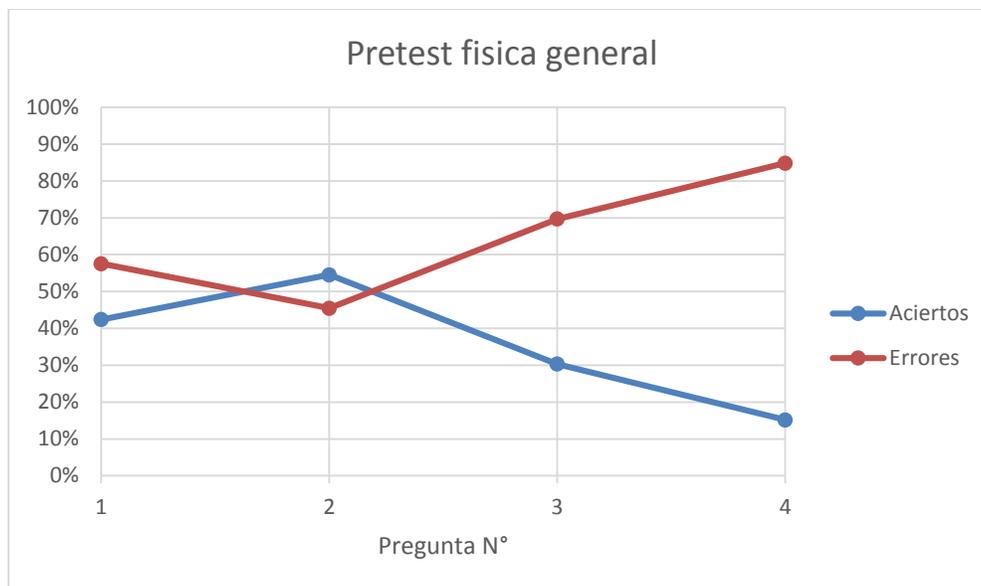


Figura 42 Pretest física general

Como se puede observar en la gráfica existe una marcada diferencia entre los aciertos y errores obtenidos en las preguntas 3 y 4 con respecto a las preguntas 1 y 2. Esto indica que los estudiantes tienen mayor dificultad al momento de enfrentarse con problemas que correspondan a ejercicios prácticos de física general, mientras que en las preguntas conceptuales y teóricas se ve una tasa de aciertos y errores más pareja.

También se puede observar que la cantidad de errores en cada pregunta supero a la cantidad de aciertos excepto en la pregunta número 2, en la cual la cantidad de aciertos no tuvo una diferencia importante frente a la de los errores, esto indica que a pesar de que los temas evaluados ya habían sido previamente tratados a lo algo del año lectivo, existe una dificultad para asimilar dichos temas tal como se plantío al inicio de este trabajo de investigación.

La Figura 43 muestra los aciertos obtenido por el Grupo de Control en los 3 campos: temas de Física general, Colisiones en el pretest y Colisiones en el postest.

5.2 Pruebas y resultados

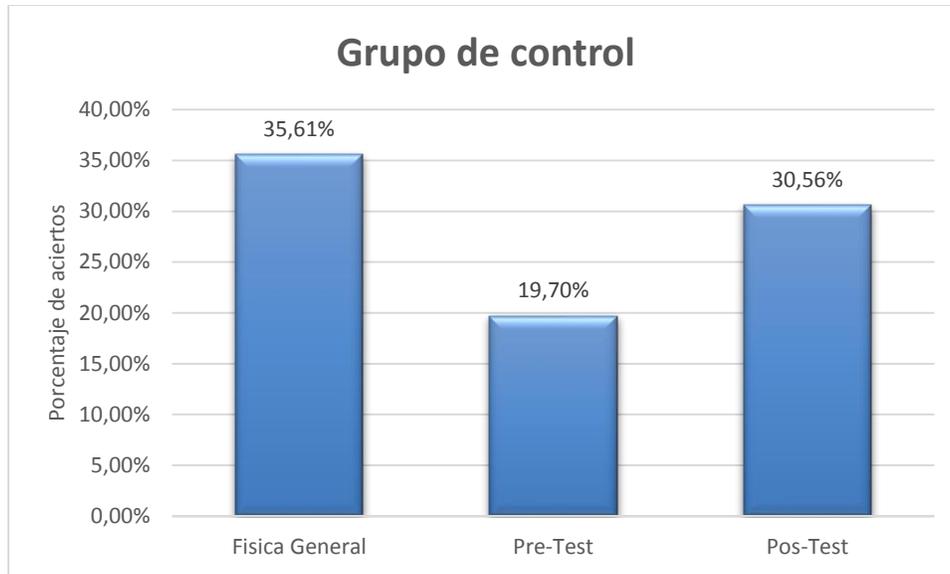


Figura 43 Aciertos pretest GC

Como se puede apreciar en la gráfica se marca una tendencia del Grupo de Control a adquirir un conocimiento a través de medios tradicionales, lo cual se ve reflejado en los resultados del postest en el tema de Colisiones.

A pesar de que hubo una mejora significativa (10,86%) en el rendimiento académico en el tema de Colisiones, este se sigue considerando como un rendimiento bajo pues el porcentaje de aciertos sigue estando por debajo del 50%.

Por otra parte, la Figura 44 muestra los aciertos obtenidos por el Grupo de Experimental en los temas de Física general y colisiones durante el pretest y en el tema de colisiones durante el postest.

5.2 Pruebas y resultados

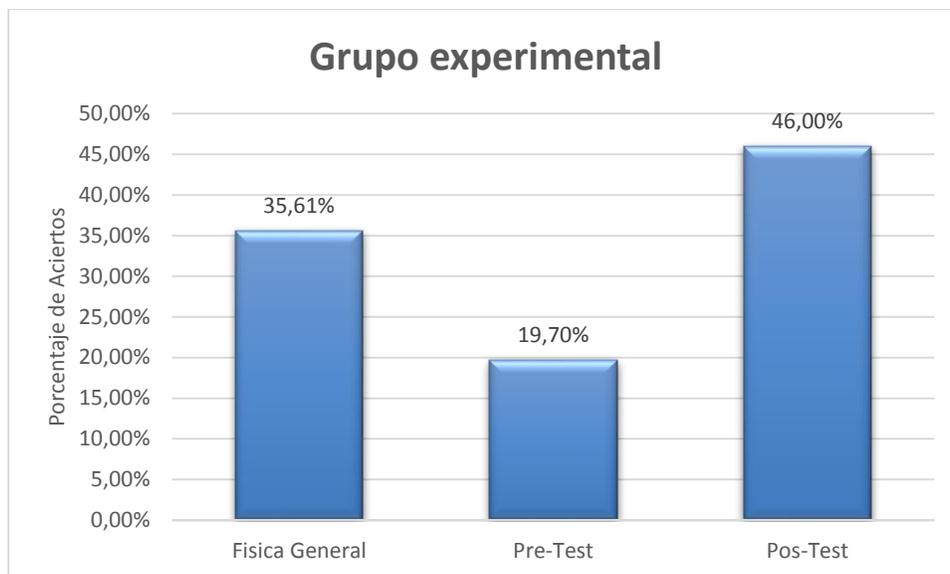


Figura 44 Aciertos pretest GE

Los resultados del Grupo Experimental, aquel que interactuó con la herramienta, muestran una mejora considerable (26,3%) en el rendimiento académico, alcanzando casi un 50% en la tasa de aciertos. También se puede notar que el rendimiento académico que alcanzó el GE en el tema de Colisiones luego de la fase de experimentación fue superior que el nivel académico en física general que presentaba todo el grupo.

La grafica también indica que el uso de la herramienta para el aprendizaje de temas de física mecánica, como en este caso las Colisiones, arrojó resultados positivos. Esto indica que la herramienta puede ser utilizada en el aula de clase como soporte para el aprendizaje en el área de física.

Por último, la Figura 45 compara los aciertos obtenidos en el postest por el Grupo de Control y el Grupo Experimental.

5.2 Pruebas y resultados



Figura 45 Aciertos postest GC vs GE

Se puede observar que ambos grupos marcan una tendencia a mejorar su rendimiento académico en el tema de Colisiones, siendo mayor en el grupo que interactuó con la herramienta FisionAR mostrando que dicha herramienta contribuye en el proceso de aprendizaje, generando mayor interés en los estudiantes.

En comparación a los resultados del pretest ambos grupos presentaron resultados positivos en la adquisición de conocimiento del tema de Colisiones. A pesar de esto los niveles académicos obtenidos se siguen considerando bajos, debido a que el porcentaje de aciertos está por debajo del 50%, esto nos demuestra la dificultad que plantea el aprendizaje de este tipo de temas.

5.2.1.3 Análisis estadístico

5.2.1.3.1 Prueba de normalidad de muestras

Para que los resultados obtenidos por la prueba T sean válidos es necesario que las muestras sobre las cuales se está realizando esta prueba estén distribuidas normalmente, es decir que pertenezcan a una distribución normal.

Teniendo en cuenta esto se realiza una prueba de normalidad sobre los resultados obtenidos en el *postest* por ambos grupos con ayuda del software estadístico SPSS (IBM), dicha prueba consiste en comprobar si los datos varían significativamente entre sí lo cual hace que sea necesario establecer un nivel de significancia, para investigación se suele tomar un valor el cual se denomina α y corresponde a 0.05, en este orden de ideas si el valor de significancia de las muestras es mayor al valor de referencia, significa que las muestras no presentan una diferencia significativa entre ellas, por tanto todo el conjunto de valores hacen parte de una distribución normal.

5.2 Pruebas y resultados

A continuación, se presenta los resultados obtenidos por el software SPSS.

NPART TESTS

NPART TEST

/KOLMOGOROV-SMIRNOV (NORMAL) = porcentaje_pos.

Prueba Kolmogorov_Smirnov para una muestra

		<i>Postest</i>
<i>N</i>		32
<i>Parámetros Normal</i>	<i>Media</i>	,39
	<i>Desviación Estándar</i>	,20
<i>Diferencias Más Extremas</i>	<i>Absoluto</i>	,17
	<i>Positivo</i>	,17
	<i>Negativo</i>	-,13
<i>Z de Kolmogorov-Smirnov</i>		,94
<i>Sig. Asint. (2-colas)</i>		,343

Tabla 23 Prueba de Normalidad

Como el valor de significancia obtenido es de $0.343 > 0.05$ se concluye que los datos de la muestra corresponden a una distribución normal.

5.2.1.3.1 Prueba T para muestras independientes

Una vez se comprueba que los datos de la muestra siguen una distribución normal es posible realizar la prueba T usando el software SPSS, para determinar si existe una diferencia significativa entre el GC y GE respecto a los resultados obtenidos durante el postest. Para esto se establece un valor de significancia $\alpha = 0.05$. En la Tabla 24 se muestran el resultado de la prueba T.

5.2 Pruebas y resultados

Estadísticas de grupo

Grupo		N	Media	Desviación Estándar	Err.Est.Media
Posttest	Control	16	,31	,17	,04
	Experimental	16	,47	,21	,05

Prueba para muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la Igu			
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media
Posttest	Se asume igualdad de varianzas	1,52	,228	-2,42	30,00	,022	-,16
	Igualdad de varianzas no asumida			-2,42	28,76	,022	-,16

Tabla 24 Prueba T

El nivel de significancia para la prueba de muestras independientes es de 0.022 tal y como se muestra en la FIGURA, este valor corresponde al p-valor el cual determina la comprobación de hipótesis (H_0 y H_1) de acuerdo al siguiente criterio:

- $P > \alpha$: No existe diferencia significativa entre los valores de las muestras. Se acepta H_0 .
- $P \leq \alpha$: Existe diferencia significativa entre los valores de las muestras. Se acepta H_1 .

Dado que $0.022 < 0.05$, existe una diferencia significativa entre los valores de las muestras y por ende se acepta la hipótesis H_1 : El nivel de aprendizaje obtenido usando metodologías soportadas en AR y NUI es mayor que el obtenido usando solamente metodologías tradicionales.

5.2 Pruebas y resultados

5.2.3 Uso de la herramienta

En la sección **5.2.1** Ejecución se detalla el proceso de ejecución llevado a cabo para determinar el uso de la herramienta FisionAR, el cual, corresponde a los cuestionarios de satisfacción realizadas al Grupo Experimental. Es importante destacar que esta prueba mide el uso de la herramienta desde el punto de vista experimental de los participantes de la prueba y no de una forma técnica y exhaustiva. A continuación, se describen los resultados y análisis.

5.2.3.1 Resultados

Siguiendo el cronograma establecido se aplicaron los cuestionarios disponibles en el **ANEXO G** se obtuvieron los resultados de la Tabla 25.

Cuestionario de satisfacción				
Pregunta	En Desacuerdo	Indeciso	De Acuerdo	N.R
1	0	0	15	0
2	0	1	14	0
3	0	10	5	0
4	0	6	6	3
5	0	1	14	0
6	0	1	14	0
7	4	7	4	0
8	0	3	12	0
9	4	5	3	3
10	0	0	15	0
TOTAL	8	34	102	6

Tabla 25 Resultados cuestionario de satisfacción

El cuestionario aplicado buscaba evaluar la facilidad del uso de la herramienta por parte de los estudiantes. Centrándose en la *experiencia con la AR, la interacción con el sistema por medio de NUI y la motivación generada por la herramienta para aprender física.*

5.2.3.2 Análisis

Tomando los valores anteriores como base, se graficaron aquellas relaciones más relevantes con el fin de analizar el uso de la herramienta por parte de los participantes que conforman el Grupo Experimental.

5.2 Pruebas y resultados

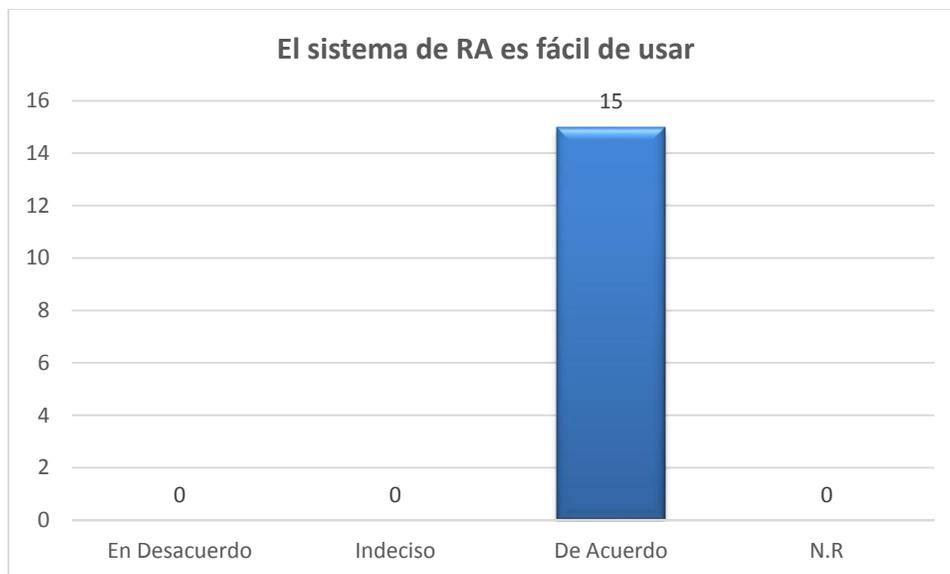


Figura 46 Facilidad de uso percibida de AR

La grafica muestra claramente una recepción positiva de la tecnología de Realidad Aumentada en cuanto a su uso en de la herramienta FisionAR, siendo este uno de los criterios más importantes en cuanto al desarrollo de tecnologías TIC para la educación de acuerdo a la caracterización realizada en el capítulo 3.

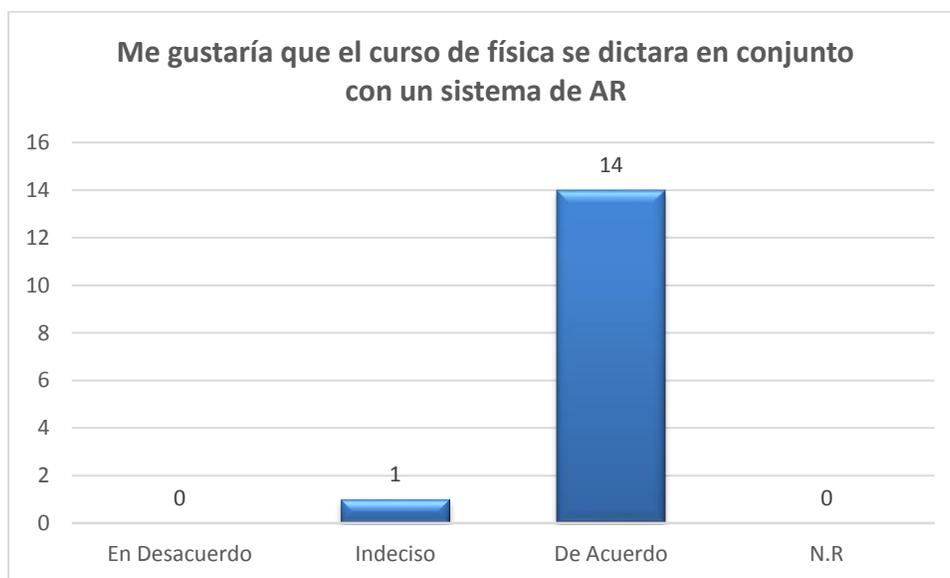


Figura 47 Acogida de la AR en física

El criterio evaluado en la Figura 47 muestra un balance positivo frente a la acogida de la tecnología de AR una vez se ha interactuado con una herramienta de este tipo, sugiriendo que un complemento de este tipo llamaría la atención de los estudiantes aumentando la motivación y posiblemente el nivel académico.

5.2 Pruebas y resultados

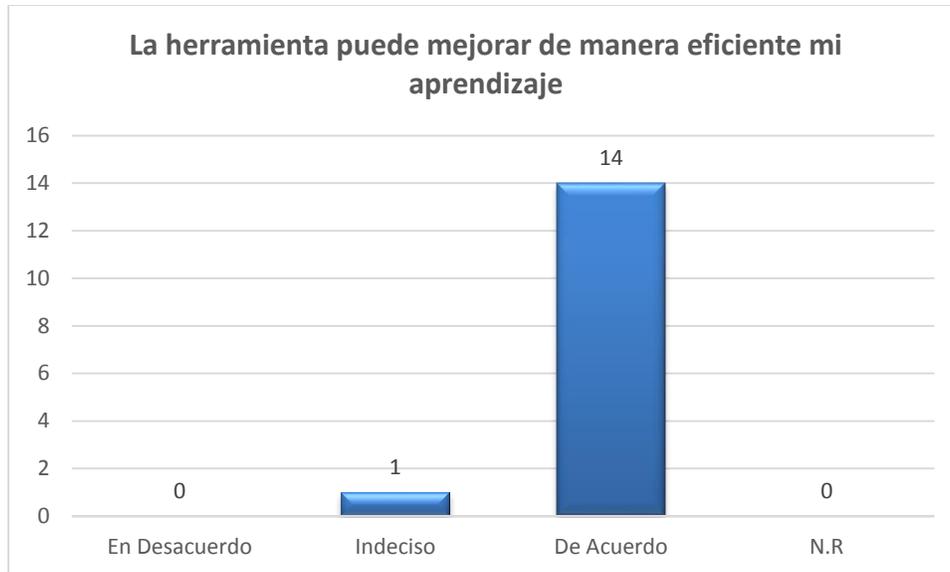


Figura 48 Percepción del aprendizaje con la herramienta

La percepción del beneficio que puede traer la herramienta FisionAR frente al aprendizaje de la física, que respondieron los integrantes del Grupo Experimental, es casi un 100% positivo frente a dicho beneficio, a pesar de que esta percepción corresponde a un criterio subjetivo, los resultados muestran que los estudiantes tienen un mayor optimismo en cuanto a la adquisición de conocimiento y superación de dificultades académicas del curso de física.

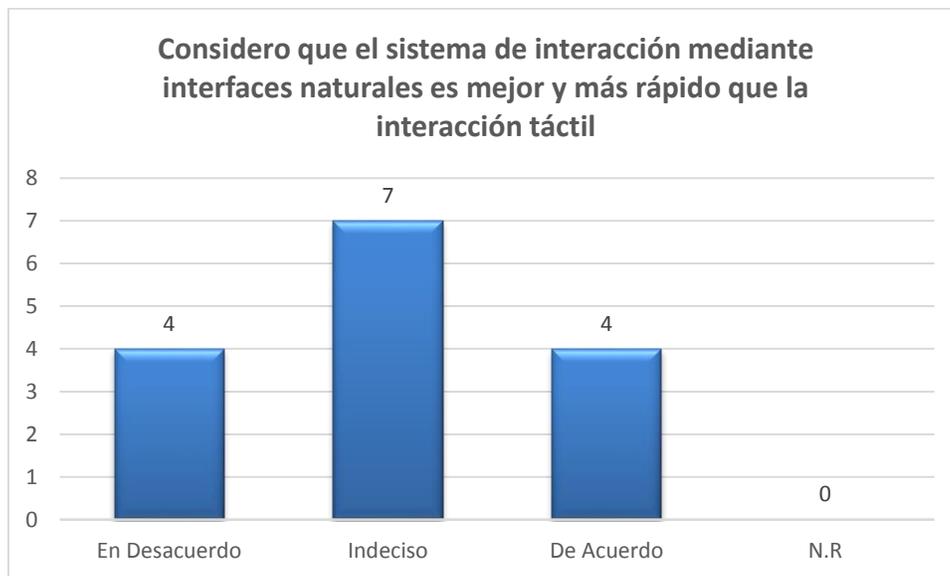


Figura 49 Acogida de las NUI frente las TUI

El sistema de interacción con la herramienta mediante Interfaz Naturales no correspondió al más aceptado, durante la experimentación con la herramienta los participantes de la prueba mostraron dificultades al momento de utilizar el dispositivo Leap Motion, lo cual se ve reflejado en la gráfica. Este comportamiento se debe a que los integrantes no recibieron ningún tipo de

5.3 Resumen

capacitación de manejo del Leap Motion, dado a que al ser este un dispositivo de Interfaz Natural, por lo que su uso debería (en teoría) ser altamente intuitivo sin recurrir a ningún tipo de entrenamiento o experimentación previa, sin embargo, en la practica la interacción resultó tener un pequeño grado de dificultad con la mayoría de los participantes concluyendo de que su uso no resultaba tan familiar como las interfaces táctiles.

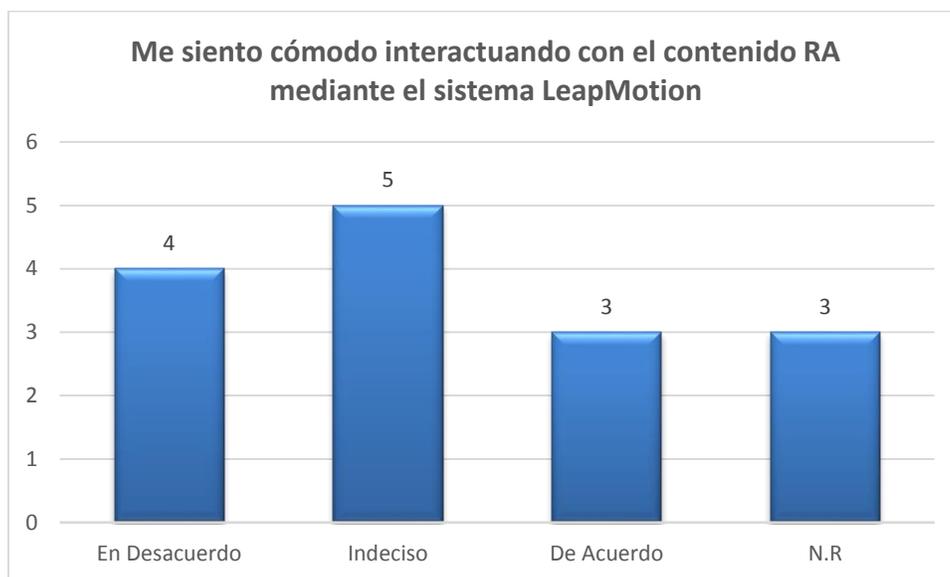


Figura 50 Facilidad de uso del Leap Motion percibida

Por medio del Leap Motion se implementó un sistema de reconocimiento de gestos para interactuar con la herramienta, particularmente con el contenido de AR, con el objetivo de proporcionar una experiencia más natural, tal y como se explica en detalle en el capítulo 4. Esta integración no tuvo un balance positivo, por el contrario, una opinión muy dividida por parte de los integrantes del Grupo Experimental. Lo anterior se ve reflejado en la ya mencionada dificultad por parte de los participantes para usar correctamente el sistema Leap Motion, el cual, es una tecnología que no ha alcanzado un nivel suficiente de madurez para genera desarrollo orientados a un uso cotidiano.

5.3 Resumen

En este capítulo se describió la planeación, ejecución y resultado de los experimentos realizados en un entorno de prueba para evaluar el prototipo de la herramienta FisionAR. Para ello primero se planteó el objetivo de las pruebas, el cual cuenta con un componente para el aprendizaje y otro para el uso de la herramienta. A continuación, se delimitaron las variables cualitativas y cuantitativas que se usarían a lo largo de las pruebas, al igual que la población usada para los experimentos. Luego, se estableció la metodología a seguir durante el experimento, en la cual, se divide la población en 2 grupos: aquel que seguirá el proceso de enseñanza tradicional y aquel que complementará el proceso usando la herramienta, Grupo de Control y Grupo Experimental respectivamente. Para posteriormente ser evaluados y establecer diferencias.

5.3 Resumen

Por último, se exponen los resultados obtenidos y su correspondiente análisis a través de gráficas, dichos análisis descriptivos son soportados con un análisis estadístico a través de una prueba T. Estos análisis representan un punto de partida para las conclusiones recopiladas en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este capítulo recopila las conclusiones, aportes y trabajos futuros identificados a lo largo del presente proyecto de investigación. Se describen las conclusiones para cada capítulo y se desarrollan unas conclusiones generales.

Además, se muestran las contribuciones más relevantes y aportes de la investigación. Por último, se proponen unos trabajos futuros siguiendo la misma línea de investigación.

6.1 Conclusiones

Dentro del proyecto, se ha abordado una propuesta para a el aprendizaje de física mecánica usando las tecnologías de AR y NUI. Para esto se propuso un prototipo de herramienta didáctica FisionAR.

Esta herramienta se construyó utilizando los *frameworks* de Vuforia para AR, Leap Motion para NUI y Unity como plataforma de integración y desarrollo tridimensional. La construcción del prototipo se basó en la caracterización descrita al interior de este documento y siguiendo la metodología SCRUM.

A continuación, se describen las principales conclusiones obtenidas en cada una de las fases del proyecto:

6.1.1 Conclusiones del estado del arte

- De acuerdo a la búsqueda bibliográfica realizada, no fue posible encontrar una aplicación móvil educativa para la física que integre las tecnologías de Realidad Aumentada e Interfaces Naturales, constituyendo esto como una importante brecha de investigación en esta área.
- Los dispositivos de Interfaces Naturales que se encuentran actualmente disponibles en el mercado están orientados casi en su totalidad a la industria del entretenimiento, en particular a los videojuegos, lo cual hace que en otros campos como la educación no haya sido explorado su potencial, dejando un gran número de oportunidades.

6.1 Conclusiones

- A partir de la literatura analizada, es posible afirmar que el uso de las TIC en la educación es ampliamente aceptado, ya que, numerosos estudios realizados con relación a este tema demuestran que su implementación aumenta la motivación por parte de los estudiantes.

6.1.2 Conclusiones de la caracterización

- Las dificultades que se presentan en el aprendizaje de materias que requieren de un alto nivel de abstracción del mundo real, como la física, ocasionan una falta de interés por estas temáticas, por lo cual, es importante brindar ayudas o alternativas que motiven a los estudiantes e incentivan el interés.
- Uno de los principales motivos por los cuales el uso de las TIC en la educación no se encuentra completamente difundido en Colombia, es debido a la falta de contenidos que complementen los planes de estudio de las instituciones educativas públicas del país. Esto se ve reflejado tanto en la falta de contenidos para la enseñanza como en el aprendizaje.
- Dicha falta de contenidos, acompañada por la falta de capacitación de docentes en el manejo y conocimiento de este tipo de herramientas, encierra la educación del país en un paradigma tradicional que no incentiva el uso de nuevas metodologías que implementen el uso de tecnologías TIC en sus procesos enseñanza y aprendizaje.
- A pesar que los docentes de instituciones públicas en la educación media son conscientes de los diversos beneficios que tienen el uso de las herramientas TIC en la educación, su utilización es mínima en Colombia por falta de información en el uso de estas herramientas.

6.1.3 Conclusiones sobre el diseño y desarrollo de la aplicación

- El adecuado uso de metodologías ágiles de desarrollo, como SCRUM, en la construcción de herramientas software o aplicaciones destinadas a la educación, brinda los elementos necesarios para asegurar un correcto seguimiento del proceso de desarrollo y retroalimentación que da como resultado un producto que cumple con los requerimientos establecidos.
- La integración del *framework* de Vuforia en la construcción de una aplicación móvil que implemente AR por detección de imágenes queda sujeta a las especificaciones de la cámara del dispositivo, afectando directamente la experiencia. Por ende, es importante una selección apropiada de *targets* que cumpla con las recomendaciones consignadas en la documentación oficial de Vuforia.
- Debido a que el público objetivo no presenta una experiencia previa de uso con las NUI, es importante adaptar las recomendaciones consignadas en diferentes guías que recopilan buenas prácticas, para que la interacción sea lo más transparente y natural para el usuario como sea posible.

6.1.4 Conclusiones de la evaluación

- El dispositivo Leap Motion como mecanismo de interacción entre el usuario y la herramienta es una tecnología que actualmente no ha alcanzado un estado de madurez aceptable haciendo que su uso no sea tan natural para el usuario. De esta manera su correcto uso está sujeto a una experimentación previa.
- Basados en los resultados obtenidos en la evaluación es posible concluir que la herramienta FisionAR aumenta la motivación facilitando el aprendizaje de temas de física, específicamente en Colisiones elásticas e inelásticas.
- El uso de la herramienta FisionAR arroja resultados positivos que a pesar de no ser los necesarios para alcanzar los indicadores de aceptación académicos planteados en el curso, contribuye con una mejora en el proceso de aprendizaje.

6.1.5 Conclusiones generales

- A partir de en una adecuada caracterización del contexto, es posible realizar una correcta abstracción de requisitos (funcionales y no funcionales) que debe cumplir una herramienta TIC orientada a la educación y que supla las necesidades más importantes en un contexto determinado.
- De acuerdo al total de referentes analizados, no fue posible identificar una propuesta de aplicación móvil para el aprendizaje de fenómenos físicos mediante la simulación de experimentos prácticos usando Realidad Aumentada e Interfaces Naturales en un contexto objetivo tal como las instituciones de educación pública de Colombia. Por lo tanto, la propuesta presentada el presente trabajo de investigación presenta un componente de innovación en el ámbito de la educación media.
- Introducir este tipo de herramientas en cursos de educación da soporte a los docentes en los procesos de enseñanza, generando un espacio educativo más interactivo y motivante para el estudiante.
- Los resultados muestran una tendencia de aceptación por este tipo de herramientas por parte de los estudiantes, particularmente en el aprendizaje de colisiones elástica e inelásticas.

6.2 Contribuciones

Entre las principales contribuciones de este proyecto de grado se destacan las siguientes:

- La caracterización de una muestra representativa de estudiantes de grado 10° de instituciones educativas públicas, en cuanto al contacto de herramientas TIC para la educación. (Objetivo específico 1)
- La caracterización de una muestra de docentes de educación media en diferentes áreas de instituciones tanto públicas como privadas, en cuanto al uso de las TIC en el proceso de enseñanza. (Objetivo específico 1)

6.3 Lecciones aprendidas

- Una adaptación de la metodología SCRUM para el desarrollo de una herramienta para el aprendizaje de física en la educación media. (Objetivo específico 2)
- Una propuesta arquitectónica que integre los *frameworks* de Vuforia y Leap Motion en una aplicación de Realidad Aumentada e Interfaces Naturales como herramienta que facilite el entendimiento de conceptos al área de física mecánica. (Objetivo específico 2)
- El prototipo funcional de una herramienta didáctica que consiste en una aplicación móvil para el aprendizaje de Colisiones elásticas e inelásticas utilizando Realidad Aumentada e Interfaces Naturales como medio de interacción. (Objetivo específico 2)
- Un conjunto instrumentos que complementan con la herramienta mejorando la experiencia de uso y permitiendo la evaluación del rendimiento académico. (Objetivo específico 3)
- Un artículo científico que presenta de manera general el proceso de diseño y construcción del prototipo de la herramienta FisionAR y los resultados de la experimentación realizada con estudiantes de grado 10° pertenecientes al Institución Técnico Industrial de Popayán.

6.3 Lecciones aprendidas

- Se sugiere usar un lenguaje sencillo para la creación de material complementario (como guías de laboratorio), pero especificando claramente el propósito de este, evitando así confusiones por parte del grupo evaluado.
- Luego de las diferentes pruebas realizadas para usar la tecnología de AR por detección de imágenes dentro de un laboratorio, se recomienda utilizar un tamaño mínimo de 15x15cm para los *targets*. Esto permite que distintas calidades de cámara puedan detectar más fácilmente los patrones, asegurando que el modelo visualizado no supere las proporciones comunes de un dispositivo móvil.
- Cuando se trabaja con NUI, es importante que los gestos usados para la interacción sean claramente definidos y que cuenten con estados distintos de inicio y finalización. Además, estos no deben ser muchos pues confunden al usuario.
- Para proyectos educativos de esta naturaleza, es recomendable asignar un tiempo prudente para las tareas de prueba. De esta manera se minimizan las dificultades en la fase de experimentación con los sujetos de prueba.

6.3 Trabajos futuros

Como parte de los trabajos futuros, se plantean:

- Evaluar diferentes tecnologías NUI para este contexto, buscando perfeccionar la interacción en este tipo de herramientas.
- Diseñar y construir contenidos adicionales para la herramienta FisionAR que abarquen distintos temas de la mecánica para determinar el impacto de este tipo de tecnologías sobre general en este campo.
- Probar este tipo de iniciativas en otros campos de la educación como la Química, Matemática o Biología.
- Complementar la arquitectura planteada, teniendo como referencia el uso colaborativo de la herramienta para potenciar el aprendizaje.

Referencias

- PhysX info.* (7 de Diciembre de 2009). Recuperado el 29 de Junio de 2016, de http://physxinfo.com/articles/?page_id=154
- (2012). *Programa "Enciclomedia"*. Mexico: Secretaria de Educacion Publica. Obtenido de <http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/2959/4/images/LB%20Enciclomedia.pdf>
- (2012). *Programa: Habilidades Digitales para Todos*. Mexico: Secretaria de Educacion Publica. Obtenido de <http://sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/2959/5/images/LB%20HDT.pdf>
- Colombia deberá ser en 2025 el país más educado de Suramérica. (19 de Mayo de 2014). *El Espectador*. Obtenido de <http://www.elespectador.com/noticias/educacion/colombia-debera-ser-2025-el-pais-mas-educado-de-suramer-articulo-493193>
- Colombia Perfil Poblacional*. (Julio de 2014). Recuperado el 19 de Junio de 2016, de http://www.indexmundi.com/es/colombia/poblacion_perfil.html
- Computadores para Educar*. (8 de Febrero de 2016). Obtenido de <http://www.computadoresparaeducar.gov.co/PaginaWeb/index.php/es/>
- Developer.vuforia.com*. (5 de Marzo de 2016). Obtenido de Vuforia Developer Portal [online]: <https://developer.vuforia.com>
- Sistema educativo de Colombia*. (5 de Marzo de 2016). Recuperado el 19 de Junio de 2016, de Wikipedia: La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_educativo_de_Colombia
- Tabletas para Educar*. (8 de Febrero de 2016). Obtenido de <http://micrositios.mintic.gov.co/tabletas/>
- Albaladejo, X. (s.f.). *Proyectos Agiles*. Recuperado el 14 de Julio de 2016, de Gráficos de trabajo pendiente: <https://proyectosagiles.org/graficos-trabajo-pendiente-burndown-charts/>
- Alistair Cockburn. (2006). *Agile software development: the cooperative game*. Pearson Education.

Referencias

- Alva Obeso, M. E. (2005). *Metodología de Medicion y Evaluacion de la Usabilidad en Sitios Web Educativos*. Universidad de Oviedo, Departamento de Informatica.
- Atlas.ti. (1 de Junio de 2016). *ATLAS.ti: The Qualitative Data Analysis & Research Software*. Obtenido de <http://atlasti.com>
- Ausubel, D. P. (2012). *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Springer Science & Business Media.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 355-385.
- Chang-hwa, W., & Pei-han, C. (2012). Applying Augmented Reality in Teaching Fundamental Earth Science in Junior High Schools. En *Computer Applications for Database, Education, and Ubiquitous Computing* (págs. 23-30). Springer Berlin Heidelberg.
- Chen, M.-P., & Liao, B.-C. (2015). Augmented Reality Laboratory for High School Electrochemistry Course. *2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies* (págs. 132-136). IEEE.
- Cohn, M. (2004). *User Stories Applied: For Agile Software Development*.
- Colgan, A. (2014). *How Does the Leap Motion Controller Work?* Recuperado el 10 de Julio de 2016, de <http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>
- (s.f.). *Construyendo Capacidades en Uso de TIC para Innovar en Educación*. Colombia: Ministerio de Educacion. Obtenido de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/articles-338337_programaB.pdf
- Coscollola, M. D., & Agustó, M. F. (2010). INNOVACIÓN EDUCATIVA: EXPERIMENTAR CON LAS TIC Y REFLEXIONAR SOBRE SU USO. *Pixel-Bit*, 171-180. Obtenido de <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n36/13.pdf>
- Costabile, M. F., De Angeli, A., Lanzilotti, R., & Ardito, C. (2008). Explore! possibilities and challenges of mobile learning. *CHI '08 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (págs. 145-154). ACM.
- Curtis, B. (2013). *Natural User Interface - The Second Revolution in Human/Computer Interaction*. Obtenido de <http://amddevcentral.com/afds/pages/OLD/sessions.aspx>.
- F. Shull, J. S. (2008). *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*. Londres: Springer.
- Florin, G., & Butnariu, S. (2015). DESIGN REVIEW OF CAD MODELS USING A NUI LEAP MOTION SENSOR. *ENGINEERING DESIGN GRAPHICS JOURNAL*, 20-24.
- Gómez Mercado, B. I., & Oyola Mayoral, M. C. (2012). Estrategias didácticas basadas en el uso de Tic aplicadas en la asignatura de física en la educación media. *Escenarios*, 10, 17-28.

Referencias

- Gomez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas.
- Höllerer, T. H., & Feiner, S. K. (2004). Mobile Augmented Reality. En H. A. Karimi, *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Taylor and Francis Books Ltd.
- Ibáñez, M. B., Serio, Á. D., Villarána, D., & Delgado Kloos, C. (Febrero de 2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, págs. 1-13.
- IBM. (s.f.). *SPSS Statistics Base*. Obtenido de <http://www-03.ibm.com/software/products/es/spss-stats-base>
- Ishii, H. (2008). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM - Organic user interfaces*, 32-36.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report Austin, Texas: The New Media Consortium*. Obtenido de <http://www.nmc.org/publication-type/horizon-report/>
- Jørgensen, A. H. (2006). Exploring the History of User Interfaces - The Myth of Xerox P. *Proceedings of the Sixth Danish Human-Computer Interaction Research Symposium.*, (págs. 29-30).
- Kaufmann, H., & Meyer, B. (2008). Simulating educational physical experiments in augmented reality. *SIGGRAPH Asia '08 ACM SIGGRAPH ASIA 2008 educators programme*.
- Lafkas, G. (2013). *A Natural User Interface and Touchless Interaction Approach on Web Browsing*.
- Leap Motion. (2015). *VR Best Practices Guidelines*. Recuperado el 10 de Junio de 2016, de <https://developer.leapmotion.com/assets/Leap%20Motion%20VR%20Best%20Practices%20Guidelines.pdf>
- Li, N., Chang, L., Gu, Y. X., & Duh, H. B.-L. (2011). Influences of AR-supported Simulation on Learning Effectiveness in Face-to-face. *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2011 11th IEEE International Conference on* (págs. 320-322). IEEE.
- Lim, S., Jee, H.-K., Youn, J., & Lee, J. (2012). Augmented Reality-Based Role-Playing Contents for Education. En K. J. Kim, & S. J. Ahn, *Proceedings of the International Conference on IT Convergence and Security 2011* (págs. 337-344). Springer Science & Business Media.
- Mateu, J., Lasala, M. J., & Alamán, X. (2013). Tangible Interfaces and Virtual Worlds: A New Environment for Inclusive Education. En *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Context-Awareness and Context-Driven Interaction* (págs. 119-126). Springer International Publishing.

Referencias

- Ministerio de Educacion. (7 de Junio de 1998). Recuperado el 28 de Junio de 2016, de Serie de Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- MinTIC. (1 de Julio de 2014). *Más de 355 mil tabletas recibirán niños de Colombia a partir de julio*. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-6379.html>
- MinTIC. (s.f.). *Tabletas para Educar*. Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de <http://micrositios.mintic.gov.co/tabletas/>
- Montes Gutierrez, I. C., & Lerner Matiz, J. (2011). *Rendimiento academico de los estudiantes de pregrado de la Universidad EAFIT*. Medellin. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de <http://www.eafit.edu.co/institucional/calidad-eafit/investigacion/Documents/Rendimiento%20Ac%C3%A1demico-Perrspectiva%20cuantitativa.pdf>
- Mullet, K., & Sano, D. (1994). Applying VisualDesign: trade secrets for elegant interfaces. *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems* (págs. 353-354). ACM.
- N. MACK, C. W. (2005). Qualitative research methods: A data collector's field guide. *Family Health International*. North Carolina.
- Olmedo, H., & Jorge, A. (2013). Towards the Commodification of Augmented Reality: Tools and Platforms. En V. M. Penichet, A. Peñalver, & J. A. Gallud, *New Trends in Interaction, Virtual Reality and Modeling* (págs. 63-72). Springer Science & Business Media.
- Parvathy, K. R., McLain, M. L., Bijlani, K., Jayakrishnan, R., & Bhavani, R. R. (2016). Augmented Reality Simulation to Visualize Global Warming and Its Consequences. En *Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications* (págs. 69-78). Springer India.
- Parvathy, K., McLain, M., Bijlani, K., Jayakrishnan, R., & Bhavani, R. R. (2016). Augmented Reality Simulation to Visualize Global Warming and Its Consequences. En *Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications* (págs. 69-79). Springer India.
- Patton, J. (2014). *User Story Mapping: Discover the Whole Story, Build the Right Product*. O'Reilly Media, Inc.
- PTC, i. (7 de Junio de 2016). *Vuforia Developer Portal*. Recuperado el 29 de Junio de 2016, de <https://developer.vuforia.com>
- Radu, I. (2012). Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality. En *Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2012 IEEE International Symposium on* (págs. 313-314). IEEE.
- Rosen, K. H. (2013). *An Introduction to ActivInspire (Studio)*.

Referencias

- Ruiz Castañeda, G., Ferrer Esparza, L., & Jimenez Torres, R. (2008). El Uso De Las TIC En La Educación.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). *La Guía de Scrum*. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-ES.pdf>
- Seo, J., Kim, N., & Kim, G. J. (2006). Designing Interactions for Augmented Reality Based Educational Contents. En *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment* (págs. 1188-1197). Springer Berlin Heidelberg.
- Serrano, C. G. (2015). *Innovación Educativa con uso de TIC Buenas Prácticas en Smart School*. Popayan.
- UNESCO. (1999). *7ª Tecnologías de la Información: Nuevas Tecnologías de la Información y Educación de Adultos*.
- UNESCO. (2012). Enfoque Estratégico sobre Tics En Educación en América Latina y el Caribe.
- Universidad Cardenal Herrera. (25 de Febrero de 2015). *Blogs CEU Informatica*. Recuperado el 29 de Junio de 2016, de <https://blog.uchceu.es/informatica/ranking-de-sistemas-operativos-mas-usados-para-2015/>
- Vence Pájaro, L. M. (2014). *USO PEDAGÓGICO DE LAS TIC PARA EL FORTALECIMIENTO DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS DEL PROGRAMA TODOS A APRENDER*. Colombia. Obtenido de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-336355_archivo_pdf.pdf
- Villaroman, N., Rowe, D., & Bret, S. (2011). Teaching natural user interaction using OpenNI and the Microsoft Kinect sensor. *SIGITE '11 Proceedings of the 2011 conference on Information technology education* (págs. 227-232). ACM.
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2012). Augmented Reality and Education: Applications and Potentials. En *Reshaping Learning: Frontiers of Learning Technology in a Global Context* (págs. 385-414). Springer Science & Business Media.
- Zaman, H. B., & Sin, A. K. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool. *2010 International Symposium on Information Technology* (págs. 1-6). IEEE.
- Zhou, F., Duh, H. B.-L., & Billingham, M. (2008). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. En *Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on* (págs. 193-202).

ANEXO A

CONSENTIMIENTOS INFORMADOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA INSTITUCION

CONSENTIMIENTO INFORMADO

HERRAMIENTA DIDACTICA PARA EL APRENDIZAJE DE SISTEMAS FISICOS MECANICOS
USANDO REALIDAD AUMENTADA E INTERFACES NATURALES DE USUARIO

Estudiantes: Diego Alejandro Alvis – Cristian Camilo Riaño

Director del Proyecto: Ing. Darío Fernando Chamorro

PROPOSITO DEL ESTUDIO:

El propósito de esta investigación es determinar cómo impacta el uso de nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de fenómenos físicos mecánicos. Para este estudio se usó tecnologías como lo son la realidad aumentada, que consiste en una visualización en tiempo real del mundo físico, al cual se le agrega información y contenido generado por computadora; y las interfaces naturales de usuario, que son aquellas que permiten una interacción humano-maquina transparente y natural. Para lo anterior, se desarrolló una aplicación móvil que usa estas tecnologías y permite simular distintos sistemas físicos.

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO:

Se está solicitando la cooperación de la institución, con esta investigación ya que, con su consentimiento, los estudiantes de cursos superiores y profesores del área de física podrán evaluar el sistema presentado, con el aporte de la información a un equipo de investigación sobre el impacto de estas nuevas tecnologías en el aprendizaje-enseñanza de fenómenos físicos mecánicos. Si la investigación es exitosa, se espera que los docentes del área de física puedan disponer en un futuro de mejores herramientas didácticas para la enseñanza de estas temáticas, que saquen provecho de las nuevas tecnologías para lograr un aprendizaje significativo.

METODOLOGÍA:

Si decido que la institución participe en el estudio, una vez haya firmado el consentimiento informado, entiendo que estaré dando autorización para que el manejo de los resultados sea utilizado en la presente y futuras investigaciones. En los resultados se mantendrá siempre su confidencialidad.

BENEFICIOS DEL ESTUDIO:

Se beneficiará en un futuro los docentes del área de física que estén dispuestos a implementar las Tics en sus metodologías. Los datos obtenidos serán confidenciales y los que correspondan a mi participación me podrán ser revelados en caso de ser solicitados.

RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO:

Entiendo que mi participación en el estudio no presenta ningún tipo de riesgo para mí o ninguno de los miembros de la institución.

COMPENSACION:

Entiendo que no habrá ningún tipo de retribución económica por participar en la investigación y los resultados de la misma serán utilizados para el mejoramiento de las metodologías de los procesos enseñanza – aprendizaje

VOLUNTAREIDAD:

Usted y su institución están siendo invitados a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participan o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento:

- La participación es libre y voluntaria; si decide participar en el estudio, puede retirarse en el momento que lo desee, -aun cuando el investigador responsable no se lo solicite-, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
 - En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado que se anexa a este documento. La información obtenida solamente será utilizada para la investigación mencionada en el presente documento y ante cualquier inquietud favor comunicarse con: (Darío Fernando Chamorro, C.C. 1.085'277.896, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, celular: 301 779 0935)

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

He leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos solamente con fines científicos.

Convengo la participación de la institución que represento en este estudio de investigación.

Nombre: _____

Firma: _____

Documento de identificación: _____

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a). _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procederá a firmar el presente documento.

Firma del investigador

Fecha.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL DOCENTE

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del estudio: “Herramienta didáctica para el aprendizaje de sistemas físicos mecánicos usando Realidad Aumentada e Interfaces Naturales de Usuario”

Responsable: Universidad del Cauca – Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones– Departamento de Telemática – Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Supervisor de Investigación: Ing. Darío Fernando Chamorro Vela, Departamento de Telemática.

Participantes: Docentes en el área de Física para la educación media

Propósito de la investigación: Conocer las necesidades y dificultades en el proceso de enseñanza por parte de los docentes encargados del área de física en la educación media, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta didáctica para la enseñanza de estos temas. Además de explorar los conocimientos y usos de las metodologías de enseñanza soportadas en TIC.

Tipo de intervención de la investigación: Participará en la realización de una entrevista en profundidad para conocer sus dificultades y necesidades en la enseñanza de los temas de Física mecánica.

Selección de las participantes: Usted está cordialmente invitado a formar parte de este proyecto de investigación por ser docente del área en la educación media.

Participación voluntaria: Usted puede elegir si quiere ser parte del proyecto de investigación. Si no quiere ser parte del estudio su trabajo continuará y nada cambiará. Aún si usted acepta ser parte del estudio ahora, usted se puede arrepentir luego y dejar de participar.

Procedimientos: Si Usted acepta participar en el estudio: se le realizara: una entrevista en profundidad de manera individual para conocer las necesidades y dificultades en la enseñanza de la Física mecánica en la educación media, así como también su uso por parte de las tecnologías TIC para este fin. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer sus experiencias y opiniones acerca de este tema. La entrevista tendrá una duración de treinta (30) minutos. Se grabará la entrevista en profundidad, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

Es posible que le pidamos permiso de tomar fotos durante la realización de la entrevista en profundidad. Las fotos serán usadas para socializar los resultados y para tener un registro evidente de la actividad del proyecto de investigación. No serán ni tomadas ni usadas sin su consentimiento.

Riesgos y molestias: Usted debe colaborar con su asistencia en la entrevista en profundidad. Esta será realizada por un estudiante del programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.

Beneficios: Luego de finalizar el proyecto de investigación, los hallazgos pueden ayudar para el desarrollo de distintas herramientas usando tecnologías emergentes para mejorar la enseñanza del área de Física en la educación media.

Incentivos: Usted no recibirá ningún incentivo de índole económico (no se le dará dinero) por participar en el estudio.

Confidencialidad: La información derivada de la investigación será manejada de manera exclusiva por nuestro grupo de investigación. La información será guardada de manera segura por parte del equipo. Nadie fuera de nuestro equipo de investigación verá la información sobre usted.

Cuando se almacene su información dentro de nuestra computadora, en lugar de usar su nombre, se asignará un código único a cada participante. Sólo el equipo de investigación sabrá cuál es su código. De este modo, podremos comunicarle si encontramos algo que requiera su atención con respecto a su labor en la enseñanza en el área de la Física mecánica. Cuando expliquemos la investigación a otras personas, no usaremos su nombre o nada que permita que otras personas conozcan su identidad. La información será guardada, cumpliendo los criterios de confidencialidad y respeto. Cabe resaltar que todos los datos personales utilizados en este proyecto no serán utilizados en otras investigaciones. Se construirá una base de datos, a la cual solo tendrá acceso el grupo de investigación supervisado por el Ing. Darío Chamorro, C.C. 1.085'277.896, de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca, Campus de Tulcán. Celular: 301 779 0935.

Divulgación de resultados: Una vez toda la información haya sido analizada, los resultados serán presentados a la comunidad a través de una reunión. Usted será invitado a participar. También escribiremos sobre nuestros resultados sin mencionar los datos de los entrevistados, de modo que otras personas alrededor del mundo puedan aprender de esta investigación. Estos resultados pueden ser útiles para mejorar la enseñanza en el área de Física por medio de las TIC.

Derecho a rehusar o a retirarse: Como se dijo anteriormente, su participación es voluntaria. Usted puede retirarse del estudio en cualquier momento si así lo desea. En ese caso, su información será eliminada. Esta investigación contiene los elementos éticos que la ley y la doctrina exigen (código Helsinki-código Nuremberg resolución 008430 de 1993) que rigen la ética en la investigación científica en Colombia. Se garantiza total confidencialidad con los datos recolectados.

Información de Contacto: Si tiene preguntas, las puede hacer ahora o posteriormente. Se le dará una copia escrita de este consentimiento. Si tiene preguntas adicionales, por favor contáctenos a través del Ing. Darío Chamorro. Celular: 301 779 0935. O con alguno de los entrevistadores, Cristian Riaño. Celular: 313 682 5257. Diego Alvis. Celular: 318 558 3930

Certificado de consentimiento

Entiendo que se me va a realizar una entrevista y grupo focal. Entiendo que no existe ningún riesgo. Sé que no recibiré dinero, sino el beneficio que los resultados de investigación ayuden en los procesos de enseñanza en el área de Física en las instituciones de educación media. Se me ha dado el nombre y dirección de un investigador que puede ser contactado fácilmente.

He leído o me ha sido leída la información precedente. He tenido la oportunidad de hacer preguntas. Estoy satisfecho/a con las respuestas a todas mis preguntas. Doy consentimiento voluntario para hacer parte en este estudio. También puedo retirarme en cualquier momento y esto no cambiará mi trabajo.

Nombre legible del participante _____ Código _____

Fecha _____ día/mes/año

He leído exactamente o he sido testigo de la lectura correcta del consentimiento al participante potencial, y éste ha tenido la posibilidad de hacer preguntas. Confirmando que el/la participante ha dado consentimiento libremente.

Nombre legible del investigador _____

Firma del investigador _____

Fecha _____ día/mes/año

Se da una copia de este consentimiento informado cada participante

_____ (Iniciales del investigador).

ANEXO B

GUÍAS PARA LAS ENCUESTAS, ENTREVISTAS E IDENTIFICACION DE TEMATICA EN LA CARACTERIZACION

GUÍA PARA LAS ENCUESTAS

Guía para encuestas a los estudiantes de educación media

Objetivo E: Conocer los problemas, necesidades y expectativas en el proceso de enseñanza en el área de física por parte de estudiantes de grado 10°, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta didáctica que mejore el aprendizaje. Además de explorar el uso de herramientas TIC en la educación por parte de los estudiantes.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la encuesta (E), por qué han sido seleccionados e invitados, por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad y consentimiento dado por la institución.
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
 - a) Todas las ideas y respuestas son válidas.
 - b) No hay respuestas malas ni buenas.
4. Preguntar de manera escrita al encuestado/a por su edad.
5. Explicar conceptos claves para este estudio como TIC, Smartphone y sistema operativo.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA ESTUDIANTE (15 min.)

1. *¿Considera lo aprendido en este curso importante para su proceso de formación académica? Si ___ No ___*
2. *¿Le parece que la forma que utiliza el profesor para dictar el curso es la adecuada? Si ___ No ___*
3. *¿Piensa que los ejercicios y practicas realizadas durante el curso son suficiente para entender los conceptos vistos en clase? Si ___ No ___*
4. *¿Considera que los temas vistos en clase son fáciles de entender? Si ___ No ___*
5. *De 1 a 5 (donde 5 es muy difícil) que tan difícil considera la materia de física*
1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___
6. *De 1 a 5, donde 1 es para nada adecuado y 5 muy conveniente, ¿Qué tan adecuado considera el uso de las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) para el aprendizaje de física en el aula?*
1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

7. ¿Qué tan apropiada considera usted la metodología usada para desarrollar los laboratorios de física?

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

8. De 1 a 5, ¿Cómo valoraría los mecanismos de interacción de las aplicaciones educativas?

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

9. ¿Cuáles fueron los temas o el tema que más te ha gustado del curso de física?

10. ¿Cuáles han sido los temas que más se te han dificultado?

11. ¿Qué recursos educativos o herramientas didácticas utiliza el profesor para facilitar el proceso de aprendizaje del curso?

12. ¿Tiene usted un Smartphone o Tablet? En caso que la respuesta sea no, omita las siguientes preguntas. Si ___ No ___

a. ¿Cuántas horas al día aproximadamente utiliza su Smartphone o Tablet?

i. Menos de una hora

ii. De 1 a 3 horas

iii. De 3 a 5 horas

iv. Más de 5 horas

b. ¿Qué sistema operativo tiene tu Smartphone o Tablet?

i. Android

ii. iOS

iii. Windows Phone

iv. Otro

c. ¿Cuáles son las 4 o 5 aplicaciones que más usas?

d. ¿Usas aplicaciones para el estudio? ¿Cuáles? Si ___ No ___

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

GUÍA PARA LAS ENTREVISTAS A PROFUNDIDAD

Guía para entrevistas a profundidad a los profesores encargados de la materia física en educación media.

Objetivo EP: Conocer las necesidades y dificultades en el proceso de enseñanza por parte de los docentes encargados del área de física en la educación media, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta didáctica para la enseñanza de estos temas. Además de explorar los conocimientos y usos de las metodologías de enseñanza soportadas en TIC.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

6. Presentarse y explicar el objetivo de la entrevista (EP), por qué han sido seleccionados e invitados, por qué son importantes para el estudio.
7. Aclarar la confidencialidad (consentimiento informado, grabación, uso de seudónimos y confidencialidad de las opiniones y comentarios, los mismos que no deben ser divulgados fuera de la reunión).
8. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
 - c) Todas las ideas y respuestas son válidas.
 - d) No hay respuestas malas ni buenas.
9. Preguntar al entrevistado/a por su cargo actual.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA DOCENTE (30 min.)

1. *¿Cuáles son las principales dificultades identificadas al involucrar las TIC en el proceso de enseñanza en el aula?*
2. *¿Qué beneficios considera que se obtienen al utilizar las TIC como soporte para el proceso de enseñanza en el aula?*
3. *¿Qué recursos considera que no están disponibles pero que le servirían para facilitar el proceso de enseñanza en el aula?*
4. *¿Cree que el uso de dispositivos móviles en su aula de clase ayuda a ampliar un tema complejo o profundizar en el mismo?*
5. *¿Qué elementos cree usted que debe tener una herramienta didáctica para poder ser utilizada en el aula y que arroje resultados positivos?*
6. *¿Considera que el proceso de aprendizaje colaborativo (en grupos) da mejores resultados que el aprendizaje individual o autodidacta? ¿Sí o no, Por qué?*

CONCLUSIÓN (3 min)

Esta información será de gran utilidad para identificar las principales necesidades que debe suplir una herramienta tecnológica y didáctica que sea desarrollada para ser utilizada en el aula. Antes de que terminemos, ¿hay algo más que usted piense que pueda ayudarnos a solucionar las dificultades de la introducción de herramientas TIC en la educación?

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

GUÍA PARA LA ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE TEMÁTICA

Guía para encuestas de identificación de temática

Objetivo ED: Conocer los temas abordados en el plan de estudio de física de grado 10°, así como las dificultades y retos que conlleva impartirlo. Lo anterior con el objetivo de establecer el o los temas más apropiado para abarcar en la herramienta didáctica desarrollada en este trabajo.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la encuesta a los docentes del Instituto Técnico Industrial de Popayán (ED) y por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad de la información, así como de la libertad para retirarse en cualquier momento.
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
 - a) Todas las ideas y respuestas son válidas.
 - b) No hay respuestas malas ni buenas.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA ESTUDIANTE (15 min.)

1. *Proporcione un breve listado con los temas más relevantes presentes en el plan de estudios de física que tiene su institución (procure que no supere los 10 elementos).*

2. *De los temas anteriores, ¿Cuáles cuentan con una sesión o clase práctica con herramientas de laboratorio?*

3. *Ahora, ¿Cuáles de los temas impartidos son soportados con alguna herramienta de simulación digital?*

4. *De los temas listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los temas que presentan mayor dificultad en los estudiantes a la hora de abstraer los conceptos (máximo 3)?*

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

ANEXO C

GRAFICAS RESULTADO DE ENCUESTAS

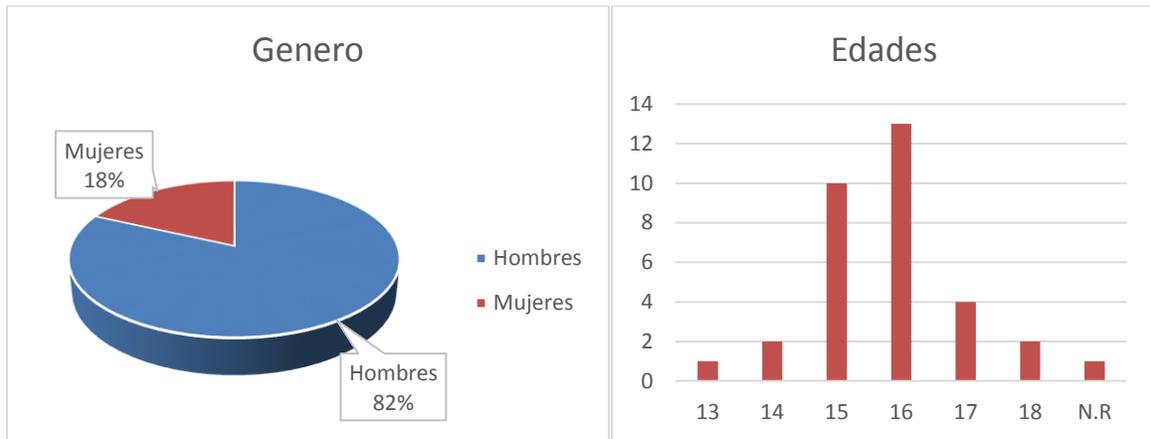


Figura 51 Características demográficas población encuestada

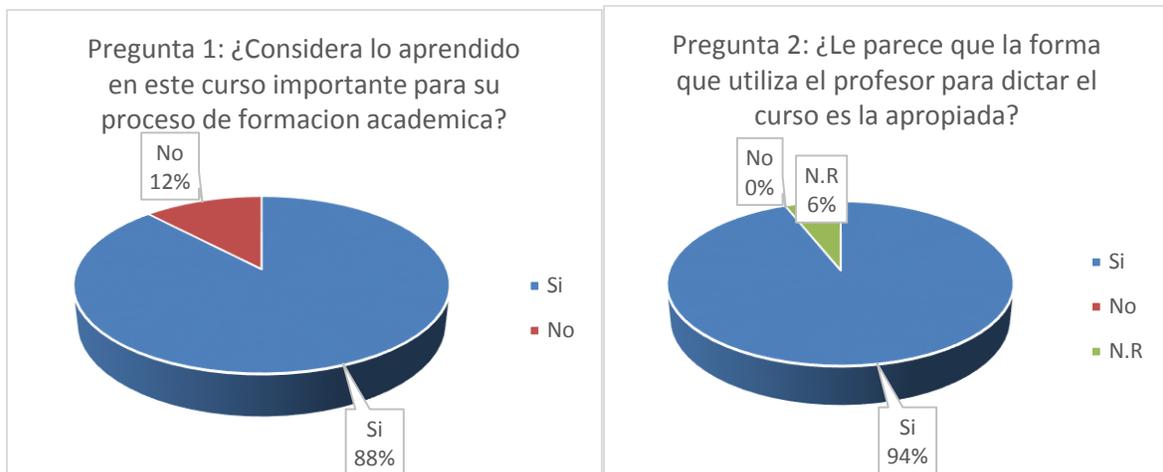


Figura 52 Graficas preguntas encuesta estudiantes 1 y 2

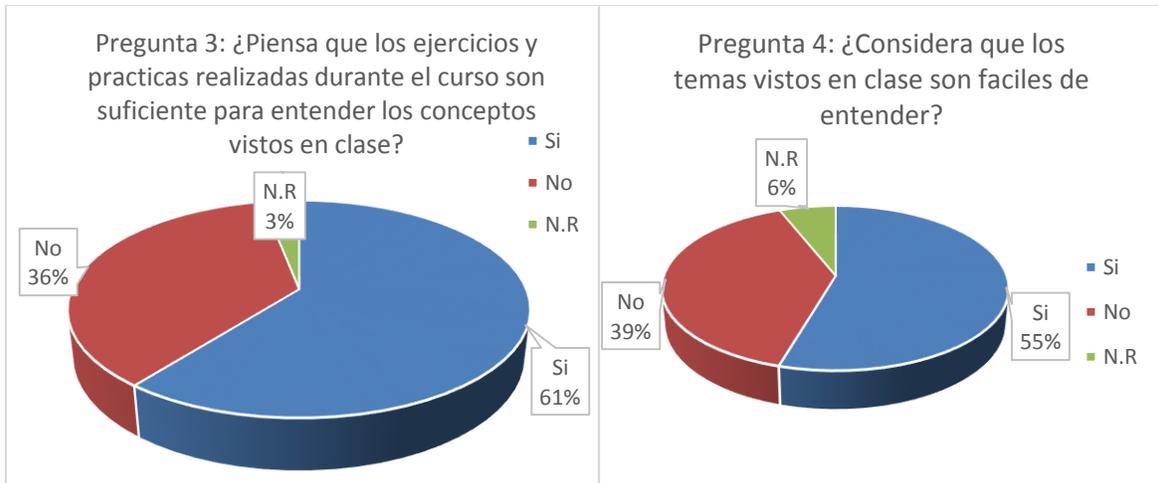


Figura 53 Graficas preguntas encuesta estudiantes 3 y 4

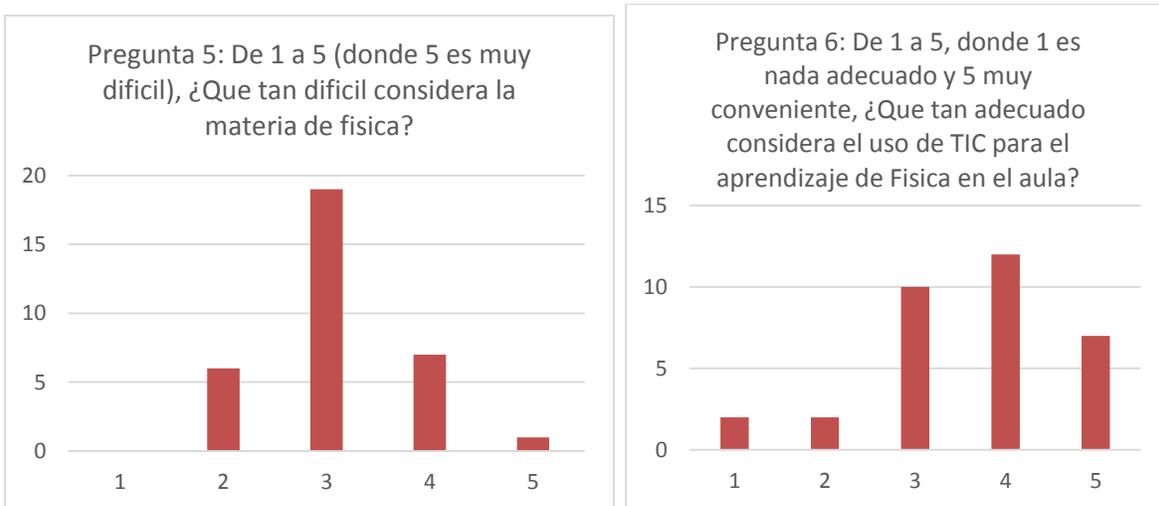


Figura 54 Graficas preguntas encuesta estudiantes 5 y 6

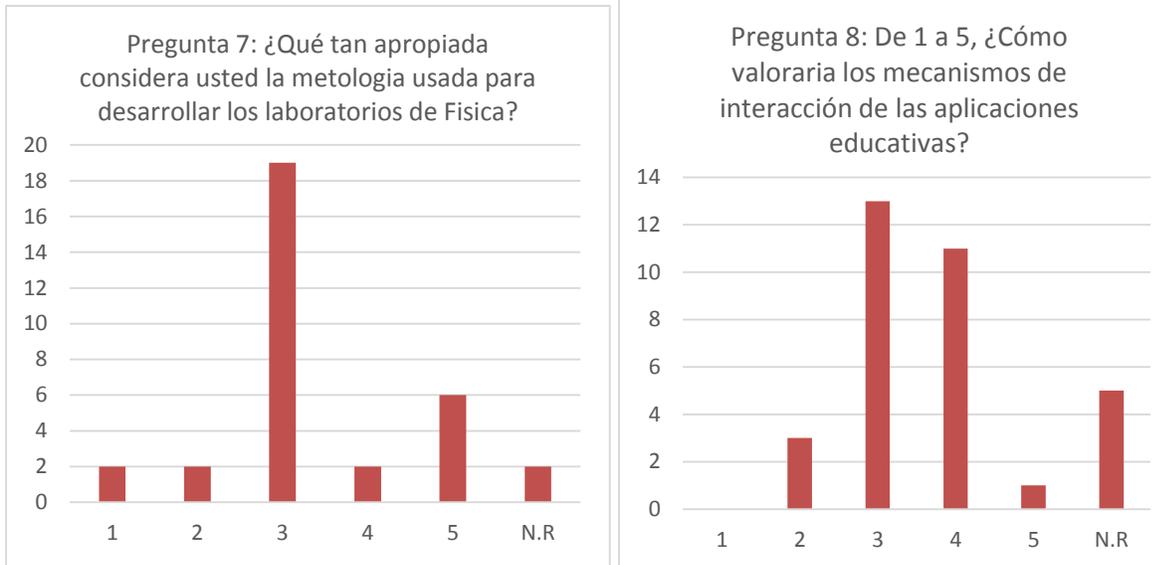


Figura 55 Graficas preguntas encuesta estudiantes 7 y 8

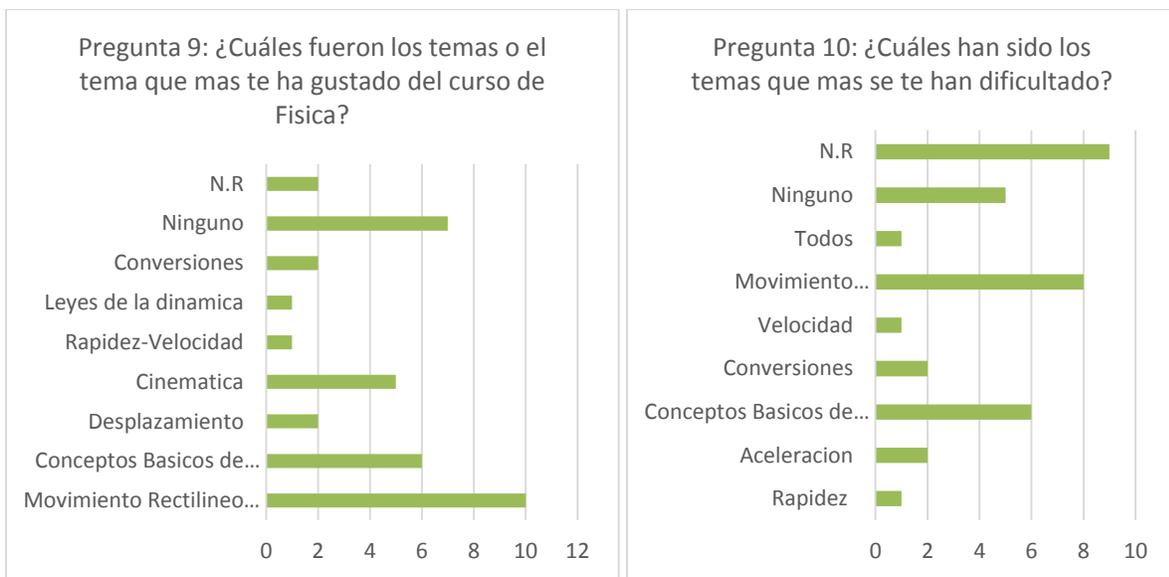


Figura 56 Graficas preguntas encuesta estudiantes 9 y 10

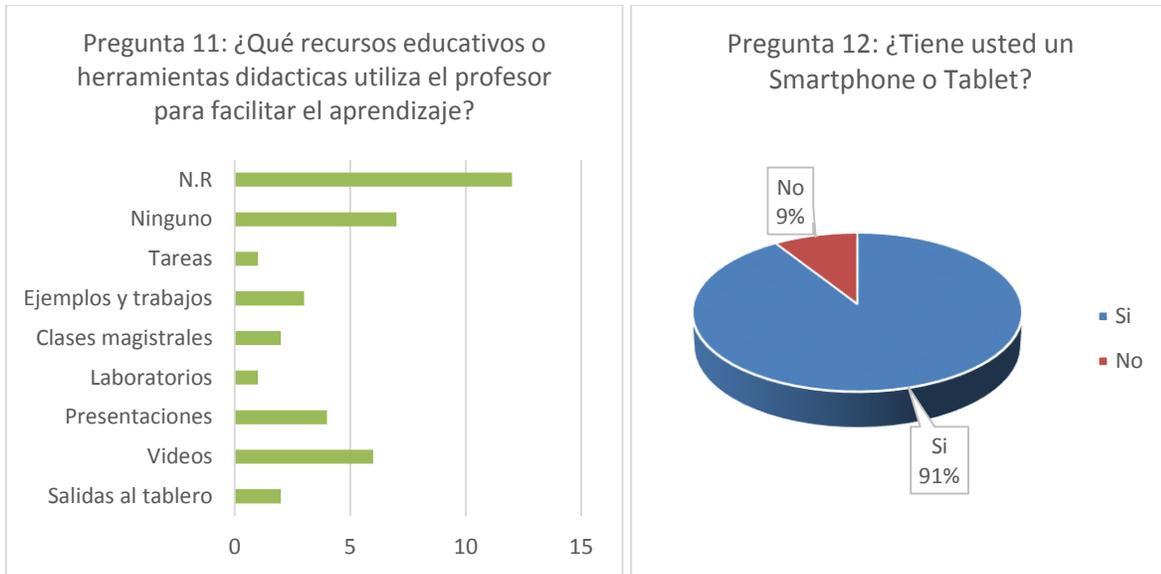


Figura 57 Graficas preguntas encuesta estudiantes 11 y 12

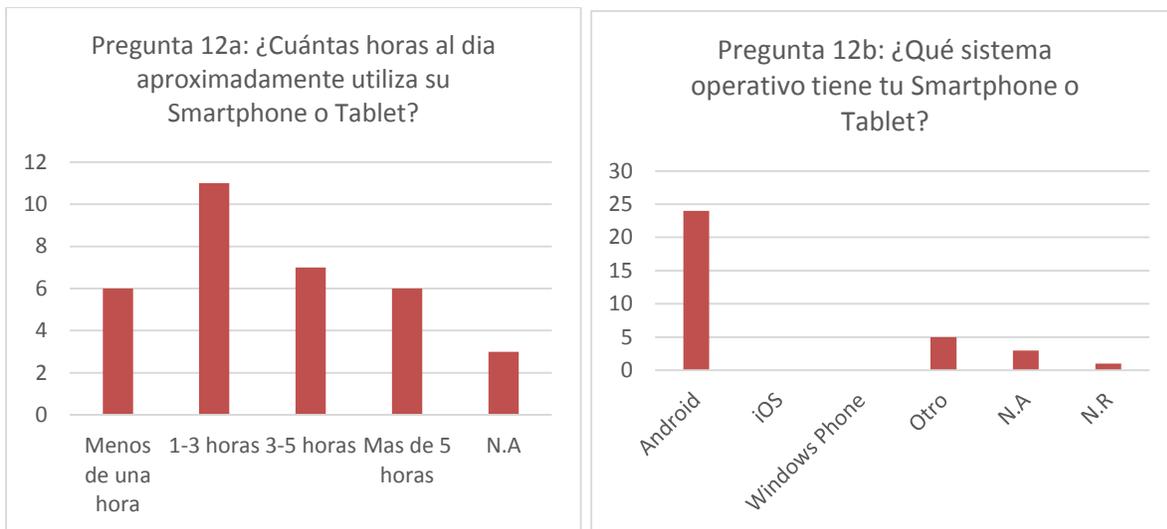


Figura 58 Graficas preguntas encuesta estudiantes 12a y 12b

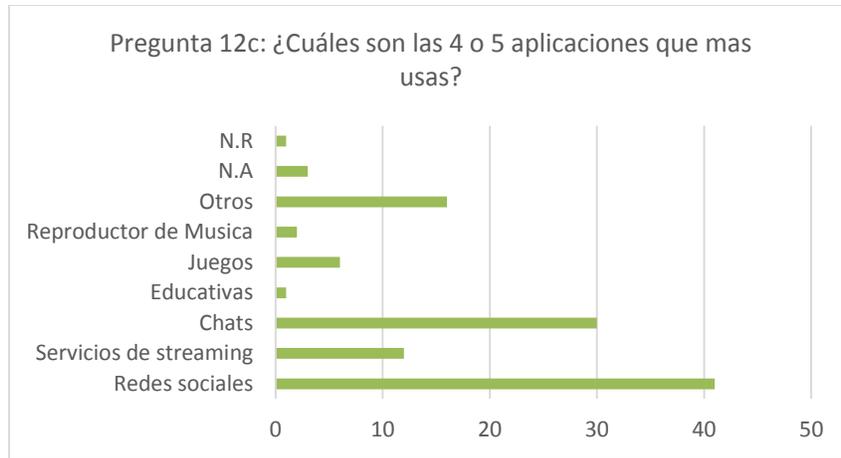


Figura 59 Grafica pregunta encuesta estudiantes 12c

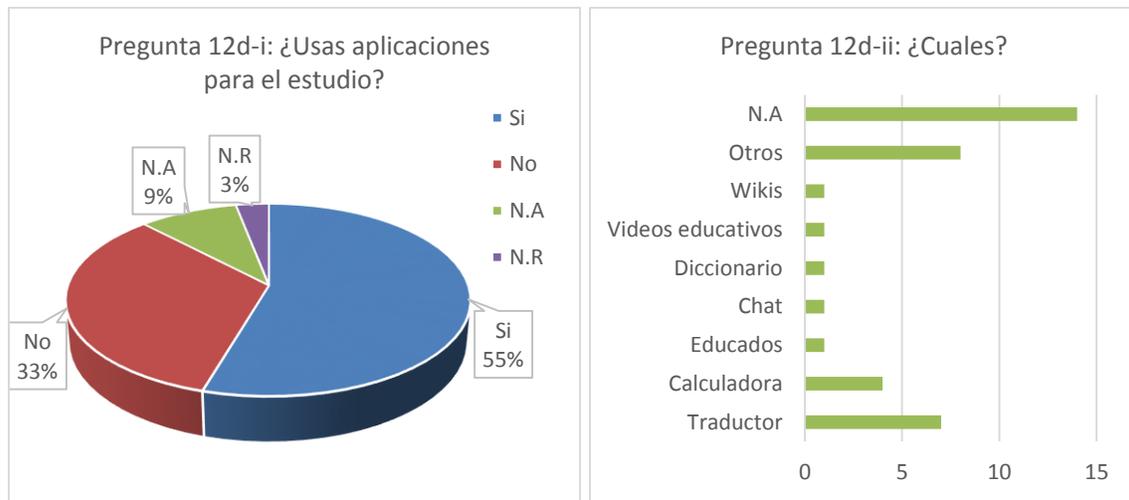


Figura 60 Graficas pregunta encuesta estudiantes 12d

ANEXO D

TRANSCRIPCIONES Y TABLA DE CO-OCURRENCIA

TRANSCRIPCIONES

The screenshot displays the ATLAS.ti software interface. The main window shows a document titled "Entrevista Docente 1" with a transcription of an interview. The text is numbered 1 through 7. To the left, a "Códigos" (Codes) list is visible, containing various categories such as "Beneficios", "Dificultades", "Facil acceso", "Facil uso", "Facilitan el aprendizaje", "Falta de capacitacion", "Falta de concientizacion", "Falta de prgramas y aplicaciones educativas", "Herramienta Intuitiva", "Herramientas TIC", "Mas intereses", "Motivacion", "Recursos no disponible", "TIC en la Educacion", and "Trabajo colaborativo". To the right of the text, several codes are applied to different parts of the transcription, such as "Falta de capacitacion", "Recursos no disponible", "Mas intereses", "Facilitan el aprendizaje", "Falta de concientizacion", "Capacitaciones en TIC en la educacion", "Herramienta Intuitiva", "Facil uso", "Trabajo colaborativo", and "Facilitan el aprendizaje". The interface also shows a menu bar at the top with options like "Proyecto", "Edición", "Documentos", "Citas", "Códigos", "Memos", "Redes", "Análisis", "Herramientas", "Visualizaciones", "Ventanas", and "Ayuda".

Entrevista Docente 1

1. No hay herramientas disponibles en instituciones educativas, no están disponibles totalmente, por ejemplo cuando hablamos de una sala de sistemas, es complicado trabajar uno en sus clases porque generalmente está ocupada, pueden haber equipos, video beams, portátiles, pero si uno va a usarlos está ocupado. También hay necesidad de capacitación a los mismos docentes, porque existe una falta de información en la utilización de las TIC.
2. Hay muchos beneficios, por ejemplo en la parte de comprensión de la temática por parte de los estudiantes que están muy compenetrados con las tecnologías, pienso que usar esas tecnologías, y estoy casi seguro, de que sería una manera en la que ellos estarían más interesados en la temática, que las trabajen mucho mejor, porque es lo que les gusta a ellos.
3. Los tableros interactivos serían una herramienta excelente que uno ve que existen pero obviamente no están disponibles, también están los mismos Smartphone de los estudiantes, el problema está en que ellos los utilizan para otras cosas.
4. Si, ayuda en una gran medida, pero primero habría que concientizarlos para que le den un uso correcto a estos dispositivos, porque ellos empiezan a chatear o en Facebook entonces tocaría estar pendiente de que si estén en lo que deben estar.
5. Primero que todo debería haber una previa capacitación en el uso de la herramienta para todas las personas que la van a utilizar, debe ser de fácil manejo, que no sea complicado de usar.
6. Si, porque es una forma de que entre ellos mismos se vayan ayudando, claro que se debe controlar de que no sea una persona la que trabaje y las demás no, es decir cada integrante debe ir aportando lo suyo y aclarando las dudas que tenga el grupo.
7. Algo que podría ayudar a introducir las TIC en la educación sería más capacitación a los docentes y disponibilidad de las herramientas tecnológicas.

Códigos

- Beneficios
- Capacitaciones en TIC en la educacion
- Compartir contenido
- Contenidos precisos
- Dificultades
- Disponibilidad de herramientas TIC
- Dispositivos Moviles
- Facil acceso
- Facil uso
- Facilitan el aprendizaje
- Falta de capacitacion
- Falta de concientizacion
- Falta de prgramas y aplicaciones educativas
- Herramienta Intuitiva
- Herramientas TIC
- Mas intereses
- Motivacion
- Recursos no disponible
- TIC en la Educacion
- Trabajo colaborativo

Códigos

- Falta de capacitacion
- Recursos no disponible
- Mas intereses
- Recursos no disponible
- Facilitan el aprendizaje
- Falta de concientizacion
- Capacitaciones en TIC en la educacion
- Herramienta Intuitiva
- Facil uso
- Facilitan el aprendizaje
- Trabajo colaborativo
- Capacitaciones en TIC en la educacion

Figura 61 Entrevista 1

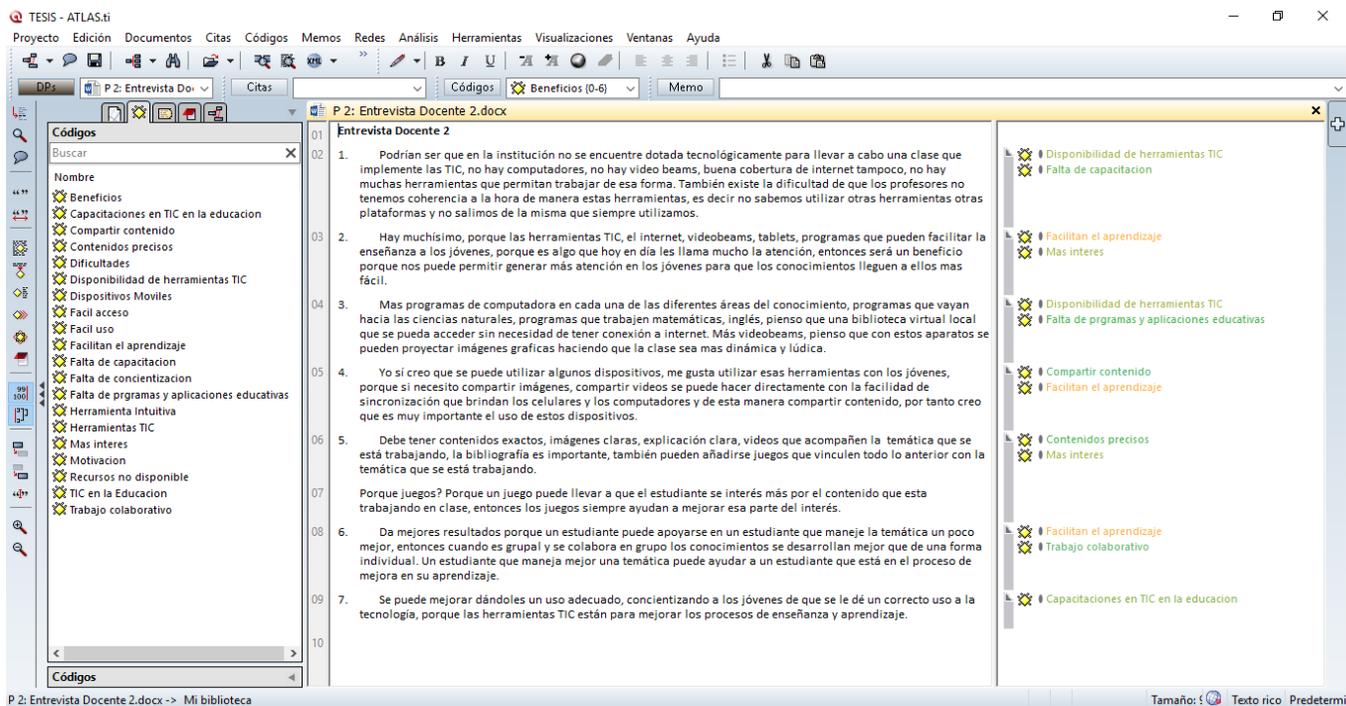


Figura 62 Entrevista 2

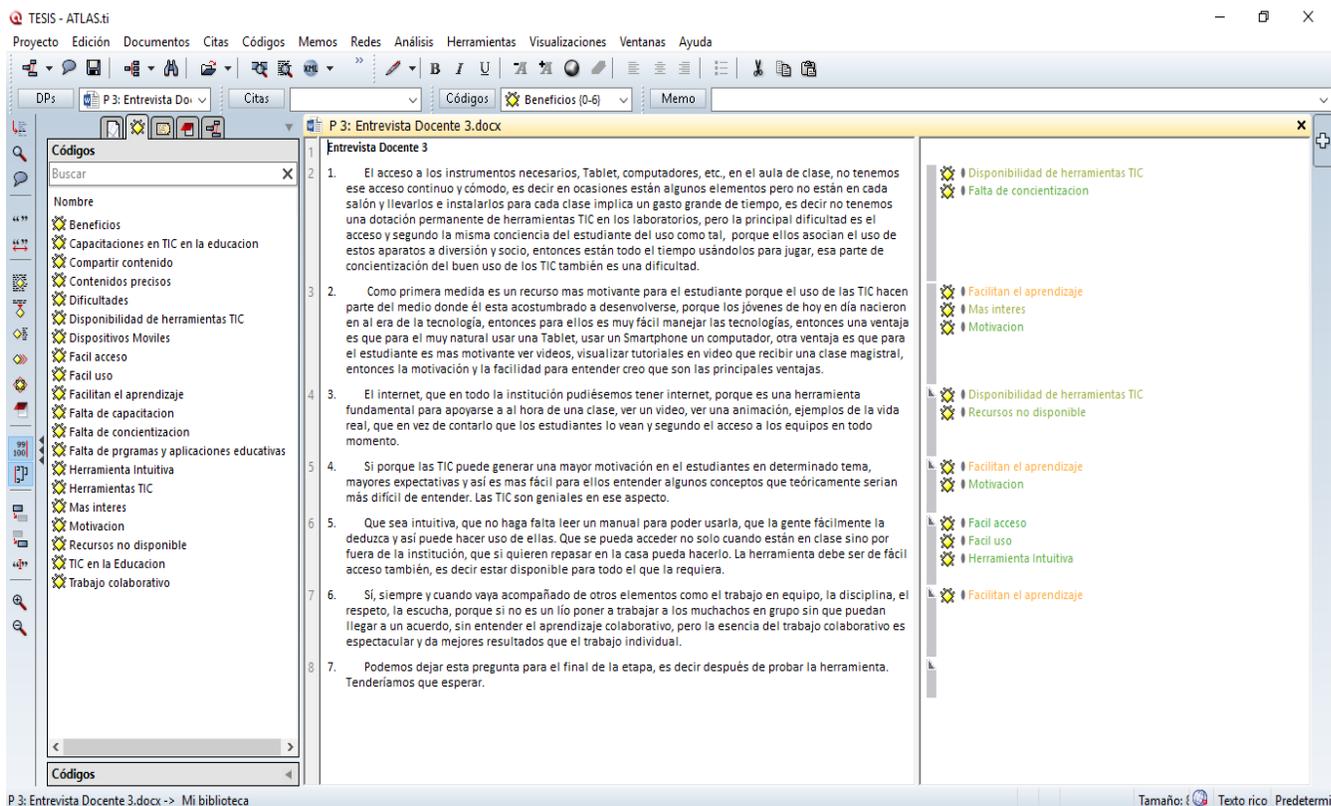


Figura 63 Entrevista 3

TABLA DE CO-OCURRENCIA

	Capacitacione	Compartir cor	Contenidos pi	Disponibilidac	Facil acceso	Facil uso	Facilitan el ap	Falta de capac	Falta de conci	Falta de prgra	Herramienta	Mas interes	Motivacion	Recursos no d	Trabajo colab
Capacitaciones en TIC en l	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a
Compartir contenido	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Contenidos precisos	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a
Disponibilidad de herrami	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	1 - 0,20	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	1 - 0,17	n/a
Facil acceso	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,50	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,50	n/a	n/a	n/a	n/a
Facil uso	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	1 - 0,50	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2 - 1,00	n/a	n/a	n/a	n/a
Facilitan el aprendizaje	n/a	1 - 0,13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,11	n/a	n/a	2 - 0,20	2 - 0,25	n/a	2 - 0,25
Falta de capacitacion	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a
Falta de concientizacion	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	n/a	n/a	1 - 0,11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Falta de prgramas y aplica	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Herramienta Intuitiva	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	1 - 0,50	2 - 1,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Mas interes	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	2 - 0,20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	n/a	n/a
Motivacion	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a	1 - 0,20	n/a	n/a	n/a
Recursos no disponible	n/a	n/a	n/a	1 - 0,17	n/a	n/a	n/a	1 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Trabajo colaborativo	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2 - 0,25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Figura 64 Tabla de Co-ocurrencia

ANEXO E

PRODUCT BACKLOG Y SPRINT BACKLOGS

SPRINT				1												
SPRINT OBJECTIVE				Implementar el experimento y su ciclo en un entorno virtual												
User Activity	Responsible	Estimated (h)	User Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Navegacion entre ventanas	Diego	2	Ver menu principal	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Diego	2	Ver menu de ayuda	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Diego	2	Ver opciones de experimento	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Variar parametros de la colision	Cristian	6	Modificar masa de cada esfera	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
	Diego	10	Modificar alutra inicial	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
Visualizar magnitudes de la colision	Cristian	6	Modificar coeficiente de elasticidad	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
	Cristian	6	Mostrar valor actual de masas (Kg)	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Cristian	6	Mostrar valor actual de velocidad de cada esfera (m/s)	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	5
	Cristian	6	Mostrar velocidad max alcanzada por cada esfera	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	6
	Diego	8	Reproducir animacion	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	7
	Diego	10	Pausar animacion	0	0	0	1	4	0	0	0	0	2	0	0	11
Reiniciar experimento	Diego	10	Reanudar animacion	0	0	0	0	0	0	1	4	3	1	0	0	9
	Cristian	12	Reiniciar animacion	0	0	0	0	0	3	3	3	1	0	0	0	10
Reiniciar experimento	Cristian	4	Ralentizar animacion	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	5
TOTAL				12	7	10	11	7	8	7	5	5	4	2	86	

Figura 65 Sprint Backlog 1

SPRINT		2															
SPRINT OBJECTIVE		Implementar el experimento en un entorno real incorporando las tecnologías de AR y NUI															
User Activity	Responsible	Estimated (h)	DAYS IN SPRING														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
Visualizar el experimento en AR a través de la cámara	Diego	8	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	Diego	18	0	0	4	5	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	14
	Diego	12	0	0	1	0	0	2	4	2	0	0	0	0	1	0	10
Pausar y reanudar experimento con un gesto	Cristian	8	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	Cristian	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Reiniciar experimento con un gesto	Diego	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	8
	Diego	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3
Variar parametros con un gesto	Cristian	16	0	0	0	3	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	15
	Cristian	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	1	3	0	0	10
	Cristian	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	1	8
TOTAL		98	8	8	10	8	5	7	8	3	7	5	4	6	7	5	91

Figura 66 Sprint Backlog 2

ANEXO F

PRETEST, POSTEST Y GUIA DE LABORATORIO

PRETEST



Universidad
del Cauca

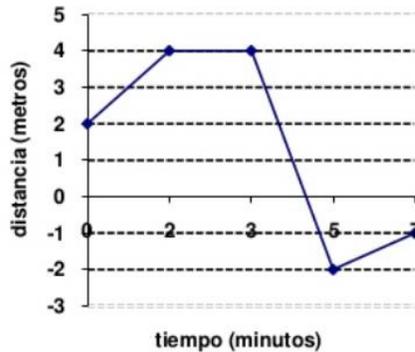
UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Test de Física Mecánica General

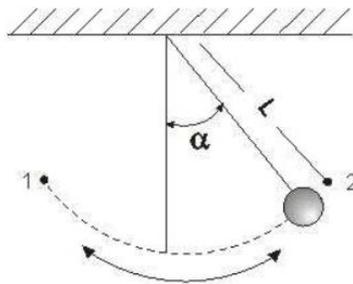
A continuación, se presentan 12 preguntas de selección múltiple, por favor marque solo la que considere correcta.

1. ¿Qué magnitud se obtiene si dividimos el desplazamiento de un móvil durante su trayectoria entre el tiempo empleado para ello?
 - a. Velocidad media
 - b. Espacio recorrido
 - c. Desplazamiento
 - d. Aceleración
2. Indica cuál de las siguientes magnitudes relacionadas con el movimiento no es un vector
 - a. Velocidad instantánea
 - b. Aceleración media
 - c. Aceleración angular
 - d. Frecuencia
3. El siguiente grafico representa el movimiento de una partícula a lo largo de una línea recta.



La distancia total recorrida por la partícula es

- 7m
 - 9m
 - 1m
 - 3m
4. En la gráfica anterior, cual es la rapidez promedio de la partícula entre el instante $t=3\text{seg}$ y $t=5\text{seg}$.
- 1 m/s
 - 2 m/s
 - 0,5 m/s
 - 3 m/s
5. El péndulo esquematizado en la figura oscila entre los puntos 1 y 2. El tiempo que tarda en ir del punto 1 al punto 2 es un segundo



La frecuencia de oscilación del péndulo vale

- 0,5Hz
 - 2Hz
 - 1Hz
 - 1,5Hz
6. En el péndulo anterior, la cuerda de longitud L , se cambia por otra de longitud $4L$. Comparada con la frecuencia de oscilación f , la nueva frecuencia es:
- $2f$
 - $f/4$
 - igual a f
 - $f/2$
7. Tome en consideración que el péndulo del punto 6 se mueve a un planeta con una gravedad 9 veces mayor que la de la tierra. Allí, el periodo (T), en relación con el periodo actual será igual a

- a. $T/3$
 - b. Igual a T
 - c. $2T$
 - d. $3T$
8. Marque cuál de las siguientes NO es una condición de un péndulo simple
- a. La oscilación se da en ángulos pequeños
 - b. La masa de la cuerda es despreciable
 - c. Se encuentra bajo la influencia de campo magnético
 - d. La masa está influenciada por la gravedad

POSTEST



Universidad
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Test de Colisiones

A continuación, se presentan 5 preguntas de selección múltiple relacionadas al tema de colisiones elásticas e inelásticas, por favor marque solo la que considere correcta.

1. Un jugador de billar golpea con un taco la bola blanca imprimiéndole una velocidad de 10m/s , golpeando la bola roja, la cual sale disparada con una velocidad de 6m/s . Si se sabe que la bola blanca tiene un peso de 1Kg y la roja pesa 2Kg , ¿Con que velocidad y en qué dirección sale la bola blanca después de la colisión?
 - a. 2m/s en la misma dirección de la bola roja
 - b. 2m/s en dirección contraria a la bola roja
 - c. 6m/s en la dirección contraria a la bola roja
 - d. Queda en reposo después de la colisión
2. Y si ambas bolas pesan lo mismo y la bola roja sale disparada con una velocidad de 10m/s , ¿Con que velocidad y en qué dirección se mueve la bola blanca luego de la colisión?
 - a. 10m/s en la misma dirección de la bola roja
 - b. 10m/s en dirección contraria
 - c. 5m/s en la misma dirección
 - d. Queda en reposo.
3. Un bloque A, de 6 Kg de masa y con velocidad 20 m/s , choca con otro bloque B, de 4 Kg de masa y con velocidad 15 m/s , y quedan unidos después del choque. Si los dos bloques iban en la misma dirección cual es la velocidad del conjunto resultante
 - a. 10 m/s
 - b. 8 m/s
 - c. 20 m/s
 - d. 18 m/s
4. Y si los bloques iban en dirección contraria, ¿Cuál es la velocidad del bloque resultante?
 - a. 6 m/s en la dirección del bloque de 6Kg
 - b. 2 m/s en la dirección del bloque de 4Kg
 - c. 2 m/s en la dirección del bloque de 6Kg
 - d. 8 m/s en la dirección del bloque de 6Kg

5. ¿Cuál es la diferencia entre una colisión elástica y una inelástica?
- En una colisión inelástica no se conserva la energía, mientras que en una elástica sí.
 - En una colisión elástica no se conserva la energía, mientras que en una inelástica sí.
 - En una colisión elástica no se conserva la cantidad de movimiento, mientras que en una inelástica sí.
 - No hay diferencia.
6. Un automóvil A de 1000Kg viaja a una velocidad de 100m/s, en su trayectoria se cruza otro automóvil B que se encontraba detenido. En el choque ambos autos quedan unidos en como un solo conjunto que sale disparado con una velocidad de 25m/s. ¿Qué masa tenía el automóvil B?
- 2000Kg
 - 5000Kg
 - 3000Kg
 - 1000Kg
7. Y si se sabe que el automóvil B tiene una masa de 4000Kg, ¿Cuál es la velocidad resultante del conjunto?
- 25m/s
 - 20m/s
 - 15m/s
 - 10m/s
8. En una colisión de cualquier tipo siempre se conserva:
- La masa
 - La energía total
 - La cantidad de movimiento
 - La velocidad
9. Dos bloques A y B chocan entre si generando una colisión perfectamente elástica. El bloque A tiene una masa m mientras que el bloque B tiene una masa de $2m$. Al momento de la colisión el bloque A se mueve en sentido positivo a una velocidad de 5m/s mientras el bloque B se mueve en sentido negativo a la misma velocidad. Después de la colisión el bloque A se mueve en sentido negativo con una velocidad de 1m/s, ¿En qué sentido y con qué velocidad se moverá el bloque B después de la colisión?
- 2m/s en sentido negativo
 - 1m/s en sentido positivo
 - 3m/s en sentido positivo
 - 3m/s en sentido negativo
10. Considere la colisión anterior, si ahora el bloque A tiene una masa $2m$ y el bloque B una masa de m , causando que el bloque B salga en dirección positiva a una velocidad de 3m/s, ¿En qué sentido y dirección se moverá el bloque A después de la colisión?
- 2 m/s en sentido positivo
 - 3 m/s en sentido negativo
 - 1 m/s en sentido negativo
 - 1m/s en sentido positivo

GUIA DE LABORATORIO



Universidad
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Colisiones Elásticas e Inelásticas

Resumen

Por medio de una aplicación móvil de realidad aumentada (RA), se comprobarán los conceptos y el modelado matemático de una colisión elástica e inelástica.

I. Objetivos

1. Evidenciar como en una colisión elástica se conserva tanto el momento lineal como la energía cinética.
2. Comprobar la pérdida de energía cinética durante una colisión perfectamente inelástica.
3. Explorar el comportamiento de una colisión cuando se varia el valor de las condiciones iniciales a través de la herramienta de RA.

II. Marco Teórico

En esta práctica consideraremos un sistema que consta de dos esferas, de masa m_1 y m_2 respectivamente, además de una rampa. La primera esfera se encuentra en la parte de superior de dicha rampa como se muestra en la figura 1, mientras que la segunda esfera se encuentra en la parte inferior (parte plana).

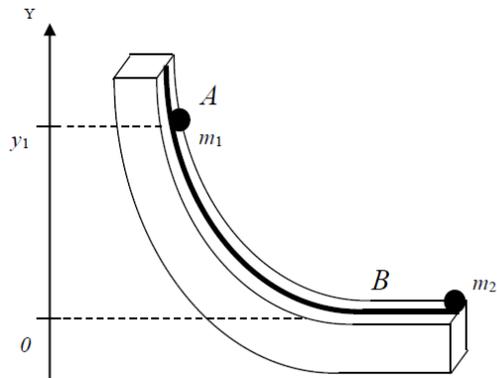


Figura 1

Consideremos que la energía potencial de la esfera 2 es cero, pues se encuentra a una altura cero. Mientras que la esfera 1 que se encuentra en el punto A tiene una energía potencial dada por su altura y_1 . Mientras la esfera 1 se desliza sobre la rampa transforma su energía potencial en cinética hasta que su altura es cero en el punto B. Esto se ve expresado en la siguiente fórmula:

$$m_1 g y_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \quad (1)$$

$$v_1 = \sqrt{2gy_1} \quad (1.1)$$

Ecuaciones para Colisión Elástica

La conservación de la energía cinética en la colisión elástica se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{2} m_1 v_{i1}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{f1}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{f2}^2 \quad (2)$$

Donde V_i significa velocidad inicial (antes del choque) y V_f velocidad final (después del choque). La ecuación 2 se puede reorganizar como:

$$m_1 (v_{i1} - v_{f1})(v_{i1} + v_{f1}) = m_2 v_{f2} \quad (3)$$

Además de la conservación de la energía cinética también se conserva el momento lineal, por lo cual tenemos la ecuación:

$$m_1 v_{i1} = m_1 v_{f1} + m_2 v_{f2} \quad (4)$$

Al factorizar la ecuación 4 tenemos:

$$m_1 (v_{i1} - v_{f1}) = m_2 v_{f2} \quad (5)$$

Al reemplazar la ecuación 5 en la 3, se obtiene la relación de velocidades:

$$v_{f2} = v_{i1} + v_{f1} \quad (6)$$

De esta manera, usando las ecuaciones 6 y 4 se llegan a las ecuaciones finales de las esferas:

$$vf_1 = vi_1 \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) \quad (7)$$

$$vf_2 = vi_1 \left(\frac{2 m_1}{m_1 + m_2} \right) \quad (8)$$

Por último, las velocidades finales se encuentran dadas en términos de las masas y la velocidad inicial de la esfera 1, esta se puede encontrar con la ecuación 1.1.

Ecuaciones para Colisión Inelástica:

A diferencia de la anterior, la colisión inelástica solo conserva el momento lineal. Adicionalmente los cuerpos quedan fusionados después del choque.

La conservación del momento se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$m_1 vi = (m_1 + m_2)vf \quad (9)$$

La ecuación 9 se puede reorganizar como:

$$vf = \frac{m_1}{m_1 + m_2} vi \quad (10)$$

Ahora la velocidad final del cuerpo conjunto se encuentra en términos de las masas, pues usando la ecuación 1 se obtiene la velocidad inicial.

Lo anterior se desarrolló con base en un sistema mecánico conservativo, donde no se toman en cuenta fuerzas como la fricción la cual va disipando la energía del sistema. Adicionalmente cada cuerpo se tomó como una masa puntual

III. Procedimiento

1. Abra el aplicativo instalado en su Tablet y ubique el código QR que se servirá para el desarrollo de la práctica.
Es importante que ubique donde se encuentran los datos de masa, velocidad, etc. Pues estos serán los que servirán para el desarrollo de la práctica. Sin embargo, la herramienta cuenta con una breve ayuda para ubicar estos campos y explicar su funcionamiento.
2. Varié la altura y_1 de la masa azul entre los rangos permitidos por la aplicación asegurándose que se encuentre en el modo de colisión elástica y anótelos en la siguiente tabla¹⁷. También compare los valores con las velocidades arrojadas por la herramienta justo antes del choque. A continuación, calcule la velocidad con la que se llevaría a cabo el choque con ayuda de la ecuación 1 (v_{1i}).

y_1	V_{1i}	V_{1i}'

¹⁷ Anote en V_{1i} el valor arrojado por la herramienta y en V_{1i}' el valor calculado con la formula.

3. Usando las ecuaciones 7 y 8 calcule las velocidades finales para cada una de las esferas en las alturas anotadas en el punto anterior. Escriba también los valores arrojados por la herramienta.

v_{f1}	v_{f2}	$v_{f1'}$	$v_{f2'}$

4. Ahora ubique la esfera 1 a una altura de 3cm. Dejando la masa 2 en 1Kg varíe la masa 1 de modo que esta sea mayor. ¿Qué sucede cuando la masa 1 es mayor que la 2? ¿Hacia dónde sale dirigido el movimiento? Realice el procedimiento para 2 valores distintos.

m_1	v_{f1}	v_{f2}	$v_{f1'}$	$v_{f2'}$

5. A continuación, invierta los papeles, deje la masa 1 en 1Kg y varíe la masa 2 para que sea mayor. ¿Qué sucede ahora? ¿Cómo puede explicar este comportamiento? Anote los valores con 2 masas distintas

m_2	v_{f1}	v_{f2}	$v_{f1'}$	$v_{f2'}$

6. Para finalizar repita los pasos 3, 4 y 5 para el caso de la colisión inelástica. ¿Cuáles fueron las diferencias más notorias entre ambos tipos de colisión? ¿Por qué considera que se genera una pérdida de energía en esta última?

7. Un porcentaje de error es una medida para hallar la diferencia del valor medido de una magnitud física respecto al valor real de dicha magnitud. En general este error es ineludible y depende de las técnicas y tecnologías usadas para realizar la medición.

El porcentaje de error se puede calcular con la siguiente formula

$$E\% = \frac{\text{Teorico} - \text{Experimental}}{\text{Teorico}}$$

Tome el punto 3 y calcule los porcentajes de error para cada una de las medidas. ¿Por qué considera usted que los valores teóricos y experimentales difieren? ¿Considera usted que el error sería mayor en caso de realizar el experimento en un laboratorio y no mediante una aplicación? Explique.

8. Discuta con sus compañeros sobre el uso de la aplicación. ¿Considera que este tipo de herramientas ayudan a realizar mejor estos experimentos? ¿Encontró fácil el manejo de la tecnología? ¿Cuáles fueron las mayores dificultades que encontró al usarla? ¿Le gustaría realizar más practicas así?

ANEXO G

CUESTIONARIO DE SATISFACCION Y GRAFICAS DE RESULTADOS

GUIA DE CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

Guía para cuestionarios de satisfacción del uso de la herramienta FISIONAR

Objetivo CS: Conocer la satisfacción de las necesidades y exigencias de los usuarios de la herramienta FISIONAR, con el fin de determinar la calidad del producto y los aspectos que se deben mejorar para garantizar una buena experiencia de usuario.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el realizador del cuestionario:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la actividad, él por qué han sido seleccionados e invitados y por qué son importantes para el estudio.
2. Informar a los participantes sobre la importancia de los cuestionarios de satisfacción en el desarrollo de productos software.
3. Aclarar la confidencialidad de la información que será recolectada a través de la actividad, así mismo como las opiniones y comentarios, los mismos que no deben ser divulgados una vez finalice la actividad.
4. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
 - e) Todas las ideas y respuestas son válidas.
 - f) No hay respuestas malas ni buenas.

PLAN DE TRABAJO (40 min.) Pasos a seguir por el realizador del cuestionario:

1. Introducir los conceptos de Realidad Aumentada, Interfaces Naturales y Aplicación software a los participantes.
2. Proporcionar a cada uno de los participantes de los elementos necesarios para realizar pruebas sobre la aplicación.
3. Entregar los cuestionaros a cada participante.

PRELIMINARES

El siguiente cuestionario es realizado siguiendo los lineamientos establecidos por la metodología Scrum y hace parte de la sección de pruebas en el trabajo de investigación “*Herramienta didáctica para el aprendizaje de sistemas físicos mecánicos usando Realidad Aumentada e Interfaces Naturales de Usuario*”. Antes de realizar el cuestionario es importante tener en cuenta los siguientes conceptos:

Realidad Aumentada: Podemos definir la realidad aumentada como un entorno que mezcla un entorno real agregándole un componente virtual, de esta manera la realidad aumentada proyecta objetos virtuales mediante cámaras o cualquier componente tecnológico que permita la visualizar tanto objetos reales como virtuales.

Interfaz Natural de Usuario: Es un método de comunicación en el cual una persona interactúa con una máquina, dispositivo, aplicación, etc. Buscando generar una interacción que pueda percibirse de forma natural para el ser humano. En ese sentido, el usuario y la aplicación se comunican de una manera que se asemeja a la comunicación humana, siendo una comunicación luida y altamente intuitiva para el usuario.

Cuestionario de Satisfacción

Responda las siguientes preguntas en una escala del 1-3 donde:

1 En desacuerdo - 2 indeciso - 3 De acuerdo

1. El sistema de RA es fácil de usar
2. Me gustaría que el curso de Física se dictara en conjunto con un sistema de AR
3. El sistema de RA es rápido
4. Las interfaces naturales son intuitivas y fáciles de usar
5. La herramienta puede mejorar de manera eficiente mi aprendizaje
6. Los contenidos presentados en la herramienta son fáciles de entender
7. Considero que el sistema de interacción mediante interfaces naturales es mejor y más rápido que la interacción táctil
8. Este tipo de herramientas llaman mi atención
9. Me siento cómodo interactuando con el contenido RA mediante el sistema Leap
10. Considero que este tipo de herramientas se pueden aprovechar en otras áreas del conocimiento

GRAFICAS DE RESULTADOS

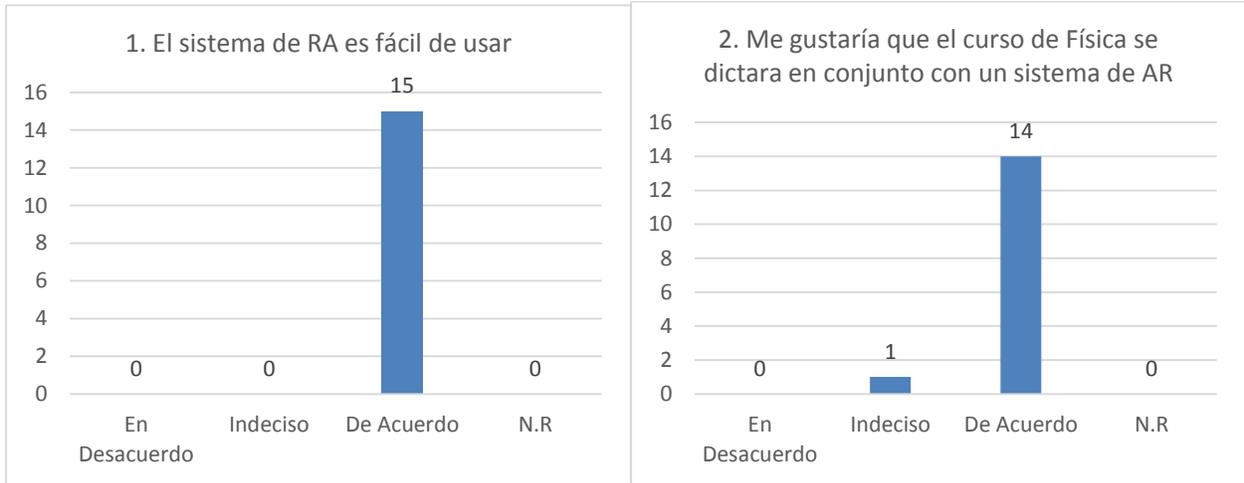


Figura 68 Preguntas encuesta satisfacción 1 y 2

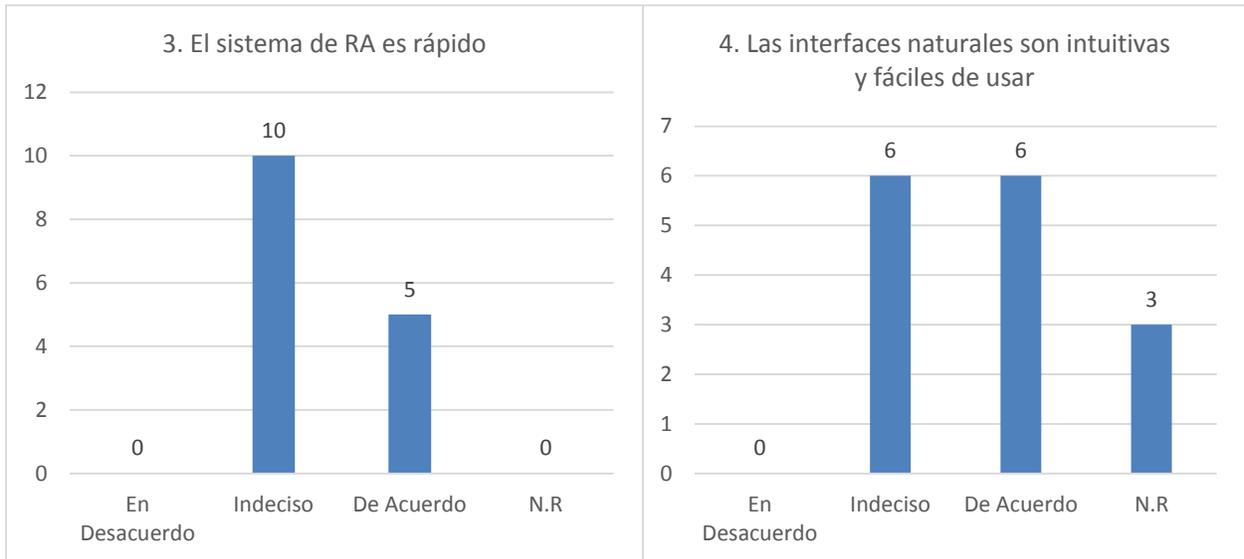


Figura 69 Preguntas encuesta satisfacción 3 y 4

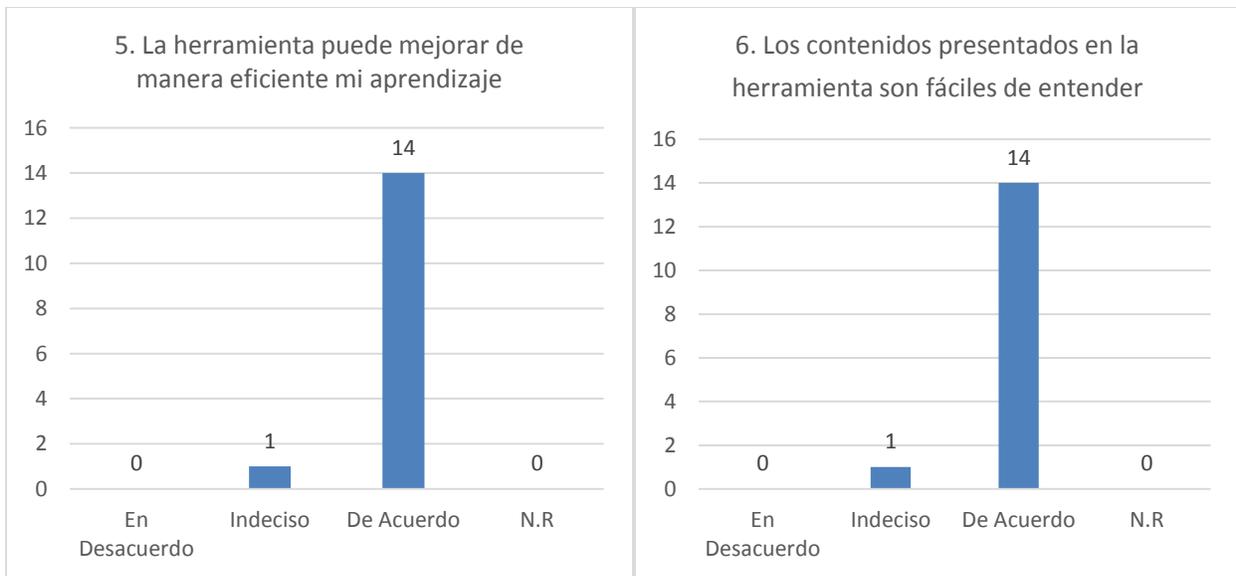


Figura 70 Preguntas encuesta satisfacción 5 y 6

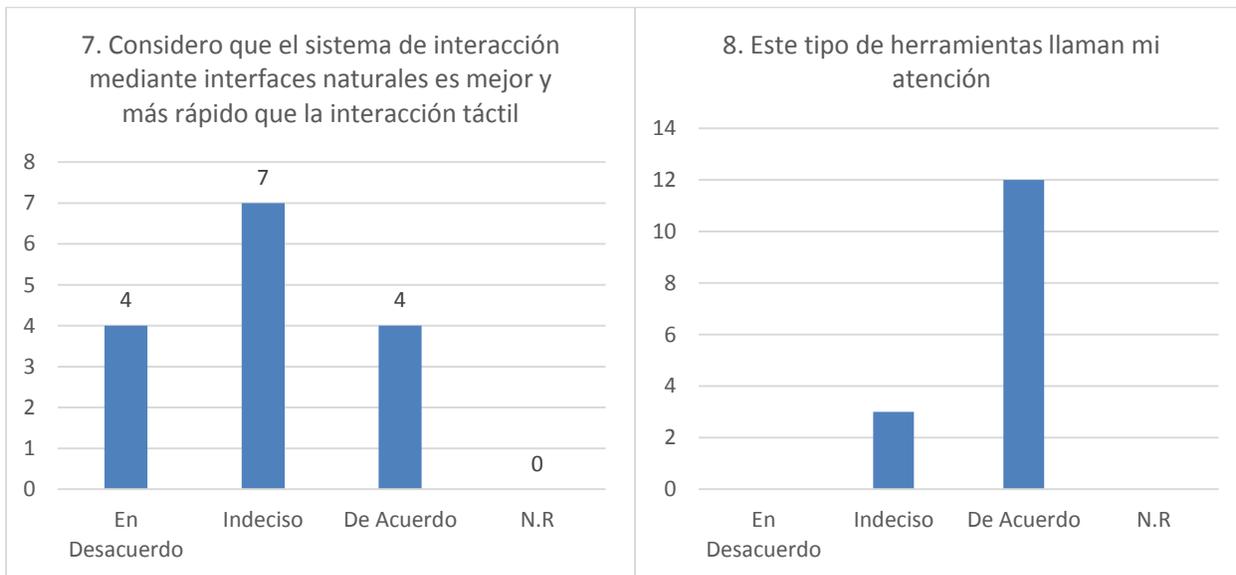


Figura 71 Preguntas encuesta satisfacción 7 y 8

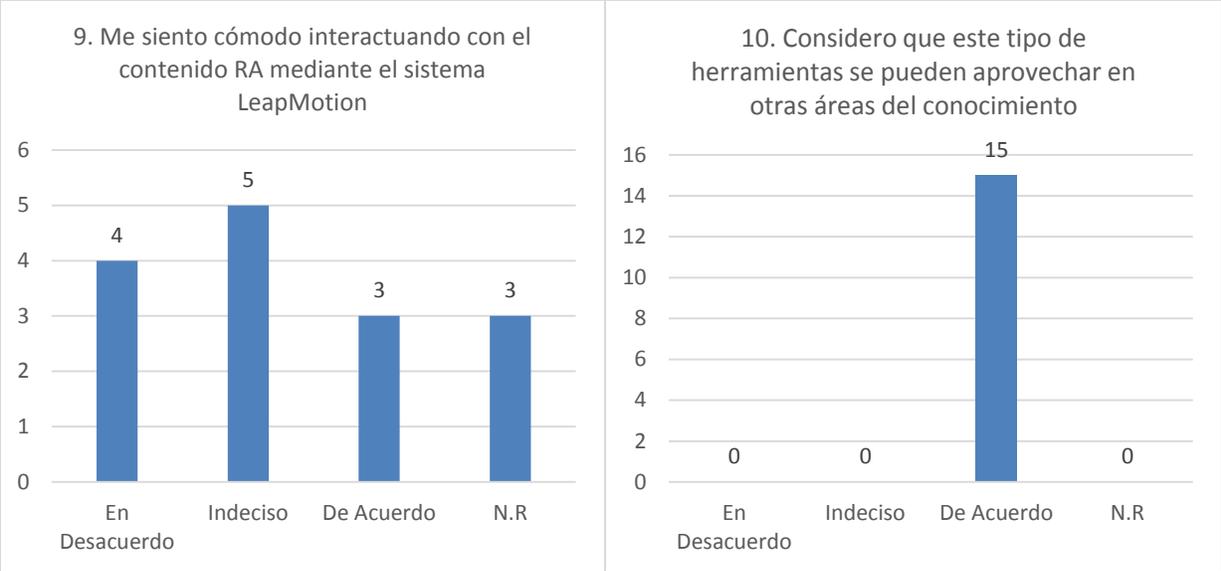


Figura 72 Preguntas encuesta satisfacción 9 y 10