



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Unidad de Posgrado

**Modelo de realidad aumentada que considere
características cognitivas para aprendizaje de niños en
edad escolar**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería de
Sistemas e Informática

AUTOR

Raúl Marcelo LOZADA YÁNEZ

ASESOR

Dra. Nora Bertha LA SERNA PALOMINO

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Lozada, R. (2023). *Modelo de realidad aumentada que considere características cognitivas para aprendizaje de niños en edad escolar*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Raúl Marcelo Lozada Yánez
Tipo de documento de identidad	Cédula de identidad
Número de documento de identidad	ECU / 060304716-8
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9245-0858
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Nora Bertha La Serna Palomino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	PER / 07665297
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4292-344X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Cayo Víctor León Fernández
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	PER / 07001405
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Washington Gilberto Luna Encalada
Tipo de documento	Cédula de identidad
Número de documento de identidad	ECU / 060227467-2
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Gloria Maritza Valencia Vivas
Tipo de documento	Cédula de identidad
Número de documento de identidad	ECU / 120432790-0
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.056445 Longitud: -77.085994 País: Ecuador

	Provincia: Chimborazo Ciudad: Riobamba Latitud: -1.6579361, Longitud: -78.6763423.
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018 – 2023
URL de disciplinas OCDE	Informática y Ciencias de la Información https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.02.00 Ciencias de la Computación https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
Vicedecanato de Investigación y Posgrado
Unidad de Posgrado

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

A los diecisiete (17) días del mes de noviembre de 2023, siendo las 8:00 pm., se reunieron en el Auditorio, Profesor: Alfredo Celso Alva Bravo, el Jurado de Tesis conformado por los siguientes docentes:

Dr. Cayo Víctor León Fernández (Presidente)
Dr. Washington Gilberto Luna Encalada (Miembro)
Dra. Gloria Maritza Valencia Vivas (Miembro)
Dra. Nora Bertha La Serna Palomino (Miembro Asesor)

Se inició la Sustentación invitando al candidato a Doctor **RAÚL MARCELO LOZADA YÁNEZ**, para que realice la exposición oral de la tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería de Sistemas e Informática, siendo la Tesis intitulada:

“MODELO DE REALIDAD AUMENTADA QUE CONSIDERE CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS PARA APRENDIZAJE DE NIÑOS EN EDAD ESCOLAR”

Concluida la exposición, los miembros del Jurado de Tesis procedieron a formular sus preguntas que fueron absueltas por el graduando; acto seguido se procedió a la evaluación correspondiente, habiendo obtenido la siguiente calificación:

..... DIECINUEVE (19) EXCELENTE

Por tanto, el presidente del Jurado, de acuerdo con el Reglamento General de Estudios de Posgrado, otorga al Magíster **RAÚL MARCELO LOZADA YÁNEZ** el Grado Académico de Doctor en Ingeniería de Sistemas e Informática.

Siendo las ^{22:05}..... horas, el presidente del Jurado de Tesis, da por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis.

Dr. Cayo Víctor León Fernández
(Presidente)

Dr. Washington Gilberto Luna Encalada
(Miembro)

Dra. Gloria Maritza Valencia Vivas
(Miembro)

Dra. Nora Bertha La Serna Palomino
(Miembro Asesor)



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Nora Bertha La Serna Palomino en mi condición de asesor acreditado con Dictamen N° 0257-UPG-FISI-2018 de la tesis de doctorado, cuyo título es ***“MODELO DE REALIDAD AUMENTADA QUE CONSIDERE CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS PARA APRENDIZAJE DE NIÑOS EN EDAD ESCOLAR”*** presentado por el egresado ***Raúl Marcelo Lozada Yáñez*** para optar el grado de Doctor en Ingeniería de Sistemas e Informática.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 18% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor _____

DNI: 07665297

Nora Bertha La Serna Palomino



AGRADECIMIENTO

Antes que nada, gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a toda mi familia porque sé que procuran mi bienestar y está claro que si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, sobre todo de mis padres Teresa y Eduardo, el alcanzar mis metas personales y profesionales no sería posible.

A Alicia del Rocío, Sarah Estefanía, Luis Fernando y Marcelo Joaquín por ser quienes comparten su vida conmigo, gracias sobre todo porque a su lado las cosas malas se convierten en buenas, la tristeza se transforma en alegría y la soledad no existe.

De igual manera mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, decana de América y a todos y cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos en las aulas de clase, en especial a quienes han dirigido este estudio, Ing. Nora Bertha La Serna Palomino PhD. e Ing. Luis Rivera Escriba PdD. por su acertado acompañamiento y guía durante todas las fases de la investigación. Finalmente, no quiero olvidar agradecer a mis compañeros de estudio por los buenos momentos compartidos y el apoyo brindado para la consecución de esta meta.

Raúl.

DEDICATORIA

Dedico este éxito académico a mi familia por ser mi sostén e inspiración en mis esfuerzos de superación personal y profesional, además de la razón y el motor de mi vida.

Raúl.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Aumentada e Interfaces de Usuario Natural para el aprendizaje de niños 6	
1.2. Situación Problemática	9
1.3. Formulación del Problema.....	11
1.3.1. Problema general.....	11
1.3.2. Problemas Específicos	11
1.4. Justificación Teórica.....	12
1.5. Justificación Práctica	14
1.6. Objetivos	16
1.6.1. Objetivo general	16
1.6.2. Objetivos específicos	16
1.7. Hipótesis.....	17
1.7.1. Hipótesis General	17
1.7.2. Hipótesis Específicas	17
1.8. Organización de la Tesis	17

1.9.	Matriz de Consistencia.....	19
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....		20
2.1.	Realidades Híbridas	20
2.2.	La Realidad Aumentada (AR).....	21
2.2.1.	Beneficios y limitaciones educativos de la Realidad Aumentada	24
2.2.2.	Clasificación de la Realidad Aumentada	26
2.2.3.	Hardware y Software para Realidad Aumentada	30
2.2.4.	Aplicaciones de la Realidad Aumentada	33
2.3.	Interacción Gestual	35
2.3.1.	Interacción táctil	37
2.3.2.	Interacción manual.....	38
2.3.3.	Interacción a dos manos.....	40
2.3.4.	Interacción de usuario natural e interacción gráfica del usuario	42
2.3.5.	Modelo de interfaz de usuario natural	43
2.3.6.	Interacción de cuerpo completo	44
2.4.	Fundamentación Científica	46
2.4.1.	Fundamentación Filosófica	46
2.4.2.	Fundamentación Pedagógica.....	46
2.4.3.	Fundamentación Psicológica.....	47
2.5.	Antecedentes de investigación	47
2.6.	Análisis de los componentes y teorías de enseñanza y aprendizaje seleccionados para el Modelo.	54
2.6.1.	Realidad Aumentada en educación.....	54
2.6.2.	Psicología del Desarrollo Humano.....	56
2.6.3.	Principios básicos y orientaciones desde el Constructivismo y el Socio constructivismo	66

CAPITULO 3: METODOLOGÍA.....	73
3.1. Desarrollo metodológico.....	73
3.1.1. Tipo y diseño de investigación.....	73
3.1.2. Tipo y Alcance	75
3.1.3. La población y la muestra	76
3.1.4. Métodos y técnicas	77
CAPITULO 4: MODELO DE APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA CON INTERFAZ GESTUAL PARA NIÑOS (MARAGIC)	80
4.1. Introducción.....	80
4.2. Modelo de Realidad Aumentada que Considera las Características Cognitivas Para Aprendizaje De Niños En Edad Escolar.....	82
4.2.1. Descripción de las capas del modelo MARAGIC:.....	90
CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	94
5.1. Introducción.....	94
5.2. Encuesta de Validación del Modelo MARAGIC	94
5.2.1. Objetivo de la validación	95
5.2.2. Descripción de los profesionales que han conformado la muestra.....	95
5.2.3. Resultados de la encuesta aplicada.....	95
5.3. Kinect y Realidad Aumentada (KARMLS), Azure-Kinect y Realidad Aumentada (SAM-RAK) - Dos Estudios de Caso.....	109
5.3.1. Consideraciones de diseño	110
5.3.2. Herramientas de desarrollo	111
5.3.3. Interacción Humano-computador.....	114
5.3.4. Las Actividades de KARMLS y SAM-RAK.....	116
5.3.5. Aplicación de MARAGIC en KARMLS y SAM-RAK	120
5.4. Estudios de caso.....	123

5.4.1. Caso 1: KARMLS	123
5.4.2. Caso 2: SAM-RAK.....	131
5.5. Pruebas de hipótesis.....	141
CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	151
6.1. Conclusiones	151
6.2. Trabajos futuros.....	155
6.3. Publicaciones científicas derivadas del estudio.....	156
6.3.1. Revistas indexadas en Scopus	156
6.3.2. Conferencias.....	156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
6.4. ANEXOS.....	188
ANEXO A - Encuesta de Validación del Modelo KARMLS	188
ANEXO B - Producción de Artículos Científicos	194
ANEXO C – Glosario de Términos de las tecnologías y teorías educativas empleadas	198

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Entorno Virtual Automático a Modo de Cueva CAVE2	21
Figura 2: Representación del reality-virtuality continuum	23
Figura 3: Realidad Aumentada según el método de representación.....	26
Figura 4: Realidad Aumentada según el tipo de dispositivo que emplea	27
Figura 5: Realidad Aumentada según la información aumentada.....	28
Figura 6: Realidad Aumentada según el campo de uso	29
Figura 7: Línea de tiempo aproximada sobre los primeros trabajos con Reconocimiento de Gestos	36
Figura 8: MS Kinect (v1) y MS Azure	37
Figura 9: Menú Kinect Sports	37
Figura 10: Kinect Sports – Bowling	37
Figura 11: Utilización de Jumpido con MS Kinect	38
Figura 12: Los miembros de un grupo forman una cadena de manos para salir de CollabDraw	40
Figura 13: Instantánea de The Gunstringer	41
Figura 14: Portada de Child of Eden	41
Figura 15: Kinect2Scratch.....	45
Figura 16: Programa MMD.....	45
Figura 17: Hololens e Interfaz de usuario para Facultades e Institutos de medicina. 50	
Figura 18: Prototipo para participantes diestros; Participante realizando un gesto.	51
Figura 19: Interfaz de Geogebra AR.....	54
Figura 20: Utilización de la Realidad Aumentada - Predicción por años.....	55
Figura 21: Diferencias históricas entre las concepciones de Piaget y Vigotsky	63
Figura 22: Bases teórico-conceptuales de la Psicología Social del Desarrollo Cognitivo	64
Figura 23: Actores del proceso de aprendizaje, sus Roles y el aporte de las tecnologías empleadas	84
Figura 24: El Modelo de Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz Gestual para Niños (MARAGIC).....	89
Figura 25: Profesión de los encuestados	96

Figura 26: Niveles de formación de las personas encuestadas.....	96
Figura 27: Área de especialización de los encuestados	97
Figura 28: Percepción del uso de tecnología educativa en el aprendizaje	98
Figura 29: Aspectos importantes de MARAGIC para los estudiantes	98
Figura 30: Realidad Aumentada e interacción con RED	99
Figura 31: Importancia de la consideración de capacidades cognitivas del estudiante	99
Figura 32: Dispositivos de reconocimiento de gestos e interacción con RED.....	100
Figura 33: MARAGIC en el interés de los estudiantes.....	100
Figura 34: MARAGIC y la comprensión de conceptos	101
Figura 35: Aspectos individuales que el uso de MARAGIC fomenta en los estudiantes	102
Figura 36: MARAGIC y las necesidades individuales de los estudiantes.....	102
Figura 37: Habilidades cognitivas que se fomentan con MARAGIC	103
Figura 38:Habilidades digitales mejoradas con MARAGIC.....	104
Figura 39: MARAGIC en la colaboración y trabajo en equipo.....	105
Figura 40: MARAGIC y formación docente para su implementación	105
Figura 41: MARAGIC y su adaptación a diferentes estilos de aprendizaje	106
Figura 42: Efectividad del uso de MARAGIC y Realidad Aumentada.....	107
Figura 43: Tecnologías empleadas en el desarrollo de KARMLS y SAM-RAK.....	114
Figura 44: Metáfora de interacción de PathSync.....	115
Figura 45: Interacción natural basada en MS-Kinect	115
Figura 46: Pantallas de KARMLS	117
Figura 47: Pantallas de SAM-RAK	119
Figura 48: Distribución t-student con los datos obtenidos en el análisis.....	130
Figura 49: Distancia recomendada para el uso de Azure-Kinect V2.....	134
Figura 50: Encuesta SUS - Pregunta 1.....	144
Figura 51: Encuesta SUS - Pregunta 2.....	145
Figura 52: Encuesta SUS - Pregunta 3.....	145
Figura 53: Encuesta SUS - Pregunta 4.....	146
Figura 54: Encuesta SUS - Pregunta 5.....	146
Figura 55: Encuesta SUS - Pregunta 6.....	147

Figura 56: Encuesta SUS - Pregunta 7.....	147
Figura 57: Encuesta SUS - Pregunta 8.....	148
Figura 58: Encuesta SUS - Pregunta 9.....	148
Figura 59: Encuesta SUS - Pregunta 10.....	149

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de consistencia	19
Tabla 2: Beneficios educativos de la Realidad Aumentada	24
Tabla 3: Limitaciones educativas de la Realidad Aumentada.....	25
Tabla 4: Muestra del caso de estudio N° 01	77
Tabla 5: Muestra del caso de estudio N° 02.....	77
Tabla 6: Años de experiencia de los encuestados.....	97
Tabla 7: Sugerencia y/o recomendaciones para el modelo MARAGIC	109
Tabla 8: Comparación de características de las herramientas disponibles para el desarrollo con MS-Kinect	112
Tabla 9: Diseño experimental ejecutado	126
Tabla 10: Calificaciones obtenidas en el pre test y en el post test (variable Rendimiento)	127
Tabla 11: Resultados de la prueba t-student para muestras relacionadas	129
Tabla 12: Diseño experimental ejecutado en el estudio de caso SAM-RAK.....	134
Tabla 13: Calificaciones obtenidas en pre-test / post-test.....	138
Tabla 14: Prueba Shapiro Wilk para verificar normalidad	139
Tabla 15: Resultados de la prueba t-student para muestras relacionadas	140
Tabla 16: Resultados de la aplicación de la encuesta SUS	143

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se desarrolla en el contexto de la Realidad Aumentada (RA) e interacción gestual en el ámbito educativo, donde se observa una latente falta de investigaciones que orienten el adecuado diseño y desarrollo de este tipo de herramientas tecnológicas educativas para facilitar los procesos de aprendizaje de los estudiantes utilizando estos recursos. Por consiguiente, en esta tesis se ha desarrollado el modelo de Realidad Aumentada denominado “Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC)”, que considera las características cognitivas de niños en edad escolar, su validación y aplicación en el diseño y desarrollo de dos Recursos Educativos Digitales (RED) que se emplean como herramientas de apoyo en dos casos de estudio donde participan estudiantes que asisten al 3° grado de Educación General Básica (EGB) en la ciudad de Riobamba – Ecuador. El trabajo pretende ser un aporte que oriente el adecuado diseño y desarrollo de este tipo de herramientas tecnológicas educativas. Como método de estudio se utiliza un enfoque de investigación cualitativa en el que la recolección de datos se realiza mediante la aplicación de una encuesta con elementos de referencia a la percepción tanto a los niños participantes del estudio como a un grupo de docentes de nivel medio y superior frente a la utilización de los recursos basados en MARAGIC. Se realiza además un análisis cuantitativo que permite comparar el rendimiento académico de los estudiantes antes y después de usar dichos recursos para los dos casos de estudio ejecutados. Los resultados señalan que los docentes encuestados perciben al modelo desarrollado como una oportunidad para mejorar los procesos de aprendizaje y que, la utilización de los recursos educativos desarrollados siguiendo las orientaciones del modelo MARAGIC mejora significativamente el rendimiento académico de los estudiantes participantes del estudio en sus clases de matemática. La aplicación de este tipo de recurso facilita los procesos de aprendizaje de los niños, mismos que se muestran motivados y participan activamente en las actividades propuestas en los recursos educativos diseñados a partir del modelo.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, Tecnología Educativa, Interacción Gestual, Cognición.

ABSTRACT

This thesis work is developed in the context of Augmented Reality (AR) and gestural interaction in the educational field, where a latent lack of research is observed that guides the adequate design and development of this type of educational technological tools to facilitate the student learning processes using these resources. Consequently, in this thesis the Augmented Reality model called “Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC)” has been developed, which considers the cognitive characteristics of school-age children, its validation and application in the design and development of two Digital Educational Resources (RED) that are used as support tools in two case studies involving students attending the 3rd grade of Basic General Education (EGB) in the city of Riobamba – Ecuador. The work aims to be a contribution that guides the appropriate design and development of this type of educational technological tools. As a study method, a qualitative research approach is used in which data collection is carried out by applying a survey with elements of reference to the perception of both the children participating in the study and a group of middle-level teachers and superior compared to the use of resources based on MARAGIC. A quantitative analysis is also carried out that allows to compare the academic performance of the students before and after using these resources for the two case studies carried out. The results indicate that the teachers surveyed perceive the developed model as an opportunity to improve learning processes and that the use of educational resources developed following the guidelines of the MARAGIC model significantly improves the academic performance of the students participating in the study in their classes. of mathematics. The application of this type of resource facilitates the learning processes of the children, who are motivated and actively participate in the activities proposed in the educational resources designed from the model.

Keywords: Augmented reality, Educative technology, Gestural interaction, Cognition.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

La concepción actual de aprendizaje formal (denominada también construcción del conocimiento) tiene su origen en el paradigma educativo del constructivismo y del socio constructivismo, dado que “el aprendizaje supone un carácter social determinado y un proceso por el cual los estudiantes inician su desarrollo intelectual a través de aquellos que les rodean” (Morales-Maure et al., 2018), además de basarse en las intervenciones orientadoras de los docentes y la participación activa de los estudiantes” (Candela, 1995). La participación de los estudiantes en las actividades escolares propuestas por el docente. favorece y facilita el anhelado aprendizaje significativo, sea cual sea la dimensión del estudiante que se desee fortalecer (cognitiva, psicomotriz o afectiva). La actuación activa del estudiante contribuye en gran medida al desarrollo y fortalecimiento de su pensamiento crítico, habilidad importante en la resolución de problemas, como se sugiere en (Flores, 2015), citado en (Aguilera, 2020).

Bajo el modelo constructivista, el logro de los aprendizajes requiere si o si de la participación del aprendiz. La no participación o la participación limitada de este importante actor del proceso educativo en su proceso de aprendizaje no ayuda en el proceso de adquisición de sus habilidades. Por lo dicho, el uso de metodologías que inciten la participación de los estudiantes en las actividades formativas propuestas por los docentes en cualquier nivel de formación, haciendo que estas sean participativas, motivantes, hará que los estudiantes adopten un nuevo rol frente a su formación académica y se transformen en “agentes activos en el proceso de aprendizaje en lugar de receptores pasivos del producto de cualquier conocimiento cierto” (Loor-Salmon et al., 2018). Con este cambio de roles tanto en discentes como en docentes, se consigue que la relación entre los conocimientos y el estudiante sea efectivamente mediada por el docente y por las herramientas didácticas, pedagógicas y tecnológicas que se empleen en el aula o fuera de ella, sin olvidar el indispensable proceso de interacción docente-estudiante, estudiante-estudiante y docente-docente que permite que éstos, a más de difundir material referente a los contenidos de interés de una

asignatura, compartan sus saberes previos, expectativas, experiencias, influenciadas por el contexto cultural y temporal en el cual se desenvuelven y en que se desarrolla el proceso de aprendizaje (Lozada-Yáñez et al., 2019).

La investigación presentada, utiliza Realidad Aumentada (RA) e Interacción de Usuario Natural (NUI), tecnologías que han demostrado ser beneficiosas en procesos educativos (Nováková et al., 2021) (Zammit, 2018), para proponer un modelo para el diseño y desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para niños. La Realidad Aumentada es una tecnología enmarcada dentro de los denominados Entornos Virtuales (VE), o de la Realidad Mixta (MR), como se la conoce comúnmente. Como se señala en Microsoft (2022), la realidad mixta es una mezcla de universos físicos y digitales, que permite interacciones naturales e intuitivas en entornos 3D entre personas, dispositivos electrónicos y el entorno. La tecnología de RA permite que el usuario vea el mundo real, con objetos virtuales superpuestos sobre la imagen del mundo real. RA suplementa la realidad, en lugar de reemplazarla totalmente (Azuma, 1997), citado en (Skarbez et al., 2021).

Los sistemas de Realidad Aumentada generan una visión que combina la escena real capturada por una cámara de video con objetos virtuales generados por un computador, dicha combinación presenta un nuevo entorno mixto que se ha “enriquecido” con la información adicional. La capacidad de combinar información real y virtual que se registra, en ese caso, en tres dimensiones (3D) y soporta interacciones en tiempo real, son los aspectos que caracterizan a este tipo de sistema (Azuma, 1997). Un sistema de RA necesita un dispositivo que se encargue de recoger información en vivo del mundo real, un dispositivo capaz de crear imágenes sintéticas, y de procesar las imágenes reales añadiendo esta información (procesador + software), y un medio para proyectar la imagen final.

La información “aumentada” que percibe un usuario de aplicaciones basadas en RA, mejora el desempeño de la persona en su percepción del mundo y en la interacción con el mismo. De manera ideal, este usuario debe interactuar naturalmente con los objetos virtuales y reales, que constituyen su entorno “aumentado”. Uno de los objetivos de las aplicaciones de Realidad Aumentada es contar con un sistema en el cual el usuario

no sea capaz de diferenciar entre los aspectos del sistema que son reales y los que corresponden a la “aumentación” de la realidad.

A pesar de que el mundo físico es tridimensional, la mayoría de los recursos digitales que en la actualidad se emplean como apoyo en procesos académicos utilizan medios de dos dimensiones, como ejemplo de ello tenemos a los libros electrónicos, recursos que se basan en la presentación de texto y contenido multimedia mediante dispositivos de visualización (pantalla o proyector). La combinación de la tecnología de Realidad Aumentada con los contenidos educativos permite presentar la información mediante aplicaciones automatizadas que hacen posible mejorar la efectividad para aprender en escenarios aumentados que evoquen el entorno del usuario, entornos en el que este ha interactuado naturalmente desde siempre. La utilización de este tipo de tecnología, hace que el usuario se sienta inmerso en un mundo mixto en el que, objetos virtuales generados por un computador son sobrepuestos en imágenes del mundo real capturadas en vivo por una video cámara, logrando un entorno en el que se combinan el mundo físico y el virtual, con el control continuo e implícito del punto de vista y la interactividad por parte del usuario (Kesim & Ozarslan, 2012), citado en (Hincapie et al., 2021). Por otra parte, los avances en las tecnologías de Visión por Computadora (CV) hacen que, en nuestros días las aplicaciones informáticas basadas en estas tecnologías puedan reconocer los gestos de la mano (u otras partes del cuerpo) de una persona a partir de imágenes capturadas en vivo, permitiendo así interacciones naturales e intuitivas entre el ser humano y las aplicaciones informáticas (M.-T. Yang & Chiu, 2014), citado en (Binti Azizo et al., 2022). La madurez de estas dos tecnologías hace que su combinación de la inmersión provista por la Realidad Aumentada y la interacción natural basada en sensores y en la Visión por Computador se muestre prometedora para aplicaciones educativas.

Según se indica en Reddy (2021), la Realidad Aumentada ha madurado hasta el punto en que puede ser aplicada en una amplia gama de campos del quehacer humano, siendo la educación un campo donde esta tecnología podría ser especialmente valiosa, sobre todo si se considera que las experiencias educativas desarrolladas en base a RA se diferencian de otro tipo de experiencias por varias razones, entre las cuales constan: a) soporta la interacción fluida entre los entornos real y virtual, b) Utiliza una interfaz

tangible metafórica para manipular los objetos, c) la posibilidad de realizar una transición sin problemas entre la virtualidad y la realidad. Se debe mencionar también que la tecnología de RA, por sus características (entre las que se encuentran su parecido con los videojuegos y la utilización de interfaces llamativas e innovadoras), incrementa la motivación intrínseca de los usuarios jóvenes y niños por aprender. En definitiva, es de esperar que, tal y como se menciona en Lozada et al., (2018), las capacidades de los sistemas de aprendizaje que empleen Realidad Aumentada pueden hacer que la transmisión de conocimientos sea una actividad más interesante, motivadora, adaptable a todos los estilos de aprendizaje y que esté disponible en nuevos formatos.

No se debe obviar el hecho de que para llegar a la construcción del conocimiento, es necesario replantear y reorganizar las actividades didácticas tomando en cuenta el contexto en el que serán aplicadas y los usuarios a los que están dirigidas, y que a pesar de la efectividad demostrada por la tecnología de RA, la coexistencia de objetos virtuales y reales en un mismo entorno puede crear confusiones en los usuarios, estas consideraciones deben conducir a la ejecución de un trabajo conjunto en el que equipos multidisciplinares, conformados por profesores, psicólogos, estudiantes e investigadores del área, entre otros actores de los procesos formativos, sumen sus esfuerzos para descubrir la mejor manera de aplicar esta tecnología y sus potenciales beneficios en un ambiente escolar, estos trabajos deben desarrollar metodologías, métodos y modelos que consideren las características específicas de las aplicaciones (en el caso de este estudio, de los juegos educativos) para niños, este hecho es importante puesto que este grupo particular de usuarios presenta diferencias en comparación con los usuarios para quienes generalmente se diseñan los videojuegos comerciales (R. M. Lozada et al., 2018).

Cabe mencionar que, la interacción de los usuarios finales de las aplicaciones de Realidad Aumentada con los objetos físicos y virtuales que se mezclan en el entorno generado no siempre es concebida por dichos usuarios de igual manera en que la concibe el desarrollador del sistema; este hecho causa que la interacción del usuario con las aplicaciones educativas genere cargas cognitivas extrañas que alejan la atención del usuario de la tarea educativa que se debe cumplir (Radu & MacIntyre, 2012), citado en (Law & Heintz, 2021), esto ocurre porque en muchos casos, el usuario

debe prestar más atención al hecho de cómo manipular la interfaz del aplicativo que en la tarea que debe realizar, lo que hace que el recurso digital no cumpla de manera efectiva con su objetivo de facilitar el aprendizaje de alguna asignatura.

Es necesario también analizar los factores que pueden afectar la efectividad educativa de las intervenciones basadas en Realidad Aumentada, este análisis hace posible comprender los beneficios y limitaciones de las experiencias de aprendizaje que emplean esta tecnología. Como ejemplo de esto en Bujak et al. (2013), citado en Lozada-Yáñez et al. (2019), se presenta un marco de trabajo para comprender el aprendizaje con la utilización de RA desde tres perspectivas: a) física “la manipulación física permite interacciones naturales, promoviendo así la creación de representaciones de conceptos educativos”, b) cognitiva “la alineación espacio-temporal de la información a través de experiencias de RA puede ayudar a la comprensión simbólica por parte del estudiante provocando el andamiaje necesario que debe existir entre los conocimientos en el progreso del aprendizaje y, c) contextual “La tecnología RA crea posibilidades para el aprendizaje colaborativo en torno a contenido virtual y entornos no tradicionales, lo que en última instancia facilita experiencias personalmente significativas”. Estos resultados demuestran que la tecnología RA posee un gran potencial para el ámbito educativo, siempre que el diseño de las experiencias educativas basadas en esta tecnología sea adecuado.

En nuestros días, el número de conocimientos culturales y técnicos, teorías, habilidades, modelos y estrategias, aumentan de manera exponencial en cuanto a la vinculación de la psicología humana como una componente que debe ser considerada dentro del proceso de desarrollo de software. Por ejemplo, de manera reciente han comenzado a desarrollarse innovaciones e invenciones para mejorar las capacidades cognitivas e intelectuales además de las propiamente físicas, es por esto por lo que se ha comenzado a gestar una clase de aplicaciones informáticas basadas en interfaces centradas en el usuario y las características particulares de este, para que las aplicaciones funcionen adecuadamente y se adapten a sus capacidades físicas y psicológicas.

Como producto de la investigación planteada, se plantea un modelo denominado Modelo para Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz Gestual para Niños, MARAGIC, por sus siglas en inglés “Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children” (Lozada-Yáñez et al., 2022), que se concibió considerando los principios básicos tanto del Constructivismo como del Socio constructivismo y los roles que se establecen desde estos paradigmas educativos para los actores del proceso educativo como son el estudiante, el docente, el conocimiento y el ambiente en el que se desarrolla el aprendizaje. Cabe mencionar que el modelo propuesto surge como respuesta a la carencia de modelos y metodologías que guíen el adecuado desarrollo de recursos educativos digitales (Objetos de Aprendizaje), basados en tecnología RA e interfaces naturales. Para ello, desde el punto de vista técnico el modelo considera cuatro capas: a) capa de interfaz; b) capa de configuración; c) capa de tiempo de ejecución y d) capa de almacenamiento. Además, desde el punto de vista del niño y su motivación, se consideran importantes aspectos como el compromiso y la inmersión que este tipo especial de usuario presenta frente a la utilización de tecnologías de hardware y software que por su naturaleza, le resultan atractivas y a las cuales se adaptan con facilidad (Lozada-Yáñez et al., 2022). La correcta aplicación del modelo desarrollado guiará a docentes e investigadores educativos en el adecuado desarrollo de Recursos Educativos Digitales (RED's) basados en Realidad Aumentada e Interfaces Naturales de Usuario para niños, que se empleen como herramientas de apoyo en procesos formativos para mejorar y facilitar los procesos de aprendizaje.

1.1. Realidad Aumentada e Interfaces de Usuario Natural para el aprendizaje de niños

Durante décadas ha existido un gran debate sobre la naturaleza de la memoria y en general de la mente del ser humano y sobre la manera en que éste aprende (Caiza et al., 2018). En este sentido, estudios acerca de la adquisición de habilidades cognitivas constituyen un gran reto para los investigadores debido a la complejidad que presenta la diversidad de perspectivas y acercamientos realizados sobre el tema. (Gilar Corbi, 2003), citada en (Aranguren Peraza, 2021) clasifica las habilidades cognitivas en dos tipos:

- Habilidades cognitivas generales: suponen un comportamiento similar a través de los diferentes dominios de conocimiento,
- Habilidades cognitivas de dominio: Se desarrollan en estrecha relación con la adquisición de contenidos específicos o han sido estudiadas dentro de un dominio particular.

El estudio de la adquisición de las habilidades cognitivas según (Gilar Corbi, 2003), se realiza según el esquema clásico en que se distinguen tres fases:

- Fase inicial: Inicia la adquisición de información, la comprensión está situada en un contexto específico, se define una imagen holística de un concepto que se enraíza en la realidad que se experimenta. Hablando en términos instruccionales, debe ocurrir una discusión de la información para que se produzca la comprensión.
- Fase Intermedia: Se forman redes de conocimiento interrelacionado e integrado. Existe una esquematización de imágenes. Se aplican conocimientos adquiridos a nuevas situaciones. Ocurre una generalización y descontextualización del conocimiento. Desde el punto de vista instruccional, se deben usar ejemplos y soluciones analógicas de problemas, es deseable que se genere la auto explicación de los contenidos.
- Fase Final: Se evidencia el aprendizaje significativo cuando existe una aplicación autónoma y correcta de las habilidades adquiridas en nuevos contextos. Luego de esta fase ya no es necesario instruir al sujeto, mismo que realiza una práctica independiente, además de que puede realizar una transferencia del conocimiento.

Algunos de los beneficios que la aplicación de Recursos Educativos Digitales basados en la tecnología de RA presentan frente a los OVA's tradicionales, según (Afnan et al., 2021) son los siguientes:

- Las actividades de aprendizaje basadas en Realidad Aumentada hacen que el proceso de aprendizaje sea más fácil y agradable, en comparación con los métodos de aprendizaje tradicionales.
- Los métodos tradicionales presentan información digital estática, por ello los estudiantes no pueden interactuar con el contenido educativo presentado. Esta

interacción, posible mediante el uso de OVA's basados en RA resulta ser de gran ayuda para los procesos de aprendizaje enfocado.

- La interacción de los estudiantes con los contenidos en tiempo real, que es posible gracias a la tecnología de Realidad Aumentada, incrementa la motivación y emoción de los niños que emplean este tipo de recursos didácticos digitales, esto hace que deseen explorar de forma más profunda y en más de una ocasión los materiales de aprendizaje así presentados.
- Los estudiantes se muestran complacidos con la sesión de aprendizaje basada en RA.
- Los estudiantes no muestran ningún signo de aburrimiento mientras aprenden con la aplicación de los OVA's basados en RA.
- Los estudiantes del que emplean OVA's basados en RA, muestran un mayor nivel de motivación hacia el proceso de aprendizaje en comparación con los estudiantes en otros grupos de aprendizaje tradicional.
- El nivel de confianza y satisfacción de los estudiantes que usaron Realidad Aumentada fue alto, lo que proporcionó mayores logros de aprendizaje en comparación con quienes usaron métodos tradicionales de aprendizaje.

En este sentido y por sus características, la Realidad Aumentada se presenta como una tecnología madura que llega cada vez más a este tipo de usuarios, mostrando potencial para mejorar el aprendizaje.

Por otra parte, el estudio ha generado tres minijuegos para mejorar el rendimiento escolar de los niños participantes del estudio estas aplicaciones educativas se construyeron utilizando un enfoque de diseño de juego formal metódico. Asimismo, se consideró la implementación de una interfaz de usuario natural (NUI), que opera el software a partir de los movimientos corporales de los niños, esto es posible mediante el uso de dispositivos electrónicos (como MS Kinect ó Azure Kinect), que cuentan con sensores de movimientos y cámaras de profundidad. Durante la fase de diseño de los minijuegos se consideraron tanto las habilidades cognitivas de los niños participantes, su motivación, su coordinación mano-ojo, retroalimentación, interactividad y la capacidad de resolución de problemas, mejorando y manteniendo la atención selectiva (Eras Delgado, 2021) y enfocada.

1.2. Situación Problemática

A pesar de lo mencionado, la bibliografía revisada ha develado que existen algunos problemas y desventajas en la aplicación de la tecnología de Realidad Aumentada en el ámbito educativo, dichos problemas se detallan a continuación:

Se ha reportado que los estudiantes experimentaron mayores cargas cognitivas (demanda de atención) cuando utilizaron sistemas basados en RA. Este hecho provoca que el estudiante ignore partes importantes de la experiencia, haciendo que se aleje de la tarea que debe cumplir, haciendo que en muchos casos se sienta incapaz de realizar la tarea propuesta de manera adecuada (Radu, 2012), citado en (Yu et al., 2022).

En cuanto a la interacción provista por las interfaces de usuario natural, en (Bujak et al., 2013), citado en (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022) se señala que, para el caso de las aplicaciones de RA, el control de las aplicaciones por medio de movimientos físicos complejos podría no ser siempre deseado, debido a la carga cognitiva que implicaría la realización de dichos movimientos, sobre todo en los niños, quienes dependiendo de su edad, han desarrollado poco o aún no han desarrollado del todo su motricidad fina y gruesa.

Además de esto, la manipulación de una aplicación informática por medio de movimientos físicos complejos e “interacciones naturales”, supone que ciertas habilidades como la atención y la cognición espacial están bastante desarrolladas en el usuario. Esto resulta ser un problema cuando el usuario de la experiencia es un niño ya que en este caso tanto las habilidades antes mencionadas como la coordinación ojo-mano, coordinación bi-manual, y las habilidades motoras finas, entre otras, siguen en desarrollo hasta mediados y finales de la niñez. Este hecho, que es parte del desarrollo psicomotriz, causa que los niños no siempre sean capaces de realizar correctamente los movimientos complejos que en muchos casos se requieren para manejar una interfaz natural de usuario (Bujak et al., 2013). Como ejemplo de esto podemos mencionar que los niños pueden ser incapaces de interceptar con sus manos objetos en movimiento o de moverse de manera indirecta, cuando el sistema basado en RA simula ser un espejo.

A todo esto, se suma el hecho de la falta de comprensión sistemática sobre cómo diseñar experiencias para niños basadas en RA, problema existente en gran medida porque la Realidad Aumentada para niños es un campo relativamente nuevo, lo que ha hecho que no se consideren ni los conocimientos previos, ni las habilidades motrices, ni las habilidades cognitivas al momento de diseñar actividades basadas en RA para este importante grupo de usuarios. Además de esto, se debe considerar que las capacidades de los infantes varían según sea la edad específica del niño (Piaget, 1984) y que inclusive estas capacidades no son uniformes a la misma edad durante la niñez, esto se debe a factores tales como el género, nivel socio económico, etc. y en el caso de interés de la investigación, la experiencia previa con la tecnología es un factor importante, etc. El estudio propuesto pretende generar un modelo que permita considerar los aspectos mencionados, para que los recursos educativos digitales no sobrepasen ni subestimen las habilidades y capacidades de los niños, esto mejorará su interacción con los objetos de aprendizaje basados en RA. Existen pocos estudios sobre los beneficios de RA para la enseñanza de las matemáticas, por lo que los investigadores consideran que faltan estudios que propongan soluciones didácticas y técnicas que sean adecuadas para el uso de la Realidad Aumentada en la enseñanza, y particularmente para el aprendizaje de un grupo tan especial de usuarios como son los niños. Como resultado de lo dicho, RA es raramente utilizada en las clases de matemáticas (y de otras asignaturas) y su utilización no está incluida en ningún programa oficial de matemáticas en Ecuador.

Existen muchos beneficios potenciales que la tecnología de Realidad Aumentada puede aportar a la vida de los niños (Ahmad & Junaini, 2020), pero para sacar provecho de dichos beneficios, las experiencias basadas en RA deben diseñarse de manera apropiada para ajustarse a las capacidades y limitaciones de los usuarios (Gallego Trujillo, 2020), especialmente si se trata de infantes. En ese sentido, es importante que, al diseñar y desarrollar aplicaciones de RA, este trabajo sea realizado por grupos interdisciplinarios que utilicen las teorías de la psicología del desarrollo infantil y una orientación pedagógica adecuada para diseñar aplicaciones de Realidad Aumentada (Lozada-Yáñez et al., 2022), esto para que los productos digitales obtenidos sean más amigables y fáciles de utilizar para los niños que empleen este tipo de OVA's.

Estos problemas y limitaciones, que entre otros se han detectado en diferentes estudios sobre Realidad Aumentada en educación, influyen de manera negativa en la capacidad de los estudiantes para experimentar adecuadamente con contenidos educativos basados en RA. Por lo dicho, se ha considerado que la falta de un modelo que tome en cuenta los aspectos cognitivos de niños para la creación de interfaces de aplicaciones de RA hace que este tipo de usuarios tenga dificultades al momento de interactuar con aplicaciones que manejan esta tecnología, haciendo que pierda el impacto que por su naturaleza y características causa en los infantes, hecho que representa un problema que debe ser investigado.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

PG: ¿De qué manera la aplicación de un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considera tanto sus capacidades cognitivas como los componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos, mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales?

1.3.2. Problemas Específicos

PE1: ¿Considerar las capacidades cognitivas en el diseño de aplicaciones de Realidad Aumentada mediante el uso del modelo desarrollado, influye positivamente en la interacción de los niños con los recursos educativos digitales basados en RA?

PE2: ¿Es posible que el modelo para el diseño de aplicaciones basadas en RA que considera tanto las capacidades cognitivas de los niños como los componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos, se pueda aplicar en la creación de minijuegos orientados al aprendizaje de matemática básica que cumplan con su objetivo lúdico y que a la vez desempeñen su función didáctica y pedagógica?

PE3: ¿De qué forma la consideración de los principios básicos del paradigma educativo del constructivismo en el diseño de recursos educativos digitales basados en RA, mejora la interacción de los niños con este tipo de aplicaciones?

PE4: ¿De qué forma la consideración de los principios básicos del paradigma educativo del socio constructivismo en el diseño de recursos educativos digitales basados en RA, mejora la interacción de los niños con este tipo de aplicaciones?

1.4. Justificación Teórica

La importancia de la investigación propuesta se evidencia en la necesidad de resolver los problemas anteriormente planteados. Cabe mencionar, que el trabajo resulta relevante también, por los aspectos que se mencionan a continuación:

- Las nuevas generaciones (ó Nativos Digitales), están creciendo de la mano de las nuevas tecnologías y las empresas de desarrollo de software más importantes del mundo desarrollan cada vez más contenidos compatibles con la modalidad de Realidad Aumentada. En la actualidad, los estudiantes de todo nivel optan por aprender de forma más dinámica e interactiva, sobre todo porque les parece monótono estudiar con la metodología antigua que se enfoca en el apoyo de material didáctico como libros y enciclopedias. La propuesta investigativa presentada, se enfoca en un grupo importante, pero algo olvidado de estos usuarios, los niños, pretendiendo llenar el vacío encontrado en cuanto a la existencia de marcos de trabajo, metodologías o modelos que orienten el correcto desarrollo de aplicaciones educativas basadas en RA para infantes.
- La consideración de las capacidades cognitivas, conocimientos previos, expectativas y preferencias de interacción de los usuarios en la fase de diseño de software, mejora la experiencia de usabilidad de los Objetos de Aprendizaje, reduce la curva de aprendizaje que requiere aprender a operar el software y reduce la carga cognitiva extrínseca, carga que resulta indeseable en un proceso formativo puesto que al ser promovida por las intervenciones instruccionales pueden llegar a saturar, contaminar y afectar la memoria de trabajo del estudiante (Salica, 2019). Por lo dicho, controlar este tipo de carga cognitiva mejora los procesos de aprendizaje.
- La tecnología de Realidad Aumentada ha sido aplicada con éxito en diferentes sectores del quehacer humano, los investigadores consideran que en el ámbito educativo el uso de RA puede propiciar mejoras significativas en los procesos de aprendizaje, facilitando la adquisición de saberes por parte del estudiantado

(Toledo & Sánchez, 2017), consiguiendo al mismo tiempo aumentar y mantener el interés y motivación de los estudiantes jóvenes y de los niños, quienes se sienten atraídos por este tipo de tecnologías que emplean a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como medio para difundir contenido educativo de una forma nueva y entretenida, para de esta forma mejorar y asentar los conocimientos de los discentes en una etapa como la Educación Primaria, que es clave para su exitoso desarrollo posterior (Rodríguez Caldera, 2021).

- Resulta importante la posibilidad de que, a partir del uso de las TIC, específicamente de las aplicaciones de RA con interfaces gestuales, se pueda ofrecer una educación masiva que presente de forma novedosa, interactiva y flexible los contenidos didácticos que tradicionalmente se los revisa en libros de texto con apoyo de diapositivas estáticas. La diferencia existente entre uno y otro modo puede representar la diferencia sobre la percepción que el estudiante tiene frente a una asignatura, dicha percepción puede captar y mantener la atención de los discentes, así como elevar la motivación de estos frente a las actividades que proponga el maestro.
- El uso adecuado de Las TIC en el ámbito educativo permite ofertar una educación inclusiva a la sociedad, ayudando también a la formación de estudiantes con habilidades y conocimientos sólidos en el área de las TIC.
- No todos los contenidos educativos se comprenden de igual manera. Dependiendo de la naturaleza de las asignaturas, los contenidos de estas pueden ser más o menos difíciles de explicar y, por lo tanto, difíciles de comprender para los estudiantes, como ejemplo de este tipo de asignaturas se puede mencionar a las matemáticas (Lozada-Yáñez et al., 2019). La Realidad Aumentada proporciona una forma de resolver este dilema al mostrar estos contenidos complejos de una manera que las personas las puedan entender más fácilmente, mejorando las formas tradicionales de presentación de contenidos curriculares: videos explicativos, diapositivas estáticas, libros digitales, libros físicos entre otros.

En definitiva, el modelo propuesto en esta investigación es una perspectiva prometedora para la educación de cualquier nivel académico, pero sobre todo en

instituciones de instrucción primaria, que tienen la importante responsabilidad de educar efectivamente a los niños, quienes son el futuro de nuestro país.

El proponer un modelo para el diseño de aplicaciones basadas en Realidad Aumentada, que incorpore las fases, componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos se constituye como el justificante principal del trabajo presentado. Con la correcta implementación del modelo propuesto, el docente puede presentar contenido al estudiante mediante Recursos Educativos Digitales (RED's), basados en RA y con una interfaz gestual, con este tipo de recursos digitales el estudiante es capaz de interactuar de manera novedosa con el contenido presentado, reduciendo la carga cognitiva extrínseca que se requiere para manejar el software de manera tradicional.

En la actualidad, el uso de la tecnología de Realidad Aumentada en el ámbito educativo a nivel internacional es de aproximadamente el 37 %. Debido al éxito que tiene la aplicación de RA en este contexto, este porcentaje va en aumento debido también a la disminución de precios en el mercado respecto al hardware que se emplea para esta tecnología, lo cual la hace más accesible (Gómez García et al., 2020).

1.5. Justificación Práctica

Para probar y validar el modelo MARAGIC, producto desarrollado y propuesto en la investigación, se ha desarrollado un prototipo que permitió implementar minijuegos basados en RA e interacción gestual para el aprendizaje de matemática básica, dichos minijuegos se diseñaron y desarrollaron considerando e incluyendo las fases, componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos determinados en el modelo mencionado. Las pruebas de campo se realizaron mediante la utilización de estos minijuegos con un grupo de niños de 3° año de Educación General Básica (EGB), pertenecientes a 3 Unidades Educativas de la ciudad de Riobamba Ecuador, los resultados obtenidos en estas experiencias demostraron que el uso de las aplicaciones desarrolladas (KARMLS y SAM-RAK) a partir del modelo propuesto (MARAGIC) facilitó el aprendizaje de los niños que utilizaron estas aplicaciones como material de apoyo en sus clases de matemática (Lozada-Yáñez et al., 2019) (Lozada-Yáñez et al., 2020).

La aplicación de los minijuegos desarrollados a partir de MARAGIC se realizó de manera simple en un ambiente bien iluminado mediante la implementación de un computador portátil, un televisor de 50 pulgadas y de una cámara de profundidad MS Kinect en el caso de KARMLS y mediante el uso de MS Azure Kinect para SAM-RAK. En ambos casos, se intentó ocultar el computador y el dispositivo que contaba con la cámara de profundidad para que toda la complejidad tecnológica de la infraestructura empleada en estas pruebas de campo, sea transparente para el estudiante, quien se colocaba frente al televisor para interactuar “directamente” con el software, cuya interface se presentaba en la pantalla del TV. Cabe mencionar que, aunque se hizo evidente que la utilización de este tipo de aplicaciones basadas en RA e interfaces gestuales tienen muchas ventajas, la migración hacia este tipo de tecnologías en el aula de clase no es una tarea fácil puesto que por una parte, las instituciones educativas deben enfrentar varios desafíos (sobre todo el de la adquisición de infraestructura física y tecnológica) que dificultan la implementación de este tipo de propuestas, sin olvidar que la utilización de este tipo de tecnologías requieren un cambio de rol y actitud de docentes y estudiantes frente a las metodologías y los roles que estos cumplen en los procesos de aprendizaje y que además, se debe contar con personal adecuadamente capacitado para el diseño y creación de este tipo de OVA’s.

La tecnología de RA es particularmente útil si se tiene que presentar contenido sobre un objeto físico porque esta tecnología permite "mostrar" a los estudiantes una representación virtual de dicho objeto en un entorno que les resulte familiar. Más aún, si se emplean nuevas formas de interacción (como interfaces gestuales), se mejora la usabilidad de los objetos de aprendizaje y se reduce la carga cognitiva que esta operación requiere con métodos tradicionales de interacción. La enseñanza en nuestra época no puede restringirse a un flujo de información unidireccional. La Realidad Aumentada y la interacción de usuario natural en la educación juegan el papel de un nivelador donde profesores y los estudiantes se reúnen en un entorno 3D simulado para explorar e interactuar con los contenidos curriculares, pudiendo así colaborar y aprender.

El desarrollo de las nuevas tecnologías aplicadas a la educación abre un amplio espectro de posibilidades en cuanto a la manera en que el estudiante aprende, para el caso de interés, la combinación de la tecnología de Realidad Aumentada con la interacción gestual, se presenta como una herramienta útil en la educación actual, siendo que con RED's basados en estas tecnologías, los niños pueden ser constantemente estimulados a explorar e interactuar para adquirir sus propios conocimientos; la tecnología de RA sumada con la interacción gestual, hace posible que este tipo de usuarios satisfaga sus deseos de explorar nuevas ideas y responder de manera más crítica al mundo que los rodea.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en Interfaces Gestuales para el aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes didácticos y psicopedagógicos, con la finalidad de mejorar su interacción con este tipo de OVA y su rendimiento.

1.6.2. Objetivos específicos

- Establecer los roles de los actores del proceso de aprendizaje desde la visión constructivista y socio-constructivista mediante la revisión de bibliografía especializada para definir similitudes.
- Determinar cómo las tecnologías de RA e Interfaces Gestuales pueden aportar en la facilitación del cumplimiento de los roles establecidos para los actores del proceso de aprendizaje.
- Definir el modelo propuesto desde el punto de vista técnico en función de sus capas, compuestas por los componentes técnicos y didácticos correspondientes.
- Validar el modelo creado mediante la aplicación de una encuesta y la utilización de un Recurso Educativo Digital basado en Realidad Aumentada e interfaces gestuales que integre los componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos presentados

en el modelo desarrollado como producto del trabajo de tesis, verificando su incidencia en el rendimiento académico de los niños participantes del estudio.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

HG: Disponer de un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes didácticos y psicopedagógicos, mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.

1.7.2. Hipótesis Específicas

- HE1: El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.
- HE2: El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora la interacción de los niños con este tipo de recursos educativos digitales.

1.8. Organización de la Tesis

Este trabajo presentado se organiza en seis capítulos, mismos que se especifican a continuación:

En el capítulo 1 se describen la situación problemática, la formulación del problema, la justificación del estudio, el objetivo general y los objetivos específicos, la propuesta del estudio, terminando con la matriz de consistencia y la organización de la tesis.

En el Capítulo 2, se definen los principales conceptos fundamentales acerca de la Realidad Aumentada, las Interfaces de Usuario Natural (NUI), Interfaces Gestuales, la educación y el aprendizaje encaminados a los juegos, los enfoques generales sobre el diseño de los juegos educativos. Así mismo, se realiza una revisión sistemática de la literatura referente al tema de investigación que permita identificar los diferentes

enfoques abordados por trabajos anteriores similares, analizando sus fases y componentes.

El Capítulo 3 detalla el proceso metodológico que sigue la investigación. En él se presentan las técnicas y procedimientos que se emplean para llevar a cabo la investigación.

El capítulo 4 presenta el Modelo de Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz Gestual para Niños (MARAGIC), detallando sus fundamentos, fases, componentes y capas, el modelo propuesto permite la adecuada creación de un OVA basado en Interfaces Gestuales y Realidad Aumentada.

En el Capítulo 5, se explica el desarrollo de tres juegos para la enseñanza de la matemática desarrollados con la aplicación del modelo propuesto en la tesis. Se exponen además los resultados obtenidos en los dos estudios de caso empleados para la demostración de la hipótesis de la investigación, cada caso de estudio utiliza un grupo de estudiantes a los que se les aplicó un pre test y un post test para el análisis estadístico. El análisis estadístico realizado comparó bajo el diseño de investigación elegido, el rendimiento académico de los niños/as que participaron en el estudio, mismos que pertenecen a dos Unidades Educativas de la Ciudad de Riobamba en Ecuador.

El Capítulo 6 describe las conclusiones de esta tesis doctoral, así como la propuesta para trabajos futuros.

1.9. Matriz de Consistencia

Tabla 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿De qué manera la aplicación de un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considera tanto sus capacidades cognitivas como los componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos, mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales?	Desarrollar un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en Interfaces Gestuales para el aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes didácticos y psicopedagógicos, con la finalidad de mejorar su interacción con este tipo de OVA y mejorar su rendimiento.	Disponer de un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes didácticos y psicopedagógicos, mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.	<p><i>Independiente</i></p> <p>Aplicaciones (minijuegos) construidas bajo el Modelo de Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz Gestual para Niños (MARAGIC)</p> <p><i>Dependiente</i></p> <p>Interacción y Rendimiento Académico</p>	<p>Dos estudios de caso con dos unidades de análisis.</p> <p>Aplicación de la escala SUS (System Usability Scale).</p> <p>Enfoque mixto.</p> <p>Estudio descriptivo.</p>

Elaboración propia.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Realidades Híbridas

La realidad híbrida (HR, por sus siglas en inglés), que comprende tanto a la Realidad Aumentada (RA) como a la Realidad Virtual (VR), se trata de una tecnología en auge que ha sido empleada para ayudar al ser humano en varios ámbitos de su quehacer. Así, también se la ha utilizado con éxito en el campo de la educación. El éxito de estas aplicaciones, según Khan et al. (2021), es que las actividades educativas basadas en realidades híbridas son identificadas por las personas como un elemento esencial en la construcción del conocimiento. Cabe mencionar que los dispositivos empleados para generar entornos basados en realidades híbridas eran costosos hace poco tiempo; en la actualidad son suficientemente económicos y adecuados como para masificar su implementación tanto en procesos educativos como en otros ámbitos. Las realidades híbridas son la consecuencia de combinar el mundo físico con objetos y/o entornos virtuales generados por un computador, combinado con nuevas formas de interacción humano-computadora (HCI), hecho que se ha potenciado con las posibilidades que brindan las tecnologías móviles y con las aplicaciones en tiempo real, con las que es posible que los usuarios se concentran en circunstancias tanto reales como virtuales que en muchos de los casos, hablando de los componentes virtuales, no son observables en el mundo real.

En Febretti et al. (2013) citado en Liu et al. (2022), se definen los entornos de realidad híbrida como aquellos que poseen las siguientes características: a) una gran pantalla de alta resolución “para mejorar la percepción del ser humano”, b) un soporte estereoscópico para visualizar datos en 3D, c) interacciones de usuario natural, d) admite la colaboración coubicada, y e) poseen una arquitectura tecnológica adecuada de hardware y software que permita integrar las pantallas y la interacción. Como producto de sus estudios, en Febretti et al. (2013), por ejemplo, presentaron el sistema CAVE2, mismo que posee las características mencionadas. CAVE2 es un entorno virtual automático a modo de cueva (CAVE) en el que se han implementado 36 computadores, 72 pantallas LCD estereoscópicas de alta resolución. La interacción

implementada incluye unas gafas (head mounted display) y un apuntador, con el sistema CAVE2, la información se pudo presentar de manera más efectiva mejorando la comprensión espacial.

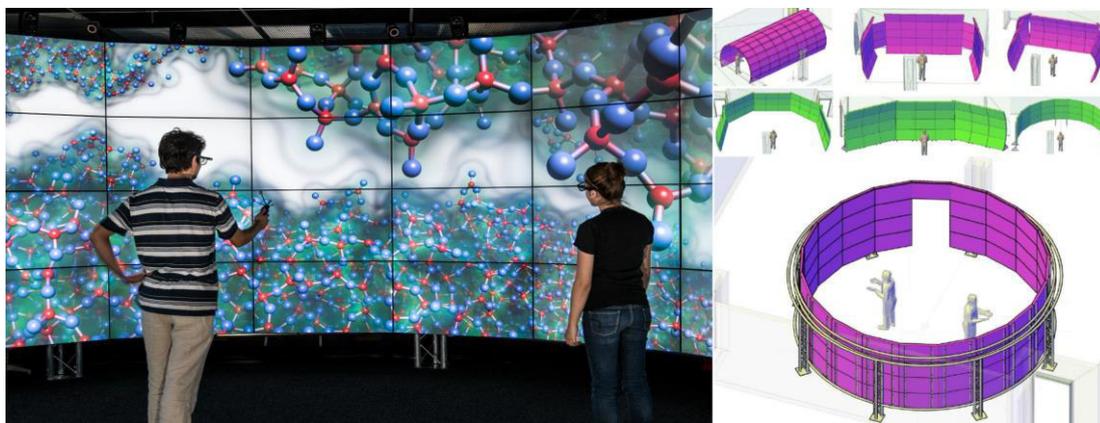


Figura 1: Entorno Virtual Automático a Modo de Cueva CAVE2
Fuente: Febretti et al. (2013) citado en Liu et al. (2022)

2.2. La Realidad Aumentada (AR)

Según se indica en Garzón (2021), la tecnología de la Realidad Aumentada, permite proponer experiencias interactivas donde los objetos en el mundo real son aumentados o “mejorados” por información digital generada por un computador. Esta tecnología ha sido empleada con éxito en diferentes campos tales como: la milicia, la industria, el turismo, la medicina, el entretenimiento y la educación entre otros. Sin embargo, los expertos de área aseguran que el futuro de la Realidad Aumentada permitirá crear aplicaciones más usables, que a su vez sean accesibles y más baratas (Qiao et al., 2019). Investigaciones previas indican que la utilización de esta tecnología, también ha dado resultados positivos en el ámbito educativo (Lozada-Yáñez et al., 2019) (Lozada-Yáñez et al., 2020). Hace varios años que se inició el desarrollo de aplicaciones basadas en Realidad Aumentada para entornos educativos y desde ese entonces, este tipo de aplicaciones se han implementado con éxito a nivel mundial en todos los niveles educativos y en diferentes campos y contextos educativos, estas experiencias han demostrado que la utilización de la Realidad Aumentada brinda múltiples beneficios para los estudiantes que han empleado esta tecnología como apoyo en sus procesos académicos (Garzón & Acevedo, 2019). Sin embargo, aún quedan temas pendientes que deben ser atendidos para determinar y aprovechar todos los beneficios que la tecnología de la Realidad Aumentada puede ofrecer para

enriquecer a la educación. Además, resulta importante mencionar que a medida que evoluciona el hardware empleado por las aplicaciones de RA, las aplicaciones de esta tecnología en todos los campos del quehacer humano evolucionarán, exhibiendo también nuevas posibilidades y desafíos para el área de investigación en RA.

La Realidad Aumentada (RA) tiene sus inicios en la década de 1950, cuando el director de fotografía Morton Heilig generó un esquema de realidad virtual que se asemejaba a lo que posteriormente, en 1968, Ivan Sutherland implementó y fue concebido como el primer prototipo funcional de Realidad Aumentada, para ello empleó pantallas montadas en la cabeza (HMD, de Head Mounted Display) transparentes para visualizar los objetos generados por computadora sobrepuestos sobre el ambiente real. La Realidad Aumentada se ha utilizado en numerosas áreas, como por ejemplo en medicina (Juanes-Méndez et al., 2022), aprendizaje (Lozada-Yáñez et al., 2020), videojuegos (Qin, 2021), entretenimiento (Mohamed Noor, 2021), simuladores de vuelo (Leuze & Leuze, 2021), manufactura (Runji et al., 2022) y robótica (Suzuki et al., 2022), entre otras. La Realidad Aumentada es una tecnología que permite a los usuarios observar el mundo real aumentado o mejorado con la adición de objetos virtuales generados por computadora. Al principio, como gran parte de las tecnologías disruptivas, la Realidad Aumentada se utilizó con fines militares para implementar un simulador de vuelo para las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos en 1982. Actualmente, la Realidad Aumentada se ejecuta también en ámbitos educativos. Numerosas investigaciones demuestran que el uso de esta tecnología puede mejorar la adquisición de habilidades educativas. La Realidad Aumentada incorporada en el ámbito educativo conecta al estudiante mediante la utilización de aspectos multimedia como son las imágenes 3D, videos y textos virtuales que se emplean como elementos adicionales que permiten consultar el entorno que ha sido aumentado con estos objetos digitales, dando una nueva perspectiva del mundo real (Kuang & Bai, 2019). Como un ejemplo de la aplicación de esta tecnología en educación, se puede mencionar que la Realidad Aumentada le permite al estudiante estudiar fenómenos técnicos complejos de química como el enlace químico. En este caso, la utilización adecuada de la Realidad Aumentada permite disminuir la dificultad de comprender conceptos abstractos al mostrar una visualización de las fuentes fundamentales del enlace covalente en el tema

de enlace químico (Calle-Bustos et al., 2019). Otro caso más en el que la Realidad Aumentada ayuda a los estudiantes es en el estudio del sistema solar, así mismo, es útil para el aprendizaje de otras asignaturas que, como la matemática requieren el aprendizaje de conceptos abstractos para conseguir una comprensión integral (Lozada-Yáñez et al., 2019).

La definición más difundida sobre Realidad Aumentada fue establecida en 1994 por Paul Milgram y Fumio Kishino, quienes mencionan que: "entre un entorno real y un entorno virtual puro está la llamada realidad mixta y esta se subdivide en dos: la Realidad Aumentada y la Virtualidad Aumentada" (Milgram & Kishino, 1994) citado en (Cárdenas-Robledo et al., 2022). Esta definición fue ampliada en el año de 1997 por Ronald Azuma quien señala que una aplicación de Realidad Aumentada, para ser considerada como tal, debe cumplir con tres requisitos: a) combinar elementos virtuales y reales, b) interactividad en tiempo real, c) presentar información en 3D (Azuma, 1997) citado en (Lozada-Yáñez et al., 2022), estos criterios han generado lo que se denomina el "reality-virtuality continuum", mismo que se puede apreciar en la figura 2.

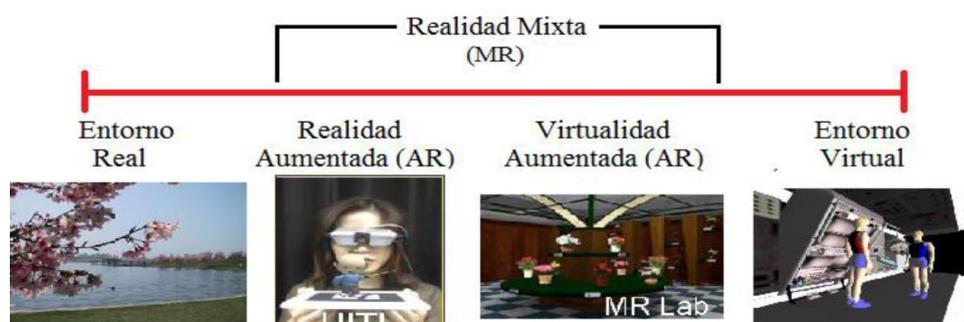


Figura 2: Representación del reality-virtuality continuum
Fuente: Adaptado de (Milgram & Kishino, 1994)

Resumiendo, la Realidad Aumentada tiene como objetivo mejorar o aumentar el mundo real mediante el aumento de objetos virtuales (y otra información multimedia) generados por computadora. La tecnología de Realidad Aumentada se percibe como novedosa, atractiva y prometedora. Las experiencias basadas en Realidad Aumentada de la actualidad dependen de elementos externos para funcionar, dichos elementos suelen ser marcadores, imágenes y/o ubicación. Para que una experiencia de este tipo sea más personalizada y por tanto más útil, debe emplearse un esquema que

desencadene experiencias de Realidad Aumentada que consideren las necesidades de los usuarios. Este enfoque debería considerar entonces necesidades humanas particulares de los usuarios y analizarlas apropiadamente con el fin de seleccionar las experiencias más adecuadas que en función de las características de los usuarios permitan satisfacer o ayuden a satisfacer dichas necesidades.

2.2.1. Beneficios y limitaciones educativos de la Realidad Aumentada

En trabajo presentado por (Çetin, 2022), se mencionan algunos de los beneficios y limitaciones que se presentan en cuanto a la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada en los procesos académicos dichos criterios se han separado en dos categorías, habilidades de lectura y lectoescritura y enseñanza de las ciencias. La tabla 2 presenta dichos beneficios mientras que, la tabla 3, presenta las limitaciones:

Tabla 2: Beneficios educativos de la Realidad Aumentada

Temática	Categoría de análisis	Beneficios
Realidad Aumentada	Habilidades de lectura y lectoescritura	<ul style="list-style-type: none"> Apoya la participación en el proceso educativo. Aumenta la motivación. Disminuye la carga cognitiva extrínseca. El estudiante se muestra con ganas de consumir el material presentado. El estudiante se muestra interesado en aprender. Es una experiencia educativa agradable. Es una experiencia sensorial. Fomenta una actitud positiva frente al trabajo. Fomenta la exploración. Fomenta la interacción social. Mejora la capacidad para evaluar y resolver problemas. Mejora la comunicación y permite compartir. Mejora la gestión de la información. Motiva la creación. Permite el aprendizaje colaborativo. Permite enseñar valores.

	Enseñanza de las ciencias	<p>Amplía la capacidad de atención.</p> <p>Apoya en la consecución del logro de aprendizaje.</p> <p>Aumenta el interés y la emoción.</p> <p>Aumenta la motivación frente a las actividades de aprendizaje.</p> <p>Ayuda en la realización de tareas.</p> <p>Disminuye la carga cognitiva.</p> <p>Es una experiencia satisfactoria.</p> <p>Es útil.</p> <p>Facilita a los estudiantes la construcción del conocimiento.</p> <p>Favorece la retención de la información en la memoria.</p> <p>Genera sensaciones agradables.</p> <p>Genera una actitud positiva hacia el aprendizaje.</p> <p>Mejora el rendimiento de aprendizaje.</p> <p>Mejora la tendencia al pensamiento crítico.</p> <p>Mejora la autoeficacia.</p> <p>Promueve una experiencia realista.</p>
--	---------------------------	--

Fuente: Çetin (2022)

Tabla 3: Limitaciones educativas de la Realidad Aumentada

Temática	Limitaciones
Realidad Aumentada	<p>Distracción de los estudiantes.</p> <p>Falta de inversión en las instituciones educativas.</p> <p>Falta de oportunidades de desarrollo profesional y apoyo para los maestros.</p> <p>Frustraciones de los estudiantes.</p> <p>Número limitado de aplicaciones RA disponibles gratuitamente.</p> <p>Restricciones técnicas y pedagógicas.</p>

Fuente: (Çetin, 2022)

Del contenido presentado en las tablas 2 y 3 se puede deducir que, si bien es cierto existen muchos beneficios de la utilización de la Realidad Aumentada en procesos educativos, también existen cuestiones pendientes que ameritan ser estudiadas para que esta tecnología y su implementación en las aulas de clase de cualquier nivel educativo sean consideradas como herramientas que ayudan a mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes que empleen este tipo de aplicaciones educativas.

2.2.2. Clasificación de la Realidad Aumentada

Dado que existe una gran variedad de aplicaciones que basan su funcionamiento en la tecnología de Realidad Aumentada, en el trabajo se distinguen varias categorías para presentar la clasificación:

a) Según el método de representación

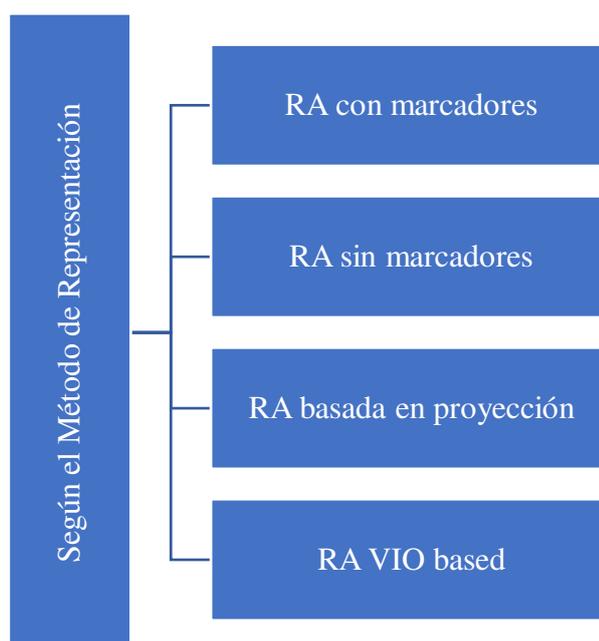


Figura 3: Realidad Aumentada según el método de representación.
Fuente: Adaptado de (Soroko, 2021)

- La Realidad Aumentada basada en marcadores emplea una cámara y un marcador visual pasivo, como los tan útiles códigos de respuesta rápida (código QR), que muestra el resultado programado (objetos virtuales), solo cuando la cámara detecta el marcador (Cheng et al., 2017)
- Para la Realidad Aumentada sin marcadores, se utiliza el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés: Global Positioning System); los usos más comunes de este tipo de aplicaciones de RA, han sido el marcado de destinos, la búsqueda del número correcto de una dirección, como un café o una oficina, o en aplicaciones orientadas a la ubicación geoespacial (Cheng et al., 2017).

- La Realidad Aumentada basada en proyección es una técnica de proyección de vídeo que puede ampliar y reforzar los datos visuales aumentando imágenes sobre la superficie de objetos o espacios 3D; este tipo de aplicaciones pertenecen a la Realidad Aumentada Espacial en un sentido más amplio (Lee et al., 2015) citado en (Del Vecchio et al., 2022).
- La Realidad Aumentada basada en VIO (Visual Inertial Odometry, VIO) es una tecnología que ayuda a rastrear la posición y navegar en el espacio con sensores y una cámara; esto permite que se cree un modelo 3D del espacio alrededor del dispositivo que se actualiza en tiempo real, siendo posible también determinar la posición del dispositivo y transferir estos datos a las aplicaciones involucradas pudiendo aplicar capas adicionales sobre el objeto (X. Li et al., 2020).

b) Según el tipo de dispositivo

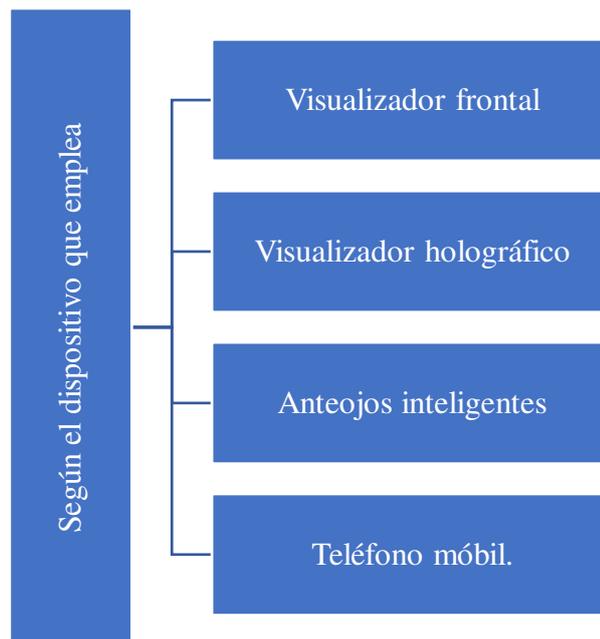


Figura 4: Realidad Aumentada según el tipo de dispositivo que emplea
Fuente: Adaptado de (Soroko, 2021)

- Realidad Aumentada basada en pantallas de visualización frontal (HUD, por sus siglas en inglés Head up displays), se implementa con componentes tales como una

unidad de proyección, un visor (combinador) y un computador, que actúa como generador de los objetos virtuales digitales (Soroko, 2021).

- Realidad Aumentada basada en pantallas holográficas que pueden realizar las funciones de un combinador óptico, un ocular transparente o un expansor de haz (Y. Li et al., 2019).
- Los anteojos inteligentes se emplean como dispositivos Realidad Aumentada portátiles que se usan como anteojos normales y combinan información virtual con información física en el campo de visión del usuario (Young & Rauschnabel, 2017).
- La Realidad Aumentada basada en teléfonos inteligentes/de mano, permite que los usuarios interactúen con el objeto virtual en una escena aumentada en dispositivos de mano, como un celular o una tableta (Ahmad Chowdhury et al., 2013) citado en (Ghasemi et al., 2022).

c) Según la información aumentada

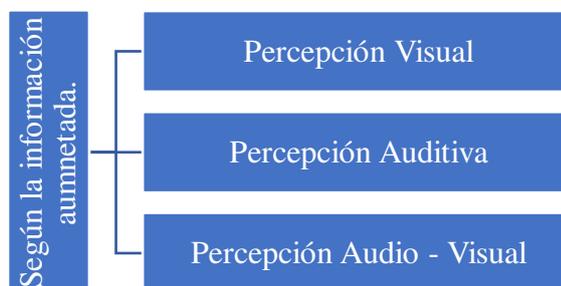


Figura 5: Realidad Aumentada según la información aumentada

Fuente: Adaptado de (Soroko, 2021)

- La Realidad Aumentada para Percepción visual, aumenta imágenes virtuales en un ambiente real, mejorando la percepción visual de la información (Soroko, 2021).
- La Realidad Aumentada para percepción auditiva, aumenta audio generado por computadora, generalmente se suele utilizar en la navegación (Gamper, 2014) citado en (Yahya & Dahanayake, 2021).

- La Realidad Aumentada audiovisual, es un tipo de RA que combina objetos digitales de audio y video (Soroko, 2021).

d) Según el campo de uso

De la información presentada en la figura 6 cabe resaltar la gran difusión que ha tenido la Realidad Aumentada, así como el interés que ha levantado en la comunidad científica del mundo que ha empleado con éxito esta tecnología en varias áreas del quehacer humano. Para el caso particular de interés de este estudio, vale la pena mencionar que según (PERKINS-COIE, 2020), la Realidad Aumentada está cobrando relevancia en el ámbito educativo.

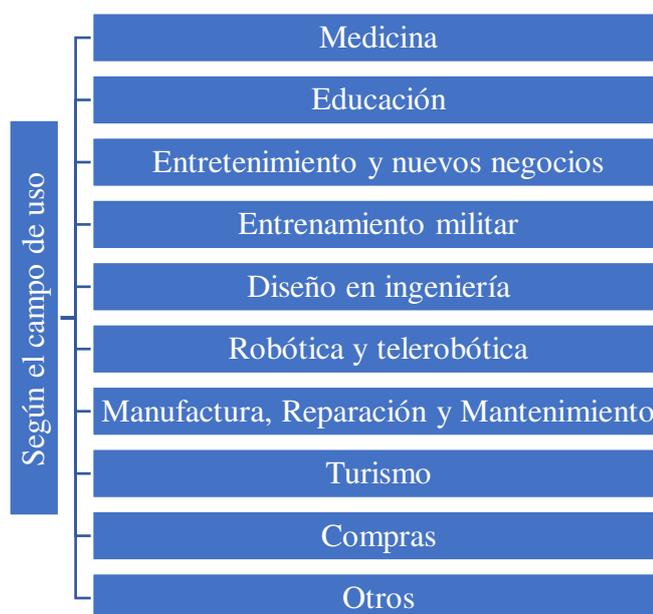


Figura 6: Realidad Aumentada según el campo de uso
Fuente: Adaptado de (Soroko, 2021)

En ese contexto, en el trabajo presentado en (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2018), se presenta una investigación sobre publicaciones científicas relacionadas con el uso de la Realidad Aumentada en diversos campos de la ciencia y determinaron que:

- La tecnología de Realidad Aumentada se emplea a menudo en biología (19,8 %), ingeniería (12,8 %) y formación médica (11,6 %). Así mismo, esta tecnología se está empleando para la enseñanza de idiomas no nativos (5,8 %), educación especial

(4,7 %), educación preescolar (3,5 %), enseñanza de la historia (2,3 %) y la enseñanza de la astronomía (2,3 %).

Varios estudios señalan que la Realidad Aumentada es especialmente importante para mejorar procesos formativos (Jesionkowska et al., 2020), (Lozada-Yáñez et al., 2020). La aplicación de la Realidad Aumentada en la educación permite dar vida a las lecciones de clase al combinar videos, fotos y audio en una plataforma interactiva (Wittayakhom & Piriyasurawong, 2020). La aplicación adecuada de la Realidad Aumentada en procesos educativos proporciona a los estudiantes una forma novedosa y atractiva de aprender que puede hacer que las materias y los temas complejos sean más fáciles de entender y comprender (Lozada-Yáñez et al., 2022), haciendo que el aprendizaje sea más fácil, sobre todo cuando los profesores necesitan explicar conceptos complejos y abstractos.

2.2.3. Hardware y Software para Realidad Aumentada

Los aparatos y herramientas de desarrollo que se han utilizado para la creación de experiencias de Realidad Aumentada, según (Mystakidis et al., 2022), se clasifican en cuatro categorías principales:

- (a) Dispositivos informáticos de escritorio.
- (b) Dispositivos móviles.
- (c) Dispositivos móviles con equipos y sensores portátiles, como gafas RA.
- (d) Dispositivos para Realidad Aumentada basada en proyección

Estas categorías representan a tres generaciones de hardware empleado para crear Realidad Aumentada. Las soluciones basadas en escritorio fueron la primera generación (Martín-Gutiérrez et al., 2010) citado en (Tan et al., 2022), a estas les sucedieron las experiencias aumentadas que para su funcionamiento emplean tabletas y teléfonos móviles, siendo esta la segunda y más popular generación (AlNajdi et al., 2020). Se espera que la tercera generación se adopte ampliamente en el futuro con funciones de proyección avanzadas, como las que proporcionan las mesas de proyección (Moore et al., 2020) y dispositivos portátiles, como RA HMD (Head mounted display) y anteojos inteligentes (Thees et al., 2020). Los dispositivos móviles son los aparatos predominantes en casi todas las áreas de aplicación de la Realidad

Aumentada, debido principalmente a su bajo costo, la flexibilidad que presentan sobre todo en su movilidad y el buen rendimiento que ofrecen en la actualidad los dispositivos móviles como teléfonos y tabletas, hechos que los han convertido en los dispositivos preferidos para la implementación de experiencias basadas en Realidad Aumentada (Wang et al., 2018). Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, como por ejemplo la implementación de laboratorios remotos y otras infraestructuras para uso específico, en su momento fue necesaria la combinación de equipos portátiles y no portátiles especializados (Westerfield et al., 2015). Algunos estudios también consideraron la inclusión de dispositivos portátiles “sin ataduras” (Limbu et al., 2018), (R. M. Lozada et al., 2018), como el medio para mejorar la "inmersión" al ejecutar experiencias basadas en Realidad Aumentada, hecho que mejora los resultados de la experiencia de aprendizaje (Thees et al., 2020), (Lozada-Yáñez et al., 2020). Las experiencias de aprendizaje basadas en Realidad Aumentada en las categorías de RA portátil y RA de proyección dependían en gran medida de los dispositivos comerciales existentes desarrollados por Microsoft, como HoloLens (Limbu et al., 2018), MS Kinect (Lozada-Yáñez et al., 2019), MS Azure (Lozada-Yáñez et al., 2020).

En cuanto al “aumento” o adición de los objetos virtuales sobre el mundo real, se han identificado tres tipos de aumento, aumento basado en marcadores, aumento basado en la ubicación y aumento sin marcadores (Chen & Tsai, 2012) citado en (Yi-Ming Kao & Ruan, 2022). La Realidad Aumentada basada en marcadores, también conocida como RA de reconocimiento de imágenes, se basa en el uso de etiquetas identificables, marcadores o imágenes que desencadenan eventos como la colocación de objetos virtuales 3D alineados cuando la cámara detecta el marcador. La RA basada en la ubicación proyecta una capa de información digital espacial, aprovechando diferentes tecnologías como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y los sensores (p. ej. un acelerómetro) del dispositivo utilizado que hacen posible determinar la ubicación geográfica (Lara-Olivares, 2022) mientras que, a Realidad Aumentada sin marcadores (Markerless-RA) rastrea el entorno físico para identificar espacios u objetos adecuados, por ejemplo, una superficie sobre una mesa, para mostrar objetos virtuales, con los beneficios que esto implica (Abdinejad et al., 2021).

El enfoque basado en marcadores, fue el primer modo empleado y por tanto fue el que se usó en todos los campos de aplicación de la Realidad Aumentada (Salar et al., 2020), luego de este se empleó el modo sin marcadores (Chu et al., 2019), seguido por la Realidad Aumentada basada en la ubicación o posicionamiento hace posible que mediante un dispositivo móvil y la geolocalización se halle una ubicación específica que permita mostrar elementos virtuales (Chaguay Navarrete & Velasco Lino, 2022), este modo de RA se ha empleado casi exclusivamente en materias de ingeniería civil y construcción. Es importante indicar que algunos estudios innovadores han empleado una combinación de dos o más técnicas de Realidad Aumentada, por ejemplo, en (Shirazi & Behzadan, 2015), se empleó una combinación del modo de Realidad Aumentada con marcador y del modo de Realidad Aumentada basada en posicionamiento.

En cuanto al software, las aplicaciones de RA para la categoría predominante (Realidad Aumentada móvil), han sido principalmente desarrolladas para ser ejecutadas sobre el sistema operativo Android (T.-J. Lin et al., 2013), citado en (Lima et al., 2022). En este sentido, la afinidad tecnológica que tienen los desarrolladores de aplicaciones de Realidad Aumentada, también se refleja en las intervenciones formativas que emplean esta tecnología. Al examinar los elementos técnicos de las aplicaciones educativas basadas en RA, en (Mystakidis et al., 2022) se identificó la utilización de un amplio conjunto de herramientas. Este hecho se debe a la naturaleza multifacética y exigente de esta tecnología, naturaleza que llevó a los investigadores, educadores y desarrolladores a utilizar una combinación de varios lenguajes de programación (p. ej., MATLAB, Java, JavaScript, XML, rapidXML, SFML) y marcos (p. ej., WebGL, Boost), evidenciándose una ligera preferencia sobre Microsoft Visual Studio (Opriş et al., 2018) y ARToolKit (Prit Kaur et al., 2022). De manera similar, para el diseño y la animación de los objetos 3D, se ha utilizado una combinación de herramientas comerciales (Vuforia, Metaio Creator, Unity 3D, etc.) y de código abierto (p. ej., HTML5).

En (Odeh et al., 2013) citado en (Álvarez-Marín et al., 2021), se presenta información sobre la mejora visual y/o presentación artística de los objetos 3D utilizados en aplicaciones de Realidad Aumentada como filtrado de imágenes HSL y la utilización

de Adobe Photoshop y/o Adobe Illustrator para la creación o mejora de estos objetos visuales. Se ha empleado software como 3Ds Max, Autocad, Blender y Maya para la creación de animaciones y modelos 3D que se aumentaron a la escena real (Urbano et al., 2020).

2.2.4. Aplicaciones de la Realidad Aumentada

Los rápidos y disruptivos avances tecnológicos cambian la manera en que el ser humano realiza sus actividades en cualquier área, incluyéndose en esta realidad por supuesto el ámbito educativo. Este hecho ha provocado el desarrollo del campo interdisciplinario denominado como “Tecnología Educativa” o “Tecno Educación”, lo que sin duda ha impactado y provocado cambios en los procesos, metodologías, ambientes y enfoques empleados para llevar a cabo procesos de aprendizaje al integrar las aplicaciones tecnológicas al proceso educativo (Becker et al., 2017) citado en (Rodríguez & Pulido-Montes, 2022), hecho que durante la pandemia de COVID-19 fue más evidente que nunca dado que, en ese lapso de tiempo se aceleró la integración de tecnologías en el ámbito educativo (Pokhrel & Chhetri, 2021). Una de estas tecnologías disruptivas es sin duda la Realidad Aumentada, tecnología que desde hace tiempo está siendo utilizada por la comunidad educativa mundial en procesos formativos formales y no formales, analizando y verificando los beneficios que el uso de esta tecnología aporta en los procesos de aprendizaje en todo nivel académico.

En esta sección, se presentan algunos de los principales usos que el ser humano le ha dado a la Realidad Aumentada. Estas aplicaciones van desde la educación hasta la sanidad, así:

En el ámbito educativo, se han desarrollado varios proyectos educativos que para ejecutar procesos de formación de niños, adolescentes y jóvenes emplean aplicaciones de Realidad Aumentada para, por ejemplo, mostrar e interactuar por ejemplo con mapas del sistema solar (Durukan et al., 2022), representaciones del sistema nervioso (Rohmah & Anggraito, 2021), ejecución de operaciones matemáticas (Lozada-Yáñez et al., 2020), educación musical (Mei & Yang, 2021), entre otros. La Realidad Aumentada, aplicada adecuadamente y con sustento didáctico ofrece muchas

posibilidades en el ámbito educativo, muchas de las cuales aún están por desarrollarse de forma plena.

En cuanto al turismo, las aplicaciones basadas en Realidad Aumentada se presentan como una gran oportunidad para las empresas dedicadas a este ramo. Gracias al desarrollo de estas tecnologías, sobre todo a la Realidad Aumentada que funciona en base a posicionamiento, es posible ofrecer nuevos tipos de experiencias relacionadas con las visitas a distintos destinos en todo el mundo. Como muestra de lo dicho, cada vez son más frecuentes los recorridos virtuales a pie que, utilizando un celular y la tecnología de Realidad Aumentada, permiten reconstruir partes históricas de las ciudades que se visitan (Iacoviello & Zappia, 2020).

Uno de los campos donde probablemente se pueden encontrar más ejemplos del uso de aplicaciones de Realidad Aumentada es en el del entretenimiento. Muchas marcas y/o productos exitosos como Harry Potter (Ruiz-Ariza et al., 2020), Jurassic World, Pokémon o The Walking Dead (Laato et al., 2019) entre otras, tienen sus propios juegos de Realidad Aumentada, mismos que han sido todo un éxito comercial. La industria del entretenimiento, las marcas y las empresas han visto una gran oportunidad en esta tecnología para difundir y promocionar sus propiedades intelectuales más grandes.

En el ámbito de la logística empresarial, las aplicaciones de RA ofrecen una gran variedad de oportunidades para aumentar la eficiencia y ahorrar costes en muchas de las áreas de la logística empresarial. Como ejemplo podemos mencionar que DHL ha implementado un par de gafas de Realidad Aumentada para enseñar a los trabajadores las rutas más cortas dentro de un almacén para llegar a un determinado objeto (Heuts, 2017) citado en (Patel et al., 2022).

Desde el diseño de interiores hasta la arquitectura o la construcción, las aplicaciones de Realidad Aumentada pueden ayudar a los profesionales a visualizar sus productos finales durante el proceso creativo (Hajirasouli & Banihashemi, 2022).

En el ámbito de la salud y la medicina es importante mencionar que desde el manejo de equipos de resonancia magnética, pasando por el aprendizaje de la anatomía humana hasta la realización de cirugías complejas, las aplicaciones de RA tienen el

potencial para mejorar la profundidad y la efectividad de la atención médica en muchos de sus aspectos fundamentales (Yeung et al., 2021).

2.3. Interacción Gestual

En nuestros días y desde hace varios años, la interacción gestual ya no es un sueño, es una realidad. Las implementaciones exitosas de aplicaciones basadas en gestos como Tetris y Pong (Matt, 2011), el desarrollo de kits de herramientas de reconocimiento de gestos como el Kinect for Windows Developer Toolkit (Microsoft, 2021) o incluso el reconocimiento de poses del cuerpo humano (Alexey, 2011) son cada vez más comunes. Los intentos de imitar por ejemplo, las interfaces gestuales de la película *Minority Report* (Netflix, 2002), film dirigido por Steven Spielberg en el año 2002, en la actualidad son posibles y muy populares. La gran cantidad de investigaciones muestra claramente que las tecnologías controladas por gestos ahora son de interés para las personas (Vorweg et al., 2019). Han sido algo más de 45 años de investigación en el ámbito de la interacción por reconocimiento de gestos (Myers, 1998) citado en (Chignell et al., 2022), pero los primeros intentos de productos comerciales basados en tecnología de reconocimiento de gestos se lanzaron aproximadamente en 1977 (ver figura 7), casi 21 años después de que comenzara la investigación. Cabe mencionar que, desde sus inicios la industria del entretenimiento ha sido el objetivo principal de los productos basados en reconocimiento de gestos. Pero desde hace tiempo, otros ámbitos como la atención médica, la educación, manejo de electrodomésticos, entre otros, también están invirtiendo en el estudio y adaptación del reconocimiento de gestos, puesto que su utilización hace que la interacción con los dispositivos electrónicos involucrados se vuelva más intuitiva y natural, hecho que reduce la carga cognitiva extrínseca generada en las personas que manipulan de esta manera al software de dichos dispositivos, esto se consigue mediante el aprovechamiento de las experiencias y conocimientos previos que adquirimos los seres humanos al manipular objetos del entorno diario (Lozada-Yáñez et al., 2022).

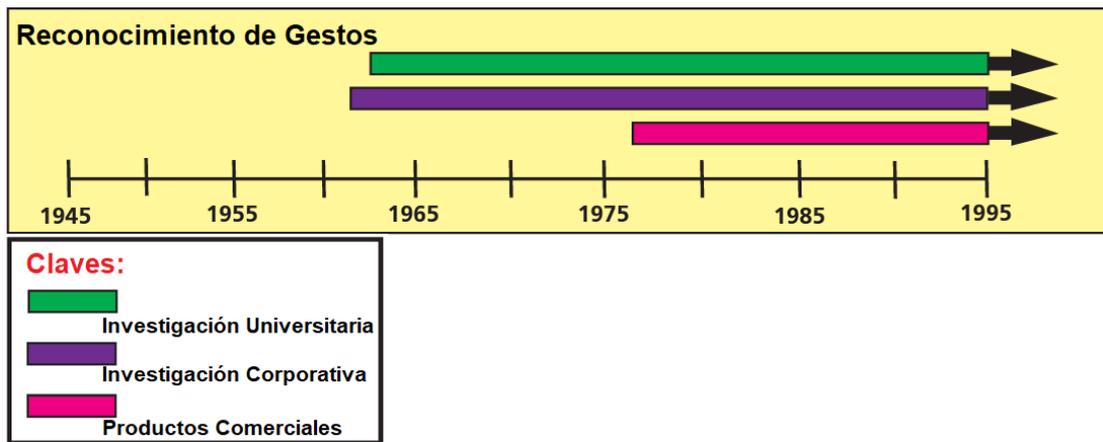


Figura 7: Línea de tiempo aproximada sobre los primeros trabajos con Reconocimiento de Gestos
Fuente: Adaptado de (Myers, 1998)

El desarrollo de dispositivos que permiten el reconocimiento de varios puntos del cuerpo humano, como MS Kinect o MS Azure (ver figura 8), hicieron que el número de investigaciones que emplean Reconocimiento Gestual como medio de interacción Hombre-Máquina aumente, hecho que motivó la aparición de nuevas aplicaciones y experiencias basadas en la interacción de gestos. Tanto Kinect con Azure, mediante la incorporación de cámaras de profundidad pueden reconocer patrones en el cuerpo humano a modo de puntos rastreables que permiten definir mapas de movimiento de partes del cuerpo que determinan un conjunto de gestos (Han et al., 2013), citado en (Eswaran et al., 2023). Para hacer esto, las especificaciones de un conjunto de reglas o condiciones sobre los movimientos de las partes del cuerpo se refinan probando su desempeño en un conjunto de sujetos de prueba. Tales reglas pueden ser: 'si ambos pies se mueven simultáneamente hacia arriba, entonces se debe detectar un gesto de salto'. Dado que los gestos son detectados por un conjunto de sujetos de prueba, se deben evitar los gestos complejos. Al diseñar una experiencia que emplee reconocimiento de gestos, se deben considerar pocos gestos (únicamente los necesarios), procurando que estos sean simples para aumentar el reconocimiento de gestos de MS Kinect o MS Azure (F. Wei et al., 2022), disminuyendo así la confusión entre gestos.



Figura 8: MS Kinect (v1) y MS Azure
Fuente: (Microsoft, 2021) (Microsoft, 2022a)

Con la utilización de dispositivos como MS Kinect y/o MS Azure, es posible entonces que los usuarios operen e interactúen con las aplicaciones a través de sus movimientos corporales, ya sean estos los movimientos de sus manos, brazos, piernas y/u otras partes de su cuerpo, haciendo de esta forma que la interacción de estos usuarios con las aplicaciones de software se realice de manera más natural (Lozada et al., 2018).

2.3.1. Interacción táctil

Cuando se considera a la interacción gestual, se deben tener en mente las características de la interacción táctil. Esto se debe a que algunas implementaciones de las funciones y metáforas de la interacción táctil aún se recopilan en la interacción gestual. Por ejemplo, en el juego de 2011 Kinect Sports, se presentan menús diseñados a modo de una pantalla táctil (ver figura 9) puesto que están diseñados con botones grandes para garantizar que el usuario realice de forma exitosa un evento requerido. Kinect Sports incluso usa estas funciones de botón en los menús de pausa o en las animaciones del juego denominadas “cinemáticas” (con un botón que permite omitir la cinemática).



Figura 9: Menú Kinect Sports
Fuente: (Xbox, 2021)



Figura 10: Kinect Sports – Bowling
Fuente: (Xbox, 2021)

Considerando esta metáfora de interacción, cabe señalar que los botones grandes pueden ser buenos, pero es mejor encontrar la mejor manera de usarlos. En Kinect Sports, el usuario puede controlar la pantalla con una mano como si se tratase de operar un mouse de computadora. El problema en esta implementación radica en que, si se usase un mouse de computadora o incluso un Wii Remote, el usuario dispone de algunos botones implícitos en ellos para hacer clic en ellos ejecutando así los comandos mostrados en la pantalla. Con Kinect o Azure, el usuario no dispone de estos botones. La única interacción posible se realiza mediante los movimientos del cuerpo (o el habla), por lo que se han explorado diferentes formas de hacer el 'clic'. Haciendo referencia nuevamente al juego Kinect Sports, el movimiento de "clic" se ejecuta mediante un movimiento de "espera", esto significa que, si el jugador mantiene la mano sobre un botón de la pantalla durante un período de tiempo determinado, se "hace clic" en dicho botón ejecutándose la acción correspondiente. Para ayudar con el procedimiento, un marcador de mano que se muestra en la pantalla sigue a los movimientos de la mano de los jugadores, para de esta manera, el jugador sepa dónde está 'haciendo clic'. Otro ejemplo de movimiento de clic que se usa en aplicaciones basadas en Kinect, es que el usuario mueva su articulación activa (la mano derecha, por ejemplo) hacia el Kinect, como si se estuviera presionando el botón, como en el juego Jumpido (Jumpido, 2018).



Figura 11: Utilización de Jumpido con MS Kinect
Fuente: (Jumpido, 2018)

2.3.2. Interacción manual

Gran parte de las investigaciones realizadas en el ámbito de la interacción gestual emplean los gestos de las manos, escenario en el cual el control directo puede ser inmediato, pero debe estar limitado en el número de opciones (F. Wei et al., 2022).

Una de las interacciones más utilizadas en aplicaciones que usan a MS Kinect como dispositivo de interacción, es el uso de las manos de los usuarios como dispositivo de entrada. Este es el modo de interacción natural de usuario más usado ya que las personas emplean las manos para la mayoría de sus acciones y para interactuar con los objetos reales de su entorno cotidiano.

Un sistema informático que emplea el reconocimiento de gestos de la mano como método de interacción hombre máquina, generalmente se divide en tres módulos principales: módulo de segmentación de manos, módulo de rastreo (seguimiento) de manos y módulo de reconocimiento de gestos (Rautaray & Agrawal, 2012) citado en (Popov & Laganière, 2022). En la sección anterior donde se trató la interacción táctil, se discutió sobre el seguimiento manual en el cual, la mano del usuario puede usarse como el cursor de un ratón para ayudar a los usuarios a elegir, por ejemplo, el botón de pantalla que deseen ejecutar. El módulo de segmentación de manos realiza la detección las manos y de cada uno de los dedos del usuario. La segmentación de manos y dedos junto con el reconocimiento de los gestos realizados es lo que puede afectar a la usabilidad de una aplicación de este tipo, puesto que si la segmentación no está bien implementada puede provocar un retraso en la acción. Un gesto no es más que el reconocimiento de un conjunto de reglas, este conjunto de reglas es de lo que se trata el reconocimiento de gestos y es lo que dispositivos como MS Kinect o MS Azure esperan reconocer de los jugadores a través del seguimiento de los puntos reconocidos por la cámara. En el mundo real existen una gran variedad de gestos que se realizan con las manos, con los que incluso ha sido posible crear alfabetos de señas ejecutadas con las manos. Muchos de estos gestos con las manos podrían usarse en las aplicaciones con reconocimiento gestual (con MS Kinect, MS Azure o no), pero solo se usan algunos de los gestos. Esto es así porque tanto MS Kinect como MS Azure reconocen algunos gestos más fácilmente que otros. En (Y. Li, 2012) citado en (Moysiadis et al., 2022), se proporciona una revisión para el reconocimiento de diferentes gestos con las manos y sobre cuáles son más efectivos para el reconocimiento por MS Kinect (y MS Azure).



Figura 12: Los miembros de un grupo forman una cadena de manos para salir de CollabDraw
Fuente: (Morris et al., 2006) citado en (Valentin et al., 2022)

2.3.3. Interacción a dos manos

La mayoría de actividades que realiza el ser humano en su día a día implican el uso de las dos manos, es así que la utilización de esta experiencia previa en el diseño de la interacción de aplicaciones informáticas puede reducir la brecha entre jugadores novatos y expertos (Jain et al., 2022). Estudios demuestran que la precisión aumenta significativamente para los gestos realizados si los usuarios emplean las dos manos para hacer los mismos gestos, sin embargo, no tiene demasiado sentido usar las dos manos para hacer lo mismo. Resultados de estudios como los presentados en Zhou et al. (2022), señalan que se puede mejorar el rendimiento dividiendo las tareas entre las dos manos en lugar de usar las dos manos para la misma cosa. En “The Gunstringer”, juego para Xbox360 y Kinect por ejemplo, se aprovecha este aspecto haciendo que para interactuar con el juego, el jugador utilice una mano para apuntar y disparar, y la otra mano para mover al personaje de izquierda a derecha o para hacerlo saltar. Es importante destacar que la mano que dispara será la del brazo dominante del usuario, porque es el brazo que más precisión necesita.



Figura 13: Instantánea de The Gunstringer
Fuente: (xbox.com, 2022b)

Otro ejemplo es el juego para Kinect Child of Eden, que también emplea una interacción a dos manos, pero como una interacción alternativa en lugar de una interacción que divide tareas en tiempo real. En este juego, los jugadores harán más daño a ciertos enemigos según la mano que se use en el ataque, es por eso que en algunos casos la mano izquierda hará más daño y, en otros, la mano derecha es la que se usará para conseguir el mayor daño. La ventaja con este tipo de interacción es que al alternar entre las manos, se minimiza el agotamiento del jugador, hecho que podría ocurrir en una interfaz que emplea una sola mano. Sin embargo, en este juego se usan algunos gestos que necesitan de las dos manos del jugador para hacer lo mismo, por ejemplo, para ejecutar un ataque especial.



Figura 14: Portada de Child of Eden
Fuente: (xbox.com, 2022a)

2.3.4. Interacción de usuario natural e interacción gráfica del usuario

En la actualidad existe una gran variedad de simuladores que son muy utilizados en sus respectivos campos de aplicación, estos simuladores se consiguen combinando entornos virtuales y/o aumentados con dispositivos de interacción real como, por ejemplo, el asiento del conductor de un automóvil (Goedicke et al., 2022). En todos los casos, el dominio de este tipo de simulador requiere que el usuario realice cierto entrenamiento, el adecuado diseño del simulador permite que este entrenamiento se realice con una interfaz familiar y empleando dispositivos de interacción familiares (por ejemplo, el volante). Muchos otros ejemplos de simulador que incluyen aplicaciones militares (Cross et al., 2022), simuladores médicos (Arjomandi Rad et al., 2022) (Kovoor et al., 2021), simuladores para la preparación frente a desastres en hospitales (Jung, 2022), simuladores para educación (Atabas et al., 2020), etc., utilizan este concepto, pero emplean una interfaz de interacción tradicional (mouse y teclado). La interfaz que usa mouse y teclado puede ser fácil e intuitiva para aquellas personas que usan aplicaciones o que juegan videojuegos con estos dispositivos desde siempre ya que están familiarizados a la navegación en entornos virtuales 3D con el mouse y el teclado, pero puede no ser tan fácil para los usuarios novatos (R. M. Lozada et al., 2018). En este caso y a diferencia del mencionado simulador de conducción, los jugadores deberán aprender a usar la interfaz, pero no obtienen ningún beneficio al aplicar las habilidades del juego en el mundo real.

La idea fundamental que hace que la gente crea que las interfaces de usuario naturales son el futuro es que una interfaz de usuario natural está diseñada para reutilizar las habilidades que posee el usuario (como correr) para interactuar adecuadamente con el contenido multimedia (R. M. Lozada et al., 2018). La forma en que los jugadores interactúan con los videojuegos cambió disruptivamente con la aparición de hardware como el Wii Remote, con el y de repente, los jugadores podían interactuar con los juegos usando gestos de movimiento en lugar de simplemente presionar botones. Así mismo, la introducción de Kinect de Microsoft revolucionó aún más el mercado, con un dispositivo de detección de movimiento que permite a los jugadores interactuar libremente usando todo su cuerpo. MS Kinect brinda una oportunidad de bajo costo

para crear interfaces gestuales y, por lo tanto, puede ayudar a los desarrolladores a introducir funciones de interfaz natural en aplicaciones o juegos.

A todo esto, cabe hacer una pregunta: ¿las interfaces de usuario natural (NUI) reemplazarán a las interfaces gráficas de usuario (GUI) tan utilizadas y difundidas en la actualidad? Parece que la respuesta es simple: ¿la interfaz gráfica de usuario (GUI) reemplazó a la interfaz de línea de comandos (CLI)? La verdad es que la GUI efectivamente asumió el papel de la CLI, pero la CLI todavía se usa para tareas especializadas donde es mejor, principalmente en tareas de programación y cierta administración del sistema. Lo mismo está ocurriendo con NUI. La interfaz de usuario natural puede asumir el propósito general de las interfaces gráficas de usuario, pero la GUI, sin duda, debe seguir utilizándose donde sea más efectiva. Los investigadores creen que NUI es ahora la tecnología más capaz, más fácil de aprender y más fácil de usar, como lo era GUI para CLI antes.

2.3.5. Modelo de interfaz de usuario natural

El adecuado modelado de una interfaz de usuario natural no es tarea fácil, pero se pueden encontrar algunos de los principales consejos para crear interfaces de usuario naturales en (Johnson, 2020), en este libro se menciona que la interfaz de usuario natural debe estar bien diseñada en el sentido de que se deben reutilizar las habilidades existentes y una interfaz adecuada con el contenido. Los humanos son expertos en diferentes habilidades que han adquirido a lo largo de su vida humana, habilidades que llevan años practicando.

Habilidades como la comunicación humano-humano, tanto verbal como no verbal, se aprenden a lo largo de la vida, y algunas de ellas se pueden implementar en aplicaciones y juegos digitales. Es tarea de los diseñadores el extraer adecuadamente las metáforas de interacción para el software que usa NUI a partir de las habilidades que el usuario del software posee, de tal forma que sea posible utilizar estas habilidades (que no son habilidades de juego) para interactuar de forma adecuada con las aplicaciones informáticas y/o juegos. Esto da una clara idea de que NUI no se trata de un dispositivo o modalidad de entrada específica, sino que una aplicación tiene NUI según el diseño de interacción que se haya implementado.

La interfaz de usuario natural (NUI), debe aprovechar cualquier tecnología de interacción sobre la que se implementen las aplicaciones, y se considerarán como interfaces de usuario natural siempre que en su concepción se considere la reutilización las habilidades existentes (Lozada-Yáñez et al., 2020). Una interfaz se considera natural si "explota las habilidades que las personas han adquirido a lo largo de su vida en el mundo".

En el ámbito de esta investigación cabe indicar que los juegos no pueden ser solo un juego de 'dar un paseo por el parque'. Los jugadores requieren de un desafío y dicho desafío debe aprovechar la capacidad innata de aprender del ser humano. Por lo dicho, queda claro que los jugadores pueden agregar o no habilidades nuevas a sus habilidades naturales, del mismo modo que lo harían ante la necesidad de aprender nuevas habilidades para poder adaptarse a un entorno determinado en su vida real. Si se van a presentar nuevas habilidades a los usuarios para usar una aplicación o para poder jugar, estas nuevas habilidades deberían preferiblemente ser aprendidas naturalmente por los usuarios y una vez aprendidas, deberían volverse naturales y fáciles de repetir, como cualquier otra habilidad natural que las personas aprenden en la vida humana.

2.3.6. Interacción de cuerpo completo

La interacción de cuerpo completo es un tipo de interacción gestual que reúne gestos de todos los métodos de interacción discutidos anteriormente. MS Kinect y MS Azure de Microsoft pueden, mediante la cámara de profundidad que poseen rastrear varios puntos en todo el cuerpo del usuario e integrar la información del estado de dichos puntos del cuerpo en la aplicación informática. Tanto el kit de desarrollo de software (SKD, por sus siglas en inglés) para Kinect y Azure como muchas aplicaciones están disponibles en Internet. Por ejemplo, a partir de KinectSkeleton y Scratch (figura 15), es posible mapear las posiciones del esqueleto del usuario y usarlas para animar al personaje (Howell, 2016). Mikumikudance (Figura 16), abreviado como MMD, es una aplicación gratuita que se puede usar para crear animaciones 3D sin codificación que a pesar de no haber sido diseñado inicialmente para MS Kinect, fue ampliado con un

complemento que permite a partir de este dispositivo, detectar el movimiento de todas las articulaciones de los jugadores.

Kinect2Scratch

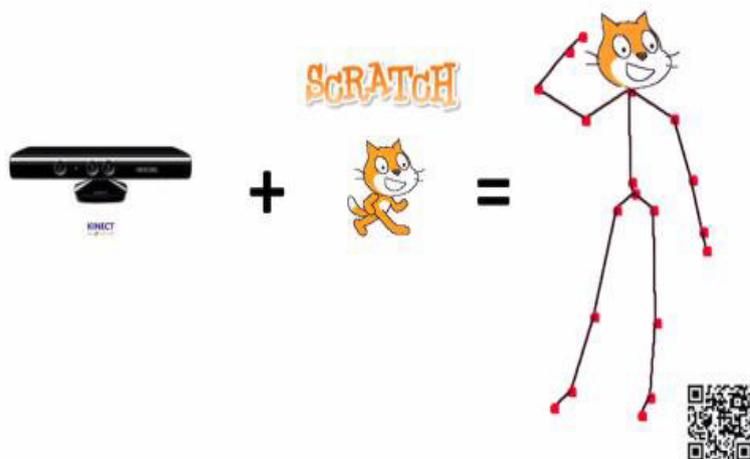


Figura 15: Kinect2Scratch
Fuente: (Howell, 2016)



Figura 16: Programa MMD

2.4. Fundamentación Científica

2.4.1. Fundamentación Filosófica

Dentro del proceso de aprendizaje, las metodologías aplicadas constituyen los procedimientos que hacen posible la discusión y análisis de un problema mediante el traslado de dicho problema desde el contexto real hacia el aula de clases. En este sentido, el rol del docente es el ser un guía que orienta en la ejecución de tareas que, desde la orientación constructivista del aprendizaje, permitan que el discente construya sus propios conocimientos en base a las experiencias de aprendizajes propuestas por el docente. Resulta evidente entonces que la aplicación de modelos, metodologías, métodos e instrumentos validados y adecuados para la ejecución de actividades significativas hace posible que el estudiante deje atrás su rol pasivo tradicional transformándose en el actor principal de su proceso de aprendizaje, como se espera bajo el enfoque del paradigma educativo del constructivismo.

El estudio propuesto, emplea el modo de interacción de usuario natural (NUI), combinado con la tecnología de Realidad Aumentada (RA) para proponer un modelo que oriente en el diseño de aplicaciones de Realidad Aumentada con interfaz gestual para niños, dicho modelo se denomina MARAGIC (Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children) y considera la evocación y activación efectiva de los conocimientos previos de los infantes, así como la interacción de estos conocimientos con los nuevos contenidos curriculares presentados en los recursos que se desarrollen a partir del modelo propuesto permitiendo además, trabajar de forma colaborativa en la construcción de saberes con otros estudiantes y con sus profesores, innovando en el desarrollo de las actividades formativas y presentando el material curricular de una manera novedosa que capte y mantenga la atención de los estudiantes que empleen los recursos didácticos digitales desarrollados considerando el modelo propuesto.

2.4.2. Fundamentación Pedagógica

La utilización sistemática y adecuada de modelos, metodologías, métodos e instrumentos didácticos son sin duda un importante elemento si se consideran las condiciones adecuadas para la consecución efectiva de objetivos educativos. Resulta

importante mencionar que la utilización de la Realidad Aumentada presenta beneficios tanto para los estudiantes como para los docentes. según Rial Costa et al. (2022), la utilización de la Realidad Aumentada en educación favorece y promueve la utilización de las denominadas Tecnologías de la Información (TI) y de las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), así como la investigación acción y el trabajo colaborativo.

2.4.3. Fundamentación Psicológica

Los fundamentos psicológicos implícitos y explícitos de la utilización de tecnologías como la Realidad Aumentada y la interacción gestual se hallan básicamente en los planteamientos del constructivismo y del socio construcciónismo y en las teorías del procesamiento de la información, estas teorías propician procesos de aprendizaje que son mediados tanto de forma personal como contextual e instrumental. Favorecen también entonces, al desarrollo de habilidades y competencias informacionales (manejo de la información), que se relacionan con procesos psicológicos importantes y deseables como la planificación, acceso, manejo y uso de la información que, en Internet, provee el docente o es encontrada por el propio estudiante.

Resulta importante también, que este tipo de recurso, por sus características innatas resulta altamente motivante para los estudiantes, puesto que la aplicación de las tecnologías utilizadas sirve para elevar la motivación intrínseca del estudiante, quien aparte de emplear medios digitales (percibidos como agradables), siente un aumento del sentido de autonomía y auto regulación, haciendo también que los sujetos se autodirijan para la consecución de los objetivos educativos perseguidos, consiguiendo metas intermedias en el camino.

2.5. Antecedentes de investigación

Las actividades educativas que emplean a la Realidad Aumentada como medio para difundir contenido académico, se han convertido en un tema muy investigado en el ámbito de la educación, sin embargo, aún existen algunas limitaciones en su implementación. En primer lugar, cabe mencionar que muchos de los investigadores utilizan aun los conocidos “marcadores de RA”, mismos que al ser detectados por la cámara del computador, permiten la sobreposición de los elementos virtuales 3d que

aumentan la escena real, este hecho ha mejorado mucho y en la actualidad es posible emplear cualquier elemento del entorno como lo es el logo de una organización, una tarjeta de visita, el menú de un restaurante, un mapa de una ciudad, entre otros. En segundo lugar, la mayoría de los casos de uso de AR, han empleado solamente el modo visual, haciendo que el uso de esta interacción modal única reduzca en gran medida el sentido real de interacción de los usuarios (Xiao et al., 2020). Para solucionar estos problemas, el presente trabajo propone la creación de un modelo que permita diseñar aplicaciones basadas en Realidad Aumentada e interfaces gestuales que considere las características cognitivas de niños en edad escolar. Dicho modelo, denominado MARAGIC por sus siglas en inglés “Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children” (Lozada-Yáñez et al., 2022), basa su funcionamiento en la retroalimentación gestual que es posible gracias a la cámara de profundidad de MS Kinect (o MS Azure), dispositivo que permite que el usuario interactúe y opere el software a partir de los movimientos de su cuerpo y sin la necesidad de estar “atado” por cables al computador en el que corre la aplicación.

La Realidad Aumentada con interfaces gestuales es una tecnología novedosa que combina la información digital con el mundo físico, siendo posible interactuar con este ambiente combinado a través de gestos y movimientos corporales de los usuarios de este tipo de sistema (Chiang et al., 2021). La idea de añadir información digital a la realidad ha existido desde hace mucho tiempo, pero ha sido en las últimas décadas cuando se ha desarrollado de manera significativa gracias a la evolución de la tecnología de sensores y la potencia de procesamiento de los dispositivos electrónicos.

Los antecedentes de la Realidad Aumentada con interfaces gestuales se remontan a la década de 1990, cuando los investigadores comenzaron a explorar formas de integrar la tecnología en la interacción humano-computadora. En Azuma (1997), se define a la Realidad Aumentada como una tecnología que: a) Combina elementos reales y virtuales, b) Es interactiva en tiempo real y c) Está registrada en 3D. En ese tiempo, ya se describía cómo las tecnologías de visión por computador y de sensores podrían utilizarse para superponer información digital en el mundo físico.

A medida que la tecnología ha avanzado, la Realidad Aumentada con interfaces gestuales se ha vuelto cada vez más popular en diversos campos y áreas del quehacer humano, áreas que van desde juegos y entretenimiento hasta la educación y la atención médica, entre otros (Minaee et al., 2022). Los avances en la inteligencia artificial y la capacidad de procesamiento de los dispositivos electrónicos han permitido una interacción más natural y fluida con la Realidad Aumentada. La Realidad Aumentada con interfaces gestuales es el resultado de décadas de investigación y desarrollo en la interacción humano-computadora. Desde su concepción y como se mencionó, la tecnología ha evolucionado significativamente y se ha aplicado a una amplia variedad de campos y aplicaciones.

A continuación, se presentan los hallazgos de investigaciones que han empleado la tecnología de Realidad Aumentada combinada con la Interacción de Usuario Natural en el ámbito educativo, con la finalidad de mostrar los distintos hallazgos que los investigadores han obtenido en estos estudios previos, tomando en consideración estudios que han tenido objetivos o metodologías similares que no superen los 5 años de publicación.

En el trabajo del año 2018, titulado “Deep gesture interaction for augmented anatomy learning” de Yang et al. (2018), se conduce un estudio en el que se propone la utilización de la Realidad Aumentada para la enseñanza en Facultades e Institutos de medicina. En este caso de uso, se implementa un sistema que permite el reconocimiento de gestos, asociando cierto gesto humano a una determinada instrucción. Específicamente se emplea la tecnología de Realidad Aumentada para el aprendizaje de la asignatura de Anatomía. El prototipo desarrollado, simula escenarios en los que los usuarios pueden aprender anatomía con MS HoloLens (Microsoft, 2023), en lugar de analizar los especímenes reales. Se ha utilizado la reconstrucción de malla para reconstruir las muestras en 3D. Se ha diseñado una interfaz de usuario con Realidad Aumentada que se adapta al proceso común de aprendizaje de la anatomía. Para mejorar la interacción humano computador, se han utilizado gestos como fuente de entrada. En comparación con los métodos de reconocimiento de gestos anteriores, el enfoque no solo es más preciso, sino que también tiene más potencial para agregar nuevos gestos. El estudio demuestra, además, que la Realidad Aumentada

como un campo en auge, debido a su gran potencial, puede emplearse en los sistemas educativos y de aprendizaje médico.

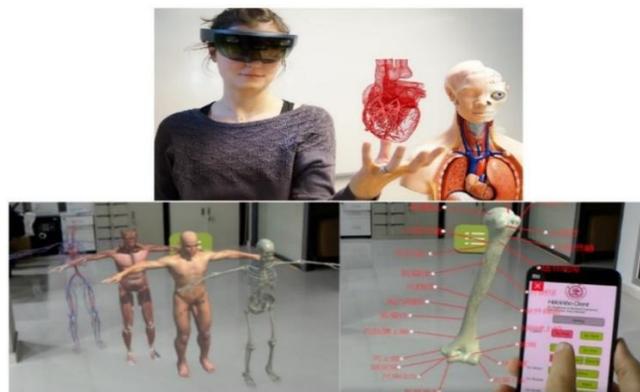


Figura 17: Hololens e Interfaz de usuario para Facultades e Institutos de medicina.
Arriba: Hololens e Interfaz de usuario para Facultades e Institutos de medicina; Abajo izquierda: menú de cuerpo entero; Abajo derecha: La interfaz de usuario que muestra el húmero humano que admite para la interacción el control por gestos y la utilización de una aplicación para dispositivo móvil.
Fuente: (Microsoft, 2023) (P. Yang et al., 2018)

En la investigación presentada en Nanjappan et al. (2019), se señala que los grandes avances en las capacidades de generación de gráficos 3D y aplicaciones interactivas que se basen en estos y la potencia de cómputo actual, junto a con nuevos paradigmas tecnológicos como la computación en la nube y las capacidades de los dispositivos portátiles actuales, han brindado un gran potencial para las aplicaciones portátiles de Realidad Aumentada, este tipo de aplicación permite a los usuarios acceder a la información digital en cualquier momento y en cualquier lugar. A pesar de esto, los métodos de interacción existentes todavía se ven limitados a la utilización de la pantalla táctil, de las cámaras integradas en los dispositivos portátiles empleados, dispositivos que en muchos de los casos no son adecuados y/o provocan interacciones inconvenientes con el contenido “aumentado”. En ese sentido, el término “wearable”, que hace referencia a la utilización de accesorios tecnológicos que una persona puede llevar puestos sobre su cuerpo, generan las denominadas interfaces usables (del inglés *wearable interface*), este tipo de interfaces promueven interacciones más naturales y sutiles que son deseables cuando se interactúa en entornos dinámicos, como es el caso de entornos basados en Realidad Aumentada. El propósito de este trabajo fue el investigar el uso de un dispositivo portátil basado “usable” como una opción de interfaz alternativa para realizar interacciones con aplicaciones de Realidad Aumentada, se obtienen gestos preferidos por los usuarios que han empleado

dispositivos con aplicaciones de Realidad Aumentada que usan la mano como medio para la interacción. Así mismo, Se ha generado conjunto de gestos de interacción de la muñeca y de gestos táctiles del pulgar y el índice que emplea visión por computadora y un guante con botones de espuma para detectar los gestos realizados por el usuario. Se presentan también, una serie de pautas de diseño más amplias para interfaces portátiles “usables” para aplicaciones de Realidad Aumentada.

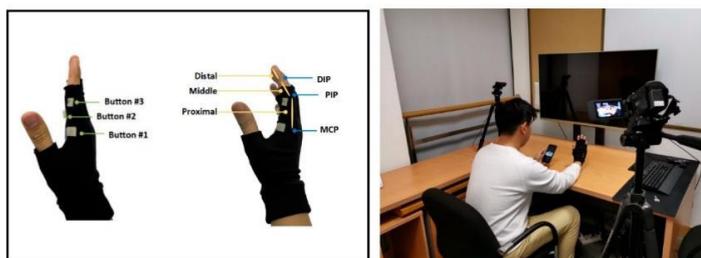


Figura 18: Prototipo para participantes diestros; Participante realizando un gesto. Izquierda: Prototipo para participantes diestros; Derecha: Participante realizando un gesto mientras usa el prototipo “usable” en la mano derecha y sostiene el dispositivo portátil de RA en la mano izquierda. Fuente: Nanjappan et al. (2019)

En Torres-Carrión et al. (2019), se establece que las interfaces gestuales están relacionadas con la cognición y la actividad física de los usuarios, y que bien empleadas pueden ser entonces, herramientas poderosas para el entrenamiento cognitivo y la motricidad. Su uso ha sido propuesto por investigadores en diversas áreas, incluida la educación, y dentro de este campo, la educación inclusiva. Este trabajo, realiza una revisión sistemática de la literatura sobre las interacciones gestuales (táctiles, corporales, faciales y de movimiento) y su aplicación en recursos educativos digitales para problemas de aprendizaje en niños. Como conclusiones importantes de este trabajo se pueden mencionar: a) Si se aplican, las guías de diseño de interfaces de usuario natural se aplican parcialmente en algunos estudios, mismos en los que se enfatizan los factores humanos cognitivos y sensoriales de los usuarios. Los sensores más utilizados en los estudios analizados fueron los de movimiento y los táctiles. Ninguno de los estudios estudiados consideró una evaluación emocional previa de los usuarios, ya sea como una medida subjetiva u objetiva; b) No se han encontrado estudios experimentales que se realicen específicamente en ambientes de interacción no invasiva; c) No se han encontrado estudios experimentales que describan la personalización de la interacción gestual en entornos educativos inclusivos para alumnos con necesidades especiales. Tampoco, sobre el uso de

plataformas de interacción gestual para personalizar los recursos educativos para alumnos con síndrome de Down.

La investigación de Ahmad & Junaini (2020), revisó sistemáticamente las tendencias de investigación en la implementación de Realidad Aumentada para el aprendizaje de las matemáticas en el período comprendido entre el año 2015 y el año 2019. Entre los resultados del estudio, se presentan los métodos empleados por los estudios analizados para probar la efectividad de la Realidad Aumentada en el ámbito de interés, resulta importante resaltar que se utilizaron cuatro métodos para evaluar la eficacia de las herramientas diseñadas utilizando Realidad Aumentada, siendo el método más utilizado el pre-test y el post-test (n=7). Los estudios que utilizaron este método consisten en un grupo objetivo diferente. Este método fue empleado por Lin et al. (2015), y se centró en un grupo de estudiantes de secundaria e involucró a 76 estudiantes. El trabajo de Medina Herrera et al. (2019), empleó como grupo objetivo de su estudio a 993 estudiantes de pregrado. El segundo método más popular fue el método del cuestionario (n=4). Este método fue utilizado por de Ravé et al. (2016), con un grupo de 20 estudiantes universitarios. La investigación de Kazanidis & Pellas (2019), también utilizó el método del cuestionario con un grupo de 78 estudiantes de pregrado. El tercer método empleado por los investigadores fue la Escala de Usabilidad de Sistemas (SUS), solo un artículo utilizó este método (Martin-Gonzalez et al., 2016). El cuarto método empleado fue la entrevista, en Cai et al. (2020), se usó este método e involucró a 68 estudiantes de secundaria.

En Xiao et al. (2020), Se ha propuesto VRFITS (del inglés Virtual and Real Fusion Interactive Tool Suite), esta suite, según la descripción de sus autores, está compuesta por un equipo inteligente y un método de interacción de gestos. La suite es adecuada para cualquier experimento de Realidad Aumentada con interacción basada en gestos, dado que con su utilización se ha logrado la combinación del reconocimiento de gestos con modelos virtuales generados para RA y con la utilización de sensores. Bajo este esquema, el equipo inteligente y el método de interacción basado en gestos se “ayudan” mutuamente donde el gesto, además, dependiendo del hardware que emplee puede generar una retroalimentación háptica (vibración). Además, en el trabajo se ha diseñado e implementado un sistema prototipo llamado ARCL (del inglés Augmented

Reality Chemistry Lab), este prototipo según la evaluación del usuario aumenta la interactividad y el sentido real de operación en experimentos virtuales de Química, en comparación con otras modalidades de experimentación utilizadas, al tiempo que reduce la carga de operación (carga cognitiva) del usuario y mejora la eficiencia de la interacción del usuario, mejorando la usabilidad del prototipo. Cabe indicar que, a decir de los autores, en comparación con el reconocimiento de tarjetas para Realidad Aumentada del SDK de Vuforia, por ejemplo, ARCL descarta este tipo de interacción y utiliza en su lugar diferentes comandos de gestos para activar diferentes modelos virtuales, lo que hace que la operación del software sea más conveniente y efectiva para el usuario. Sin embargo, el trabajo presenta ciertas limitaciones. Por un lado, los autores reconocen la existencia de pocos tipos de gestos para el reconocimiento, por lo que faltan tipos de gestos en el proceso interactivo de los usuarios en experimentos virtuales. Por otro lado, en el sistema de experimento de química virtual, el efecto de partículas, el efecto de animación y el efecto de representación del modelo virtual en la escena experimental no son prominentes, y el efecto de interfaz del sistema debe mejorarse en el futuro, pensando además en las características de los usuarios para los que se diseña el sistema.

El trabajo de del Cerro Velázquez & Morales Méndez, (2021), se destaca el hecho de que la inteligencia espacial es una habilidad importante para comprender y resolver problemas que se sitúan en el mundo real. Estas habilidades visuoespaciales son fundamentales en el aprendizaje de diferentes materias de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), como Dibujo Técnico, Matemática, Física, Robótica, etc., siendo muy útil para construir modelos mentales de objetos o representaciones gráficas a partir de expresiones algebraicas, diseños bidimensionales, o para realizar descripciones orales, cuando se requiera. Se debe considerar que la inteligencia espacial no es una habilidad innata sino más bien resulta ser una habilidad dinámica, que puede potenciarse interactuando con objetos reales y en el caso de interés con objetos virtuales y reales. Esta habilidad se puede potenciar en los estudiantes aplicando nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada, capaces de ilustrar procedimientos matemáticos a través de imágenes y gráficos como nunca, estos objetos multimedia ayudan considerablemente a los estudiantes a visualizar,

comprender y dominar conceptos relacionados con las matemáticas. El objetivo de este estudio fue indagar si la integración del software Geogebra AR (ver la figura 19), dentro de un entorno metodológico correctamente contextualizado afecta el rendimiento académico y las habilidades espaciales de estudiantes de matemáticas de cuarto año de educación secundaria obligatoria de un colegio de España.

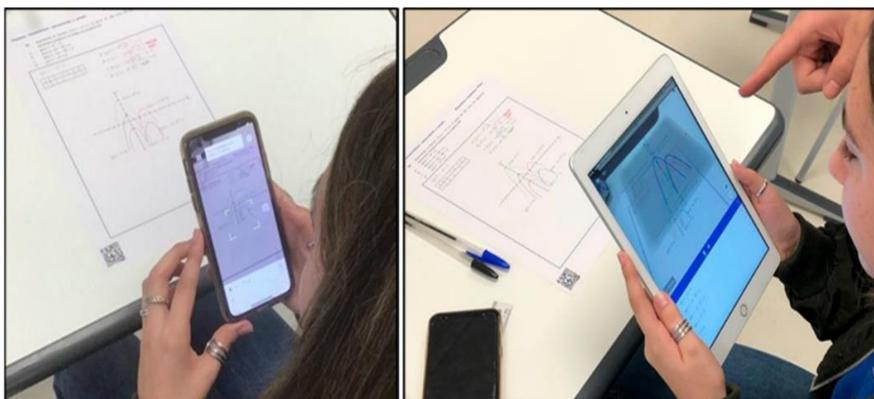


Figura 19: Interfaz de Geogebra AR.

Izquierda: Detección de superficies; Derecha: Introducción y representación de funciones.

Fuente: del Cerro Velázquez & Morales Méndez (2021)

2.6. Análisis de los componentes y teorías de enseñanza y aprendizaje seleccionados para el Modelo.

2.6.1. Realidad Aumentada en educación

Un reto didáctico que se presenta en nuestros días en el ámbito de la educación es la adaptación de los contenidos curriculares para un grupo de niños y jóvenes que de alguna manera han crecido en un mundo donde el uso de las tecnologías digitales es cosa de su día a día. En este contexto, un gran número de estos estudiantes necesita que los profesores encargados de guiar su aprendizaje incorporen en los procesos educativos tanto las herramientas tecnológicas como los mundos virtuales con los que este tipo de usuarios se sienten tan cómodos. A pesar de lo dicho, este grupo importante de usuarios denominados “nativos digitales” son en su gran mayoría estudiantes con conocimientos digitales que aún deben ser desarrollados (Henderson et al., 2015), citado en (Cohen et al., 2022).

La necesidad de que los estudiantes de primaria y de bachillerato posean un conjunto de conocimientos digitales básicos, demuestra la importancia del desarrollo de habilidades digitales que posibiliten una educación de calidad. Paradigmas como la Realidad Virtual (VR) y la Realidad Aumentada (RA), han dejado de ser temas emergentes, alcanzado una madurez que permite su utilización efectiva en varios ámbitos del quehacer humano. Trabajos como el presentado en (R. M. Lozada et al., 2018), muestran el rápido crecimiento de la tecnología de RA en el ámbito educativo, las visiones más optimistas sobre el desarrollo de esta tecnología ya preveían en años anteriores el vertiginoso desarrollo que tendría la Realidad Aumentada, como se mencionaba en la charla TEDx ofrecida por Tomi Ahonen (Ahonen, 2012), la tecnología de Realidad Aumentada será el “octavo medio de comunicación” que sigue a sus antecesores, entre los que se destacan la imprenta y el teléfono móvil, es así que se preveía desde hace tiempo que la tecnología de RA sería un medio disruptivo que marcaría un antes y un después en la manera en que se presentan informaciones digitales a los seres humanos.

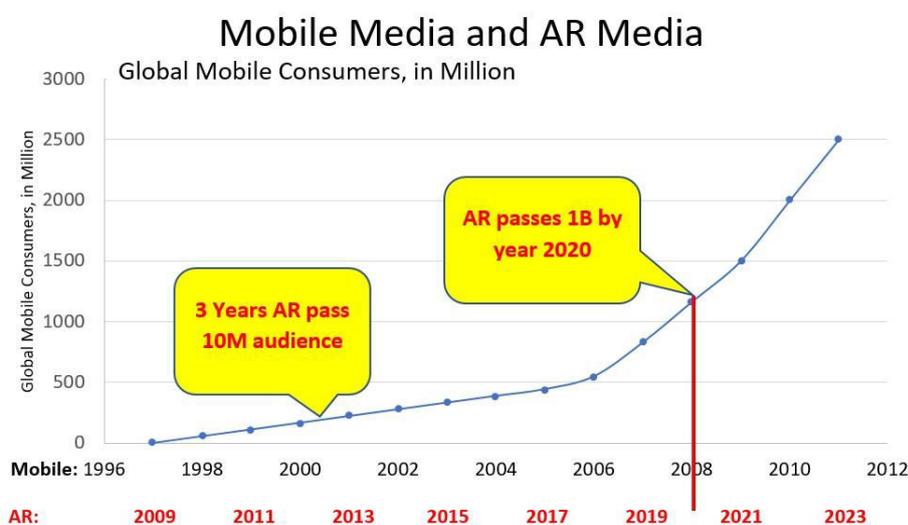


Figura 20: Utilización de la Realidad Aumentada - Predicción por años.
Fuente: (Ahonen, 2012)

Como se aprecia en la Figura 20, las predicciones de Tony Ahonen sobre el uso de la Realidad Aumentada no se han equivocado puesto que el volumen de su utilización ha crecido de manera exponencial desde su lanzamiento hasta nuestros días (Ahonen, 2012), convirtiéndose en una herramienta que puede mejorar la motivación de los niños y usuarios noveles en la utilización de sistemas informáticos (R. M. Lozada

et al., 2018), este hecho corrobora lo indicado en (Barrow et al., 2019), quienes señalan que AR tiene la potencialidad para ser una tecnología disruptiva en el ámbito de la distribución de materiales educativos en todo nivel dado que permite un aprendizaje didáctico, experiencial y kinestésico. Estudios como los presentados en Lozada et al. (2018) e Hincapie et al. (2021), muestran parte del gran número de investigaciones educativas desarrolladas para demostrar el potencial que tiene la tecnología de RA para transformar el aula de clases en un espacio de aprendizaje altamente interactivo. En ese sentido, resulta importante mencionar que la Iniciativa de Educación Inmersiva (IED, 2019) y la red de Investigación de Aprendizaje Inmersivo (ILRN, 2019), se han reunido para discutir sobre el concepto de Educación Inmersiva, enfoque bajo el cual se busca inmiscuir a cualquier persona en un sistema de aprendizaje que emplea los principios del aprendizaje colaborativo con el potencial de asimilación de las tecnologías de VR ó RA combinados en videojuegos presentados en 360°. Estos escenarios se desarrollan dentro de espacios que se reproducen en modo Head-Mounted Display (HMD) permitiendo la interacción del usuario con elementos virtuales programados.

En el ámbito educativo, la tecnología de RA posee varias ventajas como la posibilidad de presentar de una manera diferente y motivante conceptos abstractos para la comprensión de los estudiantes (R. M. Lozada et al., 2018) (Lozada-Yáñez et al., 2019) (Lozada-Yáñez et al., 2020), sin olvidar que ésta tecnología permite también ofrecer métodos de enseñanza mixtos en los cuales los alumnos tienen elementos del aprendizaje tradicional (materiales escritos estáticos) junto con visualizaciones de los procesos implicados (material basado en AR) que, según Sugiura et al. (2019), permiten observar hechos que de no ser presentados con AR serían muy complicados de presentar, este hecho es importante tanto para fenómenos médicos y químicos como para el caso de conceptos de la física y la matemática.

2.6.2. Psicología del Desarrollo Humano

Desde el punto de vista psicológico del desarrollo del ser humano, al momento de relacionar a éste con el contexto, se distinguen dos grandes corrientes relativamente contrapuestas. Debido a que los modelos teóricos particulares no se identifican

unívocamente con una u otra corriente, sino que presentan una inclinación más o menos notoria hacia alguno de estos dos enfoques, es importante mencionar que la polarización mencionada constituye solo un recurso explicativo, pudiendo existir otras aproximaciones al respecto.

El primer enfoque es aquel que considera que el desarrollo es un proceso individual que se presenta como el perfeccionamiento de potencialidades endógenas, desde este punto de vista, el contexto está conformado por el mundo físico y por el mundo social sin que exista una distinción entre ambos. Así mismo, desde este enfoque, el desarrollo del ser humano implica el paso uniforme por una serie de etapas sucesivas que puede ser explicada en función de uno o varios factores, siendo considerada en especial, la edad del ser humano (Foix & Piaget, 1970) (Gesell & Bates Ames, 1956). Una notoria representante de esta corriente es la Teoría de la Psicología Genética de Piaget.

El segundo enfoque conceptual, contrapuesto con el anterior, sostiene que el desarrollo está ligado al contexto social y cultural en el que se desenvuelve un ser humano. Desde este punto de vista, el desarrollo psicológico del ser humano está considerado como un proceso de carácter intersubjetivo, ligado e influenciado por los contextos y los productos culturales (como el lenguaje, tradiciones, valores, etc.), que mediatizan la construcción del individuo. Por lo dicho, en contraposición a la visión anterior, existe una diferenciación entre el mundo físico y el mundo social, siendo este último el encargado de brindar la estimulación para la transformación psicológica (Vygotsky et al., 1996). Bajo esta corriente, el desarrollo puede seguir varias vías, según el contexto socio relacional en el que participa el ser humano, siendo más influyente este contexto en el caso de los niños.

Las mencionadas corrientes del desarrollo psicológico son igual de importantes para el desarrollo del presente trabajo, dado que es posible aprovechar conceptos provenientes de ambas tendencias teóricas. A continuación, se explican a profundidad las bases teóricas que sustentarán el modelo conceptual que se presenta como aporte de este trabajo de investigación.

2.6.2.1. Teoría constructivista

A inicios de la década de 1960 el cognitismo (del cual surge el constructivismo) reemplazó al conductismo como la teoría de aprendizaje dominante (Clark, 2018), siendo desde entonces fuertemente empleado y adaptado. El cognitismo y su teoría, se centra en el estudio de las actividades mentales del estudiante durante el proceso de aprendizaje (Sánchez-Cabrero et al., 2019). Las principales actividades mentales de las que se ocupa la teoría cognitivista son: pensamiento, memorización, percepción, interpretación, razonamiento, resolución de problemas.

Para el caso de este estudio, resulta interesante el análisis del cognitismo, puesto que de esta corriente pedagógica se desprenden teorías bastante aceptadas y adoptadas a los diferentes estilos de aprendizaje que consideran factores como la disposición, preferencias, patrones de conducta, habilidades y las estrategias de aprendizaje como factores que permiten que el proceso de aprendizaje sea significativo. Desde su concepción teórica, esta corriente pedagógica considera las necesidades de los estudiantes, siendo tanto holística y humanística como cognitiva, sin dejar de lado el desarrollo físico, motor, social y emocional del niño, la teoría de las inteligencias múltiples se apoyan en esta corriente para sus estudios siendo que esta corriente se concentra en el estudio de las dimensiones cognitivas como son: atención, memoria, percepción, inteligencia, pensamiento y lenguaje, estas dimensiones son diferentes según la edad y la etapa de desarrollo de los estudiantes (Downes, 2022).

Dentro de la corriente del cognitismo, una de las aproximaciones más ampliamente aceptadas y utilizadas es la teoría constructivista del aprendizaje de Jean Piaget (Piaget, 1976), dicha teoría ha provisto a investigadores y educadores de todo el mundo de un marco de trabajo que permite entender las maneras en que los niños piensan y ejecutan tareas a medida que atraviesan cada uno de los niveles de su desarrollo (denominados estadios por Jean Piaget). Desde el punto de vista Piagetiano, la manera en que los niños piensan y ejecutan tareas sigue una lógica que se adapta a sus posibilidades y necesidades, las que varían según la etapa de desarrollo psicológico y físico en que encuentren los infantes. En ese sentido, es importante considerar que las opiniones que el niño tiene sobre sí mismo y sobre el mundo van cambiando no solo

con su crecimiento físico e intelectual, sino también a medida en que interactúa con otros seres humanos y con los elementos de su entorno.

En su vasta obra, Jean Piaget indica también que tanto la capacidad cognitiva como la inteligencia se encuentran estrechamente ligadas al medio social y físico. Este autor considera que los dos procesos que caracterizan a la evolución y adaptación de la psiquis humana son los de la asimilación y acomodación (Piaget, 1976) (Piaget, 1984). La asimilación es el modo en que un individuo se enfrenta a un estímulo del entorno, la asimilación mental supone la incorporación de los datos provenientes de la experiencia en las estructuras innatas del sujeto. La acomodación por su parte, implica el cambio de las estructuras mentales actuales como respuesta a las demandas del entorno, en otras palabras, se refiere a la modificación de esquemas existentes para acomodarse a la nueva información.

En sus estudios, basados en gran medida en la observación del desarrollo de sus hijos, Piaget observó que existen períodos (estadios) de desarrollo y notó además que en algunos de estos prevalecía la asimilación y en otros la acomodación. A partir de esta experiencia, Jean Piaget concretó sus cuatro estadios epistemológicos (llamados generalmente estadios cognitivos), ampliamente aceptados por la comunidad científica y que se hallan muy definidos en los seres humanos (Piaget, 1976), dichos períodos de desarrollo son los que se muestran a continuación:

1. Estadio sensorio-motor: Abarca desde el nacimiento hasta aproximadamente los dos años. El niño emplea sus sentidos y sus habilidades motrices para conocer aquello que le circunda, confiándose inicialmente en sus reflejos y, más adelante, en la combinación de sus capacidades motrices y sensoriales. De esa manera se prepara para luego poder pensar y procesar con imágenes y conceptos.

2. Estadio preoperatorio: Este estadio es el que sigue al estadio sensorio-motor y tiene lugar entre los 2 y los 7 años de edad. Se caracteriza por la interiorización de las reacciones de la etapa anterior dando lugar a acciones mentales que aún no son categorizables como operaciones por su vaguedad, inadecuación y/o falta de reversibilidad. Son procesos característicos de esta etapa: el juego simbólico, la

intuición, el animismo, el egocentrismo, la yuxtaposición y la reversibilidad (inhabilidad para la conservación de propiedades).

3. Estadio de las operaciones concretas: Va desde los 7 a los 11 años. En este estadio cognitivo, al hablar de operaciones se refiere a las operaciones lógicas usadas para la resolución de problemas. En este estadio, el niño no sólo usa el símbolo, sino que es capaz de usar los símbolos de un modo lógico y, a través de la capacidad casi perfeccionada para conservar información, llega a realizar generalizaciones atinadas.

Entre los 6 y 7 años, el niño posee la capacidad intelectual necesaria para comprender y recordar cantidades numéricas: longitudes y volúmenes líquidos. En este estadio, por 'conservación' se entiende la capacidad de comprender que la cantidad se mantiene igual, aunque se varíe su forma. Antes, en el estadio preoperatorio por ejemplo, el niño ha estado convencido de que la cantidad de un litro de agua contenido en una botella alta y larga es mayor que la del mismo litro de agua trasegado a una botella baja y ancha. En cambio, un niño que ha accedido al estadio de las operaciones concretas está intelectualmente capacitado para comprender que la cantidad es la misma en recipientes de muy diversas formas.

De los 7 a los 8 años el niño desarrolla la capacidad de conservar los materiales, esta capacidad se denomina reversibilidad. Por ejemplo: tomando una bola de arcilla y manipulándola para hacer varias bolitas, en esta etapa el niño es consciente de que reuniendo todas las bolitas la cantidad de arcilla será prácticamente la bola original.

Entre los 9 y 10 años el niño ha accedido al último paso en la noción de conservación: la conservación de superficies.

4. Estadio de las operaciones formales: A partir de los 12 y por el resto de su vida, el ser humano se encuentra en el estadio de las operaciones concretas. Es desde los 12 años cuando el cerebro humano está potencialmente capacitado, para formular pensamientos realmente abstractos, o un pensamiento de tipo hipotético deductivo.

2.6.2.2. Teoría sociocultural

Los estudios de Lev Vygotsky, lingüista y psicólogo soviético interesado en el estudio de las funciones psicológicas superiores del ser humano como son: memoria, atención

voluntaria, razonamiento, solución de problemas, formuló sus teorías a finales de la década de 1920, las cuales no fueron difundidas sino hasta 1936, dos años después de su muerte debido a que la rama puramente naturalista del Pavlovismo, corriente que se había hecho dominante, no veía con buenos ojos la orientación histórico-social de Vygotsky. Cabe mencionar que a partir de 1956 sus obras han sido reeditadas ampliamente mientras que activos discípulos continúan su labor.

En sus escritos, Vygotsky indica que el desarrollo ontogenético (desarrollo y madurez de las potencialidades genéticas que se adquirieron desde la fecundación y se desarrollan con las experiencias sociales) de la psiquis del ser humano se determina por los procesos de apropiación histórico-sociales de la cultura, con esta aproximación del desarrollo psicológico, Vygotsky propuso una metodología para la investigación genética e histórica a la vez (Matos, 1995).

Según la visión de Vygotsky, las funciones superiores del pensamiento son fruto de la interacción cultural y la comprensión de la psiquis y la conciencia amerita el análisis de la vida de una persona, así como de la condición real de su existencia puesto que la conciencia de una persona se presenta como un reflejo subjetivo de la realidad objetiva y para analizarla, se hace necesario considerar a la conciencia como un producto sociocultural e histórico (Vygotsky et al., 1996).

El fundamento epistemológico de la teoría de Vygotsky señala que el problema del conocimiento entre el objeto y el sujeto se resuelve con la dialéctica marxista Sujeto-Objeto (S-O), en la cual el sujeto (persona) actúa mediado por la actividad práctica social sobre el objeto (realidad), transformándolo y transformándose a sí mismo (Matos, 1995). En este proceso de transformación que produce el conocimiento, resulta importante la utilización de instrumentos socioculturales, principalmente de las herramientas y los símbolos, las primeras producen cambios en los objetos y los signos transforman al sujeto que realiza la acción. Estos símbolos no son sino instrumentos psicológicos generados a partir de la evolución de miles de años y la interacción sociocultural, ejemplo de estos símbolos son el lenguaje, la escritura, la matemática y el cálculo, etc. (Baquero, 1996).

Una de las categorías centrales de la teoría sociocultural sobre la que se han basado muchas de las prácticas educativas o el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje ha sido la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), cuya amplia y muchas veces superficial difusión, ha generado el nacimiento de varias posturas e intentos para descifrar las situaciones de enseñanza más diversas. En su versión más difundida, publicada en la obra original de Vygotsky, la ZDP se presenta como: "the distance between the actual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peer" (Vygotsky, 1980).

Importante resulta mencionar que esta idea se complementa y se soporta con las cláusulas: a) lo que hoy se realiza con la asistencia o con el auxilio de una persona más experta en el dominio en juego, en un futuro se realizará con autonomía sin necesidad de tal asistencia y b) tal autonomía en el desempeño se obtiene, como producto de la asistencia o auxilio, lo que conforma una relación dinámica entre aprendizaje y desarrollo (Baquero, 1996).

Bajo esta concepción, el niño se va apropiando de las manifestaciones culturales que tienen un significado en la actividad colectiva, haciendo que los procesos psicológicos "superiores" se desarrollen en los infantes a través de la enculturación de las prácticas sociales, de la adquisición de la tecnología con la que cuenta la sociedad a la que se pertenece, de sus signos y herramientas y a través de la educación en todas sus formas (Moll et al., 1993). Según este punto de vista, el desarrollo ontogenético del ser humano presenta la siguiente estructura: a) actividad colectiva y comunicación, b) cultura (signos), c) apropiación de la cultura (enseñanza y educación), d) actividades individuales y grupales, componentes que influyen el desarrollo psíquico del ser humano. Obviamente, esta estructura transmite una especificidad histórico-contextual al desarrollo de la psiquis de los individuos según la época y la cultura en la que se desarrollan (Matos, 1995). Las diferencias históricas entre las ideas de Piaget y Vygotsky se presentan en la figura 21.



Figura 21: Diferencias históricas entre las concepciones de Piaget y Vygotsky
Elaboración propia.

Para este estudio, resultan importantes varios factores de ambas corrientes de la psicología del desarrollo humano puesto que la aproximación que se busca originar es la de un entorno de trabajo en el que el niño, apoyado por su profesor y sus compañeros (enfoque sociocultural) realice actividades tendientes al aprendizaje de la matemática básica en un escenario altamente interactivo que, por su naturaleza eleve su motivación y considere sus preferencias, habilidades, capacidades cognitivas sin dejar de lado su desarrollo físico, motor, social y emocional (enfoque constructivista).

2.6.2.3. Teoría socio constructivista

El soporte teórico del socio constructivismo (ver figura 22) tiene sus cimientos en las dos teorías de la psicología del desarrollo humano antes mencionadas: la Psicología genética de Jean Piaget y la Psicología sociocultural de Lev Vygotsky, cuyas elaboraciones originales han sido renovadas por un conjunto de investigaciones científicas provenientes de las corrientes denominadas como neopiagetianas y neovygotskianas, según la inclinación epistemológica que toma cada estudio. Hay que mencionar que el desarrollo profundo de los conceptos en los que se basa el socio constructivismo fueron realizados bajo la percepción de Lev Vygotsky. A continuación, una imagen que pretende mostrar las bases teórico-conceptuales de la psicología social del Desarrollo Cognitivo de los que se desprende el socio constructivismo.

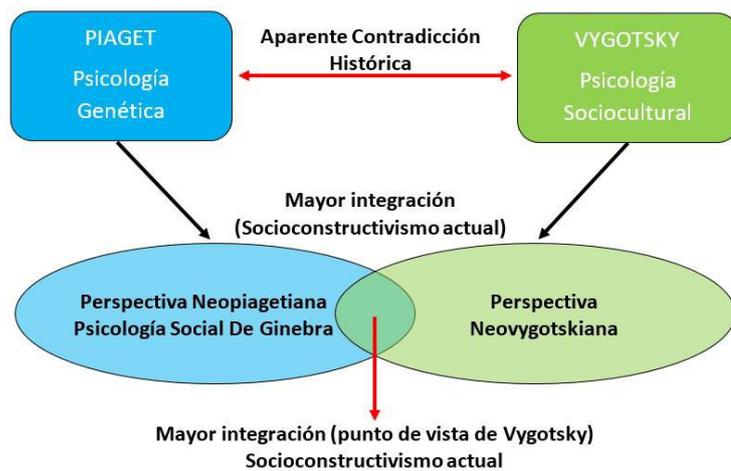


Figura 22: Bases teórico-conceptuales de la Psicología Social del Desarrollo Cognitivo
Elaboración propia, en base a (Castellaro, 2017).

El socio constructivismo, se presenta como una innovadora teoría del conocimiento en la que se asume que la comprensión, la importancia y el significado de los conocimientos se desarrollan en coordinación e interacción con otros seres humanos. Según Leeds-Hurwitz (2009), esta teoría posee dos elementos importantes: a) la suposición de que el ser humano relaciona su experiencia creando un modelo del mundo social y como este funciona, b) la creencia de que el lenguaje es el sistema esencial mediante el cual los seres humanos construyen su realidad. Acorde a esta idea, (Roth, 2000), señala que las bases del conocimiento de un ser humano se hallan en las interacciones de este con su entorno y con otras personas, proceso que sucede antes de que dicho individuo internalice ese conocimiento.

En Kim (2001), se indica que el socio constructivismo considera como ciertos a varios supuestos específicos sobre la realidad, el conocimiento y el aprendizaje, dichos supuestos se describen en los siguientes párrafos:

Sobre la realidad. El primer supuesto del socio constructivismo es que la realidad no existe de antemano, esta se construye a través de la actividad con otros seres humanos y en un contexto específico. En ese sentido, los miembros de una sociedad o grupo (no individualmente) inventan las propiedades del grupo o mundo. En ese orden de ideas, el socio constructivismo plantea que, dado que la realidad no se hace antes de la interacción social y en un contexto, no es algo que el ser humano pueda descubrir de manera individual.

Sobre el conocimiento. Desde su enfoque, el socio constructivismo asume que el conocimiento es un producto humano que se construye progresivamente de manera social y cultural. Esto significa que las personas pueden crear significado cuando interactúan entre sí en el contexto y en el entorno que los rodea.

Sobre el aprendizaje. La tercera suposición del socio constructivismo indica que el aprendizaje se da como un proceso social, puesto que este no puede darse por sí solo dentro de un ser humano, ni se desarrolla de forma pasiva gracias a fuerzas externas. Esta teoría afirma que el denominado “aprendizaje significativo” ocurre solo si los individuos forman parte de actividades sociales como la interacción y la colaboración.

Bajo la concepción del socio constructivismo, nacen nuevos roles que deben ser ejecutados tanto por el docente como por el estudiante. A continuación, se describen los modelos de docente y estudiante que nacen desde esta concepción.

Según la teoría socio constructivista, los instructores se presentan como facilitadores y no como “maestros”, según las funciones que cumplen en el proceso de aprendizaje. En el socio constructivismo, el instructor es un facilitador que ayuda al estudiante a comprender el contenido desde su propia intuición y punto de vista, dejando atrás el rol tradicional en el cual el maestro es aquella persona que da una lección magistral sobre un tema. Bajo esta concepción tradicional, el estudiante tiene un papel pasivo si el maestro solamente enseña. En cambio, en el enfoque socio constructivista el estudiante tiene un rol protagónico en su propio aprendizaje si el instructor facilita este proceso y ayuda al estudiante a aprender. Este cambio de roles implica que el instructor como facilitador necesita de un conjunto diferente de habilidades, que las de un instructor como maestro (Brownstein, 2001). Desde el punto de vista del socio constructivismo, se propone que en lugar de que el maestro diga, un facilitador pregunte; en lugar de que el maestro de su conferencia desde el frente, el facilitador apoye desde atrás; en lugar de que el maestro de respuestas de acuerdo con un plan de estudios predeterminado, el facilitador proporcione pautas y guías creando además el ambiente adecuado para que el estudiante obtenga sus propias conclusiones y llegue a su propia respuesta en base a los contenidos analizados; en lugar de que el maestro de

un monólogo, el facilitador mantendrá un diálogo continuo e interactivo con los estudiantes, en busca del anhelado aprendizaje significativo.

Con respecto al estudiante, éste debe ser considerado como un ente activo en el proceso de construcción de su propio conocimiento, dejando atrás el papel pasivo propuesto desde el enfoque conductista, dando así importancia a las relaciones entre el estudiante y sus pares y los profesores y los estudiantes, quienes juegan roles de formadores y constructores del conocimiento, empleando la Zona de Desarrollo Próximo para beneficiar el aprendizaje del estudiante, puesto que en condiciones adecuadas, el uso de la ZDP despierta una variedad de procesos evolutivos que operan únicamente cuando el niño en este caso, interactúa con las personas de su entorno y en cooperación con sus compañeros (Galbraith et al., 1997), citado en (Rojas, 2018).

Considerando estos antecedentes, en la siguiente sección se propone un modelo que aprovecha las características de la tecnología de Realidad Aumentada y las interfaces gestuales, la aplicación del modelo es posible mediante la utilización de MS Azure-Kinect. Con dicho modelo, se espera verificar los resultados expuestos en Baumeister et al. (2017), trabajo en el que se detectaron diferencias en el esfuerzo mental al usar Realidad Aumentada Espacial (SAR) frente a la utilización de un monitor o de un sistema montado en la cabeza (HMD) en las experiencias de Realidad Aumentada. Los resultados de este estudio indican que la utilización de un sistema basado en SAR disminuye el esfuerzo mental frente a las alternativas mencionadas.

2.6.3. Principios básicos y orientaciones desde el Constructivismo y el Socio constructivismo

2.6.3.1. Orientaciones desde el constructivismo.

En el aprendizaje constructivista se destacan las orientaciones dejadas por el más notable de sus exponentes, David Ausubel (1918 - 2008) fue un psicólogo y pedagogo norteamericano que realizó importantes aportes referentes a esta teoría del aprendizaje. El constructivismo explica que toda nueva situación que experimentemos tendrá un significado que se construye y se basa en nuestras experiencias pasadas (conocimientos previos). Como ejemplo de esta situación, se puede mencionar que si un niño ve un insecto saltar puede creer que está volando y es un pájaro, sin embargo,

a medida que vaya creciendo tendrá más información y experiencia con las que podrá construir un nuevo aprendizaje. Desde este punto de vista, según se indica en Piaget (1976), citado en Fryer et al. (2019), los procesos que intervienen en la construcción del aprendizaje son los siguientes:

- **Asimilación.** Interiorización de la información o evento a una estructura cognitiva preexistente con el objetivo de descifrarla utilizando para ello, conocimientos obtenidos de experiencias anteriores pero relacionados. La asimilación es entonces, la comprensión del evento nuevo relacionándolo con la propia estructura cognitiva.
- **Acomodación.** Incorporación del nuevo conocimiento a la estructura cognitiva, mediante la creación de un nuevo esquema de conocimiento o mediante la modificación de un esquema preexistente.

El constructivismo defiende que la realidad no es un factor externo, sino interno. De este modo, dos personas pueden experimentar un mismo suceso y tener diferentes significados para cada una de ellas. Por ejemplo, para una persona ganar mucho dinero puede significar síntoma de éxito, sin embargo, para otra persona puede significar síntoma de avaricia, todo depende de su interpretación.

El aprendizaje, según la corriente constructivista señala que con el paso del tiempo y a medida que se experimente una y otra vez una situación, esta aportará cada vez más datos, y al mismo tiempo se estará construyendo un nuevo aprendizaje sobre dicha situación. A continuación, se presentan tanto los principios básicos que sustentan esta corriente educativa como los roles que deben adoptarse por parte del docente y del estudiante. Así mismo, se presentan las características que debe poseer un entorno de aprendizaje para ser considerado como constructivista:

2.6.3.2.Principios básicos del Constructivismo:

- El individuo construye el conocimiento de manera activa interactuando con el objeto de estudio.
- El aprendizaje se facilita gracias a la mediación, interacción y negociación con los demás.
- El aprendizaje es un proceso constructivo interno que se va autoalimentando.
- El grado de aprendizaje depende del nivel de desarrollo cognitivo en general.

- El nuevo conocimiento adquiere significado cuando se relaciona con el conocimiento previo.
- Los conocimientos previos son el punto de partida de todo aprendizaje, y serán claves en el futuro.
- El aprendizaje se produce cuando entra en conflicto lo que el individuo sabe con lo que debería saber.
- El contexto social y cultural de la persona influye en la construcción del significado.

Rol del docente (como facilitador en el proceso de aprendizaje):

- El docente debe tener una participación activa en el proceso de aprendizaje, por cuanto debe crear, contextualizar (y adaptar, de ser necesario) las actividades del proceso de aprendizaje.
- Debe promover actividades que propicien el desarrollo de habilidades cognitivas.
- Es un moderador, coordinador, facilitador y mediador.
- Es el responsable directo de crear un clima armónico, afectivo y de mutua confianza, siendo siempre consciente de la posición del estudiante.
- Debe valorar los intereses y diferencias individuales y conocimientos previos del estudiante.
- Debe conocer las necesidades evolutivas y los estímulos que recibe en otros contextos: familiares, educativos, sociales, etc.
- Estimular y aceptar la autonomía e iniciativa del estudiante.

Rol del estudiante (como constructor de su propio aprendizaje):

- El estudiante selecciona y transforma información, crea hipótesis y toma decisiones basado en su experiencia.
- El individuo es responsable de su aprendizaje porque es único en cada individuo y por tanto insustituible.
- Participa o debe participar activamente en las actividades que contribuyen a su desarrollo cognitivo.
- Propone ideas y las defiende de forma constructiva
- Acepta, analiza e incorpora ideas de otros

- Pregunta con el fin de clarificar y comprender

Rol del conocimiento:

- Depende del Estudiante (interacción con objetos de su entorno).
- No es resultado de una mera copia de la realidad preexistente (conocimientos previos).
- Se produce mediante un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa (contenidos a aprender) es interpretada y reinterpretada (conflicto cognitivo) por la mente del estudiante.
- Se va construyendo progresivamente en la mente del individuo como modelos explicativos, cada vez más complejos, que permiten explicar la realidad que conocemos.
- Depende del contexto (entorno en que se realiza el proceso de aprendizaje).
- Cubre las dimensiones del ser humano como aprendiz (cognitiva, psico-motriz y kinestésica)
- Permite una interpretación personal del mundo.
- Debe proporcionar un modelo (abstracción de la realidad).

2.6.3.3.Orientaciones desde el socio constructivismo.

La teoría del desarrollo social de Vygotsky, revisada en Crawford (1996) citado en Hodge & Cobb (2019), sostiene que el conocimiento es un producto cultural que surge de la interacción social mediante la cual, el aprendizaje se produce mediante el involucramiento social de los seres humanos para compartir, hablar y actuar sobre temas e intereses que son comunes a sus intereses. el análisis del constructivismo junto a las ideas socioculturales genera lo que se conoce como socio constructivismo. La diferencia básica entre el constructivismo cognitivo (o constructivismo clásico) y el socio constructivismo es que bajo este enfoque se señala que el lenguaje precede al pensamiento, mientras que el constructivismo clásico sostiene lo inverso. Según lo expuesto por esta corriente, a continuación, se presentan los roles que según (Ghaedi et al., 2020), deben asumir tanto el profesor como el estudiante y del conocimiento.

2.6.3.4.Principios básicos del Socio constructivismo

- El aprendizaje es percibido como un proceso comunitario.

- Se da prioridad a los procesos culturales y sociales por encima de los procesos psico cognitivos individuales,
- Los estudiantes “expertos” demuestran o ejecutan la habilidad o conducta a aprender y los estudiantes menos experimentados imitan dicha habilidad o conducta.
- Los estudiantes construyen su propio conocimiento mediante su participación en actividades colectivas.
- El conflicto cognitivo ocurre cuando se hace evidente la falta de conocimiento compartido y la necesidad de superar dicha carencia (apoyándose en la divergencia de pensamientos, el análisis, la discusión o el proyecto común).
- El lenguaje es la herramienta empleada para la interacción social.
- Según el concepto de Zona de Desarrollo Próxima (ZDP), el ser humano aprende dentro del ámbito social, de manera deliberada mediante la interacción.
- El niño se halla comprometido y motivado para la realización de las actividades propuestas.

Rol del docente:

- Brinda orientación al estudiante.
- Considera los prerrequisitos (conocimientos previos).
- Emplea diferentes métodos de enseñanza.
- Es un guía que enseña a aprender.
- Presenta información en diferentes formatos y medios a sus estudiantes.
- Emplea varios métodos de evaluación.

Rol del estudiante:

- Es el constructor de su propio conocimiento.
- Debe obtener significado de las experiencias de aprendizaje.
- Controla y dosifica el proceso de aprendizaje.
- Conecta los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos.
- Se muestra activo en el proceso de aprendizaje.

Rol del conocimiento:

- Depende del estudiante (habilidades cognitivas) y de su interacción social.
- Presenta si es posible, la existencia de múltiples realidades del mundo.
- El conflicto cognitivo del estudiante se presenta por el estímulo del entorno y por su interacción con otros seres humanos.
- El conocimiento o habilidad se considera adquirido cuando el estudiante posee una abstracción mental que le permite aplicar dicho conocimiento o habilidad en la vida real.
- Depende del contexto (entorno en que se realiza el proceso de aprendizaje).
- Cubre las dimensiones del ser humano como aprendiz (cognitiva, psico-motriz y kinestésica)
- Permite una interpretación personal del mundo.
- Debe proporcionar un modelo (abstracción de la realidad).

Tanto el ambiente de Aprendizaje Constructivista como el ambiente de Aprendizaje Socio constructivista intervienen varios factores, pero ambos presentan claramente cinco características comunes bien definidas, estas son:

- Provee contacto con múltiples representaciones de la realidad, que ponen de manifiesto la complejidad del mundo real.
- Enfatiza en la construcción del conocimiento dentro de la reproducción de este.
- Enfatiza la ejecución de tareas auténticas en lugar de instrucciones descontextualizadas.
- Fomenta la reflexión a partir de la experiencia, creando un vínculo entre el contexto y la construcción del conocimiento.
- Propicia la construcción del aprendizaje colaborativo, a través de la interacción social y no la competencia que busca el reconocimiento.

Lo expuesto, permite presentar una aproximación instruccional conceptual aplicable para la enseñanza mediante la aplicación de objetos de aprendizaje que combine además la tecnología de Realidad Aumentada (RA) y la interacción provista por MS Kinect o MS Azure, aumentando de esta forma la motivación en los discentes. Dicho aumento motivacional será provocado por el hecho de que los contenidos a tratar se presenten (según las orientaciones constructivistas y socio constructivistas analizadas)

de manera que el estudiante de un significado a los contenidos que está adquiriendo, pudiendo ser en forma de un problema, una situación de la vida real, una historia, "una actividad novedosa o lúdica", etc., además de la consideración de los otros aspectos analizados entre los que destaca, por ejemplo la conexión que debe existir entre los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos conocimientos presentados por el docente, encargado de diseñar experiencias de aprendizaje en las que, la correcta vinculación de estos contenidos sea considerada en función de las capacidades de los estudiantes para los que está dirigida la clase. La utilización de las tecnologías involucradas permite además, captar la atención de los estudiantes y aumentar el interés de estos frente a las experiencias de aprendizaje propuestas por el profesor, hecho que aumenta su motivación intrínseca (Cordova & Lepper, 1996) citados en (Kaiser, 2020).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Desarrollo metodológico

3.1.1. Tipo y diseño de investigación

Este estudio es exploratorio y aplicado, su diseño es correlacional, cuali-cuantitativo y transversal y longitudinal, el investigador interviene en el proceso controlado, tomando en varias ocasiones los datos que se emplean para el contraste. El análisis estadístico realizado permite estimar los parámetros de la población estudiada a partir de una muestra, permitiendo determinar la correlación de las variables del estudio.

El diseño de investigación corresponde al correlacional, dado que el propósito y utilidad del estudio es el conocer cómo se comporta una variable, conociendo el comportamiento de otra variable relacionada, es decir, intentar predecir el comportamiento que tendrá un grupo de individuos en una variable, a partir del valor que tienen en la variable o variables relacionadas.

El estudio es de nivel aplicativo, método transversal pues permite presentar los datos tal como se presenta en un tiempo y espacio determinado, y también longitudinal, pues se analiza la situación antes y después de ser aplicado el modelo desarrollado como producto de la tesis

Además de lo antes mencionado, al desarrollar los instrumentos de recolección de datos, también se empleó una escala de Likert, hecho que provocó que el estudio sea también cualitativo. Con estas consideraciones, el estudio realizado se constituye en una investigación de tipo mixta, de acuerdo a lo indicado en Hernández Sampieri et al. (2014) “la investigación mixta es un enfoque relativamente nuevo que implica combinar los métodos cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio”

Según estos autores, “El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” y “El enfoque cualitativo utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación” (Hernández Sampieri et al., 2014).

Cabe mencionar las bases científicas que sustentan a la investigación realizada, en primer lugar el estudio sigue el proceso del Método Científico proceso riguroso que mediante la ejecución de sus pasos (observación, inducción y preguntas, hipótesis, Experimentación y demostración), persigue establecer relaciones entre hechos correlacionados para enunciar leyes y teorías que expliquen y fundamenten el funcionamiento del mundo. Los pasos del método científico están plasmados en el esquema de presentación de este informe de tesis.

El estudio empleó los conceptos clave de dos paradigmas educativos predominantes en la actualidad como son:

- **El constructivismo**, corriente pedagógica que brinda herramientas para que el estudiante sea capaz de construir su propio conocimiento, mismo que es el resultado de las experiencias anteriores obtenidas en el medio que le rodea. Según el constructivismo, el alumno interpreta la información, las conductas, las actitudes o las habilidades adquiridas previamente para lograr un aprendizaje significativo, que surge de su motivación y compromiso por aprender.

En las aulas constructivistas, el profesor tiene la función de crear un entorno colaborativo en el que los estudiantes participen activamente en su propio aprendizaje. Este tipo de aulas constructivistas tienen como base 4 áreas clave para tener éxito:

- ✓ Los conocimientos compartidos entre profesores y alumnos.
 - ✓ Los profesores son guías o facilitadores del aprendizaje.
 - ✓ Las aulas de aprendizaje constan de pequeños grupos de estudiantes.
 - ✓ Las aulas constructivistas se enfocan en las preguntas e intereses de los estudiantes, se enfocan en el aprendizaje interactivo y están centradas en el estudiante.
- **El socio constructivismo**, sitúa la mirada en el alumno, quien se considera como un ser social inmerso y responsable en su propio aprendizaje. Este es un enfoque altamente efectivo en las dinámicas cotidianas del aula.

El enfoque socio constructivista plantea dos premisas educativas principales, la primera de ellas, en concordancia con el constructivismo es que el conocimiento es

construido por el alumno, por lo tanto, la educación tiene que instruir en torno al estudiante; la segunda, destaca en gran medida el contexto social en el que se desenvuelve el estudiante, este aspecto es importante ya que los individuos viven y aprenden a través de una cultura. Por ello, según esa corriente pedagógica la educación no se puede aislar de la sociedad y debe ser contextualizada.

La investigación también analiza y emplea la ciencia detrás de la Interacción Hombre-Máquina (HCI), misma que estudia la forma en que los seres humanos interactúan con las computadoras. La HCI considera tres componentes: los usuarios, las computadoras y la interacción entre ellos. Su objetivo principal es hacer que el envío de información entre humano - computador sea más eficiente, logrando hacer más eficiente el trabajo que los humanos realizan con las computadoras.

3.1.2. Tipo y Alcance

Una vez definido el enfoque de la investigación, se determinó que el estudio se constituye como una investigación de tipo exploratoria siendo que se han revisado estudios anteriores que sirvieron como referencia para la investigación realizada, así mismo la revisión bibliográfica permitió familiarizarnos con los temas inherentes a los objetos de interés, así como indagar la importancia que existe al relacionar las variables del estudio. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación exploratoria se realiza “cuando la revisión de la literatura reveló que tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas”.

El estudio realizado es de alcance descriptivo ya que la revisión bibliográfica permitió acceder a las diferentes teorías y conceptos que permitieron determinar el marco teórico del trabajo con la finalidad de establecer los elementos y las características que componen a las variables de la investigación. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación de alcance descriptivo “Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”.

El tipo de la investigación realizada es de tipo correlacional, puesto que se estableció una interacción entre la utilización de Aplicaciones construidas con las consideraciones del Modelo de Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz

Gestual para Niños (MARAGIC) y el rendimiento académico de los niños participantes del estudio, en este caso, se pretende responder la pregunta ¿existe diferencia entre el rendimiento de los estudiantes que emplearon los minijuegos desarrollados con MARAGIC y el rendimiento de los niños que emplearon el método tradicional de aprendizaje?. En Hernández Sampieri et al. (2014), sobre el estudio correlacional se dice que “Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto particular”.

El alcance explicativo del estudio se evidenció luego de obtener los resultados de la prueba de hipótesis, permitió explicar el nivel de relación entre las variables estudiadas, según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación explicativa “Pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”.

3.1.3. La población y la muestra

3.1.3.1. Características de la población

Para emplear el modelo de Realidad Aumentada que considere características cognitivas para aprendizaje de niños en edad escolar propuesto en el estudio, se definió como población a los niños que asisten al tercer grado de Educación General Básica (EGB) en la ciudad de Riobamba, Ecuador. Con los que se realizaron las pruebas de campo antes y después de emplear el modelo desarrollado.

3.1.3.2. Selección de la muestra

Para obtener la muestra se empleó el muestreo no probabilístico y no aleatorio por conveniencia considerando la facilidad de acceso y la disponibilidad de los sujetos de estudio para formar parte de la muestra. Así, la muestra se conformó por el número de estudiantes de las Unidades Educativas que participaron del estudio en cada uno de los momentos en que se realizaron las pruebas de campo. Esta consideración da como total una población total de 29 estudiantes en el primer escenario y de 30 estudiantes en el segundo escenario de aplicación. Debido a que la población (niños de tercer año de EGB), en ninguno de los casos supera las 100 unidades de estudio, no fue necesario aplicar una fórmula para establecer una muestra con la que se ejecute la investigación y se trabajó con todos los sujetos.

Cabe mencionar que en la investigación la muestra del estudio se conformó de manera no probabilística e intencional y que la estratificación de los sujetos fue según la Unidad de Educación Básica y el año de EGB al que asistían, esto se realizó en los dos momentos en que se ejecutó el estudio de campo para procurar que las unidades de estudio a seleccionar constituyan una muestra homogénea es decir que posean el mismo perfil, presentando características y rasgos similares (Hernández Sampieri et al., 2014).

Tabla 4: Muestra del caso de estudio N° 01

Elementos de la población	Niñas	Niños	Total
Jornada matutina	13	16	29

Elaboración propia.

Tabla 5: Muestra del caso de estudio N° 02

Elementos de la población	Niñas	Niños	Total
Jornada matutina	18	12	30

Elaboración propia.

3.1.4. Métodos y técnicas

3.1.4.1. Método Inductivo

Siendo que este método científico consiste en utilizar razonamientos para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación tiene carácter general (Andrade Zamora et al., 2018), este método se utilizó en el estudio desde que se estudiaron de manera particularizada cada uno de los elementos y características de las variables de estudio.

3.1.4.2. Método Deductivo

Siendo que este método científico permite determinar las características de una realidad particular que se estudia por derivación o resultado de los atributos o enunciados contenido o proposiciones o leyes científicas de carácter general formuladas con anterioridad (Abreu, 2014), El método deductivo se empleó en la investigación cuando al establecer las teorías más relevantes sobre cada variable de interés, en este caso sobre la Realidad Aumentada con interacción gestual y los

procesos de aprendizaje. Con esto, los investigadores fueron capaces de determinar que teorías se acoplan al estudio.

3.1.4.3. Método Comparativo

Considerando que según Abreu (2014), el método comparativo consiste en ejecutar de “forma crítica un contraste entre los factores del objeto de estudio usualmente representados por variables y constantes de la realidad estudiada que puede compararse además con otras realidades parecidas”, el estudio emplea este método cuando se contrasta el nivel alcanzado por los niños participantes del estudio en su rendimiento académico y su satisfacción al interactuar con estos OVA’s (variable dependiente), antes y después de utilizar los OVA’s desarrollados con las orientaciones del Modelo para Aplicaciones de RA e interface gestual para Niños (variable independiente). Esta comparación se realizó con el fin de indagar de forma objetiva la incidencia que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente. Dicha comparación se realizó empleando la prueba estadística t-student, debido a las características (analizadas en el capítulo 5 del trabajo) de los datos cuantitativos recogidos en las pruebas de campo en los que se aplicaron los Recursos Educativos Digitales diseñados con el modelo MARAGIC (Lozada-Yáñez et al., 2022).

3.1.4.4. Método Empírico

El método empírico se empleó en la investigación cuando se aplicó la encuesta denominada Escala de Usabilidad de un Sistema o System Usability Scale (SUS), por sus siglas en inglés (Brooke, 1986), la encuesta estuvo dirigida a los estudiantes participantes del estudio de campo. El instrumento aplicado estuvo compuesto por las 10 preguntas establecidas por la encuesta SUS y diseñado bajo la escala de Likert.

La encuesta aplicada tuvo el objetivo de recabar las percepciones de los estudiantes que emplearon los OVA’s desarrollados a partir del modelo MARAGIC como apoyo en el desarrollo de sus clases de matemática. La aplicación de este instrumento, validado por su utilización en varios artículos y publicaciones (Antonio & López, 2021), se ha empleado con anterioridad para la evaluación de una amplia gama de servicios y productos, que incluyen a software y hardware, aplicaciones variadas, dispositivos móviles, sitios Web, entre otros.

3.1.4.5. Propuesta para el procesamiento estadístico de la información recabada.

Una vez que se realizaron a las pruebas de campo, y luego de la aplicación de un pre-test y post-test a los estudiantes participantes en ambos momentos, se obtuvieron los datos que permitieron mediante un análisis estadístico inferencial, verificar la correlación de las variables de estudio y observar que la variable independiente (Modelo para Aplicaciones de RA e interface gestual) tiene incidencia sobre la variable dependiente (Interacción y Rendimiento académico), esta parte del estudio se detalla más a detalle, específicamente en el capítulo 5 del trabajo.

Así mismo, luego de la aplicación de la encuesta SUS a quienes usaron los Objetos de Aprendizaje diseñados, se obtuvieron datos que permitieron determinar el nivel de satisfacción de quienes emplearon los sistemas desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC. El correcto procesamiento de los datos recabados durante la investigación permitió dar respuesta de forma objetiva a las hipótesis planteadas al iniciar el trabajo investigativo y obtener conclusiones sobre el fenómeno estudiado en la tesis presentada.

CAPITULO 4: MODELO DE APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA CON INTERFAZ GESTUAL PARA NIÑOS (MARAGIC)

4.1. Introducción

La gran evolución alcanzada en la actualidad tanto por el hardware como por el software ofrece grandes oportunidades para la creación de nuevas formas de comunicación, interacción y trabajo, actividades importantes en los procesos de enseñanza – aprendizaje, así como la ubicuidad de la computación, posible por la aparición de los dispositivos móviles y el Internet, así como su utilización como soporte para el desarrollo de muchas actividades que realiza el ser humano en su día a día, hacen que el uso de herramientas informáticas se haya convertido en un importante recurso, sin importar el ámbito del quehacer humano en que se empleen. Lo dicho ha posibilitado la creación de muchas herramientas basadas en las TIC como apoyo en procesos de enseñanza – aprendizaje, estas herramientas han captado la atención de investigadores y profesores de todo el mundo, quienes estudian los efectos y beneficios que aportan estas nuevas tecnologías para educar. Ahora bien, para realizar un estudio adecuado de los beneficios y potencialidades de las TIC para educar, el análisis de las capacidades cognitivas de los usuarios para quienes están diseñadas es fundamental a la hora de asumir el desarrollo de aplicaciones en el campo educativo (R. M. Lozada et al., 2018). Es importante entonces considerar las capacidades cognitivas, conocimientos previos y preferencias de interacción que posee el usuario que empleará los recursos educativos digitales para su aprendizaje, esta consideración permitirá explotar dichas capacidades, conocimientos y preferencias minimizando la carga cognitiva extrínseca que genera la utilización de los medios tradicionales de interacción (teclado y ratón), en usuarios jóvenes o nóveles de sistemas informáticos. Este hecho toma mayor notoriedad si se considera que las capacidades físicas y cognitivas del ser humano varían según la edad. Para el caso particular del público objetivo de este estudio, cae mencionar que los niños tienen una constitución física más pequeña y una capacidad de atención más corta que los adultos. Así mismo, sus

habilidades de lectura, escritura y capacidades cognitivas son limitadas (Lazar et al., 2017), en comparación con los usuarios de computadoras típicos que oscilan entre los 20 y 55 años.

Si se considera que en la actualidad los niños tienen un mayor acceso a las tecnologías informáticas, es importante que las herramientas tecnológicas desarrolladas para este tipo de usuario se diseñen teniendo en cuenta sus habilidades, intereses y necesidades de desarrollo (Hourcade, 2008). En ese sentido, el desarrollo de objetos de aprendizaje digitales para niños debe ser realizado por equipos multidisciplinarios (R. M. Lozada et al., 2018), es decir que en el desarrollo de este tipo de sistemas deben participar docentes, pedagogos, psicólogos, desarrolladores de software, etc., que determinen y consideren las características específicas que los recursos educativos deben poseer para este tipo de usuario. Al interactuar con un sistema informático, las emociones e intenciones del usuario deben determinarse y predecirse adecuadamente para reconocer las tendencias de los usuarios en base a sus intereses y disposiciones (Gossen et al., 2017). La adecuada determinación de estos aspectos permitirá que el diseño de una interfaz de usuario se adapte a los cambios de la reacción emocional del usuario y a sus necesidades. Según Gossen et al. (2017), aspectos como las habilidades cognitivas, las habilidades motoras finas, la madurez emocional y el conocimiento de un hombre de sesenta años, un adolescente de catorce años y un niño de siete años difieren enormemente. Por lo dicho, la consideración de estos aspectos influye en las decisiones tomadas en el proceso de diseño de la interfaz de usuario (UI) de un sistema informático. Esta situación es más relevante aun si se trata de usuarios jóvenes y/o ancianos siendo que la mayoría de los desarrolladores de software no consideran los requisitos particulares de diseño que necesitan este tipo de usuarios debido a los cambios que, por su edad, se producen en sus habilidades físicas y cognitivas (Gossen et al., 2013) (R. M. Lozada et al., 2018).

El estudio en el campo de la Interacción Humano Computador (HCI), debe relacionar al usuario con la interacción y con la interfaz para lograr que la visualización de las interfaces presentadas en un sistema informático sea comprensible para el usuario, quien en el marco de trabajo que compete, posea los conocimientos previos necesarios para realizar el conjunto de acciones que le permitan interactuar con el software

apropiadamente y alcanzar los objetivos curriculares propuestos por este tipo de actividades.

4.2. Modelo de Realidad Aumentada que Considera las Características Cognitivas Para Aprendizaje De Niños En Edad Escolar.

En esta sección se presenta el aporte principal de la tesis, el Modelo de Interacción para Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaces Gestuales (MARAGIC, por sus siglas en inglés). El modelo propuesto ha sido creado con la finalidad de que, con la aplicación de sus directrices didácticas, los objetivos educativos planteados y el perfil del usuario al que está orientado un objeto de aprendizaje basado en RA e Interfaces Gestuales, este sea diseñado y desarrollado de tal forma que sea una herramienta que aporte en la construcción del conocimientos y mejore el rendimiento y la percepción de usabilidad (interacción) del público objetivo que se considera para el estudio (niños en edad escolar). Como se mencionó en secciones anteriores, para el diseño del modelo propuesto en el estudio, se consideraron las premisas y orientaciones pedagógicas que nos brindan tanto la teoría del aprendizaje constructivista (Piaget, 1976) como la teoría del aprendizaje socio constructivista y la Zona de Desarrollo Próximo (Vygotsky et al., 1996). Siguiendo las orientaciones de dichas teorías, el modelo propuesto se desarrolla analizando los aspectos más importantes que se plasman en orientaciones desde cada uno de los paradigmas educativos mencionados.

En base a los principios del constructivismo y del socio constructivismo y a los roles que según estas corrientes pedagógicas deben desempeñar el estudiante, el docente, los contenidos educativos y el ambiente de aprendizaje (presentados en el marco teórico), los investigadores han sintetizado en la figura 23 los roles que se reportan como beneficiosos para mejorar tanto la usabilidad del objeto de aprendizaje como el rendimiento académico de los estudiantes bajo estos paradigmas educativos. El producto de este trabajo se fundamentará entonces, en ciertos aspectos puntuales que deben presentar tanto los docentes como los estudiantes, el conocimiento y el ambiente de aprendizaje desde el punto de vista del constructivismo y del socio constructivismo,

dichos aspectos servirán entonces, como orientaciones pedagógicas para conformar el modelo propuesto. Además de dichas aproximaciones, se consideraron otras características pedagógicas importantes como: a) Intentar llegar al estudiante con experiencias de aprendizaje basadas en la experimentación y manipulación; b) Emplear una característica del cognitivismo, mediante la cual se busque la comprensión de la manera en que la mente humana interpreta, procesa y almacena información; c) El desarrollo cognitivo de los estudiantes y sus conocimientos previos y d) Las condiciones en que se da el aprendizaje (contexto). El modelo pretende incluir todas estas perspectivas y, por tanto, sus componentes deben diseñarse considerando a estos puntos de vista.

Además, en la figura 23 se observa un código de colores que representa cuál de las tecnologías utilizadas para el desarrollo de los objetos de aprendizaje empleados ayuda en el cumplimiento de los roles contemplados para cada uno de los actores antes mencionados. En ese sentido, cabe indicar que el color verde claro señala que la tecnología de Realidad Aumentada aporta en el cumplimiento de un rol y por su parte, el color naranja claro es un indicador de que el uso de una interfaz de usuario natural favorece el cumplimiento del rol en que dicho color aparece. En caso de presentarse un rol con los dos colores, esto indica que ambas tecnologías aportan de igual manera en el cumplimiento del rol correspondiente.

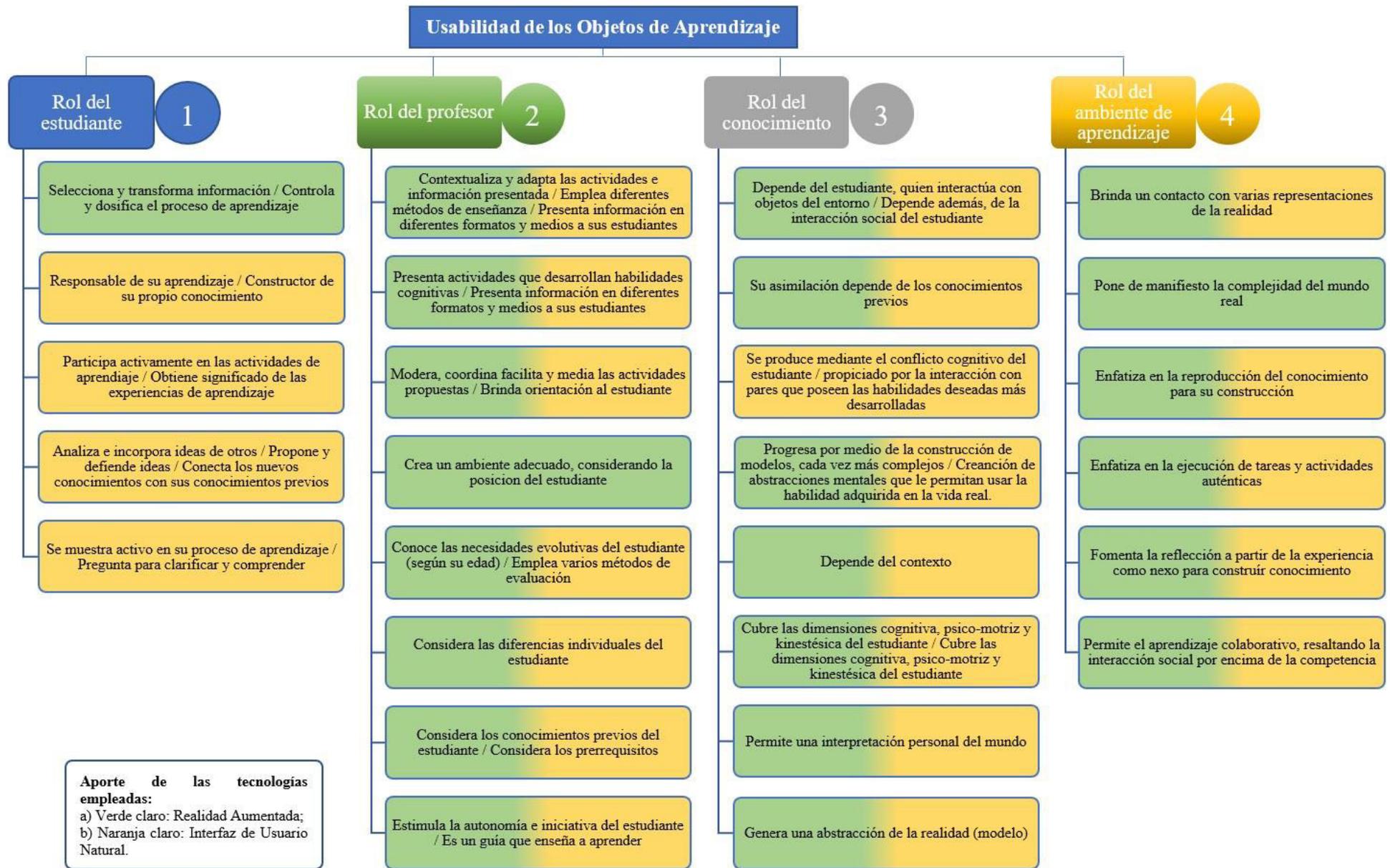


Figura 23: Actores del proceso de aprendizaje, sus Roles y el aporte de las tecnologías empleadas
Elaboración propia.

El modelo propuesto en el presente estudio considera los roles que tienen los cuatro actores principales en el proceso de aprendizaje (estudiante, profesor, conocimiento y ambiente), así como las características detectadas tanto en la aproximación constructivista como en la posición socio constructivista que aportan en beneficio del cumplimiento de cada uno de los roles mencionados. Estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta por el equipo multidisciplinario que desarrolla un objeto de aprendizaje basado en Realidad Aumentada e interacción natural, para que los materiales desarrollados bajo este enfoque cumplan con los objetivos educativos que se persigan con su aplicación, dichos aspectos son los que se mencionan a continuación:

1. Rol del estudiante: Bien sabido es que el estudiante debe ser el eje del proceso de aprendizaje, por ello, la consideración de sus roles en este proceso es de vital importancia cuando se emprende el diseño, desarrollo e implementación de un objeto de aprendizaje digital, puesto que la consideración de las necesidades, roles y características de los usuarios del sistema es importante. Dicha consideración debe abordar temas como la edad de los estudiantes, sus capacidades cognitivas, sus conocimientos previos, el contexto en que se educan, su situación sociocultural, etc. En ese sentido, el análisis de los paradigmas educativos socio constructivista y constructivista analizadas indican que el estudiante debe ser responsable de su proceso de aprendizaje, por lo que las actividades y recursos utilizados deben considerar un alto componente de trabajo autónomo en el aula, en el que el estudiante con la guía del docente (o sin ella), sea capaz de seleccionar adecuadamente la información que va a revisar para abstraer el nuevo conocimiento, siendo además un ente regulador que dosifica y controla sus procesos de aprendizaje, hecho que lo llevará a comprender cómo aprende mejor (metacognición).

Es importante también la concientización que el estudiante debe realizar sobre la importancia de su participación activa y comprometida en los procesos y actividades planteadas por el profesor, sin olvidar tampoco la contraparte docente que debe procurar siempre que dichas actividades estén correctamente situadas en el contexto en el que se desenvuelve el estudiante, para que dichas actividades no sean percibidas por éste como actividades aisladas e inútiles sino que encuentre un sentido de por qué

o para qué adquiere nuevos conocimientos (aprendizaje significativo), tanto en sus experiencias de clase como fuera de ellas. En definitiva, es importante motivar y propiciar la participación del estudiante quien debe percibirse a sí mismo como un ente activo que ha dejado atrás su rol tradicional pasivo y posee nuevos roles que cumplir para facilitar su proceso de aprendizaje.

2. Rol del Profesor: al igual que en el caso del estudiante, el rol docente sufre una transformación mediante la cual, este deja de ser un transmisor de conocimientos para ser un facilitador que conecta al estudiante con fuentes adecuadas que permitan que sea este quien adquiera sus propios conocimientos, siendo también un moderador, coordinador y mediador entre las actividades propuestas y los estudiantes. Dentro de estas nuevas actividades se debe considerar que el docente es el encargado de seleccionar, contextualizar y presentar la información, empleando para ello los diferentes formatos, medios, técnicas e instrumentos que para esa tarea tenga a su disposición, es el encargado además de generar un ambiente adecuado en el que se propongan actividades tendientes a desarrollar habilidades cognitivas, sicomotrices y actitudinales en sus estudiantes.

Resulta importante también que el docente considere las necesidades evolutivas de sus estudiantes, es decir que esté capacitado o lo asesoren adecuadamente para crear objetos de aprendizaje y presentar actividades acordes a las capacidades cognitivas, físicas y/o afectivas del discente sin olvidar considerar los conocimientos previos y los prerrequisitos que sus estudiantes deben poseer. Estos aspectos harán que el docente se transforme en un guía que enseña a aprender estimulando a la vez la autonomía y la iniciativa de sus estudiantes.

3. Rol del Conocimiento: siendo el ser humano un ente social cuyo proceso de aprendizaje se ha basado en la transmisión de conocimientos de generación en generación, resulta importante recalcar que se aprende en base a la interacción que se tenga tanto con otras personas y/o con los objetos que encontramos en nuestro entorno (muestra de esto es la forma en que los niños pequeños aprenden en base a los juegos) y a la relación y significancia que se pueda dar a esas interacciones a partir de lo que hemos aprendido antes, generando el conocido conflicto cognitivo que resulta al

relacionar información que conocemos sobre algún objeto con nueva información que debe ser reemplazada o actualizada en nuestros cerebros al confrontarla. Ese hecho denota también la importancia de que la información que sea presentada al estudiante esté adecuadamente situada y contextualizada a su realidad y que debe tratar de cubrir las dimensiones cognitiva, psicomotriz y kinestésica del estudiante para conseguir los anhelados aprendizajes significativos y la formación integral.

Estas consideraciones permitirán que el estudiante mediante sus procesos psicológicos, psicomotrices y kinestésicos genere una abstracción de la realidad, que se transforme en un modelo que le permita comprender su entorno y poseer una interpretación personal del mundo.

4. Rol del Ambiente de Aprendizaje: Se ha mencionado que los procesos educativos deben estar adecuadamente contextualizados para facilitar el aprendizaje del estudiante. En ese sentido, se debe pensar también en el cambio del ambiente de aprendizaje en el que se realizan las actividades de formación, es importante entonces brindar en dicho ambiente un contacto con varias representaciones de la realidad echando mano a todos los medios, formatos, instrumentos y técnicas que se tengan a disposición para ello, este hecho permite además presentar la complejidad del mundo en que vivimos. Este ambiente para aprender debe plantear actividades y tareas auténticas y con un claro objetivo educativo para lograr que la incorporación de herramientas tecnológicas en los procesos educativos sea útil y no distraiga al estudiante de lo verdaderamente importante, su formación.

Apoyado en el quehacer del docente en el aula, el ambiente de aprendizaje debe ser un lugar de reflexión en el que, a partir de la experiencia se creen nexos que permiten la construcción de nuevos conocimientos a partir de la socialización, la reproducción de contenidos pertinentes y la realización de actividades colaborativas que resalten la interacción social por sobre la competencia, habilidades importantes en el contexto del mundo globalizado en el que vivimos.

Estas consideraciones, sumadas a los beneficios que aporta la utilización de la Realidad Aumentada y la interacción natural provista por MS Kinect y/o MS Azure, mejoran la usabilidad de los objetos de aprendizaje desarrollados con el modelo

propuesto como producto de la tesis, mismos que empleados de forma adecuada reportarán también una mejora en el rendimiento académico de los niños involucrados en la aplicación de los objetos de aprendizaje desarrollados con este enfoque, hecho que demuestra que la correcta utilización de estos elementos (modelo MARAGIC, Realidad Aumentada e Interacción Natural), por sus características innatas pueden propiciar una mejora en los procesos de aprendizaje de niños y jóvenes.

A partir de lo expuesto, se ha elaborado el modelo denominado “Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC)” (Lozada-Yáñez et al., 2022), como respuesta a la falta de modelos y metodologías que permitan el desarrollo adecuado de recursos educativos digitales (Objetos de Aprendizaje) basados en la tecnología de AR y en interfaces de usuario natural, para ello, desde un punto de vista técnico, el modelo está compuesto por cuatro capas: capa de interface, capa de configuración, capa de tiempo de ejecución y capa de almacenamiento, y desde el punto de vista del estudiante y su motivación se considerarán el compromiso, la absorción y la inmersión que percibe gracias a las tecnologías empleadas. El modelo propuesto, se presenta en la figura 24.

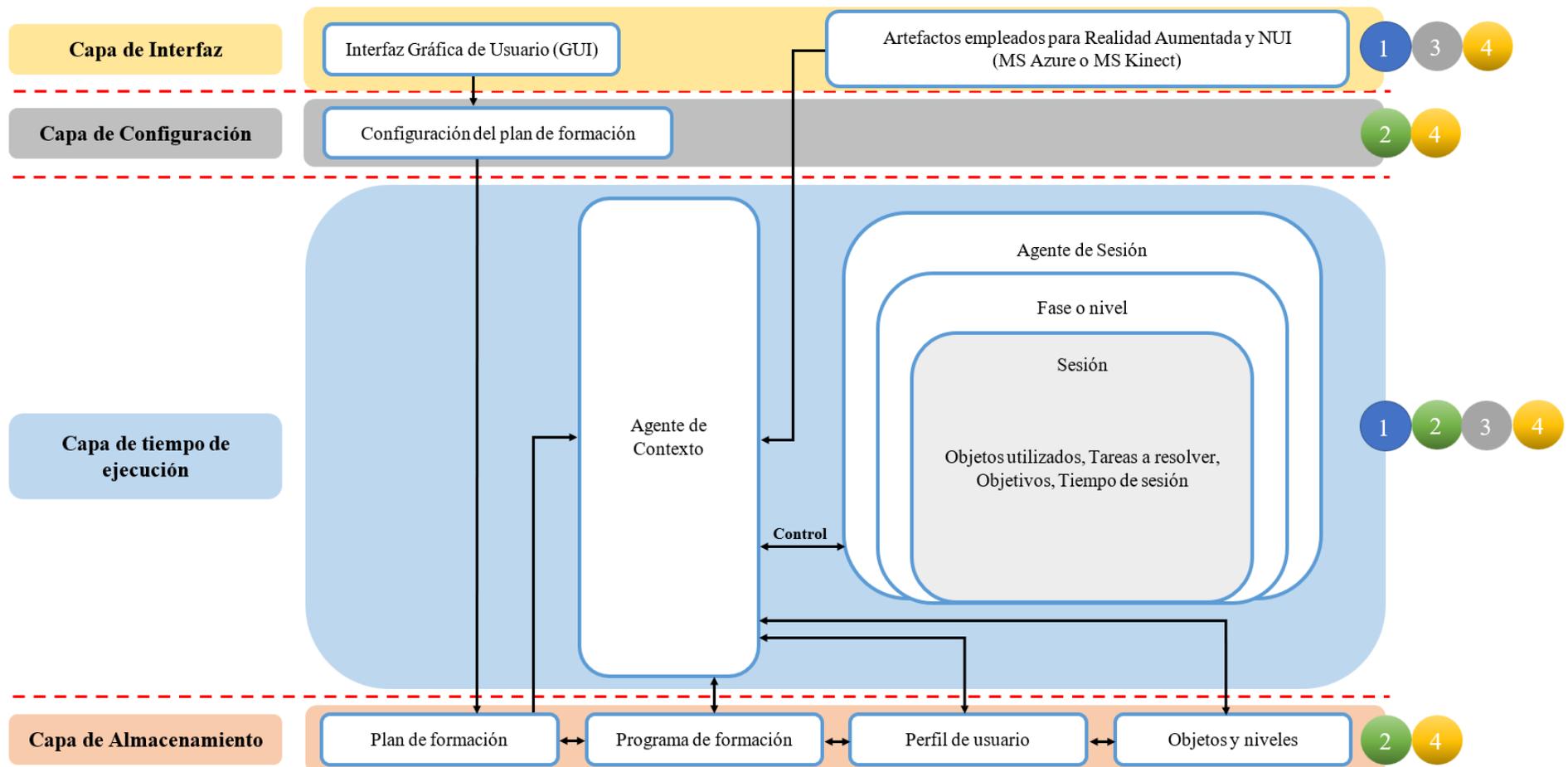


Figura 24: El Modelo de Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz Gestual para Niños (MARAGIC)
Elaboración propia.

4.2.1. Descripción de las capas del modelo MARAGIC:

1. *La Capa de Interfaz*, como su nombre sugiere, está compuesta por las interfaces que se hacen posible el acceso a otras capas. Por ejemplo, el profesor puede usar una interfaz fácil de usar para configurar el plan de formación, mientras que el jugador interactúa con el juego a través de MS Azure Kinect y/o de un par de lentes de Realidad Aumentada.

2. *La Capa de Configuración*, contiene el módulo que permite configurar el plan de formación, es con este que el profesor puede agregar un nuevo plan de formación (adaptándolo así a su contexto o al grupo de estudiantes), y configurar los planes preexistentes.

3. *La Capa Tiempo de Ejecución*, contiene los componentes que permiten la interacción con el usuario mientras se ejecuta la aplicación. Dichos componentes son:

a) El agente de contexto y, b) el agente de sesión.

- El agente de contexto se encarga de guardar y recuperar el plan de formación de cada usuario, así como su desempeño, esto permitirá tener control sobre la sesión actual, además de guiar a cada usuario en función de su propio plan de formación. Este agente monitoriza tanto las interacciones del usuario como su comportamiento con el entorno, calculando a la vez el rendimiento de los usuarios. Este agente, permite obtener una mejor comprensión de los usuarios frente al modelo, hecho que permitirá mejorarlo. Los hallazgos obtenidos permiten también que, en el futuro, se pueda plantear un mejor plan de formación para nuevos usuarios considerando que, el análisis de la información recabada resulta valiosa para mejorar y reforzar los procesos formativos de los niños. Además, existe la necesidad de utilizar un agente inteligente que posibilite la ejecución de las tareas explicadas, cabe mencionar que los objetos de aprendizaje elaborados en base al modelo propuesto son empleados por los niños participantes bajo la supervisión de sus maestros.
- El agente de sesión implica la inclusión y utilización de niveles o fases; donde cada fase presenta un apropiado nivel de dificultad caracterizado por los objetos empleados, tareas a resolver, objetivos, tiempo máximo de sesión, entre otros.

4. *La Capa de Almacenamiento*, está compuesta por los componentes necesarios para almacenar los datos referentes a los planes de formación, programas de formación, usuarios (perfiles), objetos de juego y niveles. Cada uno de estos componentes sigue una estructura y especificación común adecuada que hace posible emplear una base de datos relacional.

Cabe señalar que cada una de las capas del modelo propuesto, se relaciona con los roles sugeridos por las corrientes constructivista y socio constructivista para los actores del proceso de aprendizaje mostradas en la figura 23. De esta manera:

a) La capa de interfaz se correlaciona con los roles a cumplir por el estudiante puesto que, bajo este enfoque, el responsable de su propio aprendizaje es el discente quien, participa activamente en las actividades que con este fin se plantean, siendo un ente activo en el proceso de formación, este hecho se consigue principalmente mediante la utilización de la Interface de Usuario Natural (NUI). Esta capa se ve relacionada con el rol del conocimiento puesto que este, en cualquier situación debe adaptarse al entorno y situación particular en las que se dan los procesos de aprendizaje, cubriendo apropiadamente las condiciones cognitivas, psicomotrices y kinestésicas de los aprendices posibilitando la creación de una interpretación personal de la realidad. Así mismo, la capa de interfaz es congruente con el rol a cumplir por el ambiente de aprendizaje ya que mediante la Realidad Aumentada y la NUI se logra una nueva representación de la complejidad de la realidad que en muchos casos sin este tipo de tecnología no es posible mostrar, enfatizándose en la ejecución de actividades de formación auténticas que permitan la reflexión a partir de conocimientos previos y experiencias para generar nuevo conocimiento.

b) La capa de configuración se relaciona con el rol del profesor puesto que con esta se adaptan las actividades, permitiendo que se empleen diferentes métodos de enseñanza que posibiliten la presentación de información en diferentes formatos. Mediante esta capa, el tutor puede moderar, facilitar y coordinar las actividades de formación considerando las necesidades (educativas y evolutivas) del estudiante, sus conocimientos previos y, en un escenario ideal las diferencias individuales de sus aprendices consiguiendo un ambiente de aprendizaje adecuado centrado en el

estudiante. Esta capa se relaciona además con el rol del ambiente de aprendizaje ya que, dependiendo de las actividades presentadas, es posible un contacto con diferentes representaciones de la realidad, dichas actividades deben concebirse a partir de los lineamientos establecidos en planes de formación adecuados que permitan poner de manifiesto de forma comprensible la complejidad del mundo real, realidad que en muchos de los casos, por la naturaleza abstracta de las asignaturas resulta difícil de representar.

c) La capa de tiempo de ejecución se corresponde con todos los roles de los actores del proceso de aprendizaje, puesto que en el caso del rol del estudiante es en esta capa, mediante la adecuada dosificación de las sesiones presentadas, será posible que el estudiante analice e incorpore las ideas de otros, permitiendo el análisis, contraste y discusión (conflicto cognitivo), que hacen posible conectar sus conocimientos previos con los nuevos conocimientos adquiridos. Además, el correcto diseño de las actividades permitirá su participación activa en los procesos formativos propuestos. Esta capa se relaciona con el rol del profesor puesto que éste debe preparar y presentar sesiones de formación en las que se desarrollen y estimulen la autonomía la iniciativa y autonomía de los discentes, sin olvidar que el estudiante (y el docente) es un ser integral que necesita el desarrollo de sus habilidades cognitivas, psicomotrices y actitudinales. La relación de la capa de tiempo de ejecución con el rol del conocimiento se da porque en cada sesión se deben proponer actividades auténticas que empleen objetos del entorno del estudiante, esto permite relacionar los conocimientos previos del estudiante con los nuevos conocimientos presentados, hecho que aunado a la interacción entre pares facilita la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades. No se debe olvidar que el desarrollo de las sesiones debe responder al contexto y a una progresión (que presenta niveles) que permita la abstracción de conocimientos y la adquisición de habilidades cada vez más complejos. Esta capa se relaciona además con el rol del aprendizaje ya que las sesiones presentadas deben enfatizar la ejecución de tareas auténticas que permitan el aprendizaje colaborativo empleando, pero no abusando de la reproducción del conocimiento para su construcción y propiciando la interacción social por sobre la competencia.

d) La capa de almacenamiento se relaciona con el rol del docente dado que este será el encargado de generar las planificaciones y los contenidos a aplicarse en base a las necesidades evolutivas de sus estudiantes y sus diferencias individuales, empleando varios métodos de enseñanza que implican por tanto presentar, almacenar y recuperar información en diferentes formatos, la adecuada selección de dicha información permitirá contextualizar y dosificar adecuadamente las actividades de formación propuestas, importante resulta también mencionar que esta capa permite almacenar tanto los perfiles de los estudiantes como su progreso, hecho que permitirá obtener una mejor comprensión de los usuarios y sus avances en cada sesión de trabajo. Esta capa se relaciona con el rol del ambiente de aprendizaje dado que dependiendo de la información almacenada y presentada a los estudiantes se conseguirán distintas representaciones de la realidad, hecho que permitirá mostrar ciertos contenidos que por su naturaleza abstracta no son fácilmente observables.

CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Introducción

Para validar el modelo propuesto, se plantearon dos etapas, la primera etapa consistió en la aplicación de una encuesta a un grupo de docentes que tuvieron la posibilidad de conocer el modelo de interacción desarrollado como producto del estudio, los resultados de dicha encuesta se presentan en el punto 5.2 del trabajo; la segunda etapa consistió en la utilización del modelo MARAGIC en el desarrollo de una aplicación con 3 actividades (minijuegos), y la segunda etapa consistió en la utilización de dicha aplicación en dos estudios de caso cuyos resultados se han publicado en Lozada-Yáñez et al., (2019) y (Lozada-Yáñez et al., 2020), cada caso contó con la participación de 29 y 30 estudiantes respectivamente, quienes asistían a varias Unidades de Educación Básica de la ciudad de Riobamba-Ecuador. En cada caso de estudio se aplicó un pre test y un post test para contrastar el rendimiento de los estudiantes antes y después de usar la aplicación desarrollada. Lo dicho, se detalla a continuación.

5.2. Encuesta de Validación del Modelo MARAGIC

Luego de haber definido el modelo de Realidad Aumentada que considera características cognitivas para aprendizaje de niños en edad escolar denominado MARAGIC, los investigadores procedieron a realizar la validación del mismo, esto se lo realizó en primera instancia mediante la aplicación de una encuesta a un conjunto de docentes con diferentes niveles de formación y en diferentes áreas del conocimiento, quienes en base a su experiencia y al conocimiento del modelo desarrollado pudieron brindar sus opiniones acerca de si el modelo desarrollado ayudará a que las aplicaciones basadas en Realidad Aumentada para niños los ayudará a interactuar con objetos virtuales añadidos en un entorno real para la ejecución de actividades educativas, estimulando de forma visual, auditiva, cognitiva y lúdica, con el objetivo de facilitar la educación inicial.

5.2.1. Objetivo de la validación

- Validar el Modelo de Realidad Aumentada que considera características cognitivas para aprendizaje de niños en edad escolar denominado MARAGIC.
- Analizar la percepción de profesionales de la educación sobre el uso del modelo MARAGIC en procesos educativos.

5.2.2. Descripción de los profesionales que han conformado la muestra

En este apartado se presenta una breve aproximación de las 20 personas que se han encuestado y cuyo aporte ha sido importante para el desarrollo de esta fase del estudio. Las personas que han sido encuestadas representan a mujeres y hombres que se desempeñan en el ámbito educativo en nivel medio y superior. Estas 20 personas de diversa edad y con diferentes niveles de formación (Figura 26), proceden de Ecuador y tienen al menos 5 años de experiencia en el ámbito educativo.

5.2.3. Resultados de la encuesta aplicada

El anexo A presenta la encuesta aplicada misma que contenía 20 preguntas que permitieron recabar la percepción de los participantes; tanto el resultado de cada pregunta como su análisis se presentan a continuación:

1. ¿Cuál es su profesión?

Como se muestra en la figura 25, la mitad de los encuestados tienen un título profesional afín a la docencia, sin embargo, cabe mencionar que la totalidad de los encuestados se desempeñan en el ámbito educativo, condición indispensable para participar como informante en la encuesta de validación.

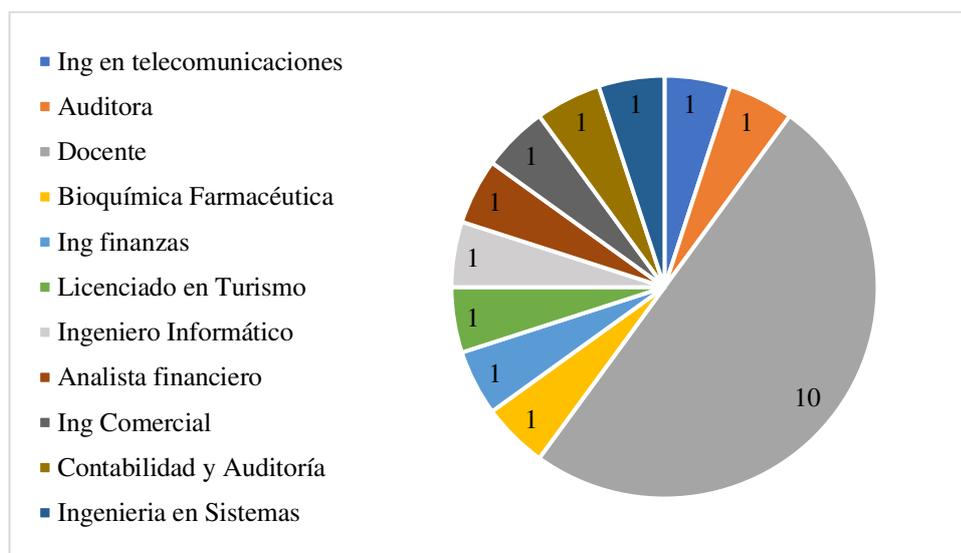


Figura 25: Profesión de los encuestados
Elaboración propia.

2. ¿Cuál es su nivel de formación?

Como se observa en la figura 26, en la encuesta de validación participaron 4 profesionales con título de tercer nivel, 10 con título de máster y 6 con doctorado (PhD).

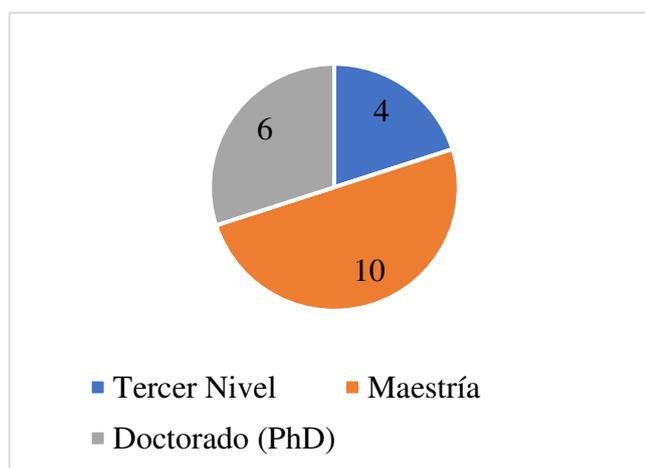


Figura 26: Niveles de formación de las personas encuestadas
Elaboración propia.

3. ¿Cuál es su área de especialización en el ámbito educativo?

Como se aprecia en la figura 27, quienes participaron en la encuesta de validación del modelo MARAGIC, se han especializado en diferentes áreas, siendo la especialización

con la más alta frecuencia la que tiene que ver con educación (10 observaciones), seguida de profesionales informáticos (6 observaciones).

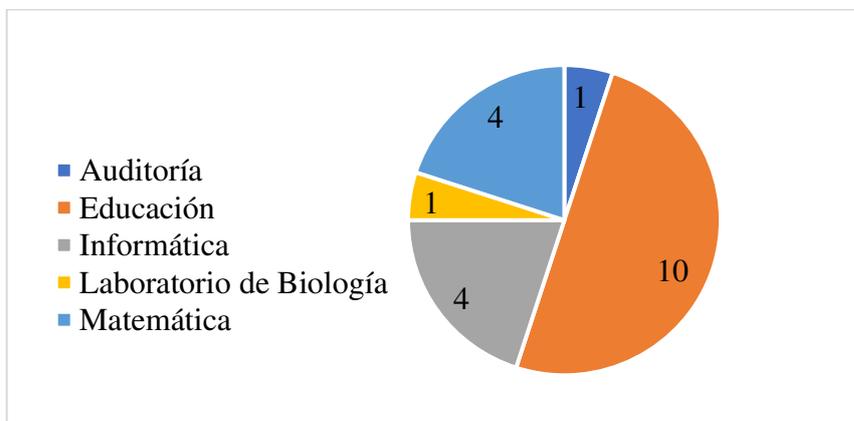


Figura 27: Área de especialización de los encuestados
Elaboración propia.

4. ¿Cuántos años de experiencia tiene trabajando en el ámbito educativo?

Los datos mostrados en la tabla 6 presentan el número de años que los encuestados tienen en el ámbito educativo al momento de responder la encuesta. Como se aprecia, todos tienen al menos 5 años desempeñándose en docencia inicial, media o superior.

Tabla 6: Años de experiencia de los encuestados

Encuestado	Años de experiencia	Encuestado	Años de experiencia
1	12	11	8
2	5	12	7
3	8	13	5
4	25	14	14
5	7	15	8
6	6	16	12
7	10	17	10
8	5	18	8
9	5	19	20
10	30	20	17

Elaboración propia.

5. ¿Cree que el uso de la tecnología mejorado el aprendizaje de los estudiantes?

La figura 28 presenta la percepción de los encuestados acerca de si el uso de tecnología mejora el aprendizaje de los estudiantes. En ese sentido, la evidencia recabada indica que la mayoría de los encuestados considera que el uso de la tecnología en procesos formativos ayuda a mejorar el aprendizaje (15 observaciones) y el 25% de encuestados (5 observaciones), consideran que el uso de tecnología ayuda en cierta medida a mejorar el aprendizaje.

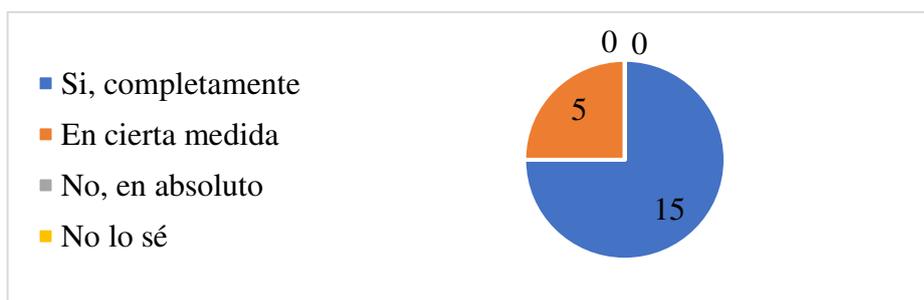


Figura 28: Percepción del uso de tecnología educativa en el aprendizaje
Elaboración propia.

6. ¿Cuáles son los aspectos más importantes que contempla el modelo MARAGIC para los estudiantes?

Como se muestra en la figura 29, la percepción de los encuestados acerca de los aspectos importantes que el modelo MARAGIC puede aportar a los estudiantes es que la utilización de las orientaciones que el modelo presenta ayudarán con la interactividad (12 observaciones), la adaptabilidad (11 observaciones), en la presentación de contenidos relevantes (11 observaciones) y facilitará la colaboración (8 observaciones).

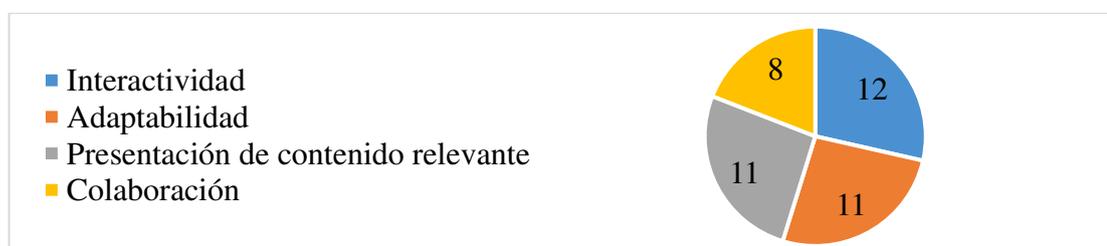


Figura 29: Aspectos importantes de MARAGIC para los estudiantes
Elaboración propia.

7. ¿Considera usted que el uso de nuevas formas de presentación de contenidos educativos, como la Realidad Aumentada ayuda a mejorar la interacción de los estudiantes con los recursos educativos digitales que se emplean en el proceso de aprendizaje?

Como se aprecia en la figura 30, la mayoría de los encuestados opina que el uso de la Realidad Aumentada mejora la interacción de los estudiantes con los recursos educativos que se desarrollan empleando esta tecnología, siendo que 14 de los encuestados opinan que esta tecnología mejora la interacción y los restantes 6 opinan que la RA mejora en cierta medida la interacción.



Figura 30: Realidad Aumentada e interacción con RED
Elaboración propia.

8. ¿Considera usted que tomar en cuenta las capacidades cognitivas de los estudiantes es importante para el diseño de los recursos educativos digitales que se emplean en sus procesos de aprendizaje?

Como se observa en la figura 31, 16 de los encuestados consideran que tomar en cuenta las capacidades cognitivas de los estudiantes al momento de diseñar recursos educativos es importante para el correcto diseño y desarrollo de los recursos educativos que se emplean en el proceso de aprendizaje, los restantes 4 encuestado consideran que este aspecto es importante en cierta medida.

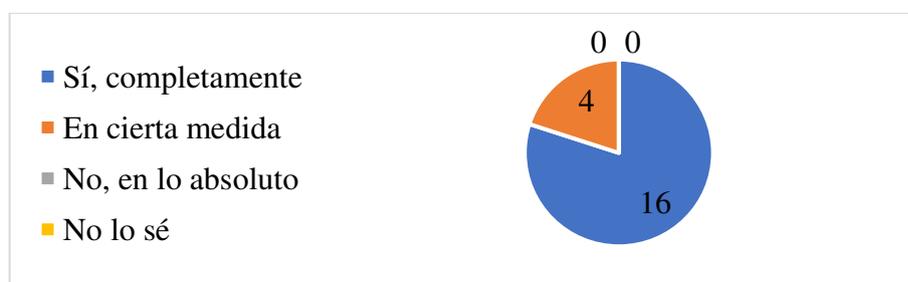


Figura 31: Importancia de la consideración de capacidades cognitivas del estudiante
Elaboración propia.

9. ¿Considera usted que el uso de nuevas formas de interacción, como los dispositivos de reconocimiento de gestos, ayuda a mejorar la interacción de los estudiantes con los recursos educativos digitales que se emplean en el proceso de aprendizaje?

Como se muestra en la figura 32, la mayoría de los encuestados, específicamente 15 de ellos considera que utilizar dispositivos de reconocimiento de gestos mejora la interacción de los estudiantes con los recursos educativos digitales empleados en el proceso de aprendizaje mientras que los 5 restantes indicaron que este aspecto es verdadero en cierta medida.

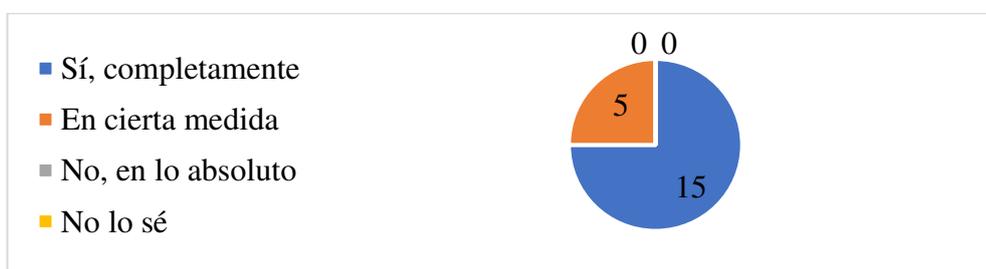


Figura 32: Dispositivos de reconocimiento de gestos e interacción con RED
Elaboración propia.

10. ¿Considera usted que el uso del modelo MARAGIC ayuda a mantener el interés de los estudiantes en el aprendizaje?

La mayoría de los encuestados (16 de ellos), considera que el modelo de interacción MARAGIC, desarrollado como producto de esta investigación permite mantener el interés de los estudiantes en los contenidos presentados con los RED's desarrollados con las orientaciones que presenta el modelo, los restantes 4 encuestados opinaron que esta afirmación es verdadera en cierta medida.

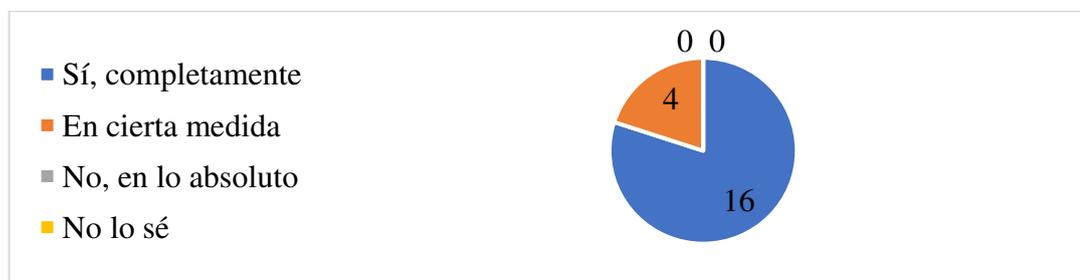


Figura 33: MARAGIC en el interés de los estudiantes
Elaboración propia.

11. ¿Considera que los recursos educativos desarrollados a partir del modelo de interacción MARAGIC facilitan la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes?

Como se observa en la figura 34, 14 de los encuestados consideraron que la aplicación de las orientaciones presentadas en el modelo MARAGIC facilita la comprensión de los conceptos presentados por los recursos educativos digitales desarrollados a partir del modelo y, 6 de los informantes consideraron que esta afirmación es verdadera en cierta medida.

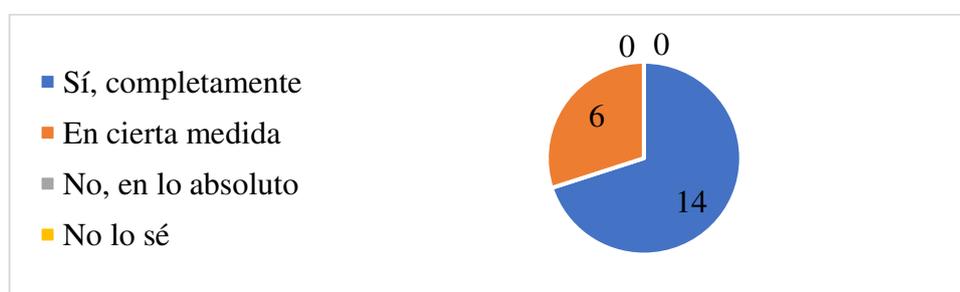


Figura 34: MARAGIC y la comprensión de conceptos
Elaboración propia.

12. Según su criterio, ¿Cuáles son los aspectos individuales que los recursos educativos desarrollados a partir del modelo de interacción MARAGIC fomentan en los estudiantes?

Según los encuestados, los aspectos individuales que se fomentan con la utilización de los RED's desarrollados considerando las orientaciones del modelo MARAGIC son en orden descendente: a) el autoaprendizaje, b) la autonomía, c) la creatividad, d) la motivación y d) la adaptabilidad; todos estos aspectos resultan importantes en la consecución de aprendizajes significativos bajo el paradigma constructivista del aprendizaje.

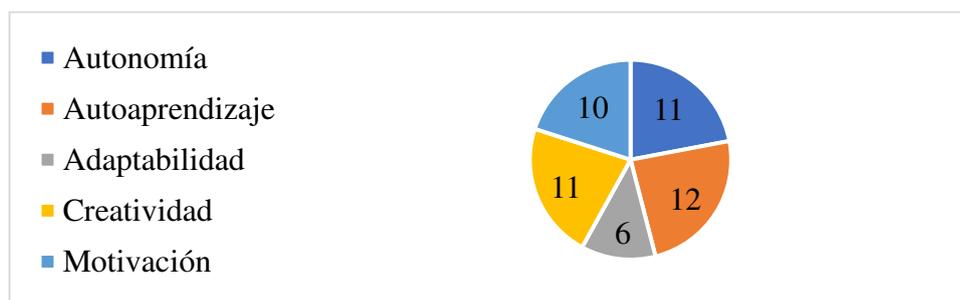


Figura 35: Aspectos individuales que el uso de MARAGIC fomenta en los estudiantes
Elaboración propia.

13. ¿Considera usted que el modelo MARAGIC se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes?

Los datos mostrados en la figura 36 revelan que, según la opinión de 12 de los encuestados, el modelo desarrollado como producto del estudio se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes que utilicen RED's diseñados considerando las orientaciones el modelo, mientras que los 8 encuestados restantes indicaron que esta afirmación es verdadera en cierta medida.

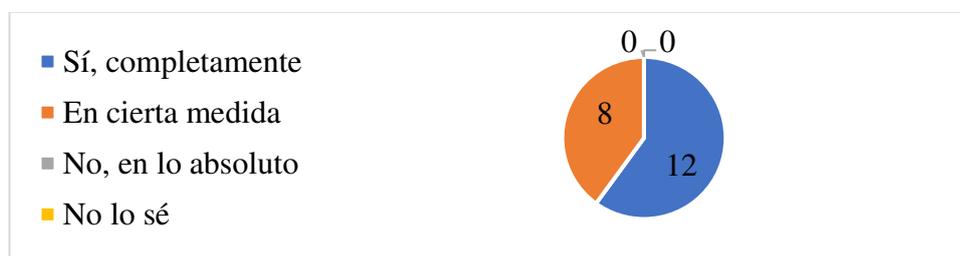


Figura 36: MARAGIC y las necesidades individuales de los estudiantes
Elaboración propia.

14. Según su criterio, ¿Cuáles son las habilidades cognitivas que los recursos educativos desarrollados a partir del modelo de interacción MARAGIC promueven en los estudiantes?

Tomando en cuenta los datos presentados en la figura 37 se puede concluir que, según el grupo de personas encuestadas, el modelo MARGIC promueve el desarrollo de un conjunto mixto de habilidades cognitivas siendo las más destacadas la atención y las habilidades motoras, con puntuaciones de 14 y 11 respectivamente. Esto sugiere que el modelo permite que los estudiantes se concentren al momento de realizar tareas y que ejecuten movimientos físicos de mejor manera.

En cuanto a las habilidades de percepción, pensamiento crítico y habilidades visoespaciales, los encuestados han puntuado con 11 a cada una de ellas; esto sugiere que el modelo promueve en el estudiante capacidades razonables para interpretar información visual, para el análisis de situaciones desde diferentes perspectivas y para evaluar de manera reflexiva.

Finalmente, en cuanto a las habilidades de razonamiento y resolución de problemas se encuentran en un nivel ligeramente inferior, con puntuaciones de 9 y 7 respectivamente. Esto indica áreas en las que el uso del modelo beneficia en menor medida como son el abordaje de situaciones que requieren de razonamiento y en la solución de problemas. En general, El modelo promueve un conjunto diverso de habilidades cognitivas en el estudiante, con fortalezas importantes en la atención, habilidades motoras y en la percepción. Además, los resultados indican que hay áreas con potencial de mejora mediante el uso de MARAGIC como son el razonamiento y la resolución de problemas. Estos resultados revelan que según la opinión de los encuestados, la utilización del modelo desarrollado puede servir como base para alcanzar un equilibrio y mejorar varias capacidades cognitivas de los estudiantes.

Estos resultados respaldan la eficacia del modelo MARAGIC, presentándolo como una herramienta valiosa para la educación y el desarrollo cognitivo de los estudiantes, demostrando su capacidad para proporcionar beneficios tangibles en el proceso de aprendizaje y la adquisición de habilidades cognitivas.

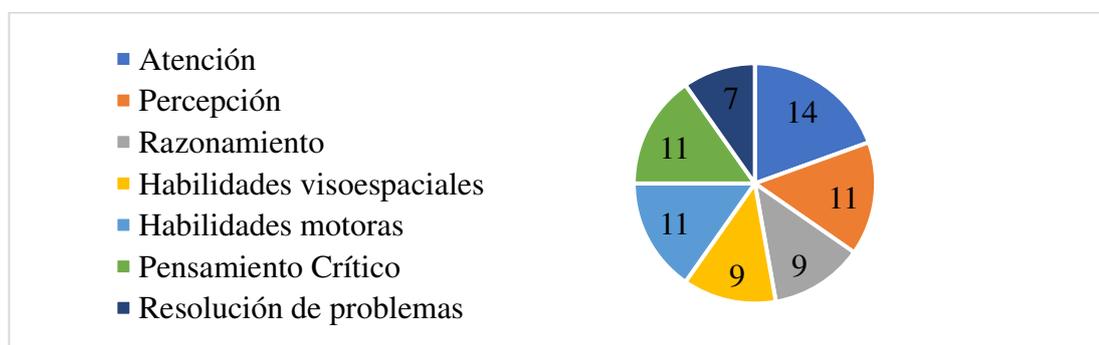


Figura 37: Habilidades cognitivas que se fomentan con MARAGIC
Elaboración propia.

15. ¿Considera usted que el modelo MARAGIC aporta en el mejoramiento de las habilidades digitales de los estudiantes?

Basándonos en los datos presentados en la figura 38, se puede concluir que el modelo desarrollado, según la apreciación de los encuestados aporta en la mejora de las habilidades cognitivas de los estudiantes que usan recursos educativos digitales basados en el modelo MARAGIC. Se observa una mayoría de respuestas que indican que el modelo contribuye de manera significativa ("Sí, completamente" con 15 respuestas), y una cantidad moderada que sugiere un impacto positivo en cierta medida ("En cierta medida" con 5 respuestas), estos resultados permiten inferir que el modelo tuvo un efecto beneficioso en el desarrollo de las habilidades digitales de los estudiantes.

La falta de respuestas que indiquen que el modelo no contribuye en absoluto ("No, en lo absoluto" con 0 respuestas) junto con la ausencia total de respuestas inciertas ("No lo sé" con 0 respuestas) refuerza aún más la idea de que el modelo tuvo un impacto positivo en la mejora de las habilidades digitales de los estudiantes.

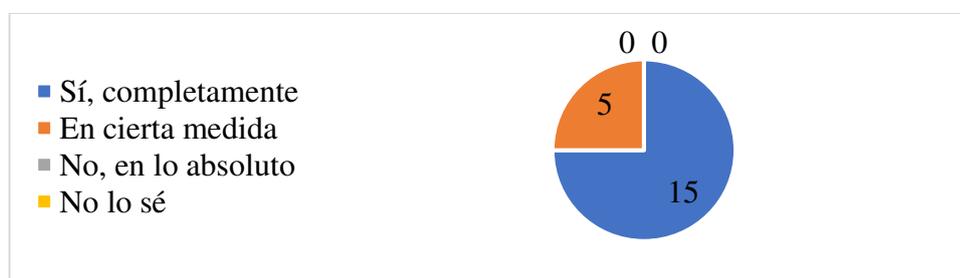


Figura 38: Habilidades digitales mejoradas con MARAGIC
Elaboración propia.

16. ¿Cree que el modelo MARAGIC es capaz de fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes?

La información presentada en la figura 39 indica un alto grado de consenso entre los encuestados en que el modelo MARAGIC es capaz de fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes. Con 15 respuestas que indican que el modelo contribuye en este aspecto de manera completa ("Sí, completamente") y 5 respuestas que sugieren un impacto positivo en cierta medida ("En cierta medida"), se puede

concluir que la mayoría de los participantes perciben que el modelo ha tenido un efecto positivo en fomentar la colaboración y el trabajo en equipo.

La ausencia de respuestas negativas ("No, en lo absoluto" con 0 respuestas) y la falta de incertidumbre ("No lo sé" con 0 respuestas) respaldan aún más la idea de que el modelo MARAGIC tiene la capacidad de fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes, al menos según la percepción de los encuestados.

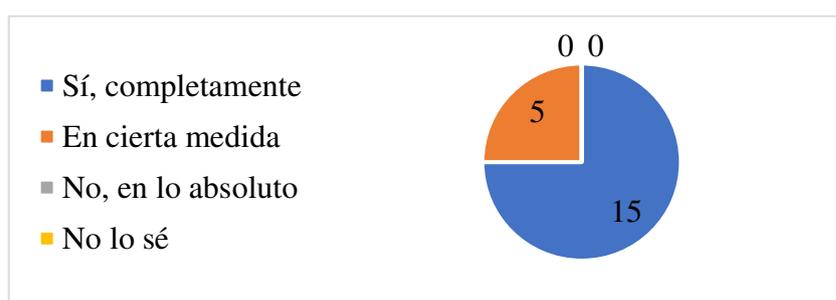


Figura 39: MARAGIC en la colaboración y trabajo en equipo
Elaboración propia.

17. ¿Cree usted que los docentes están adecuadamente preparados para implementar el modelo MARAGIC en el aula?

Los resultados presentados en la figura 40, indican que 12 de las de las respuestas caen en la categoría "En cierta medida", esto sugiere que los encuestados consideran que algunos docentes pueden sentir que están parcialmente preparados, pero que pueden requerir más apoyo o capacitación para una implementación exitosa del modelo MARAGIC. Un número menor de respuestas indican que los docentes sienten que están completamente (6 respuestas) preparados o que no se sienten preparados en absoluto (2 respuestas).

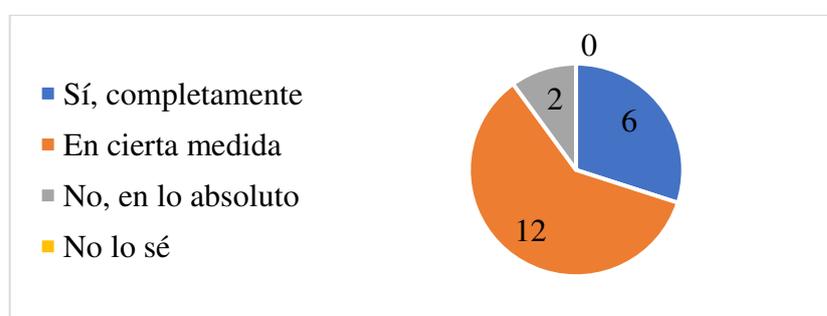


Figura 40: MARAGIC y formación docente para su implementación
Elaboración propia.

18. ¿Considera usted que el modelo MARAGIC se adapta a diferentes estilos de aprendizaje?

La información presentada en la figura 41 muestra que la mayoría de las respuestas caen en la categoría "Sí, completamente" con 12 respuestas, esto sugiere que una parte significativa de las personas encuestadas considera que el modelo MARAGIC es altamente adaptable a una variedad de estilos de aprendizaje. Sin embargo, la presencia de siete respuestas en la categoría "En cierta medida", podría indicar que algunos encuestados creen que el modelo es adaptable, pero puede haber áreas en las que se podría mejorar aún más. La presencia de una respuesta en la categoría "No, en lo absoluto", indica que un encuestado no considera que el modelo sea adecuado para diferentes estilos de aprendizaje.

Ante estos resultados resulta importante señalar que aunque la mayoría de las respuestas sugieren que el modelo MARAGIC se adapta a diferentes estilos de aprendizaje, también se deben considerar las respuestas en la categoría "En cierta medida" y la respuesta negativa para evaluar con mayor profundidad la efectividad del modelo en este aspecto y que, las opiniones de las personas encuestadas podrían depender de sus experiencias individuales, de los contextos en los que cada uno se desenvuelve y de las percepciones sobre cómo el modelo se adaptaría a la diversidad de estilos de aprendizaje en un entorno educativo.

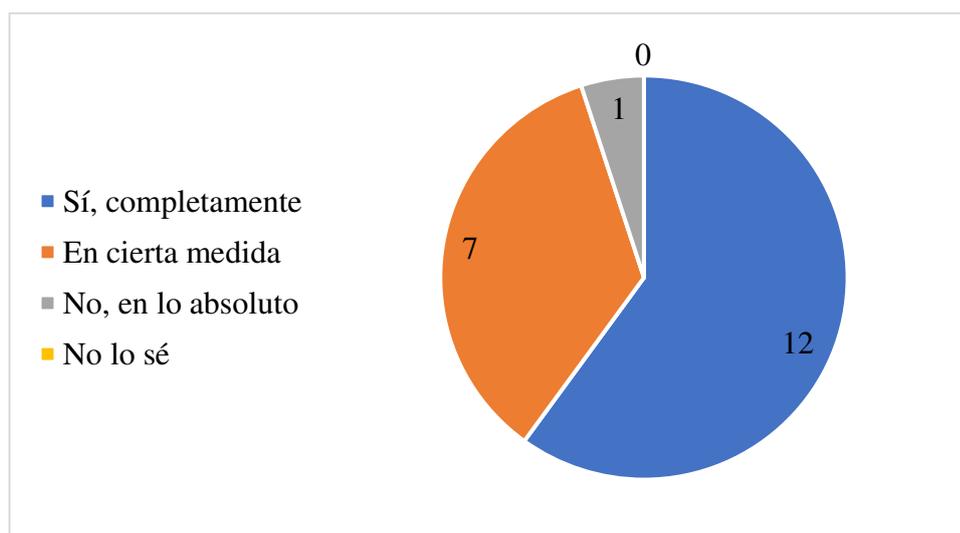


Figura 41: MARAGIC y su adaptación a diferentes estilos de aprendizaje
Elaboración propia.

19. ¿Qué tan efectiva considera usted que sería la utilización de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada y en el modelo MARAGIC para las asignaturas que dicta?

La mayoría de las respuestas indican que la utilización sería "Muy efectiva", lo que sugiere un alto nivel de confianza en que los Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada y en el modelo MARAGIC serían beneficiosos para mejorar la enseñanza en las asignaturas que los encuestados dictan. Las respuestas en la categoría "Moderadamente efectiva" también respaldan la idea de que existe un nivel general de creencia en la utilidad de estos recursos. Dado que no hay respuestas en la categoría "Poco efectiva" y tampoco hay respuestas de incertidumbre ("No lo sé"), se puede concluir que los encuestados tienen una opinión positiva sobre la efectividad de la utilización de estos recursos en la enseñanza. Sin embargo, cabe considerar que la efectividad real del modelo MARAGIC y de la tecnología de RA podría variar según el contexto educativo, la materia, el nivel educativo y la adaptación adecuada de estos recursos a las necesidades de los estudiantes.

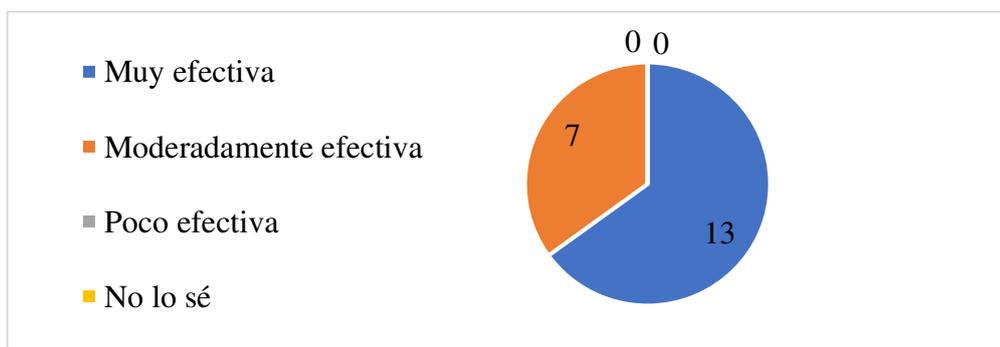


Figura 42: Efectividad del uso de MARAGIC y Realidad Aumentada
Elaboración propia.

20. ¿Qué sugerencias o recomendaciones tiene para mejorar el modelo MARAGIC?

Basándonos en las respuestas proporcionadas por los encuestados, presentadas en la tabla 7 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Facilidad de Uso: Los encuestados valoran la facilidad de manejo del modelo MARAGIC, lo que sugiere que la simplicidad y la accesibilidad son aspectos

importantes para ellos al considerar la implementación de nuevas metodologías educativas.

Difusión y Beneficiarios: Los encuestados reconocen la importancia de difundir el modelo entre los posibles beneficiarios, lo que demuestra una preocupación por maximizar el alcance y el impacto del modelo en la educación.

Aprendizaje Significativo: La opinión de que el modelo es excelente para el aprendizaje significativo, basado en las necesidades individuales de los estudiantes, sugiere que los encuestados ven en el modelo una herramienta que puede ser personalizada y adaptada a las necesidades únicas de cada alumno.

Interés y Relevancia: La mención de que el modelo MARAGIC es muy interesante indica que los encuestados encuentran atractiva la propuesta y ven en ella un potencial para generar interés en los estudiantes.

Enfoque en las Necesidades Individuales: La sugerencia de enfocarse más en las necesidades de cada alumno y elaborar estrategias acordes a su contexto y a su nivel cognitivo muestra una apreciación por la personalización y adaptación del proceso educativo.

Mejora Continua: La indicación de que se debe seguir adelante para mejorar la calidad de la enseñanza resalta el deseo de los encuestados de evolucionar y perfeccionar sus prácticas pedagógicas.

Satisfacción Actual: Las respuestas que indican que todo está bien y que no se necesita ningún cambio sugieren que algunos encuestados están satisfechos con el estado actual del modelo.

Solicitudes de Cambio Específicas: Algunos encuestados expresan la necesidad de implementar el modelo en centros educativos y realizar estudios y pruebas para validar su efectividad y compararla con otros enfoques similares.

En general, las respuestas a esta pregunta reflejan una variedad de perspectivas, incluyendo aprecio por la adaptabilidad, el interés y la efectividad del modelo, así como sugerencias de mejora y la necesidad de validación y comparación con otros

enfoques. Estas opiniones pueden ser útiles para tomar decisiones sobre la implementación y desarrollo continuo del modelo MARAGIC.

Tabla 7: Sugerencia y/o recomendaciones para el modelo MARAGIC

Encuestado	Opinión
1	Que sea de fácil manejo
2	Difundir en los posibles beneficiarios
3	Es excelente para el aprendizaje significativo de acuerdo a la necesidad del estudiante
4	Muy interesante
5	Más énfasis en las necesidades de cada alumno y acorde a ello ella elaborar las diferentes estrategias
6	Seguir adelante para mejorar su calidad de enseñanza
7	Ninguna todo está bien
8	Ninguna
9	implementar en los centros educativos
10	Que se realicen estudios de campo que validen el modelo.
11	Contrastar los resultados de la aplicación del modelo con los resultados obtenidos la usar otros modelos similares
12	Realizar pruebas que verifiquen si el uso del modelo es efectivo y mejora los procesos de aprendizaje.
13	Probar la efectividad del modelo mediante pruebas en diferentes contextos

Elaboración propia.

5.3. Kinect y Realidad Aumentada (KARMLS), Azure-Kinect y Realidad Aumentada (SAM-RAK) - Dos Estudios de Caso

El proceso mediante el cual se desarrollaron tanto el sistema informático denominado Kinect based Augmented Reality Math Learning System (KARMLS) (Lozada-Yáñez et al., 2019), como el sistema Mathematical Learning System with Augmented Reality based on Kinect (SAM-RAK, por sus siglas en español – “Sistema de Aprendizaje para Matemáticas con Realidad Aumentada basado en Kinect”) (Lozada-Yáñez et al., 2020), se basó en ambos casos en la aplicación de las directrices del Modelo de Aplicaciones de Realidad Aumentada con Interfaz Gestual para Niños (MARAGIC), mismo que además de combinar las tecnologías de Realidad Aumentada e Interacción Gestual, considera las características cognitivas de los niños a los que está dirigido el

sistema. Bajo esas consideraciones, KARMLS y SAM-RAK fueron diseñados para ser empleados como herramientas de refuerzo de la asignatura de matemáticas, específicamente para las operaciones de ordenar, parear y sumar.

Los sistemas desarrollados en ambos casos incluyen a un software de Realidad Aumentada con soporte para MS-Kinect y MS-Azure Kinect, el hecho de emplear este tipo de dispositivo hace prescindible la utilización de marcadores de RA como método de interacción con el sistema. Como se mencionó anteriormente, los sistemas desarrollados se componen de tres actividades de aprendizaje específicas: “Ordenar”, “Parear” y “Sumar” más una actividad introductoria orientada a indicar a los niños participantes la forma en que MS Kinect les permite interactuar con KARMLS, siendo el reconocimiento de los gestos realizados por las manos de los niños el modo de interacción humano-computador utilizado. Según la actividad que se esté realizando, el niño puede interactuar con los objetos virtuales mediante el movimiento de sus manos, como lo haría en el entorno real.

5.3.1. Consideraciones de diseño

A diferencia de estudios anteriores sobre las aplicaciones AR en entornos educativos, se empleó un modelo de diseño constructivista centrado en el alumno, con un enfoque de aprendizaje basado en la indagación, bajo el cual los niños fueron agrupados en parejas (y un trío cuando fue necesario) para conformar grupos de trabajo, en los cuales construyeron sus propios conocimientos a partir de la exploración de las actividades propuestas en KARMLS y SAM-RAK, para ello emplearon los gestos de sus manos para manipular los objetos virtuales de cada actividad propuesta en ambos sistemas, esta interacción la realizaron tal y como si lo estuviesen haciendo con objetos del mundo real, aprovechando de esta forma sus conocimientos previos y reduciendo la carga cognitiva extrínseca que se generaría al utilizar un método de interacción humano-computador tradicional (teclado y mouse), este hecho fue posible gracias al uso de la Realidad Aumentada (X. Wei et al., 2018), hecho que mejora más aún al emplear la interfaz de usuario natural provista por MS-Kinect en lugar de los dispositivos tradicionales empleados por los computadores de escritorio, mismos que desaparecen de la vista del usuario con la utilización de la interacción de usuario

natural propuesta por KARMLS y SAM-RAK. Al considerar el diseño de los sistemas, los investigadores decidieron implementar los juegos de KARMLS y SAM-RAK con funcionalidades sencillas que contemplasen los temas del área de matemática reportados como no asimilados completamente por los profesores de matemática de los niños participantes de cada caso de estudio. Después de analizar la información antes mencionada se decidió implementar las siguientes actividades lúdicas:

Sumar. En esta actividad el niño puede visualizar los componentes de una suma, pudiendo alterar el resultado si agrega o elimina elementos de los sumandos, mediante una acción de arrastrar y soltar soportada por el sensor de movimientos.

Ordenar. En esta actividad el niño ordena objetos de diferentes tamaños con el criterio de menor a mayor o viceversa arrastrándolos y colocándolos en la casilla que corresponda.

Parear. En esta actividad, el niño debe asociar varios conjuntos de elementos con su representación numérica mediante el dibujo de una línea con el gesto apuntar.

Más adelante se detallará la implementación de estas actividades lúdico-prácticas, con las cuales se procuró que los niños participantes comprendan las bases de las operaciones lógicas y el proceso de sumar propuestas por las actividades de KARMLS y SAM-RAK. También se espera que los procesos y abstracciones respectivos se memoricen de mejor forma gracias modo de interacción de usuario natural propuesto por los sistemas desarrollados como producto de este trabajo de investigación.

En esta fase se ha considerado además que los sistemas desarrollados deberían contar con cierta flexibilidad en cuanto a su contenido, para que el docente pueda adaptar el sistema de acuerdo con su criterio, estas opciones se verán más adelante.

5.3.2. Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo de KARMLS Y SAM-RAK, se consideró utilizar libfreenect (<http://openkinect.org>), OpenNI (<https://github.com/OpenNI/OpenNI>) y el SDK oficial para MS-Kinect de Microsoft para Windows (<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop>). Libfreenect es un controlador de software libre que permite recibir datos crudos (raw output) obtenidos por MS-Kinect. OpenNI es un

framework de código abierto para el desarrollo de aplicaciones con interfaces naturales.

La API con la que cuenta OpenNI, contiene características avanzadas como la capacidad de reconocer el cuerpo completo, para el caso particular de este estudio permite el reconocimiento de las manos, detección de gestos y análisis de escena. Finalmente, el SDK para Windows de MS-Kinect es un framework completo que ofrece desde información en crudo (audio, imágenes RGB e imágenes de profundidad) hasta información avanzada como es el seguimiento simultáneo del esqueleto de hasta 6 usuarios, seguimiento de rostros y reconocimiento de voz. Para la elección de la herramienta adecuada para el desarrollo de los sistemas desarrollados, se consideraron varios criterios. En este sentido, la Tabla 8 muestra un resumen, donde las opciones consideradas como favorables son las que se han destacado con un asterisco.

Tabla 8: Comparación de características de las herramientas disponibles para el desarrollo con MS-Kinect

	Libfreenect	SDK Kinect	OpenNI
Licencia	* Apache v2/GPL v2	Privativa	* Apache v2
Sistema Operativo	* Linux, OSX, Windows	Windows 7, 8	* Windows, OSX 10.6+, Ubuntu 12.04+, Linux Mint 12+
Lenguajes de programación	* C, con wrappers para Java, C++, C#, Python, Javascript	C++	C, con wrappers para C++ y Java
Grabación	Si	* Si	* Si
Seguimiento de Esqueleto	No	* Si	* Si
Reconocimiento de gestos	No	* Permite crear gestos	* Gestos predefinidos
Calibración	No	* Si	* Si

Elaboración propia.

Para iniciar, se dio preferencia a la utilización de software de código abierto siempre que sea posible; en por ello se consideraron las licencias de cada una de las herramientas, se consideraron también los sistemas operativos y los lenguajes soportados por cada herramienta, se consideraron como favorables a los sistemas operativos libres que presenten la mayor cantidad de lenguajes de programación soportados por cada uno. Luego, se consideraron también las funcionalidades que serían útiles para la programación. Para facilitar la depuración mediante la revisión de los datos de capturados por MS-Kinect o MS-Azure Kinect, la grabación es una

funcionalidad provista por este tipo de dispositivos que permite guardar los datos capturados durante una sesión de trabajo para su análisis posterior.

El reconocimiento de gestos y las funciones de seguimiento son características que están relacionadas y que implican analizar los datos obtenidos por MS-Kinect para proporcionar información de alto nivel, en este sentido, el reconocimiento de gestos es importante para este trabajo dado que la interacción humano-computador (control de la aplicación informática), se realiza generalmente a través de movimientos y gestos de las manos. Finalmente, la calibración es una operación necesaria para realizar el seguimiento tanto de las manos como del resto del cuerpo del usuario.

Libfreenect no posee ninguna capacidad de análisis de datos que pueda ser aprovechada para la programación, y el SDK de Microsoft para MS-Kinect posee una licencia privativa que funciona solo con las últimas versiones de Windows. OpenNI es el framework que reúne la mayoría de las características deseadas. Los gestos predefinidos son suficientes para proveer la interacción humano-computador deseada para este caso de estudio, es de código abierto y puede utilizarse en diferentes sistemas operativos. Lo dicho anteriormente, hace de OpenNI la mejor opción para el desarrollo del prototipo del estudio.

Como lenguaje de programación se empleó C++, para gráficos y audios se utilizó SFML, una librería que permite el desarrollo de videojuegos, además se emplearon otras librerías auxiliares como Boost (<http://www.boost.org>) y RapidXml (<http://rapidxml.sourceforge.net>). En la figura 43 se observa la pila de tecnologías software empleadas en el desarrollo de KARMLS y SAM-RAK.

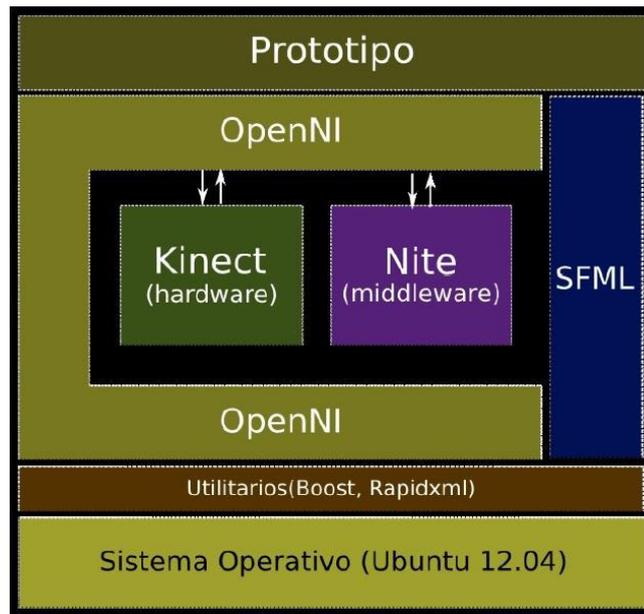


Figura 43: Tecnologías empleadas en el desarrollo de KARMLS y SAM-RAK
Elaboración propia.

5.3.3. Interacción Humano-computador

Las herramientas mencionadas en la sección anterior no imponen la forma de interacción entre el usuario y KARMLS o SAM-RAK por tanto, ésta interacción debe ser diseñada de manera que sea adecuada para el escenario de los estudios de caso. Como se observa en la figura 44, en muchas aplicaciones informáticas basadas en interacción con gestos, el usuario puede interactuar con la aplicación con el empleo de sus manos como un “puntero” que se refleja en la pantalla o en el dispositivo de visualización empleado. Así como en un entorno de escritorio, en el que el usuario puede emplear el ratón para mover el puntero por la pantalla y emplear un clic o doble clic para indicar una acción. En un entorno basado en interacción con gestos, el usuario emplea su mano para señalar y realizar gestos para indicar acciones. Los gestos pueden realizarse ya sea con sus manos o inclusive con el resto de su cuerpo, para el caso de este estudio, los gestos que realiza un niño para interactuar con los sistemas desarrollados se pueden realizar con las 2 manos (una a la vez).

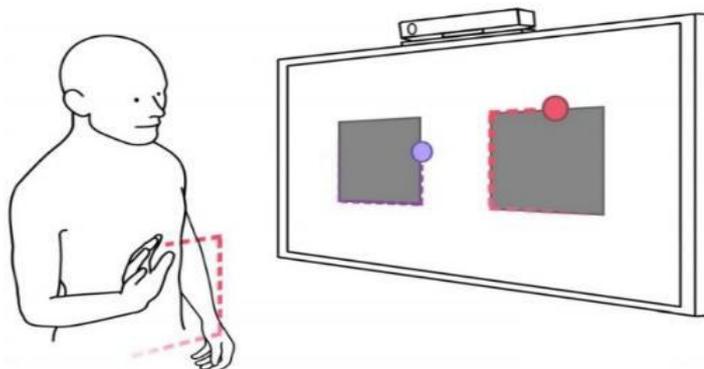


Figura 44: Metáfora de interacción de PathSync
Fuente: Carter et al. (2016)

OpenNI soporta ciertos gestos predefinidos que se emplearon en el sistema. Para iniciar la interacción con el sistema se requiere que el usuario realice un gesto “hola” y para la activación de los botones y la selección de elementos se emplea el gesto “clic”. El gesto “clic” se realiza extendiendo la mano abierta, con los dedos apuntando hacia arriba, en dirección al sensor de profundidad de MS-Kinect y luego retrocediendo la mano de vuelta hacia el cuerpo. El movimiento debe recorrer una distancia de por lo menos 15 cm. El gesto “hola” se ejecuta moviendo la mano horizontalmente varias veces. Para poder identificar correctamente el gesto “hola” se deben ejecutar al menos 5 movimientos horizontales. De manera similar al gesto clic el movimiento deberá ser continuo y no muy lento o rápido. El movimiento puede empezar de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, la figura 45 muestra a varios niños interactuando con un software cuya interacción se basa en el sensor de movimiento MS-Kinect.



Figura 45: Interacción natural basada en MS-Kinect
Fuente: Prueba de campo de KARMLS

5.3.4. Las Actividades de KARMLS y SAM-RAK

En la pantalla principal de KARMLS, mostrada en la figura 46(a) se observan los botones que permiten acceder a cada una de las actividades lúdicas propuestas en este recurso educativo digital, estos botones se activan con el gesto clic. En las figura 46(b) se muestra la pantalla de la actividad “Ordenar” de KARMLS; en ésta actividad se muestran figuras de varios tamaños alineados en la barra superior y en la parte inferior de la ventana se presentan las casillas vacías donde se deben colocar dichas figuras en orden. Al iniciar esta actividad lúdica, los objetos aparecen de manera desordenada y deben ser ordenados de menor a mayor desde la izquierda hacia la derecha. Los elementos pueden ser colocados en las casillas mediante la acción arrastrar y soltar, acción que se ejecuta haciendo un gesto “clic” sobre el elemento deseado mismo que se moverá siguiendo a la mano del usuario, para soltar el objeto en el lugar deseado, basta con hacer otro gesto “clic” en el lugar en el que lo deseamos colocar.

Si alguno de los elementos es arrastrado a una casilla que no le corresponde, éste regresará a su posición original en la parte superior, emitiéndose un sonido que indica que el movimiento fue erróneo. Si el elemento es arrastrado y colocado dentro de la casilla correcta, dicho elemento se colocará en el centro de la casilla y el sistema emite un sonido que indica que la acción realizada es correcta. Esta actividad finaliza cuando todos los elementos se colocan en las casillas que les corresponden.

La figura 46(c) muestra la pantalla de inicio de la actividad lúdica “Parear”. A la izquierda se visualizan figuras que tienen cierto número de elementos, mientras que a la derecha se visualizan las representaciones numéricas arábigas de forma desordenada que corresponden a cada imagen de la izquierda. Los elementos de ambas columnas deben ser emparejados y, para esto, se deben seleccionar de manera consecutiva, sin importar cuál de los elementos se seleccione primero. Cuando la mano del usuario es colocada sobre un elemento, éste se resalta con un encuadre, luego de hacer el gesto “clic” sobre el elemento, el encuadre cambia de color. Si el segundo elemento seleccionado no corresponde al primero, la aplicación emite un mensaje de error y el resaltado de los elementos seleccionados desaparece. Al emparejar de manera correcta a un par de elementos, la aplicación emite un sonido que indica que la acción se realizó

correctamente, y los elementos pareados desaparecen dejando visibles solo aquellos que aún no se han emparejado correctamente. El juego termina cuando todos los elementos han sido emparejados correctamente.

La figura 46(d), muestra la pantalla inicial de la actividad lúdica “Sumar”. Esta actividad ha sido diseñada para funcionar en modo exploratorio y finaliza cuando el usuario desee. Al lado izquierdo se visualiza un contenedor de donde se escogen los elementos mientras que en el centro se encuentran contenedores con los sumandos. Los elementos del primer contenedor pueden arrastrarse y soltarse en cualquiera de los dos sumandos, también se pueden quitar elementos de los sumandos para regresarlos al contenedor principal. Las casillas que están a la derecha presentan los valores numéricos de los sumandos y la sumatoria final y se actualizan con cada movimiento del niño.

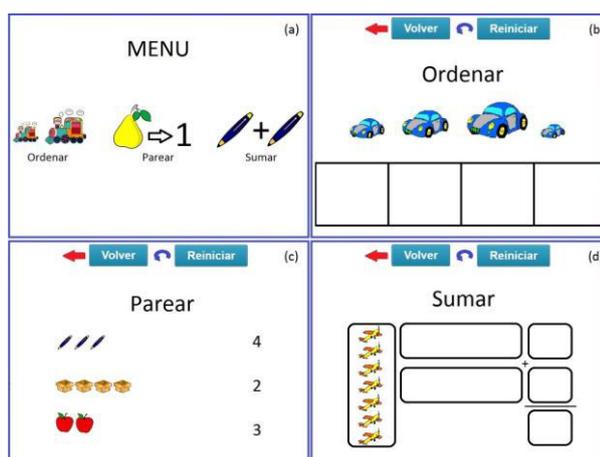


Figura 46: Pantallas de KARMLS
Fuente: Sistema KARMLS

En la pantalla principal de SAM-RAK, mostrada en la figura 47(a), se pueden observar unos botones que permiten acceder a cada una de las actividades lúdicas propuestas, estos botones se activan con el gesto clic. En la figura 47(b) por su parte, se muestra la pantalla de la actividad “Ordenar”; en ésta se muestran figuras de varios tamaños alineados en la barra superior y las casillas vacías donde se deben colocar dichas figuras en orden en la parte inferior. Al iniciar la actividad lúdica “Ordenar”, los objetos virtuales aparecen de manera desordenada y deben ser ordenados de menor a mayor desde la izquierda hacia la derecha. Los elementos pueden ser colocados en las

casillas mediante la acción arrastrar y soltar, acción que se ejecuta haciendo un gesto “clic” sobre el elemento deseado mismo que se moverá siguiendo a la mano del usuario, para soltar el objeto en el lugar deseado, basta con hacer otro gesto “clic” en el lugar en el que lo deseamos colocar. Si alguno de los elementos es arrastrado a una casilla que no le corresponde, éste regresará a su posición original en la parte superior, emitiéndose un sonido que indica que el movimiento fue erróneo. Si el elemento es arrastrado y colocado dentro de la casilla correcta, dicho elemento se colocará en el centro de la casilla y el sistema emite un sonido que indica que la acción realizada es correcta. Esta actividad finaliza cuando todos los elementos se colocan en las casillas que les corresponden.

Las figuras 47(c) muestran la pantalla de inicio de la actividad lúdica “Parear”. Al igual que en KARMLS la izquierda se visualizan figuras que tienen cierto número de elementos, mientras que a la derecha se visualizan las representaciones numéricas arábicas de forma desordenada que corresponden a cada imagen de la izquierda. Los elementos de ambas columnas deben ser pareados y para esto, se deben seleccionar de manera consecutiva, sin importar cuál de los elementos se seleccione primero. Cuando la mano del usuario es colocada sobre un elemento, éste se resalta con un encuadre, luego de hacer el gesto “clic” sobre el elemento, el encuadre cambia de color. Si el segundo elemento seleccionado no corresponde al primero, la aplicación emite un mensaje de error y el resaltado de los elementos seleccionados desaparece. Al emparejar de manera correcta a un par de elementos, la aplicación emite un sonido que indica que la acción se realizó correctamente, y los elementos pareados desaparecen dejando visibles solo aquellos que aún no se han emparejado correctamente. El juego termina cuando todos los elementos han sido emparejados correctamente.

La figura 47(d), muestra la pantalla inicial de la actividad lúdica “Sumar”. Esta actividad ha sido diseñada para funcionar en modo exploratorio y finaliza cuando el usuario desee. Al lado izquierdo se visualiza un contenedor de donde se escogen los elementos mientras que en el centro se encuentran contenedores con los sumandos. Los elementos del primer contenedor pueden arrastrarse y soltarse en cualquiera de los dos sumandos, también se pueden quitar elementos de los sumandos para regresarlos al contenedor principal. Las casillas que están a la derecha presentan los valores

numéricos de los sumandos y la sumatoria final y se actualizan con cada movimiento del niño.

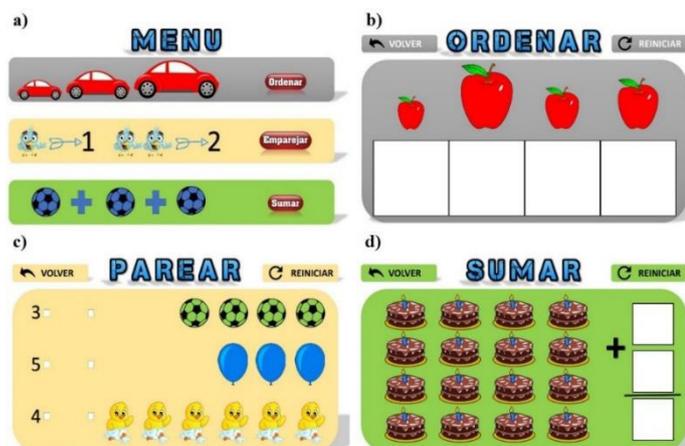


Figura 47: Pantallas de SAM-RAK
Fuente: Sistema SAM-RAK

En cada una de las actividades lúdicas propuestas en KARMLS y SAM-RAK, están disponibles 2 botones en la parte superior. El botón volver permite cancelar el juego actual y regresar a la pantalla principal y, el segundo botón, llamado Reiniciar permite comenzar nuevamente la actividad actual.

Como se mencionó en secciones anteriores, los sistemas desarrollados tienen la posibilidad de ser configurados en algunos de sus aspectos. Las opciones que pueden ser configuradas son:

- Cantidad de elementos que puede emplear cada actividad.
- Imágenes que se cargan en cada juego.
- Para el caso de las actividades ordenar y parear, se puede configurar la cantidad mínima y máxima de elementos que pueden mostrarse en una partida.

La configuración de estas opciones se realiza mediante la modificación de unos archivos que son leídos cuando se ejecuta la aplicación. Cada actividad tiene sus propias características, por tanto, cada una tiene su propio archivo de configuración, estos archivos se encuentran en el directorio /config/, ubicado en la carpeta de instalación de la aplicación. La estructura de los archivos está definida en XML. Hay que destacar que en el caso de la actividad Ordenar, el software no redimensiona las

imágenes para que éstas se ajusten al orden de los elementos, por tanto, dichas imágenes deben crearse con las diferencias de tamaño que se desee emplear.

5.3.5. Aplicación de MARAGIC en KARMLS y SAM-RAK

5.3.5.1. Capa de Interfaz

En cuanto a la capa de interfaz, como su nombre sugiere, esta debe componerse por las interfaces que hacen posible el acceso a otras capas, teniendo siempre en mente el objetivo educativo que se persigue con cada actividad, aprovechando la motivación que tiene en los niños el uso de actividades que se presentan de forma novedosa, como es el caso de la interacción con el juego a través de MS Kinect o MS Azure Kinect. Lo mencionado, ha orientado a los investigadores para diseñar una interfaz sencilla que, en cuanto a los modos de interacción con los objetos digitales, se asemeje a la interacción que el niño realiza día a día con los objetos de su entorno real, para lograrlo se deben considerar los siguientes factores: compromiso, absorción e inmersión, tal y como se detalla a continuación.

En cuanto al factor compromiso, se debe procurar presentar una aplicación que a más de fácil e intuitiva, sea interesante para que el estudiante que usa el sistema esté motivado e interesado en interactuar con el contenido curricular que se aborda con el sistema de RA. Además, el uso de la interacción gestual provista por MS Kinect o MS Azure Kinect y la presentación de una interfaz sencilla, le brinda al niño una experiencia de usabilidad que se asemeja con el modo en que este interactúa con los objetos del mundo real, esto sin duda mejora la experiencia de usuario, puesto que así se aprovechan los modos de interacción que el niño conoce a partir de su interacción con los objetos de su entorno real, reduciendo la carga cognitiva extrínseca e indeseable que puede provocar el uso de los modos de interacción humano-computador tradicionales.

Considerando el factor absorción, el uso de una interfaz amigable, simple, con interacción natural, que genere cargas cognitivas extrínsecas bajas y que presente contenidos adecuados a las necesidades, intereses y capacidades del niño que use KARMLS y SAM-RAK, hará que este tenga una conexión emocional con la aplicación, conexión que se da gracias a la motivación, atracción e interés que causan

en este tipo de usuario las aplicaciones que emplean tecnología que les es familiar, esto hará que los niños que usen los sistemas desarrollados deseen participar en nuevas experiencias de aprendizaje de este tipo. Esto hará, además, que el niño se enfoque y se concentre de mejor manera durante la implementación de los sistemas KARMLS y SAM-RAK.

Otro factor importante que debe ser considerado en el diseño de la interfaz de una actividad educativa que use RA e interfaces gestuales, es la inmersión que produce el sistema en el usuario. La sensación de que los mundos real y virtual están entrelazados da la sensación de presencia, esto aumenta la experiencia sensorial de la Realidad Aumentada (o virtual), pudiendo elevarse aún más la sensación de presencia mediante sistemas que incluyan hardware que permita sensaciones táctiles (hápticas) y la adición de otras entradas sensoriales para otros sentidos como el oído, el olfato y/o el gusto. Una situación que resulta importante en este sentido lo es también el flujo en el que se presentan los contenidos curriculares, siendo que estos deben estar adecuadamente dosificados para no abrumar con demasiada información al niño y adecuadamente contextualizados para que la información presentada al niño tenga sentido para él.

5.3.5.2. Capa de Configuración

La capa de configuración, siendo la encargada de permitir la configuración del plan de formación, permite como es de esperar que el docente adapte los contenidos curriculares al contexto del grupo de estudiantes, es aquí donde el docente es capaz también de modificar los planes formativos anteriores. En este punto, el docente plantea los objetivos educativos específicos a los que se desea aportar con la implementación del sistema de RA con interfaces gestuales, para ello debe considerarse la situación de partida (conocimientos previos) de sus estudiantes y plantear estas metas educativas de forma realista para que sean alcanzables en función del tiempo y de los recursos disponibles. La selección de los contenidos también es importante puesto que no todos los temas son aptos para presentarse con Realidad Aumentada y/o interacción gestual, nuevamente debe considerarse la adecuada dosificación y contextualización de los temas a presentar con los sistemas.

Se debe considerar también si se cuenta con los docentes (u otro personal) más adecuados para desarrollar e implementar este tipo de recurso digital didáctico y, en el caso de no ser así se debe decidir, desde el nivel directivo si se opta por una fuente externa que sea capaz de desarrollar e implementar este tipo de recurso didáctico digital, o si se capacitará al personal docente del centro educativo, en el caso de KARMLS y SAM-RAK, los investigadores ingresaron a los centros educativos, desarrollaron los sistemas y los implementaron. En ese orden de ideas, es importante también fijar el lugar y el momento de la implementación, determinando el lugar del aula (u otro sitio) que se adaptará para la utilización del sistema y el momento de la clase (o la clase) en que se usará el sistema con los niños.

Una actividad importante en este punto es fijar un sistema adecuado para la evaluación de los resultados, a partir de la consideración de que la evaluación a más de servir para obtener resultados que se procesen estadísticamente para responder a una pregunta de investigación debe servir también para obtener una retroalimentación que permita la mejora continua de los estudiantes, y de los futuros planes de formación a utilizarse. Para el caso del sistema KARMLS y de SAM-RAK, se optó por emplear un pre test y post test para contrastar los resultados obtenidos por los estudiantes participantes en cada estudio de caso.

5.3.5.3. Capa de Tiempo de Ejecución

La capa tiempo de ejecución contiene los componentes que hacen posible la interacción con el usuario mientras se ejecuta la aplicación. En cuanto al agente de contexto, este componente se encarga de guardar y recuperar el plan de formación que corresponde a cada usuario, así como su desempeño en sesiones anteriores, esto permite tener un control sobre la sesión actual, además sirve de guía para cada usuario en función de su propio plan de formación y evolución con el sistema. Es importante mencionar que los sistemas elaborados para esta investigación, en base al modelo propuesto son empleados por los niños participantes en pares (y un trío de ser necesario), para aprovechar el trabajo colaborativo y bajo la supervisión de sus maestros. El agente de sesión permitió que KARMLS y SAM-RAK incluyan varios niveles o fases; donde cada fase presentó un apropiado nivel de dificultad caracterizado

por los objetos empleados, la complejidad de las tareas a resolver, los objetivos perseguidos, el tiempo para ejecutar cierta tarea, entre otros.

5.3.5.4. Capa de Almacenamiento

En cuanto a la capa de almacenamiento, en KARMLS y en SAM-RAK, esta capa contiene los componentes que permiten almacenar los datos referentes a los planes de formación, perfiles de usuario, objetos de juego y niveles o fases. Cada uno de estos componentes sigue una estructura y especificación común adecuada para la correcta recuperación y utilización de la información que se guarda en cada sesión.

5.4. Estudios de caso

Para los estudios de caso realizados, se implementaron los dos sistemas desarrollados KARMLS y SAM-RAK, mismos que como se estableció en la sección anterior, fueron desarrollados siguiendo las orientaciones establecidas por el modelo MARAGIC, propuesto en el presente trabajo de tesis. El propósito de esta aplicación es analizar de forma objetiva el rendimiento en cuanto a las habilidades específicas que cubren los sistemas desarrollados (ordenar, parear y sumar) de los niños participantes del estudio, se espera que al utilizar KARMLS y SAM-RAK, se mejore el rendimiento de los estudiantes con referencia a los resultados obtenidos cuando utilizaron el método de aprendizaje tradicional en el que, utilizaron diapositivas estáticas y su libro de texto. El protocolo descrito en (Yin, 2011), se ha utilizado en este estudio, en dicho protocolo se establecen los siguientes componentes: la definición, el diseño del experimento y los resultados.

5.4.1. Caso 1: KARMLS

5.4.1.1. Definición del estudio de caso para el sistema KARMLS

El trabajo presentado, según los objetivos de este se enmarca en la investigación descriptiva, con un enfoque cuantitativo.

Es descriptivo, puesto que identifica un elemento clave en el rendimiento académico (calificaciones) de los niños participantes durante las clases de matemática recibidas con metodología tradicional y luego de la utilización del sistema KARMLS. Así, en esta sección del estudio se pretende descubrir mediante análisis estadístico la

incidencia que tiene el uso del sistema KARMLS en el rendimiento de los estudiantes, y si la diferencia encontrada es significativa. Todo esto se realiza con el propósito de generalizar los hallazgos encontrados mediante inferencia estadística (Hernández Sampieri et al., 2014).

El enfoque del estudio es cuantitativo, porque los datos se obtuvieron a partir de una serie de observaciones cuantificables sobre la experimentación de estudio, específicamente a partir de una actividad evaluativa aplicada a los participantes del estudio sobre las temáticas que se abordan en el sistema KARMLS. En ese sentido, para el análisis de los resultados, se utilizaron como fuentes de evidencias los resultados del pre test (aplicado antes de usar KARMLS) y los resultados del post test (aplicado luego de usar KARMLS), estos datos se utilizarán como insumos para la demostración de la hipótesis específica HE1.

En cuanto a las unidades de análisis, se empleó la metodología tradicional de educación que emplea libro de texto y diapositivas estáticas y el sistema KARMLS con los 3 juegos en el presentados (ordenar, parear y sumar) aplicados a niños/as de entre 8 y 9 años que acudían al tercer grado de Educación General Básica (EGB), en una Unidad de Educación Básica en la Ciudad de Riobamba-Ecuador. Para este estudio de caso no se seleccionó una muestra representativa de la población de manera probabilística, siendo que la muestra se conformó de manera no probabilística e intencional y que la estratificación de los sujetos fue según la Unidad de Educación Básica y el año de EGB al que asistían.

Para la recolección de los datos referentes al rendimiento de los niños participantes, se utilizó como técnica la encuesta y como instrumento el cuestionario aplicado antes y después de que los niños participantes del estudio utilizaran KARMLS. Luego, mediante la evaluación manual de los cuestionarios aplicados, se organizó la información, para poder gestionarla de forma más rápida y fácil, esto, permite también dar coherencia a la información recogida que servirá para determinar la relación que existe entre los resultados obtenidos en el entorno académico tradicional versus los resultados obtenidos en un entorno académico en que se utilizó el sistema KARMLS como herramienta de apoyo del proceso formativo de los niños.

Para la correcta interpretación y análisis de los datos recogidos, se utilizó el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los resultados. En ese sentido, siendo la distribución de los resultados normal tanto antes como después, se procedió a aplicar el estadístico t-student, que estima el valor de la media de los resultados obtenidos por los estudiantes.

5.4.1.2. Diseño del experimento

Para realizar la evaluación del sistema KARMLS, se llevó a cabo una prueba de campo en una Unidad de Educación Básica de la Ciudad de Riobamba, Ecuador. Como se mencionó anteriormente, se adoptó el enfoque cuantitativo para explorar si existe diferencia entre los puntajes obtenidos por los niños participantes antes y después de la utilización del sistema desarrollado.

Luego de analizar las características de los datos recogidos, se empleó la prueba t-student para muestras emparejadas para comprobar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los puntajes obtenidos por los niños cuando aprendieron y practicaron los contenidos de manera tradicional (mirando diapositivas estáticas y practicando en su libro de texto) y los puntajes obtenidos luego de usar el sistema KARMLS (basada en MARAGIC, RA e interfaces gestuales), dichos resultados permitieron además realizar una comparación con entre los puntajes obtenidos por los niños con bajo rendimiento (menos de 14, en una escala donde la calificación máxima, es decir 32 puntos equivale a 20 puntos) en comparación con los que presentaros un alto rendimiento (14 o más) para comparar el nivel de progreso de estos dos grupos de niños luego de usar KARMLS, para ello se realizó una comparación del porcentaje de mejora obtenido por cada grupo de niños antes y después de emplear la herramienta basada en el modelo propuesto, RA e interfaces gestuales desarrollada como producto del estudio, empleando el promedio de sus calificaciones y considerando la escala antes mencionada. Los resultados de estos análisis se presentan en la siguiente sección y la tabla 9 muestra el flujo del diseño experimental aplicado.

Tabla 9: Diseño experimental ejecutado

Fase del experimento	Métodos
Pre test	En su momento, cada estudiante y de manera individual, debió completar una prueba escrita que midió sus resultados de aprendizaje con respecto a los temas “Ordenar”, “Parear” y “Sumar”.
Formación de parejas de trabajo y utilización de KARMLS.	Los niños participantes del estudio fueron instruidos nuevamente en el aula de clase por su profesora en los temas sobre los que practicarían con la herramienta KARMLS. Luego de esto, sin realizar la ejercitación propuesta en el libro de texto de la asignatura, fueron reunidos de manera aleatoria en 13 grupos de 2 niños (y un grupo de tres niños) para conformar equipos de trabajo, a cada grupo se le solicitó que utilicen la herramienta KARMLS, con cambio de roles durante 10 minutos por cada niño, siguiendo las instrucciones proporcionadas por la profesora, quien les dio indicaciones breves (no más de 5 minutos) y de forma general sobre cómo interactuar con MS-Kinect para controlar el software. Para evitar sesgos, dichas instrucciones fueron plasmadas en una guía que fue respetada por la profesora, también estuvo presente el grupo de investigadores quienes, al igual que la docente, fueron meros espectadores al momento de la ejecución del experimento, indicando a los niños solamente cuando cambiar de rol (cuando era espectador y cuando usaba KARMLS).
Post test	Cada estudiante (de manera individual) completó un test escrito con la misma dificultad y sobre los mismos temas que contenía el Pre-test.
Análisis de resultados	Se procedió a contrastar estadísticamente los resultados recogidos en el pre-test y en el post-test para verificar si existe una mejora o no en el rendimiento de los niños luego de utilizar KARMLS y si dicha diferencia es estadísticamente significativa. Así mismo se contrastaron los resultados obtenidos por los estudiantes que presentaron menor rendimiento (menos de 14 puntos, en una escala en la que la calificación máxima, es decir 32 equivale a 20 puntos) contra los de mejor rendimiento (14 o más) antes de practicar con la herramienta didáctica propuesta en este estudio.

Elaboración propia.

5.4.1.3. Resultados y prueba de la hipótesis HE1.

En esta subsección se presentan los resultados de la evaluación de los datos recogidos en la prueba de campo del estudio de caso en el que se implementó el sistema KARMLS como apoyo a las clases de matemática. El tratamiento de estos datos servirá para dar respuesta a la hipótesis específica HE1, esta señala que:

- **H0:** El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, no mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.

- **H1:** El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.

A continuación, se detalla el proceso seguido para validar la hipótesis HE1 del estudio. Siendo que el estudio de caso KARMLS tuvo como participantes a 29 niños, la ejecución del experimento produjo 58 calificaciones (29 del pre test y 29 del post test), con 32 puntos como la calificación máxima que se podría alcanzar en dicha evaluación, a partir de estos puntajes y luego de analizar las características de la data recolectada, se aplicó una prueba estadística adecuada con el fin de contrastar los promedios de las calificaciones obtenidas por los niños participantes del estudio antes y después de emplear KARMLS, esto se realizó con la finalidad de verificar objetivamente si existió una mejora en las calificaciones obtenidas después de usar el sistema KARMLS, la variable evaluada es la diferencia existente entre las medias de las calificaciones obtenidas en el post test menos las calificaciones obtenidas en el pre test. Los resultados obtenidos tanto en el pre test como en el post test, son los que se muestran en la tabla 10.

Tabla 10: Calificaciones obtenidas en el pre test y en el post test (variable Rendimiento)

CALIFICACIONES (Sobre 32 puntos)					
Sujeto N°	Antes de KARMLS	Después de KARMLS	Sujeto N°	Antes de KARMLS	Después de KARMLS
1	18	20	16	25	31
2	18	20	17	26	26
3	19	22	18	26	29
4	19	22	19	27	26
5	20	23	20	27	30
6	20	23	21	28	28
7	21	24	22	28	30
8	21	24	23	29	28
9	22	24	24	29	29
10	22	24	25	30	28
11	23	25	26	30	29

12	23	25	27	31	28
13	24	26	28	31	31
14	24	32	29	32	29
15	25	26			

Elaboración propia.

Antes de contrastar estos resultados, para determinar que prueba estadística es la que mejor se ajusta a los datos obtenidos y a los objetivos del estudio, se realizó la prueba de normalidad de las muestras correspondientes a la calificación obtenida por los niños antes y después de emplear KARMLS. Se empleó el complemento Realstats de Excel para realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los resultados obtenidos con la ejecución de esta prueba se muestran a continuación:

Prueba de normalidad de las calificaciones obtenidas antes de KARMLS (Pre test)

Resultados:

n = 29

Promedio = 24.758620689655178

Desviación estándar = 4.264933196711736

W = 0,954232262

Valor de la tabla SW para 0,99% (p=0.01) = 0.8980000019073486 --> HO aceptada

Valor de la tabla SW para 0,95% (p=0.05) = 0.9259999990463257 --> HO aceptada

Valor de la tabla SW para 0,90% (p=0.10) = 0.9369999766349792 --> HO aceptada

Conclusión: No existe evidencia estadística que señale que lo datos obtenidos en el pre test no son normales.

Prueba de normalidad de las calificaciones obtenidas después de KARMLS (Post test)

Resultados:

n = 29

Promedio = 26.275862068965516

Desviación estándar = 3.315510645049782

W = 0,962843254

Valor de la tabla SW para 0,99% (p=0.01) = 0.8980000019073486 --> HO aceptada

Valor de la tabla SW para 0,95% (p=0.05) = 0.9259999990463257 --> HO aceptada

Valor de la tabla SW para 0,90% (p=0.10) = 0.9369999766349792 --> HO aceptada

Conclusión: No existe evidencia estadística que señale que los datos obtenidos en el post test no son normales.

Luego de haberse comprobado la normalidad de las muestras a contrastar, y al tratarse de un conjunto de menos de 30 sujetos, donde se desconoce la desviación estándar de la población y con varianzas iguales (se acepta esta condición como verdadera porque los sujetos de estudio provienen de la misma población), los investigadores determinaron que la distribución de probabilidad que mejor se ajusta y que por tanto se emplearía para la contrastación es la prueba t-student para muestras relacionadas. Esta prueba permite determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de las calificaciones obtenidas por los niños participantes del estudio antes y después de usar KARMLS, dicha prueba estadística permite también determinar si dicha diferencia se debe a la utilización del Sistema Informático propuesto en el estudio o si se debe al azar. Los resultados de la prueba t-student se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Resultados de la prueba t-student para muestras relacionadas

SUMMARY			Alpha	0,05
Groups	Count	Mean	Std Dev	t
Antes	29	24,75862069	4,2649	
después	29	26,27586207	3,3155	
Diff.	29	-1,51724137	2,4145	-3,3839

T Test					
	p-value	t-crit	Lower	upper	Sig
Una cola	0,00106453	1,701130934			Yes
Dos colas	0,0021291	2,048407142	-2,436	-0,5987958	Yes

Elaboración propia.

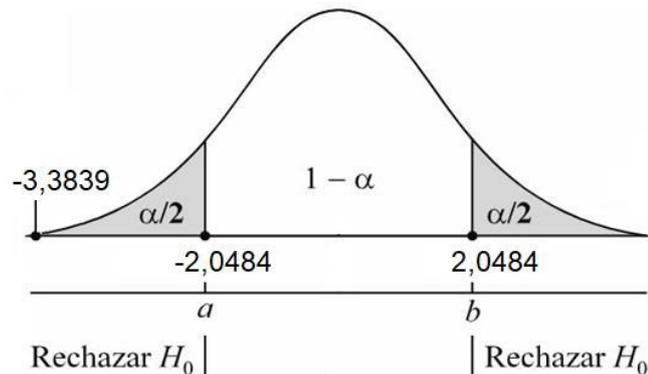


Figura 48: Distribución t-student con los datos obtenidos en el análisis
Elaboración propia.

Análisis de los Resultados y prueba de la hipótesis HE1 – Caso KARMLS.

A partir de los datos obtenidos (ver tabla 11), para el valor de t calculado ($t = -3,3839$) y para t crítica a dos colas para $n=29$ ($t\text{-crit} = 2,0484$) y con el valor p para dos colas ($p\text{-value} = 0,0021291$), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la diferencia existente entre los promedios obtenidos antes (24,76) y después (26,28) del uso de KARMLS es estadísticamente significativa y que la mejora observada se debe a la utilización del sistema informático desarrollado en el presente estudio y que no se debe al azar. Estos resultados permiten concluir con un nivel de confianza del 95% que ***“El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales”.***

5.4.1.4. Conclusiones del Caso de Estudio.

El análisis de los datos obtenidos en el experimento permitió determinar que existe diferencia estadísticamente significativa entre los puntajes obtenidos por los niños

participantes del estudio en la prueba que mide su rendimiento luego de usar KARMLS en comparación con sus calificaciones obtenidas antes de emplear el sistema propuesto por este estudio.

El análisis realizado permitió corroborar que existió una mayor mejora en los niños con bajo rendimiento en comparación con los niños del grupo de alto rendimiento, se ha considerado que las posibles razones para este hallazgo pueden ser: a) muchos de los puntajes obtenidos por los niños del grupo de alto rendimiento son muy altos, incluso hay un caso en que se obtuvo el máximo puntaje posible, esto hace que el espacio para la mejora del rendimiento de estos niños sea bastante limitado y b) la prueba fue bastante básica, tanto que los niños del grupo de alto rendimiento dominaba estas temáticas y les resultó muy sencillo alcanzar calificaciones altas antes y después de usar KARMLS.

5.4.2. Caso 2: SAM-RAK

5.4.2.1. Definición del estudio de caso para el sistema SAM-RAK

Al igual que en el caso de KARMLS, el trabajo presentado en esta sección, según los objetivos perseguidos se enmarca en la investigación descriptiva, con enfoque cuantitativo.

Es descriptivo porque identifica un elemento clave en el rendimiento académico (calificaciones) de los niños participantes durante las clases de matemática recibidas con metodología tradicional (que usa libros de texto y diapositivas estáticas) y luego de la utilización del sistema denominado SAM-RAK. En esta sección del trabajo se pretende descubrir mediante análisis estadístico la incidencia que tiene el uso del sistema SAM-RAK en el rendimiento de los niños participantes de este estudio de caso, se determinará también si la diferencia encontrada entre los resultados de ambos momentos (antes y después de usar SAM-RAK), es significativa. Todo esto se realiza con el propósito de generalizar los hallazgos encontrados mediante inferencia estadística (Hernández Sampieri et al., 2014).

El enfoque del estudio es cuantitativo porque los datos analizados se obtuvieron a partir de una serie de observaciones cuantificables sobre la experimentación de estudio, específicamente a partir de una actividad evaluativa aplicada a los

participantes del estudio sobre las temáticas que se abordan en el sistema SAM-RAK. En ese sentido, para el análisis de los resultados, se empleó como fuente de evidencias los resultados del pre test (aplicado antes de usar SAM-RAK) y los resultados del post test (aplicado luego de usar SAM-RAK), estos datos se utilizarán como insumos para la demostración de la hipótesis específica HE1.

En cuanto a las unidades de análisis, en primera instancia se utilizó la metodología tradicional de educación (emplea libro de texto y diapositivas estáticas) y luego se empleó el sistema SAM-RAK con los 3 juegos en el presentados (ordenar, parear y sumar) aplicados a niños/as de entre 7 y 9 años que acudían en el momento de la prueba de campo, al tercer grado de EGB en dos Unidades de Educación Básica en la Ciudad de Riobamba-Ecuador. Para este estudio de caso no se seleccionó una muestra representativa de la población de manera probabilística, siendo que la muestra se conformó de manera no probabilística e intencional, donde la estratificación de los sujetos fue según la Unidad de Educación Básica y el año de EGB al que asistían.

Para la recolección de los datos referentes al rendimiento de los niños participantes, se utilizó como técnica la encuesta y como instrumento el cuestionario aplicado antes y después de que los niños participantes del estudio utilizaran SAM-RAK. Luego, mediante la evaluación manual de los cuestionarios aplicados, se organizó la información, para poder gestionarla de forma más rápida y fácil, esto, permite dar coherencia a la información que sirvió para determinar la relación que existe entre los resultados obtenidos en el entorno académico tradicional versus los resultados obtenidos en un entorno académico en que se introdujo y empleó el sistema basado en el modelo MARAGIC, RA e interfaces gestuales denominado SAM-RAK como herramienta de apoyo del proceso formativo de los niños.

Para la correcta interpretación y análisis de los datos recogidos, se utilizó el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los resultados. En ese sentido, siendo la distribución de los resultados normal tanto antes como después, se procedió a aplicar el estadístico t-student, que estima el valor de la media de los resultados obtenidos por los estudiantes.

5.4.2.2. Diseño del experimento

Para iniciar y en un primer momento, los resultados obtenidos luego de la aplicación del pre test, fueron provistos por los profesores de matemática de cada Unidad Educativa y grado, quienes previo a esta evaluación emplearon recursos tradicionales (Libro de texto y diapositivas estáticas) para la enseñanza de las temáticas Ordenar, Emparejar y Sumar. Por su parte, los resultados del post test se obtuvieron al aplicar una evaluación del mismo nivel de complejidad y sobre los mismos temas al grupo de estudiantes luego de estos empleasen el sistema SAM-RAK como herramienta de apoyo para el aprendizaje de los contenidos presentados en el sistema desarrollado.

Es importante mencionar que los recursos presentados en el sistema SAM-RAK no contenían los ítems exactos que se evaluaron en el pre test ni en el post test, este hecho implica que la selección de las respuestas requería que los niños participantes del estudio saquen sus propias conclusiones a partir de la aplicación de sus conocimientos, de la deducción y de la exploración del entorno presentado en SAM-RAK, fundamentos del aprendizaje constructivista por indagación, postura en la que se basó el diseño de las clases en las que se utilizó el sistema desarrollado.

Para cumplir con los objetivos planteados, fue necesario realizar adecuaciones en el aula de tal forma que se pudiese implementar adecuadamente los equipos necesarios para utilizar SAM-RAK, dichas adecuaciones implicaron la movilización de cierto mobiliario para obtener un área de acción ideal según las características recomendadas para Azure-Kinect (ver la figura 49), según su fabricante. Dicha área de acción fue además marcada en el piso con cinta adhesiva de color rojo para indicar a los niños que deberían permanecer dentro de dicha área.

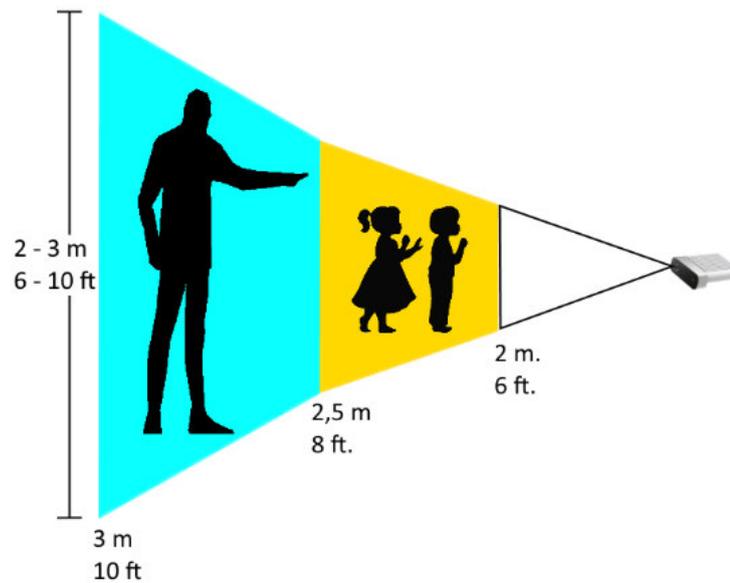


Figura 49: Distancia recomendada para el uso de Azure-Kinect V2
Fuente: Lozada-Yáñez et al. (2020)

El experimento diseñado consideró, al igual que en el primer estudio de caso la ejecución de cuatro fases o etapas que constituyen el diseño experimental del estudio, dicha etapas se detallan en la tabla 12.

Tabla 12: Diseño experimental ejecutado en el estudio de caso SAM-RAK

Fase del experimento	Métodos
Fase 01. Pre-test	Luego de recibir clases con medios tradicionales sobre los contenidos Ordenar, Emparejar y Sumar, cada alumno debía completar de manera individual una prueba escrita (pre-test) que midió su rendimiento con respecto a estos temas.
Fase 02. Formación de parejas de trabajo y utilización de SAM-RAK.	Luego de rendir el pre-test los niños participantes del estudio recibieron nuevamente clases sobre los temas Ordenar, Emparejar y Sumar, empleando esta vez el sistema SAM-RAK. Para ello, fueron agrupados de forma aleatoria en grupos de 2 niños para formar equipos de trabajo para luego, invitarlos a emplear la herramienta desarrollada por un lapso de 30 minutos en los cuales cada niño interactuaba con las actividades propuestas por 10 minutos, siguiendo las instrucciones de su profesor, quien les indicó de forma breve (no más de 5 minutos) sobre el modo de interacción de Azure-Kinect mediante una actividad de introducción que se preparó para tal fin. Para evitar algún tipo de sesgo, las instrucciones mencionadas se plasmaron en una guía que el maestro debía respetar y seguir con cada pareja de niños, en esta fase, estuvo presente un miembro del grupo de investigadores quien fue un mero espectador del proceso realizado los niños al utilizar y explorar de las actividades propuestas en SAM-KAR. El profesor además de la inducción sobre el uso de Azure-Kinect tuvo el papel de indicar a cada niño cuando cambiar su rol (cuando era espectador y cuando usaba el

	sistema).
Fase 03. Post-test	Luego de terminada la fase 02, cada niño completó una prueba escrita (post-test) de la misma complejidad y sobre los mismos temas que la prueba del pre-test.
Fase 04. Análisis de resultados	Luego de procesar los resultados del pre-test y del post-test, se contrastaron estadísticamente los resultados para verificar si existió mejora en el rendimiento de los niños participantes luego de usar SAM-KAR y si la diferencia registrada es estadísticamente significativa. Así mismo, se compararon los resultados de los estudiantes con menor rendimiento (14 puntos o menos, en una escala en la que la nota máxima del test aplicado que fue 32, equivale a 20 puntos) con los que demostraron un mejor rendimiento (14 o más) antes de utilizar el sistema desarrollado en este trabajo.

Elaboración propia.

El diseño experimental que emplea pre test y post tes es utilizado en el estudio dado que se pretendía comparar el grado de cambio del rendimiento de los niños, cambio producido como resultado de la implementación del sistema SAM-RAK, desarrollado en base al modelo MARAGIC, Realidad Aumentada e interfaces gestuales.

Para el estudio de caso SAM-RAK, se seleccionó el diseño experimental que emplea pre test y post test porque se deseaba monitorear el efecto que tiene la utilización del sistema SAM-KAR en el grupo de niños (que asistían al tercer año de EGB) participantes del experimento de campo. Para validar los test éstos fueron analizados y evaluados por un grupo de expertos, siendo estos 5 profesores con grado universitario en matemáticas, mismos que revisaron los ítems tanto del pre test como del post test, con el objetivo de evaluar la claridad, relevancia y pertinencia de los 32 ítems que componen los test diseñados. Con la finalidad de verificar la consistencia de las evaluaciones, se realizó también una prueba piloto que consideró las recomendaciones emitidas por los expertos antes mencionados. Dicha prueba la rindieron 20 estudiantes (12 niños y 8 niñas) que asistían al quinto grado de EGB, dicha validación de se realizó siguiendo las siguientes fases:

- Fase de construcción. A pesar de que la investigación consideró inicialmente la utilización de un test elaborado por los profesores de aula, los investigadores consideraron que dicho test debía ser validado a través de la revisión de un grupo de expertos, quienes serían otros profesores de la asignatura de matemáticas que laboran en cada Unidad Educativa participante, a quienes se les sumó también un

docente de matemáticas de nivel secundario, mismos que actuaron como jueces en el proceso de validación del pre test y del post test.

- Validación de los jueces. Los 32 ítems de cada evaluación (pre test y post test), se organizaron por tema (Ordenar, Emparejar y Sumar) en un cuaderno que fue presentado a los expertos evaluadores para que estos determinen la claridad, relevancia y pertinencia de cada una de las preguntas objetivas que se presentan en las evaluaciones, para ello se empleó el criterio de la Razón de Validez de Contenido (Espinosa Díaz & Llórens Báez, 2015). La utilización de este criterio permite la obtención del Índice de Validez de Contenido (Content Validity Index, CVI) de todo el instrumento. La validación debe realizarse por cada pregunta que se desea validar. Según se señala en (Tristán-López, 2008), con la finalidad de determinar que un ítem es aceptable, el índice CVI debe ser superior a 0.5823. Por lo dicho y para cuidar la calidad del instrumento, todos aquellos ítems con valores inferiores a 0.5823, deben ser considerados para su modificación o eliminación. Es importante mencionar que en el caso de los instrumentos empleados en el estudio de caso de CAM-RAK, el CVI de todas las preguntas fue superior a 0.5823, excepto en cinco preguntas, casos que requirieron de ajustes, previo a la aprobación de los expertos.
- Ajustes de las pruebas. Tomando en cuenta las recomendaciones de los jueces y de acuerdo a los valores obtenidos por los ítems en la fase de validación, los cinco ítems que reportaron valores no adecuados para el CVI, fueron modificados según los criterios presentados en (Lawshe, 1975), citado en (Roig-Vila et al., 2019).
- Ejecución de la prueba piloto. Una de las pruebas validadas se aplicó a 20 estudiantes de quinto grado de EGB, quienes rindieron la evaluación en su aula de clase disponiendo de 80 minutos para completar todos los ítems del test.
- Análisis de confiabilidad. Luego de analizar los datos obtenidos con la aplicación de la prueba piloto, y al no ser posible realizar un método de doble aplicación, los investigadores decidieron ejecutar un análisis de consistencia interna, empleando para ello el método Split-Half (mitades partidas o partición binaria), obteniendo un coeficiente de confiabilidad mayor al 0.9. este valor indica, según la interpretación de Rositas et al. (2006), que si fuese posible aplicar el test por primera vez al mismo

grupo de estudiantes por 100 ocasiones, la tabla jerarquizada de calificaciones de mayor a menor que usa el método, saldría en el mismo orden en más de 90 ocasiones.

Los resultados obtenidos en el proceso de validación de instrumentos confirman la claridad, relevancia y pertinencia de las 32 preguntas objetivas que componen el pre test como el post test. Además, según el criterio de los jueces revisores, ambos instrumentos presentan la misma complejidad, sin que se repita exactamente ninguna pregunta, este grupo de expertos reportó también, que las pruebas cubren apropiada y proporcionalmente las tres temáticas que fueron seleccionadas para desarrollar el sistema SAM-KAR.

5.4.2.3. Resultados y prueba de la hipótesis HE1.

En esta subsección se presentan los resultados de la evaluación de los datos recogidos en la prueba de campo del estudio de caso en el que se implementó el sistema SAM-RAK, basado en las directrices del modelo propuesto como apoyo a las clases de matemática. El tratamiento de estos datos servirá para dar respuesta a la hipótesis específica HE1. Del estudio, esta señala que:

- **H0:** El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, no mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.
- **H1:** El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.

A continuación, se presenta el proceso que se siguió para validar la hipótesis HE1 del estudio. Luego de ejecutar el estudio de campo, se obtuvieron 60 calificaciones (30 del pre test y 30 del post test), siendo 32 puntos la nota máxima alcanzable en el pre test y en el post tes. Con estos resultados, el análisis de las características de los datos (analizados más adelante en esta sección), se terminó que la comparación de los resultados obtenidos antes y después de usar SAM-RAK se realice con la prueba

estadística t-student para muestras emparejadas. Para verificar que dicha diferencia existe, se evaluó la diferencia entre las medias de las puntuaciones obtenidas en el post test y las puntuaciones obtenidas en el pre test. Los resultados obtenidos por los niños en estas pruebas se muestran en la tabla 13.

Tabla 13: Calificaciones obtenidas en pre-test / post-test

Sujeto N°	Antes de SAM-RAK	Después de SAM-RAK	Sujeto N°	Antes de SAM-RAK	Después de SAM-RAK
1	12	17	16	18	25
2	23	31	17	21	29
3	24	32	18	19	27
4	20	24	19	21	28
5	20	28	20	20	23
6	34	28	21	21	30
7	21	30	22	22	25
8	15	30	23	26	29
9	22	27	24	23	27
10	26	22	25	22	24
11	17	22	26	23	32
12	28	33	27	19	31
13	28	29	28	18	24
14	18	24	29	13	25
15	23	25	30	25	24
			Antes de SAM-RAK	Después de SAM-RAK	Diferencia
Medias			13,375	16,7708	3.3958
Varianzas			7,9634	5,2016	2.7618
Número de observaciones			30	30	
Coefficiente de correlación de Pearson			0,4144		

Elaboración propia.

Previo a la realización de la prueba estadística, se analizó el conjunto de datos recabados y presentados en la tabla 13. Dicho análisis arrojó que las muestras están compuestas por datos cuantitativos de tipo continuo, que las muestras tienen 30 o menos elementos, que se desconoce la desviación estándar de la población, que las

varianzas se consideran iguales puesto que las muestras provienen de la misma población y que las muestras se ajustan a una distribución normal, hecho que fue comprobado con el test de normalidad de Shapiro Wilk y el complemento real statistics para MS Excel (ver tabla 14).

Tabla 14: Prueba Shapiro Wilk para verificar normalidad

Prueba Shapiro-Wilk		Prueba Shapiro-Wilk	
pre-test		post-test	
W-stat	0,96984629	W-stat	0,96073391
p-value	0,53497754	p-value	0,32340501
alpha	0,05	Alpha	0,05
normal	yes	Normal	yes

Realizado por: los autores

Conclusión de las pruebas de normalidad.

Antes de utilizar SAM-RAK. Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, indican con una certeza del 95%, que no existe evidencia estadística que señale que los datos obtenidos en el pre test no son normales.

Después de la utilización de SAM-RAK. Con una certeza del 95%, los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk indican que no existe evidencia estadística que señale que lo datos obtenidos en el post test no son normales. Con la aplicación de esta prueba, se verifica la normalidad de las dos muestras.

Luego de haber verificado las condiciones necesarias en cada una de las muestras, se determinó que la distribución de probabilidad que se usaría para el estudio es la prueba t-students para muestras relacionadas de una cola con un nivel de confianza del 95% (alfa=0,05), esta prueba permite determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de las calificaciones obtenidas por los niños antes y después de usar SAM-RAK. Los resultados de la prueba t-student se muestran en la tabla 15.

Tabla 15: Resultados de la prueba t-student para muestras relacionadas

SUMMARY			Alpha	0,05
Grupos	Conteo	Media	Desviación estándar	t-calculado
post-test	30	16.77	2.2807	6.6466
pre-test	30	13.38	2.8219	
Diferencia	0	3.4	0.5412	

	p-valor	t-critico	Inferior	superior	Significancia
Una cola	1,3742E-07	1,6991	2,35090	4,4407	Si
Dos colas	2,7485E-07	2,0452			Si

Elaboración propia.

Análisis de los Resultados y prueba de la hipótesis HE1 – Caso SAM-RAK.

Los resultados arrojados con este análisis estadístico para t calculado y t crítico de una cola (t-calculado = 6.6466; t-critico = 1,6991) y el p-valor = 1,3742E-07, señalan que se debe rechazar la Hipótesis nula de la prueba (Ho -> No existe diferencia entre las medias de las muestras). Por lo tanto, con un nivel de confianza del 95% podemos determinar que la diferencia entre las medias obtenidas antes (13.38) y después (16.77) de usar el sistema SAM-RAK es estadísticamente significativa y que la mejora observada se debe al uso del sistema presentado e implementado por el estudio y que dicha diferencia no es un resultado aleatorio. Los resultados obtenidos permiten concluir con un nivel de confianza del 95% que ***“El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales”.***

5.4.2.4. Conclusiones del Caso de Estudio.

Se observó que la mayoría de los niños no tuvo problemas de interacción con el software al usar SAM-RAK, hecho que demuestra la poca carga cognitiva extrínseca que generan las aplicaciones que basan su funcionamiento en interfaces de usuario natural (NUI) (R. Lozada et al., 2014), este factor ayudó a que los niños tengan una mejor comprensión del objetivo de cada juego. A pesar de esto, en muy pocas ocasiones, el profesor tuvo que intervenir y ayudar a los niños a completar alguna de las actividades (nunca fue más de una), debiendo indicar que las dificultades observadas en estos casos fueron que, por ejemplo, los infantes al momento de ejecutar

los gestos involuntariamente activaban alguno de los botones superiores de la pantalla, haciendo que la actividad se reinicie o que abandonen la actividad que intentaban desarrollar.

Se evidenció que en el juego “Ordenar” hizo falta una indicación para que el niño sepa hacia qué lado debía ordenar los elementos virtuales presentados, es decir si debía empezar desde la izquierda o desde la derecha.

En cuanto al juego “Sumar”, este no les resultó muy llamativo, esto puede deberse a que esta actividad no tiene un objetivo final como las otras actividades.

El problema 1 puede solucionarse mediante el empleo de una alternativa que reemplace a los botones de la parte superior. Una opción puede ser que se implemente una pantalla que se presente en una ventana separada de la aplicación principal, desde esta pantalla el docente podría controlar la navegación y reiniciar las actividades.

En el caso del juego Sumar se podría optar por la inclusión de un objetivo para esta actividad. Por ejemplo, el docente podría indicar los sumandos deseados y el niño colocaría los objetos correspondientes, otra alternativa es que la misma actividad indique el número de sumandos por medio de un relleno en las casillas que despliegan los números.

5.5. Pruebas de hipótesis

Para comprobar si se consigue mejorar el rendimiento académico y la interacción mediante la utilización de un recurso educativo digital basado en Realidad Aumentada, e Interfaces Gestuales que se diseñe con las orientaciones del modelo MARAGIC desarrollado como producto de esta investigación, se ha planteado la siguiente hipótesis general:

HG: Disponer de un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos, mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.

Así mismo, se han planteado las siguientes hipótesis específicas:

- **HE1:** El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.
- **HE2:** El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora la interacción de los niños con este tipo de recursos educativos digitales.

Para validar la hipótesis general HG, se deben comprobar las hipótesis específicas HE1 y HE2, en los siguientes párrafos se indica cómo se comprobaron estas hipótesis específicas:

Los resultados de las pruebas estadísticas realizadas en los estudios de caso aplicados como parte de la investigación (presentados en la sección anterior), se emplearon para validar la hipótesis HE1. En ese sentido, las pruebas estadísticas realizadas para contrastar los promedios de las calificaciones de los niños participantes de los estudios de caso tanto para el caso del sistema KARMLS como en el caso del sistema SAM-RAK, los resultados de los estudios de caso ejecutados se han publicado en (Lozada-Yáñez et al., 2019) y en (Lozada-Yáñez et al., 2020), respectivamente. Estos resultados señalan que las calificaciones obtenidas luego de emplear los recursos basados en el modelo MARAGIC, Realidad Aumentada e Interacción Gestual, son significativamente mejores que las calificaciones obtenidas antes de la implementación de los sistemas desarrollados como productos de la investigación, y que esta diferencia no es causada por el azar.

Los resultados obtenidos, permiten concluir para los dos estudios de caso realizados y con un nivel de confianza del 95% que **“El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora el rendimiento académico de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales”**, validando la primera hipótesis específica de la tesis (HE1).

Para la validación de la segunda hipótesis específica HE2, se realizó un estudio de percepción de usabilidad con la finalidad de determinar si los niños participantes del estudio consideran que la utilización de los recursos creados con el modelo MARAGIC mejoró la interacción con los sistemas KARMLS y SAM-RAK. Para ello, se recabaron las percepciones de los estudiantes que emplearon los sistemas desarrollados como apoyo en el desarrollo de sus clases de matemáticas, dichas percepciones se recogieron mediante la aplicación del cuestionario denominado “Escala de Usabilidad de un Sistema” o SUS, por sus siglas en inglés (Brooke, 1986). La aplicación de este instrumento, que ha sido validado por más de 1300 publicaciones, se ha empleado para la evaluación de una amplia gama de productos y servicios, que incluyen a software, hardware, dispositivos móviles y sitios Web, entre otros.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de aplicar las 10 preguntas de la escala SUS a los 59 estudiantes (29 del estudio de caso KARMLS y 30 del estudio de caso SAM-RAK) participantes del estudio quienes emplearon las aplicaciones desarrolladas con el modelo MARAGIC.

Tabla 16: Resultados de la aplicación de la encuesta SUS

Pregunta	1 (totalmente en desacuerdo)	2 (en desacuerdo)	3 (neutral)	4 (de acuerdo)	5 (totalmente de acuerdo)
1. Creo que usaría esta aplicación frecuentemente.	0	2	5	15	37
2. Encuentro esta aplicación innecesariamente compleja.	42	14	0	3	0
3. Creo que la aplicación fue fácil de usar.	0	0	0	16	43
4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta aplicación.	46	10	3	0	0
5. Las funciones de esta aplicación están bien integradas.	0	0	5	14	40

6. Creo que la aplicación es muy inconsistente.	49	10	0	0	0
7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta aplicación en forma muy rápida.	0	0	0	6	53
8. Encuentro que la aplicación es muy difícil de usar.	54	5	0	0	0
9. Me siento confiado al usar esta aplicación.	0	0	0	7	52
10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta aplicación.	49	10	0	0	0

Elaboración propia.

Tanto los resultados de cada pregunta de la escala SUS como el respectivo análisis de cada ítem de la escala, se presentan a continuación:

1. Creo que usaría esta aplicación frecuentemente.

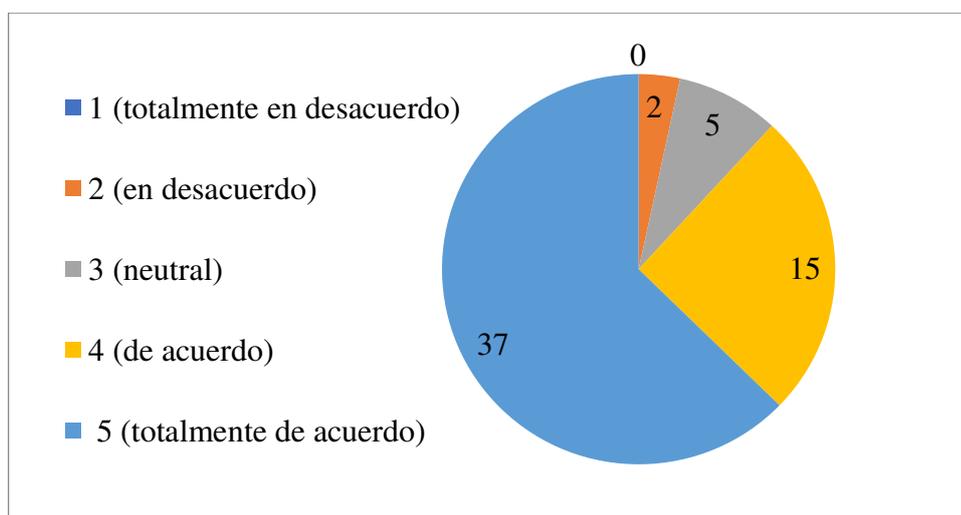


Figura 50: Encuesta SUS - Pregunta 1
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

Los resultados de esta pregunta señalan que la mayoría de los estudiantes (52 niños) se muestran motivados ante la utilización de objetos de aprendizaje como los propuesto en el estudio.

2. Encuentro esta aplicación innecesariamente compleja.

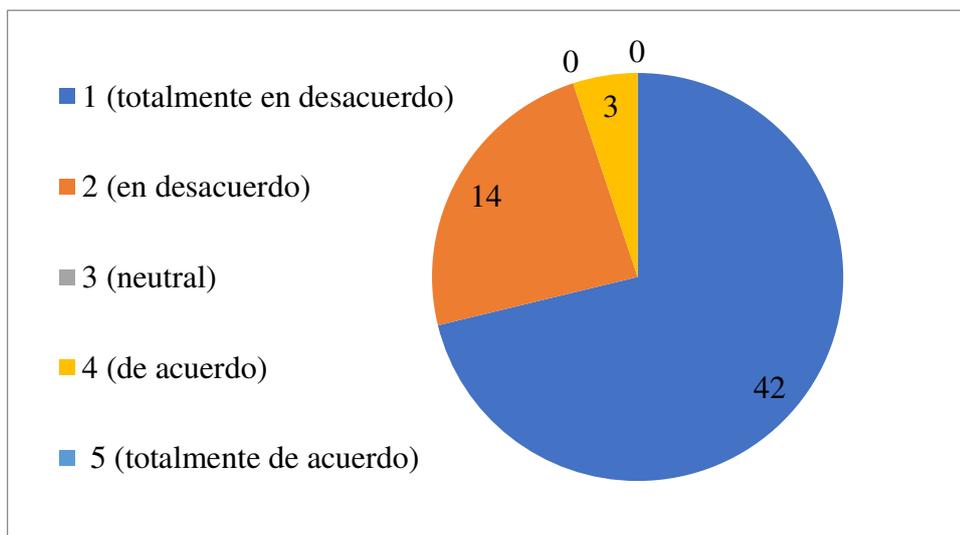


Figura 51: Encuesta SUS - Pregunta 2
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

Las respuestas entregadas por los niños en esta pregunta revelan que para la mayoría de ellos (56 sujetos), los sistemas implementados no les resultaron complejos al momento de utilizarlos.

3. Creo que la aplicación fue fácil de usar.

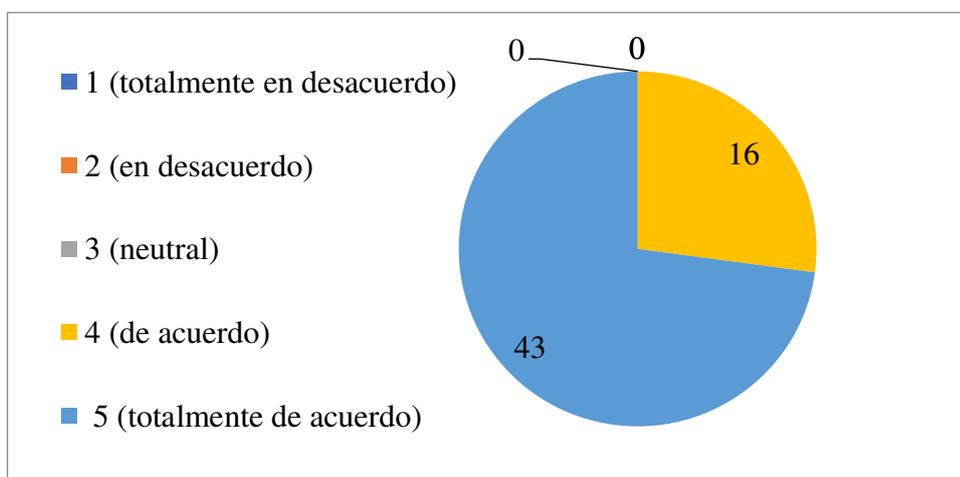


Figura 52: Encuesta SUS - Pregunta 3
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

Los resultados de esta pregunta indican que la usabilidad de las aplicaciones desarrolladas e implementadas a partir del modelo MARAGIC, fue alta, dado que todos los estudiantes están de acuerdo en que los sistemas KARMLS y SAM-KAR fueron fáciles de utilizar.

4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta aplicación.

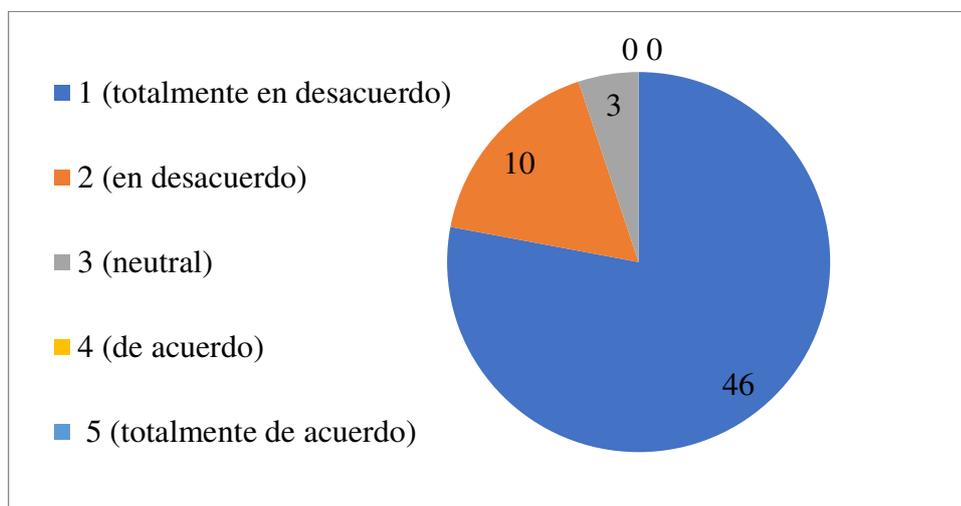


Figura 53: Encuesta SUS - Pregunta 4
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

La mayoría de los estudiantes (56 sujetos), reportaron que no necesitarían de ayuda técnica para utilizar los recursos educativos (KARMLS y SAM-RAK) desarrollados con el modelo MARAGIC.

5. Las funciones de esta aplicación están bien integradas.

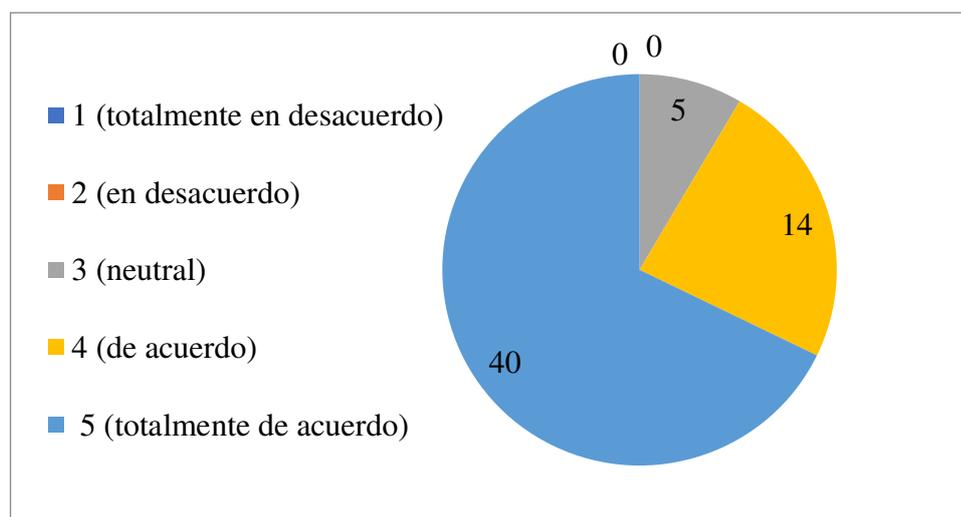


Figura 54: Encuesta SUS - Pregunta 5
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

El análisis de los resultados de esta pregunta indica que la mayoría de los niños (54 de ellos), percibieron que los contenidos presentados tanto en KARMLS como en SAM-RAK, poseen funciones bien integradas, esto mejora tanto la percepción de usabilidad

como la interacción de los niños con los sistemas desarrollados. Esta evidencia confirma los resultados de las preguntas anteriores de la encuesta.

6. Creo que la aplicación es muy inconsistente.

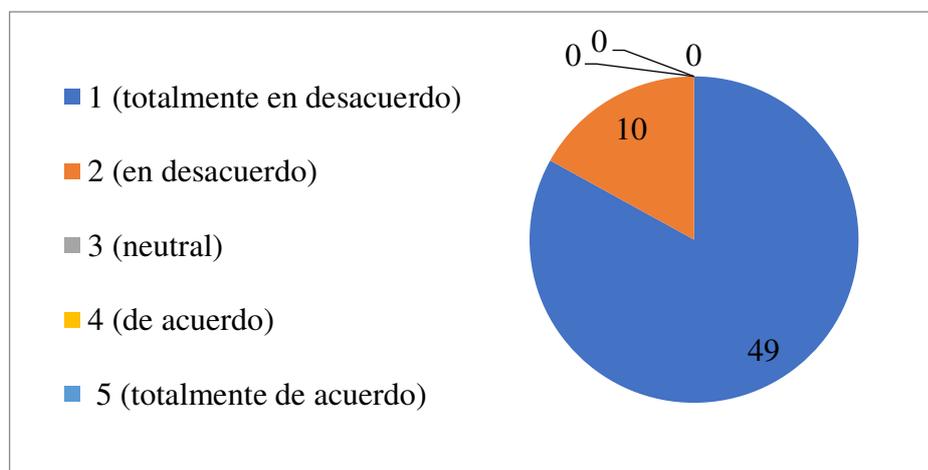


Figura 55: Encuesta SUS - Pregunta 6
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

Confirmando nuevamente los resultados de las preguntas anteriores, con esta pregunta todos los estudiantes (59 niños), han reportado que la aplicación es consistente en contenidos y usabilidad. Estos resultados elevan la percepción positiva que tienen los estudiantes sobre la implementación de KARMLS y SAM-RAK.

7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta aplicación en forma muy rápida.

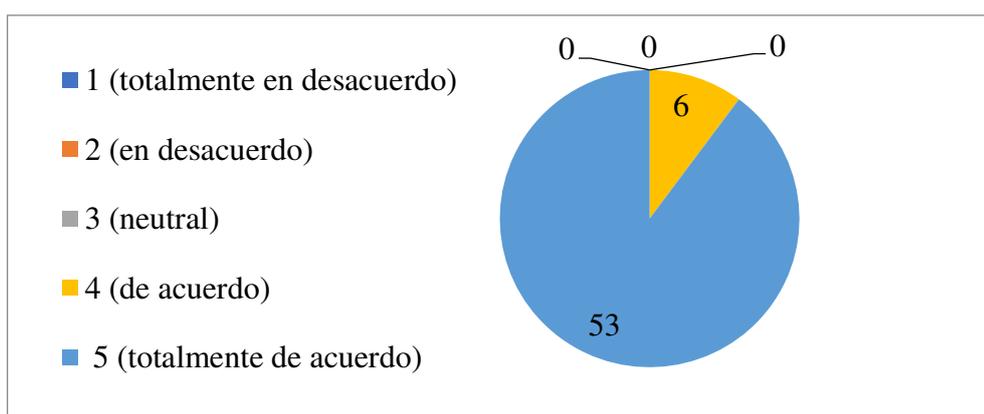


Figura 56: Encuesta SUS - Pregunta 7
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

El resultado de esta pregunta señala que la totalidad de los niños participantes de los estudios de caso, consideran que cualquier persona podría utilizar de forma adecuada

y por tanto aprovechar los beneficios que ofrece la utilización de los sistemas educativos digitales KARMLS y SAM-RAK, desarrollados en el estudio.

8. Encuentro que la aplicación es muy difícil de usar.

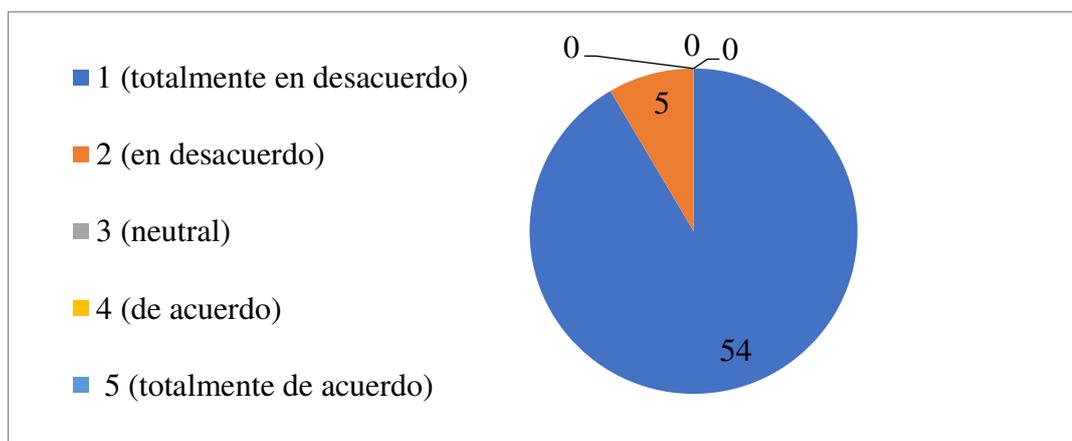


Figura 57: Encuesta SUS - Pregunta 8
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

Los resultados de esta pregunta señalan que ninguno de los estudiantes encuestados tuvo dificultad el momento de utilizar los sistemas KARMLS y SAM-RAK como herramientas de apoyo en sus clases de matemáticas.

9. Me siento confiado al usar esta aplicación.

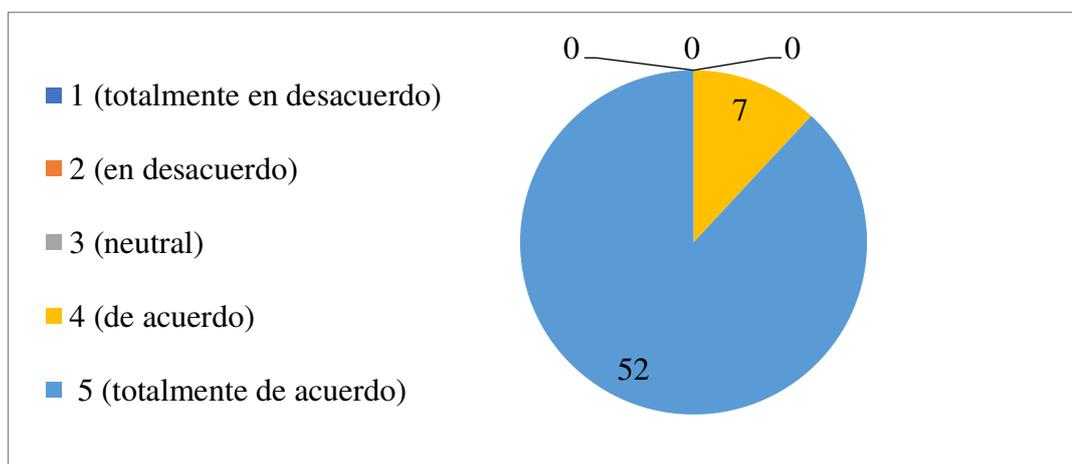


Figura 58: Encuesta SUS - Pregunta 9
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

El análisis de los resultados de esta pregunta señala que todos los estudiantes sienten confianza al emplear los sistemas KARMLS y SAM-RAK, este factor eleva su motivación intrínseca y despierta su interés hacia los contenidos curriculares que sean presentados con herramientas de este tipo.

10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta aplicación.

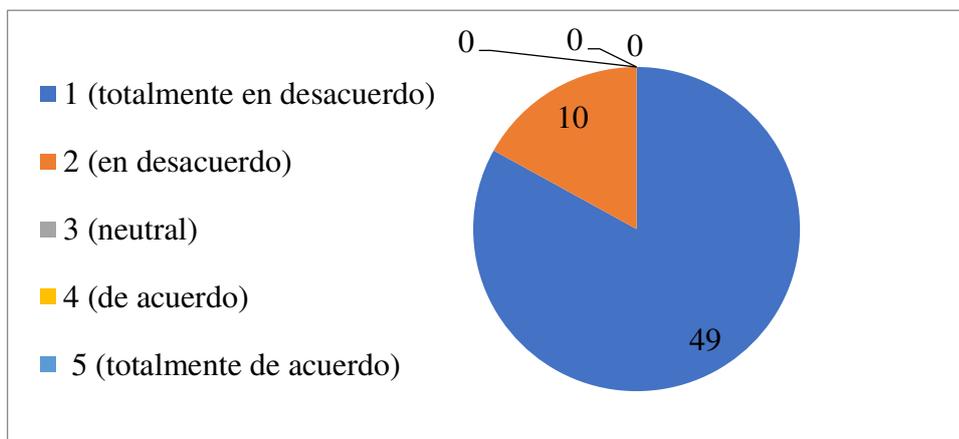


Figura 59: Encuesta SUS - Pregunta 10
Fuente: Resultados de la Encuesta SUS

Terminando con el análisis de los resultados de la encuesta SUS, los resultados de esta pregunta indican que los estudiantes en su totalidad concuerdan en que no han necesitado de algún conocimiento nuevo para poder utilizar los sistemas desarrollados a partir del modelo MARAGIC.

Los resultados obtenidos luego de la aplicación de la escala SUS, reflejan que el diseño de los sistemas KARMLS y SAM-RAK ha sido adecuado y que las orientaciones del modelo MARAGIC han servido para dosificar y contextualizar adecuadamente los contenidos presentados y para presentar una interfaz simple y adecuada que al estar basadas en la Realidad Aumentada y las Interfaces Gestuales permiten una mejor interacción de los niños con el software educativo, minimizando a la vez la curva de aprendizaje que amerita el utilizar estos objetos de aprendizaje con los medios de interacción tradicional.

El análisis de la información recabada luego de aplicar la escala SUS a los 59 niños participantes de los estudios de caso permite validar la segunda hipótesis específica de la tesis, en ese sentido y bajo el criterio de percepción de usabilidad de los niños participantes frente a los sistemas desarrollados en base a las consideraciones del modelo MARAGIC, se puede afirmar que **“El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora la interacción de los niños**

con este tipo de recursos educativos digitales”, validándose así la segunda hipótesis específica de la tesis (HE2).

Siendo que las hipótesis específicas (HE1 y HE2) se derivan de la hipótesis general y que estas tratan de concretizar a la hipótesis general y hacen explícitas las orientaciones concebidas para resolver la investigación, el cumplimiento de las hipótesis específicas deriva en el cumplimiento de la hipótesis general del estudio. En base a lo mencionado, y luego de la validación de las Hipótesis Específicas, se da por validada la hipótesis general. Por lo tanto, la investigación ha hecho posible que se **“Disponga de un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos que mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales”**.

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1. Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada, permitió conocer las bases teóricas y técnicas que permitieron, mediante la combinación de concepciones de los paradigmas educativos del constructivismo y del socio constructivismo, desarrollar un modelo de para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en Interfaces Gestuales para el aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos. El análisis de datos realizado demostró que la aplicación de los sistemas desarrollados (KARMLS y SAM-RAK), mejoró la interacción de los niños participantes con este tipo de sistemas y mejoró su rendimiento.

La revisión bibliográfica acerca de las directrices de los paradigmas educativos del constructivismo y del socio constructivismo permitió establecer los roles de los actores del proceso de aprendizaje (estudiante, profesor, conocimiento y ambiente de aprendizaje) especializada para definir similitudes entre dichos roles y determinar cómo las tecnologías de RA e Interfaces Gestuales pueden aportar en la facilitación del cumplimiento de los roles establecidos para los actores del proceso de aprendizaje.

A partir de las orientaciones que brindó la revisión bibliográfica, fue posible definir el modelo denominado “Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC)”, como respuesta a la falta de modelos y metodologías que permitan el desarrollo adecuado de recursos educativos digitales basadas en la tecnología de AR y en interfaces de usuario natural. El modelo MARAGIC, desde el punto de vista técnico, se ha diseñado en función de cuatro capas: a) Capa de interfaz, b) Capa de configuración, c) Capa de tiempo de ejecución y d) Capa de almacenamiento. En cada capa se detallan tanto sus funciones y orientaciones como sus respectivos componentes técnicos y didácticos.

Los resultados de la aplicación de la encuesta de validación, ha permitido obtener resultados que permiten afirman que la utilización del modelo MARAGIC aporta en

el diseño y desarrollo de Recursos Educativos Digitales adecuados para niños en edad escolar siendo que, según los resultados obtenidos, los encuestados consideran que:

- a) El uso de la tecnología en procesos formativos ayuda a mejorar el aprendizaje.
- b) Las orientaciones que el modelo presenta ayudan con la interactividad, la adaptabilidad, la presentación de contenidos relevantes y facilitan la colaboración.
- c) El uso de la Realidad Aumentada mejora la interacción de los estudiantes con los recursos educativos que se desarrollan empleando esta tecnología.
- d) Tomar en cuenta las capacidades cognitivas de los estudiantes al momento de diseñar recursos educativos es importante para el correcto diseño y desarrollo de los recursos educativos que se emplean en el proceso de aprendizaje.
- e) Utilizar dispositivos de reconocimiento de gestos mejora la interacción de los estudiantes con los recursos educativos digitales empleados en el proceso de aprendizaje.
- f) El modelo de interacción MARAGIC, desarrollado como producto de esta investigación permite mantener el interés de los estudiantes en los contenidos presentados con los Recursos Educativos Digitales desarrollados con las orientaciones que presenta el modelo.
- g) La aplicación de las orientaciones presentadas en el modelo MARAGIC facilita la comprensión de los conceptos presentados por los recursos educativos digitales desarrollados a partir del modelo.
- h) Los aspectos individuales que se fomentan con la utilización de los Recursos Educativos Digitales desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC son en orden descendente: a) el autoaprendizaje, b) la autonomía, c) la creatividad, d) la motivación y d) la adaptabilidad; todos estos aspectos resultan importantes en la consecución de aprendizajes significativos bajo el paradigma constructivista del aprendizaje.
- i) El modelo MARAGIC, desarrollado como producto del estudio se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes que utilicen los Recursos Educativos Digitales diseñados considerando las orientaciones el modelo.
- j) Los Recursos Educativos Digitales diseñados en base al modelo MARAGIC, promueven el desarrollo de un conjunto mixto de habilidades cognitivas siendo las

más destacadas la atención y las habilidades motoras, la percepción, el pensamiento crítico y las habilidades visoespaciales.

- k) El modelo MARAGIC aporta en la mejora de las habilidades cognitivas de los estudiantes que usan recursos educativos digitales basados en las orientaciones del modelo. }
- l) El modelo MARAGIC es capaz de fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes.
- m) Algunos docentes (12 de ellos) pueden sentir que están parcialmente preparados, pero que pueden requerir más apoyo o capacitación para una implementación exitosa del modelo MARAGIC. Un número menor de docentes (6), sienten que están completamente preparados mientras que, dos docentes no se sienten preparados en absoluto.
- n) El modelo MARAGIC es altamente adaptable a una variedad de estilos de aprendizaje.
- o) Existe un alto nivel de confianza en que los Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada y en el modelo MARAGIC, serían beneficiosos para mejorar la enseñanza en las asignaturas que los encuestados dictan.

La validación del modelo desarrollado como producto del trabajo de investigación se la realizó a través del análisis de los datos recogidos con un pre test y post test aplicados a los sujetos de prueba que participaron en los estudios de caso en los que KARMLS y SAMRAK (diseñados con las orientaciones de MARAGIC), fueron implementados en tres unidades educativas de nivel Básico de la ciudad de Riobamba-Ecuador. Así mismo, se empleó la encuesta denominada escala SUS para conocer la percepción de los niños participantes del estudio con respecto a la usabilidad y la interacción que experimentaron al utilizar los sistemas en ambos estudios de caso.

Los resultados obtenidos tanto en los estudios de caso como con la aplicación de la escala SUS, fueron sometidos a pruebas estadísticas con la finalidad de validar las hipótesis de la investigación. Los resultados de dicho procesamiento estadístico permiten a los investigadores concluir que:

- a) El uso de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada e Interfaces Gestuales y desarrollados a partir de las orientaciones del modelo MARAGIC, mejora la interacción de los niños con este tipo de recursos educativos digitales.
- b) Fue posible diseñar un modelo para aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en interfaces gestuales para aprendizaje de niños en edad escolar que considere componentes técnicos, didácticos y psicopedagógicos que mejora el rendimiento académico y la interacción de los niños que emplean este tipo de recursos educativos digitales.

Las pruebas de campo de los estudios de caso realizados permitieron observar que la mayoría de los niños participantes del estudio no presentaron inconvenientes al momento de utilizar el sistema basado en el modelo MARAGIC, RA e interfaces gestuales a pesar de que la mayoría de los estudiantes no había interactuado antes con sistemas de este tipo, este hecho muestra la poca carga cognitiva extrínseca que genera esta forma de interacción, este hecho sin duda permitió que los niños comprendan de mejor manera los objetivos de cada juego. Sin embargo, también se observó que un pequeño número de niños no pudieron comprender a primera vista los movimientos que correspondían a los gestos que permiten controlar las actividades. En estos casos fue necesario asistir al niño para que éste consiga completar la actividad propuesta, que iniciaba nuevamente cuando se detectó esta dificultad, la intervención del docente y/o de los investigadores fue mínima en el desarrollo de las pruebas de campo.

El análisis de los datos obtenidos en los experimentos realizados permitió determinar la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre los puntajes obtenidos por los niños en la prueba que mide su desempeño luego de usar SAM-RAK y KARMLS, en comparación con los puntajes obtenidos antes de usar el sistema propuesto en cada caso de estudio. Estos resultados permitieron verificar los hallazgos reportados en (Lozada-Yáñez et al., 2019) y en (Lozada-Yáñez et al., 2020). En estos estudios, en los que se emplearon la versión 1 de MS-Kinect y MS-Azure Kinect, y las directrices del modelo propuesto en este estudio, se demostró objetivamente que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los puntajes de los niños participantes antes y después de utilizar SAM-RAK como refuerzo para el aprendizaje

de las matemáticas, siendo mayor el promedio obtenido por los niños luego de emplear los sistemas SAM-RAK y KARMLS, en cada caso.

También se encontró que en ambos estudios de caso (SAM-RAK y KARMLS) los estudiantes considerados como un grupo de “bajo” rendimiento en la asignatura de matemáticas, obtuvieron un mayor porcentaje de mejora que los niños del grupo de “alto” rendimiento, este hallazgo se puede atribuir a que los niños de “alto” rendimiento tenían calificaciones altas antes de utilizar los sistemas desarrollados, este hecho provocaría que el margen de mejora en estos niños sea menor que en los de “bajo” rendimiento.

Durante la aplicación del sistema informático desarrollado, se percibió que los niños participantes estaban altamente motivados por el uso de aplicaciones basadas en AR y Kinect, mostrando gran interés en utilizar nuevamente el sistema propuesto y abiertos a emplear esta combinación de tecnologías en otras asignaturas. Algunos de ellos incluso preguntaron si el sistema se utilizaría con otras temáticas durante el resto del curso escolar.

Durante la investigación, se hizo evidente la necesidad existente para desarrollar nuevos modelos y heurísticas de interacción humano-computador que permitan definir adecuadamente los paradigmas, métricas y métodos que deben utilizarse en el diseño y desarrollo de aplicaciones basadas en RA e interfaces de usuario natural para niños, caso especial en el área de investigación de interacción Humano-computador, por las especiales y cambiantes características físicas y cognitivas de este tipo de usuario. La consideración de estas diferencias hará que el potencial que tienen estas tecnologías para la educación de los niños se utilice de manera eficaz para lograr el anhelado aprendizaje significativo.

6.2. Trabajos futuros

La brecha existente en el diseño de estándares de usabilidad e interacción para sistemas que utilizan AR e interfaces de usuario natural (NUI), se evidenció durante la búsqueda de marcos de trabajo y/o modelos que orienten tanto la fase de diseño como la fase de desarrollo de este tipo de experiencias de aprendizaje. En este sentido, los investigadores consideran necesario el desarrollo de guías, modelos y / o marcos que

surjan de investigaciones empíricas para fortalecer y mejorar la usabilidad de propuestas basadas en interfaces de usuario natural.

Se deben realizar nuevas investigaciones que empleen sistemas de RA e interfaces gestuales como apoyo en el aula de clase de diferentes asignaturas, dichas investigaciones deben considerar tanto los conocimientos previos como las capacidades cognitivas, evolutivas, preferencias y necesidades de los niños y niñas, debiendo entonces proponerse nuevos frameworks de trabajo, metodologías y modelos que orienten en el diseño de experiencias de aprendizaje adecuadas para este tipo especial de usuarios.

6.3. Publicaciones científicas derivadas del estudio

Las siguientes publicaciones científicas se realizaron durante el proceso investigativo doctoral (ver Anexo A).

6.3.1. Revistas indexadas en Scopus

- MS-Kinect in the development of educational games for preschoolers. *International Journal of Learning Technology*, (2018), volumen 13, número 4, Art. 4. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2018.098500>
- Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case. *International Education Studies*, (2019), volumen 12, número 9, Art. 9. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n9p54>
- Azure-Kinect and Augmented Reality for learning Mathematics—A children case study. *Solid State Technology*, (2020), volumen 63, número 2s, Art. 2s.
- Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC). *Journal of Positive School Psychology*, (2022), volumen 6, número 4, 10311-10330.

6.3.2. Conferencias

- Interfaces de Usuario Natural. La IO y las TIC para una Diversidad Productiva Competitiva. V Congreso Peruano de Investigación de Operaciones y de Sistemas (COPIOS 2014). (2014), DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5092.2324>.

- Realidad Aumentada sus desafíos en la educación: Aplicaciones en el área matemática”. XII Congreso Internacional de Educación Bimodal. “Competencias digitales, Innovación y Prospectiva”. TELEDU2016. (2016), ISSN 2500-6037 2016-12-02.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdinejad, M., Ferrag, C., Qorbani, Hossain. S., & Dalili, S. (2021). Developing a Simple and Cost-Effective Markerless Augmented Reality Tool for Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 98(5), 1783-1788. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00173>
- Abreu, J. (2014). El método de la investigación Research Method. *International journal of good conscience*, 9(3), 195-204.
- Afnan, Muhammad, K., Khan, N., Lee, M.-Y., Imran, A. S., & Sajjad, M. (2021). School of the Future: A Comprehensive Study on the Effectiveness of Augmented Reality as a Tool for Primary School Children's Education. *Applied Sciences*, 11(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/app11115277>
- Aguilera, M. S. Z. (2020). El aprendizaje cooperativo y el desarrollo de las habilidades cognitivas. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i1.1226>
- Ahmad Chowdhury, S., Arshad, H., Parhizkar, B., & Obeidy, W. K. (2013). Handheld Augmented Reality Interaction Technique. En H. B. Zaman, P. Robinson, P. Olivier, T. K. Shih, & S. Velastin (Eds.), *Advances in Visual Informatics* (pp. 418-426). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02958-0_38
- Ahmad, N., & Junaini, S. (2020). Augmented Reality for Learning Mathematics: A Systematic Literature Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(16), 106-122.

- Ahonen (Director). (2012). *Augmented Reality—The 8th Mass Medium*. TEDxMongKok. <https://www.youtube.com/watch?v=EvvfHuKZGXU>
- Alexey, G. (2011, septiembre 28). *Sitting posture recognition with Kinect sensor*. CodeProject. <https://www.codeproject.com/Articles/260741/Sitting-posture-recognition-with-Kinnect-sensor>
- AlNajdi, S. M., Alrashidi, M. Q., & Almohamadi, K. S. (2020). The effectiveness of using augmented reality (AR) on assembling and exploring educational mobile robot in pedagogical virtual machine (PVM). *Interactive Learning Environments*, 28(8), 964-990. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1552873>
- Álvarez-Marín, A., Velázquez-Iturbide, J. Á., & Castillo-Vergara, M. (2021). The acceptance of augmented reality in engineering education: The role of technology optimism and technology innovativeness. *Interactive Learning Environments*, 0(0), 1-13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1928710>
- Andrade Zamora, F., Alejo Machado, O. J., Armendariz Zambrano, C. R., Andrade Zamora, F., Alejo Machado, O. J., & Armendariz Zambrano, C. R. (2018). Método inductivo y su refutación deductista. *Conrado*, 14(63), 117-122.
- Antonio, R. R., & López, J. A. del V. (2021). Usabilidad de un LMS institucional en el contexto de la Enseñanza Remota de Emergencia. *RIEE | Revista Internacional de Estudios en Educación*, 21(2), Article 2. <https://doi.org/10.37354/riee.2021.212r>
- Aranguren Peraza, G. N. (2021). Rutas de aprendizaje en la construcción de narrativas transmedia aplicadas a aulas virtuales (Ensayos). *Revista andina de educación*, 4(1), 73-82.

- Arjomandi Rad, A., Vardanyan, R., Thavarajasingam, S. G., Zubarevich, A., Van den Eynde, J., Sá, M. P. B. O., Zhigalov, K., Sardiari Nia, P., Ruhparwar, A., & Weymann, A. (2022). Extended, virtual and augmented reality in thoracic surgery: A systematic review. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 34(2), 201-211. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab241>
- Atabas, S., Schellinger, J., Whitacre, I., Findley, K., & Hensberry, K. (2020). A tale of two sets of norms: Comparing opportunities for student agency in mathematics lessons with and without interactive simulations. *The Journal of Mathematical Behavior*, 58, 100761. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2020.100761>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Baquero, R. (1996). Vigotsky y El Aprendizaje Escolar. *Buenos Aires: Aique*, 4.
- Barrow, J., Forker, C., Sands, A., O'Hare, D., & Hurst, W. (2019, marzo 7). *Augmented Reality for Enhancing Life Science Education*. VISUAL 2019 - The Fourth International Conference on Applications and Systems of Visual Paradigms. <https://abdn.pure.elsevier.com/en/publications/augmented-reality-for-enhancing-life-science-education>
- Baumeister, J., Ssin, S. Y., ElSayed, N. A. M., Dorrian, J., Webb, D. P., Walsh, J. A., Simon, T. M., Irlitti, A., Smith, R. T., Kohler, M., & Thomas, B. H. (2017). Cognitive Cost of Using Augmented Reality Displays. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(11), Article 11. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2735098>

- Becker, S. A., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. G., & Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition* (pp. 1-60). The New Media Consortium. <https://www.learntechlib.org/p/174879/>
- Binti Azizo, A. S., Bin Mohamed, F., Siang, C. V., Bin Isham, M. I. M., bin Mokhtar, M. K., & Wirasari, I. (2022). A Prototype Application of StickAR to Enhance Note-Taking Activity by Using Augmented Reality Technology. En Z. Lv & H. Song (Eds.), *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment* (pp. 353-371). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99188-3_22
- Brooke, J. (1986). System usability scale (SUS): A quick-and-dirty method of system evaluation user information. *Reading, UK: Digital Equipment Co Ltd*, 43, 1-7.
- Brownstein, B. (2001). Collaboration: The Foundation of Learning in the Future. *Education*, 122(2), Article 2. <https://www.questia.com/library/journal/1G1-84143800/collaboration-the-foundation-of-learning-in-the-future>
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>
- Cai, S., Liu, E., Shen, Y., Liu, C., Li, S., & Shen, Y. (2020). Probability learning in mathematics using augmented reality: Impact on student's learning gains and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 560-573. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696839>

- Caiza, A. P. A., Romero, G. de los Á. U., Vasconez, L. A. C., & Barragán, M. F. C. (2018). Estilos de aprendizaje y las habilidades metacognitivas infantiles. *Revista Boletín Redipe*, 7(7), Article 7.
- Calle-Bustos, A.-M., Juan, M.-C., Abad, F., & Mollá, R. (2019). An Augmented Reality App for Therapeutic Education and Suitable for Mobile Devices with Different Features. *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2161-377X, 337-339. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2019.00106>
- Cárdenas-Robledo, L. A., Hernández-Uribe, Ó., Reta, C., & Cantoral-Ceballos, J. A. (2022). Extended reality applications in industry 4.0. – A systematic literature review. *Telematics and Informatics*, 73, 101863. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101863>
- Carter, M., Velloso, E., Downs, J., Sellen, A., O'Hara, K., & Vetere, F. (2016). PathSync: Multi-User Gestural Interaction with Touchless Rhythmic Path Mimicry. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3415-3427. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858284>
- Castellaro, M. A. (2017). *La interacción social como clave del desarrollo cognitivo: Aportes del socioconstructivismo a la Psicología*. <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/67301>
- Çetin, H. (2022). A Systematic Review of Studies on Augmented Reality Based Applications in Primary Education. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.10n.2p.110>

- Chaguay Navarrete, M. X., & Velasco Lino, K. N. (2022). *Realidad aumentada en el aprendizaje significativo*. [bachelorThesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60149>
- Chen, C.-M., & Tsai, Y.-N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.001>
- Cheng, J. C., Chen, K., & Chen, W. (2017). *Comparison of Marker-Based Ar and Markerless Ar: A Case Study on Indoor Decoration System*. 483-490.
- Chiang, L.-L. (Luke), Huang, T.-L., & Chung, H. F. L. (2021). Augmented reality interactive technology and interfaces: A construal-level theory perspective. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 16(4), 683-698. <https://doi.org/10.1108/JRIM-06-2021-0156>
- Chignell, M., Wang, L., Zare, A., & Li, J. (2022). The Evolution of HCI and Human Factors: Integrating Human and Artificial Intelligence. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. <https://doi.org/10.1145/3557891>
- Chu, H.-C., Chen, J.-M., Hwang, G.-J., & Chen, T.-W. (2019). Effects of formative assessment in an augmented reality approach to conducting ubiquitous learning activities for architecture courses. *Universal Access in the Information Society*, 18(2), 221-230. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0588-y>
- Clark, K. R. (2018). Learning Theories: Cognitivism. *Radiologic Technology*, 90(2), Article 2.
- Cohen, A., Soffer, T., & Henderson, M. (2022). Students' use of technology and their perceptions of its usefulness in higher education: International comparison.

- Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1321-1331.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12678>
- Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of Educational Psychology*, 88, 715-730.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.4.715>
- Crawford, K. (1996). Vygotskian approaches in human development in the information era. *Educational Studies in Mathematics*, 31(1), Article 1.
<https://doi.org/10.1007/BF00143926>
- Cross, J. I., Boag-Hodgson, C., Ryley, T., Mavin, T., & Potter, L. E. (2022). Using Extended Reality in Flight Simulators: A Literature Review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1-1.
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2022.3173921>
- de Ravé, E. G., Jiménez-Hornero, F. J., Ariza-Villaverde, A. B., & Taguas-Ruiz, J. (2016). DiedricAR: A mobile augmented reality system designed for the ubiquitous descriptive geometry learning. *Multimedia Tools and Applications*, 75(16), 9641-9663. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3384-4>
- del Cerro Velázquez, F., & Morales Méndez, G. (2021). Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students. *Mathematics*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Del Vecchio, V., Lazoi, M., & Lezzi, M. (2022). An Overview on Technologies for the Distribution and Participation in Live Events. En L. T. De Paolis, P. Arpaia,

- & M. Sacco (Eds.), *Extended Reality* (pp. 312-323). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15546-8_26
- Downes, S. (2022). Connectivism. *Asian Journal of Distance Education*, 17(1), Article 1. <http://asianjde.com/ojs/index.php/AsianJDE/article/view/623>
- Durukan, Ü. G., Turan Güntepe, E., & Dönmez Usta, N. (2022). Evaluation of the Effectiveness of Augmented Reality-Based Teaching Material: The Solar System. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 0(0), 1-15. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2121041>
- Eras Delgado, S. P. (2021). Atención selectiva y desempeño estudiantil en estudiantes de tercero de básica de la Unidad de Guayaquil, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61630>
- Espinosa Díaz, Y., & Llórens Báez, L. (2015). *Exploración de la capacidad de liderazgo para la incorporación de TICC en educación: Validación de un instrumento*. <https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/4145>
- Eswaran, M., Gulivindala, A. K., Inkulu, A. K., & Raju Bahubalendruni, M. V. A. (2023). Augmented reality-based guidance in product assembly and maintenance/repair perspective: A state of the art review on challenges and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 213, 118983. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118983>
- Febretti, A., Nishimoto, A., Thigpen, T., Talandis, J., Long, L., Pirtle, J. D., Peterka, T., Verlo, A., Brown, M., Plepys, D., Sandin, D., Renambot, L., Johnson, A., & Leigh, J. (2013). CAVE2: A hybrid reality environment for immersive simulation and information analysis. *The Engineering Reality of Virtual Reality 2013*, 8649, 9-20. <https://doi.org/10.1117/12.2005484>

- Flores, L. O. (2015). *La participación de los estudiantes en el aula como factor determinante para mejorar la calidad de los aprendizajes*. Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Educación. <https://doi.org/10.25100/rc.v20i2.4609>
- Foix, S. C., & Piaget, J. (1970). *Psicología de la inteligencia*.
- Fryer, L. K., Nakao, K., & Thompson, A. (2019). Chatbot learning partners: Connecting learning experiences, interest and competence. *Computers in Human Behavior, 93*, 279-289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.023>
- Galbraith, B., Van Tasell, M. A., & Wells, G. (1997). *Aprendizaje y enseñanza en la zona de desarrollo próximo*.
- Gallego Trujillo, G. Al. (2020). *Análisis y diseño de experiencias educativas en Realidad Aumentada*. Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente.
- Gamper, H. (2014). *Enabling technologies for audio augmented reality systems*. Aalto University. <https://aaltodoc.aalto.fi:443/handle/123456789/12856>
- Garzón, J. (2021). An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction, 5*(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review, 27*, 244-260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Gesell, A., & Bates Ames, L. (1956). *NIÑO DE 1 A 5 AÑOS, EL. GUIA PARA EL ESTUDIO DEL NIÑO PREESCOLAR*. Paidós.

https://www.elsotano.com/libro/nino-de-1-a-5-anos-el-guia-para-el-estudio-del-nino-preescolar_10060320

Ghaedi, B., Gholtash, A., Hashemi, S. A., & Mashinchi, A. A. (2020). The Educational Model of Social Constructivism and Its Impact on Academic Achievement and Critical Thinking. *Biannual Journal of Education Experiences*, 3(2), 79-102.

Ghasemi, Y., Jeong, H., Choi, S. H., Park, K.-B., & Lee, J. Y. (2022). Deep learning-based object detection in augmented reality: A systematic review. *Computers in Industry*, 139, 103661. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103661>

Gilar Corbi, R. (2003). *Adquisición de habilidades cognitivas. Factores en el desarrollo inicial de la competencia experta* [Universidad de Alicante - Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales]. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9906/1/Gilar-Corbi-Raquel.pdf>

Goedicke, D., Bremers, A. W. D., Lee, S., Bu, F., Yasuda, H., & Ju, W. (2022). XR-OOM: MiXed Reality driving simulation with real cars for research and design. *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-13. <https://doi.org/10.1145/3491102.3517704>

Gómez García, G., Jiménez, C. R., & Marín, J. A. M. (2020). La trascendencia de la Realidad Aumentada en la motivación estudiantil. Una revisión sistemática y meta-análisis. *Alteridad: revista de educación*, 15(1 (enero-junio)), 36-46.

Gossen, T., Nitsche, M., & Nürnberger, A. (2013). Evolving Search User Interfaces. *EuroHCIR*, 31-34.

Gossen, T., Siebert, I., Nürnberger, A., Hartmann, K., Kotzyba, M., & Wendemuth, A. (2017). Modeling Aspects in Human-Computer Interaction: Adaptivity, User Characteristics and Evaluation. En S. Biundo & A. Wendemuth (Eds.),

Companion Technology: A Paradigm Shift in Human-Technology Interaction (pp. 57-78). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43665-4_4

Hajirasouli, A., & Banihashemi, S. (2022). Augmented reality in architecture and construction education: State of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00343-9>

Han, J., Shao, L., Xu, D., & Shotton, J. (2013). Enhanced Computer Vision With Microsoft Kinect Sensor: A Review. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 43(5), 1318-1334. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2013.2265378>

Henderson, M., Selwyn, N., Finger, G., & Aston, R. (2015). Students' everyday engagement with digital technology in university: Exploring patterns of use and 'usefulness'. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 37(3), Article 3. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2015.1034424>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la investigacion* (6ta ed.).

Heuts, P. (2017). DHL experiments with augmented reality. *The European Trade Union Institute's Health and Safety at Work Magazine*, 16, 22-26.

Hincapie, M., Diaz, C., Valencia, A., Contero, M., & Güemes-Castorena, D. (2021). Educational applications of augmented reality: A bibliometric study. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107289>

Hodge, L., & Cobb, P. (2019). Two Views of Culture and Their Implications for Mathematics Teaching and Learning—Lynn Liao Hodge, Paul Cobb, 2019.

- Urban Education (UEX)*, 54(6), Article 6.
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0042085916641173>
- Hourcade, J. P. (2008). Interaction Design and Children. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 1(4), 277-392.
<https://doi.org/10.1561/1100000006>
- Howell, S. (2016). *Kinect2Scratch*. <https://stephenhowell.github.io/kinect2scratch/>
- Iacoviello, R., & Zappia, D. (2020). HoloCities: A Shared Reality application for Collaborative Tourism. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 949(1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/949/1/012036>
- IED. (2019, mayo 25). *Home | Immersive Education Initiative*.
<http://immersiveducation.org/>
- ILRN. (2019, mayo 25). *Immersive Learning Research Network*. Immersive Learning Research Network. <https://immersivelrn.org/>
- Jain, R., Jain, M., Jain, R., & Madan, S. (2022). Human Computer Interaction – Hand Gesture Recognition. *Advanced Journal of Graduate Research*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.21467/ajgr.11.1.1-9>
- Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active Learning Augmented Reality for STEAM Education—A Case Study. *Education Sciences*, 10(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/educsci10080198>
- Johnson, J. (2020). *Designing with the Mind in Mind: Simple Guide to Understanding User Interface Design Guidelines*. Morgan Kaufmann.
- Juanes-Méndez, J. A., Marcos-Pablos, S., Velasco-Marcos, M. A., & Izard, S. G. (2022). *Medical Learning Through Simulations With Immersive Virtual Reality*

and Augmented Reality Devices [Chapter]. Technological Adoption and Trends in Health Sciences Teaching, Learning, and Practice; IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8871-0.ch012>

Jumpido. (2018). *Jumpido*. <http://www.jumpido.com/en>

Jung, Y. (2022). Virtual Reality Simulation for Disaster Preparedness Training in Hospitals: Integrated Review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(1), e30600. <https://doi.org/10.2196/30600>

Kaiser, G. (2020). Mathematical Modelling and Applications in Education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 553-561). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101

Kazanidis, I., & Pellas, N. (2019). Developing and Assessing Augmented Reality Applications for Mathematics with Trainee Instructional Media Designers: An Exploratory Study on User Experience. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, 25(5), Article 5. <https://doi.org/10.3217/jucs-025-05-0489>

Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 297-302. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>

Khan, F., Kumar, R. L., & Kadry, S. (2021). Hybrid Reality-Based Education Expansion System for Non-Traditional Learning. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v7i1.20568>

- Kim, B. (2001). Social constructivism. *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*, 1-8.
- Kovoor, J. G., Gupta, A. K., & Gladman, M. A. (2021). Validity and effectiveness of augmented reality in surgical education: A systematic review. *Surgery*, *170*(1), 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2021.01.051>
- Kuang, Y., & Bai, X. (2019). The Feasibility Study of Augmented Reality Technology in Early Childhood Education. *2019 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 172-175. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2019.8845339>
- Laato, S., Pietarinen, T., Rauti, S., & Laine, T. H. (2019). Analysis of the Quality of Points of Interest in the Most Popular Location-based Games. *Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies*, 153-160. <https://doi.org/10.1145/3345252.3345286>
- Lara-Olivares, A. (2022). *Desarrollo de una aplicación para el diseño de manuales de uso e instalación mediante AR*. <http://tauja.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/18049>
- Law, E. L.-C., & Heintz, M. (2021). Augmented reality applications for K-12 education: A systematic review from the usability and user experience perspective. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *30*, 100321. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100321>
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, *28*(4), 563-575.
- Lazar, J., Feng, J. H., & Hochheiser, H. (2017). *Research Methods in Human-Computer Interaction*. Morgan Kaufmann.

- Lee, J., Kim, Y., Heo, M.-H., Kim, D., & Shin, B.-S. (2015). Real-Time Projection-Based Augmented Reality System for Dynamic Objects in the Performing Arts. *Symmetry*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/sym7010182>
- Leeds-Hurwitz, W. (2009). Social Construction of Reality. En *Encyclopedia of Communication Theory* (Stephen W. Littlejohn&Karen A. Foss, pp. 892-895). Sage Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412959384.n344>
- Leuze, C., & Leuze, M. (2021). Shared Augmented Reality Experience Between a Microsoft Flight Simulator User and a User in the Real World. *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 757-758. <https://doi.org/10.1109/VRW52623.2021.00261>
- Li, X., Tian, Y., Zhang, F., Quan, S., & Xu, Y. (2020). Object Detection in the Context of Mobile Augmented Reality. *2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 156-163. <https://doi.org/10.1109/ISMAR50242.2020.00037>
- Li, Y. (2012). Hand gesture recognition using Kinect. *2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering*, 196-199. <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2012.6269439>
- Li, Y., Zhou, P., & Su, Y. (2019). Holographic Displays for AR Applications. *2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 1-2. <https://doi.org/10.1109/ICCE.2019.8662088>
- Lima, C. B. D., Walton, S., & Owen, T. (2022). A critical outlook at augmented reality and its adoption in education. *Computers and Education Open*, 3, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100103>

- Limbu, B. H., Jarodzka, H., Klemke, R., Wild, F., & Specht, M. (2018). From AR to Expertise: A User Study of an Augmented Reality Training to Support Expertise Development. *Journal of Universal Computer Science*, 24(2), 108-128.
- Lin, H., Chen, M., & Chang, C. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799-810. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.817435>
- Lin, T.-J., Duh, H. B.-L., Li, N., Wang, H.-Y., & Tsai, C.-C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>
- Liu, R., Gao, M., Wang, L., Wang, X., Xiang, Y., Zhang, A., Xia, J., Chen, Y., & Chen, S. (2022). Interactive Extended Reality Techniques in Information Visualization. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 52(6), 1338-1351. <https://doi.org/10.1109/THMS.2022.3211317>
- Lloor-Salmon, L. R., Palma-Villavicencio, M. M., Saltos-Rodríguez, L. J., & Bolívar-Chávez, O. E. (2018). El aprendizaje cooperativo como una estrategia de enseñanza del Idioma de Ingles en las Escuelas públicas del Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 431-448. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i3.817>
- Lozada, R. M., Escriba, L. R., & Granja, F. T. M. (2018). MS-Kinect in the development of educational games for preschoolers. *International Journal of Learning Technology*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2018.098500>

- Lozada, R., Molina, F., & Rivera-Escriba, L. (2014, noviembre 7). Interfaces de Usuario Natural. *La IO y las TIC para una Diversidad Productiva Competitiva*. V Congreso Peruano de Investigación de Operaciones y de Sistemas (COPIOS 2014). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5092.2324>
- Lozada-Yáñez, R., La-Serna Palominio, N., Veloz-Chérrez, D., Molina-Granja, F., & Santillán-Lima, J. (2020). Azure-Kinect and Augmented Reality for learning Mathematics—A children case study. *Solid State Technology*, 63(2s), Article 2s.
- Lozada-Yáñez, R., La-Serna-Palomino, N., & Molina-Granja, F. (2019). Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case. *International Education Studies*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n9p54>
- Lozada-Yáñez, R., La-Serna-Palomino, N., Molina-Granja, F., & Veloz-Cherrez, D. (2022). Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC). *Journal of Positive School Psychology*, 6(4), 10311-10330.
- Martin-Gonzalez, A., Chi-Poot, A., & Uc-Cetina, V. (2016). Usability evaluation of an augmented reality system for teaching Euclidean vectors. *Innovations in Education and Teaching International*, 53(6), 627-636. <https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1108856>
- Martín-Gutiérrez, J., Luís Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>

- Matos, J. (1995). *El paradigma sociocultural de L.S. Vigostky y su aplicación en la educación*. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Matt. (2011, octubre 30). *Kinect Arcade by the Fantastic Four | Kinect Hacks*.
<https://www.kinecthacks.com/kinect-arcade-by-the-fantastic-four/>
- Medina Herrera, L., Castro Pérez, J., & Juárez Ordóñez, S. (2019). Developing spatial mathematical skills through 3D tools: Augmented reality, virtual environments and 3D printing. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(4), 1385-1399. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00595-2>
- Mei, B., & Yang, S. (2021). Chinese Pre-service Music Teachers' Perceptions of Augmented Reality-Assisted Musical Instrument Learning. *Frontiers in Psychology*, 12.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.609028>
- Microsoft. (2021, enero 23). *Kinect for Windows Developer Toolkit*. Microsoft Download Center. <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40276>
- Microsoft. (2022a). *Azure Kinect DK: Desarrollo de modelos de IA | Microsoft Azure*.
<https://azure.microsoft.com/es-es/products/kinect-dk/>
- Microsoft. (2022b, junio 11). *¿Qué es la realidad mixta? - Mixed Reality*.
<https://docs.microsoft.com/es-es/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Microsoft. (2023). *Microsoft HoloLens | Tecnología de realidad mixta para empresas*.
<https://www.microsoft.com/es-es/hololens>

- Milgram, P., & Kishino, F. (1994, diciembre). *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321
- Minaee, S., Liang, X., & Yan, S. (2022). *Modern Augmented Reality: Applications, Trends, and Future Directions* (arXiv:2202.09450). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.09450>
- Mohamed Noor, N. (2021). *Gamification and augmented reality design model for enjoyment in tajweed learning / Nurtihah Mohamed Noor* [Phd, Universiti Teknologi MARA]. <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/54992/>
- Moll, L., Sinnot, E., & Wald, M. (1993). *Vygotsky y la educación: Connotaciones y aplicaciones de la psicología sociohistórica en la educación*. Aique Grupo Editor.
- Moore, A., Daniel, B., Leonard, G., Regenbrecht, H., Rodda, J., Baker, L., Ryan, R., & Mills, S. (2020). Comparative usability of an augmented reality sandtable and 3D GIS for education. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(2), 229-250. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1656810>
- Morales-Maure, L., García-Marimón, O., Torres-Rodríguez, A., Lebrija-Trejos, A., Morales-Maure, L., García-Marimón, O., Torres-Rodríguez, A., & Lebrija-Trejos, A. (2018). Cognitive Skills through the Cooperative Learning Strategy and Epistemological Development in Mathematics of Freshmen University Students. *Formación universitaria*, 11(2), 45-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062018000200045>
- Morris, M. R., Huang, A., Paepcke, A., & Winograd, T. (2006). Cooperative gestures: Multi-user gestural interactions for co-located groupware. *Proceedings of the*

SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1201-1210.

<https://doi.org/10.1145/1124772.1124952>

- Moysiadis, V., Katikaridis, D., Benos, L., Busato, P., Anagnostis, A., Kateris, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2022). An Integrated Real-Time Hand Gesture Recognition Framework for Human–Robot Interaction in Agriculture. *Applied Sciences*, *12*(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/app12168160>
- Myers, B. A. (1998). A brief history of human-computer interaction technology. *Interactions*, *5*(2), 44-54. <https://doi.org/10.1145/274430.274436>
- Mystakidis, S., Christopoulos, A., & Pellas, N. (2022). A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Education and Information Technologies*, *27*(2), 1883-1927. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1>
- Nanjappan, V., Shi, R., Liang, H.-N., Xiao, H., Lau, K. K.-T., & Hasan, K. (2019). Design of Interactions for Handheld Augmented Reality Devices Using Wearable Smart Textiles: Findings from a User Elicitation Study. *Applied Sciences*, *9*(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/app9153177>
- Netflix. (2002). *Minority report: Sentencia previa* | Netflix. <https://www.netflix.com/ec/title/60023071>
- Nováková, I., Jakab, F., & Michalko, M. (2021). Benefits of Interactive Augmented Reality in Education. *2021 19th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, 276-281. <https://doi.org/10.1109/ICETA54173.2021.9726611>
- Odeh, S., Shanab, S. A., Anabtawi, M., & Hodrob, R. (2013). A Remote Engineering Lab based on Augmented Reality for Teaching Electronics. *International*

- Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 9, 61-67.
<https://doi.org/10.3991/ijoe.v9iS5.2496>
- Opriș, I., Costinaș, S., Ionescu, C. S., & Gogoșe Nistoran, D. E. (2018). Step-by-step augmented reality in power engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1590-1602. <https://doi.org/10.1002/cae.21969>
- Patel, V., Chesmore, A., Legner, C. M., & Pandey, S. (2022). Trends in Workplace Wearable Technologies and Connected-Worker Solutions for Next-Generation Occupational Safety, Health, and Productivity. *Advanced Intelligent Systems*, 4(1), 2100099. <https://doi.org/10.1002/aisy.202100099>
- PERKINS-COIE. (2020). *Augmented and Virtual reality survey report* (Vol. 4). <https://www.perkinscoie.com/images/content/2/3/v4/231654/2020-AR-VR-Survey-v3.pdf>
- Piaget, J. (1976). Piaget's Theory. En B. Inhelder, H. H. Chipman, & C. Zwingmann (Eds.), *Piaget and His School: A Reader in Developmental Psychology* (pp. 11-23). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2
- Piaget, J. (1984). *La representación del mundo en el niño*. Ediciones Morata.
- Pokhrel, S., & Chhetri, R. (2021). A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and Learning. *Higher Education for the Future*, 8(1), 133-141. <https://doi.org/10.1177/2347631120983481>
- Popov, P. A., & Laganière, R. (2022). Long Hands gesture recognition system: 2 step gesture recognition with machine learning and geometric shape analysis. *Multimedia Tools and Applications*, 81(28), 40311-40342. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12870-8>

- Prit Kaur, D., Mantri, A., & Horan, B. (2022). Design implications for adaptive augmented reality based interactive learning environment for improved concept comprehension in engineering paradigms. *Interactive Learning Environments*, 30(4), 589-607. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674885>
- Qiao, X., Ren, P., Dustdar, S., Liu, L., Ma, H., & Chen, J. (2019). Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality—State of the Art, Challenges, and Insights. *Proceedings of the IEEE*, 107(4), 651-666. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2895105>
- Qin, Y. (2021). Attractiveness of game elements, presence, and enjoyment of mobile augmented reality games: The case of Pokémon Go. *Telematics and Informatics*, 62, 101620. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101620>
- Radu, I. (2012). Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality. *2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 313-314. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2012.6402590>
- Radu, I., & MacIntyre, B. (2012). Using children's developmental psychology to guide augmented-reality design and usability. *2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 227-236. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2012.6402561>
- Rautaray, S. S., & Agrawal, A. (2012). Real time multiple hand gesture recognition system for human computer interaction. *I.J. Intelligent Systems and Applications*, 5, 56-64. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2012.05.08>

- Reddy, P. J. K. (2021). New Horizons for Learning: Augmented Reality in Education. En *Innovating with Augmented Reality*. Auerbach Publications.
- Rial Costa, M., Rial Costa, S., Sánchez Oropeza, G., Rial Costa, M., Rial Costa, S., & Sánchez Oropeza, G. (2022). Realidad aumentada en los PPEA. Estudio en alumnado de secundaria. *Revista Científica UISRAEL*, 9(3), 149-174. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n3.2022.614>
- Rodríguez Caldera, B. (2021). Realidad Aumentada en Educación Primaria: Revisión sistemática. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 77, Article 77. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.77.1703>
- Rodríguez, M. L., & Pulido-Montes, C. (2022). Use of Digital Resources in Higher Education during COVID-19: A Literature Review. *Education Sciences*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/educsci12090612>
- Rohmah, S. W., & Anggraito, Y. U. (2021). Development of Learning Media Augmented Reality Nervous System (ARSaf) to Improve Student Understanding. *Journal of Biology Education*, 10(3), Article 3. <https://doi.org/10.15294/jbe.v10i3.48296>
- Roig-Vila, R., Lorenzo-Lledó, A., & Mengual-Andrés, S. (2019). Utilidad percibida de la realidad aumentada como recurso didáctico en Educación Infantil. *Campus Virtuales*, 8(1), Article 1.
- Rojas, G. H. (2018). *Psicología de la educación: Una mirada conceptual*. Editorial El Manual Moderno.
- Rositas, J., Badii Zabeh, M. H., & Castillo, J. (2006). La confiabilidad de las evaluaciones del aprendizaje conceptual: Índice Spearman-Brown del método split-halves = Reliability of the evaluation of conceptual learning: index of

- Spearman-Brown and the split-halves method. *Innovaciones de negocios*, 3(6), Article 6.
- Roth, W. (2000). In McCormick, R. and Paechter, C. (eds), “Authentic School Science: Intellectual Traditions”, *Learning & Knowledge, London, UK: Paul Chapman Publishing: 6-20*.
- Ruiz-Ariza, A., López-Serrano, S., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2020). The Educational Use of the ‘Harry Potter: Wizards Unite’ Augmented Reality Application. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning* (pp. 247-259). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4_14
- Runji, J. M., Lee, Y.-J., & Chu, C.-H. (2022). Systematic Literature Review on Augmented Reality-Based Maintenance Applications in Manufacturing Centered on Operator Needs. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*. <https://doi.org/10.1007/s40684-022-00444-w>
- Salar, R., Arici, F., Caliklar, S., & Yilmaz, R. M. (2020). A Model for Augmented Reality Immersion Experiences of University Students Studying in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 257-271. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09810-x>
- Salica, M. A. (2019). Carga cognitiva y aprendizaje con TIC: Estudio empírico en estudiantes de química y física de secundaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 24, 67-78.

- Sánchez-Cabrero, R., Costa Román, Ó., Mañoso-Pacheco, L., Novillo López, M. Á., & Pericacho Gómez, F. J. (2019). Orígenes del conectivismo como nuevo paradigma del aprendizaje en la era digital. *Educación y Humanismo*, 21(36 (Enero-Junio)), 121-136.
- Shirazi, A., & Behzadan, A. H. (2015). Content Delivery Using Augmented Reality to Enhance Students' Performance in a Building Design and Assembly Project. *Advances in Engineering Education*, 4(3). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1076141>
- Sirakaya, M., & Alsancak Sirakaya, D. (2018). Trends in Educational Augmented Reality Studies: A Systematic Review. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 60-74.
- Sirakaya, M., & Alsancak Sirakaya, D. (2022). Augmented reality in STEM education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1556-1569. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.647997>
- Soroko, N. (2021). THE AUGMENTED REALITY FUNCTIONS TO SUPPORT THE STEAM EDUCATION AT GENERAL EDUCATION INSTITUTIONS. *Физико-математическое образование*, 3 (29), Article 3 (29).
- Sugiura, A., Kitama, T., Toyoura, M., & Mao, X. (2019). The Use of Augmented Reality Technology in Medical Specimen Museum Tours. *Anatomical sciences education*, 12(5), Article 5.
- Suzuki, R., Karim, A., Xia, T., Hedayati, H., & Marquardt, N. (2022). Augmented Reality and Robotics: A Survey and Taxonomy for AR-enhanced Human-

- Robot Interaction and Robotic Interfaces. *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-33.
<https://doi.org/10.1145/3491102.3517719>
- Tan, Y., Xu, W., Li, S., & Chen, K. (2022). Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications. *Buildings*, 12(10), Article 10.
<https://doi.org/10.3390/buildings12101529>
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>
- Toledo, P., & Sánchez, J. M. (2017). Realidad Aumentada en Educación Primaria: Efectos sobre el aprendizaje. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 16(1), 79-92.
- Torres-Carrión, P., González-González, C., Bernal-Bravo, C., & Infante-Moro, A. (2019). Gesture-Based Children Computer Interaction for Inclusive Education: A Systematic Literature Review. En M. Botto-Tobar, G. Pizarro, M. Zúñiga-Prieto, M. D'Armas, & M. Zúñiga Sánchez (Eds.), *Technology Trends* (pp. 133-147). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05532-5_10
- Tristán-López, A. (2008). Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo. *Avances en medición*, 6(1), 37-48.

- Urbano, D., de Fátima Chouzal, M., & Restivo, M. T. (2020). Evaluating an online augmented reality puzzle for DC circuits: Students' feedback and conceptual knowledge gain. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1355-1368. <https://doi.org/10.1002/cae.22306>
- Valentin, L.-P., Michel, Christine, Serna, Adurey, Tabard, & Aurélien. (2022). Challenges and Opportunities for Multi-Device Management in Classrooms. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. <https://doi.org/10.1145/3519025>
- Vorweg, S., Eicher, C., Ruser, H., Piela, F., Obée, F., Kaltenbach, A., & Mechold, L. (2019). Requirements for Gesture-Controlled Remote Operation to Facilitate Human-Technology Interaction in the Living Environment of Elderly People. En J. Zhou & G. Salvendy (Eds.), *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for the Elderly and Technology Acceptance* (pp. 551-569). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22012-9_39
- Vygotsky, L. (1980). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L., Cole, M., & Luria, A. R. (1996). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. 66.
- Wang, Y., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2018). Enhancing mechanisms education through interaction with augmented reality simulation. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1552-1564. <https://doi.org/10.1002/cae.21951>

- Wei, F., Xu, G., Wu, Q., Kuang, J., Tian, P., Qin, P., & Li, Z. (2022). Azure Kinect Calibration and Parameter Recommendation in Different Scenarios. *IEEE Sensors Journal*, 22(10), 9733-9742. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2022.3166540>
- Wei, X., Guo, D., & Weng, D. (2018). Improving Authentic Learning by AR-Based Simulator. En Y. Wang, Z. Jiang, & Y. Peng (Eds.), *Image and Graphics Technologies and Applications* (pp. 124-134). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1702-6_13
- Westerfield, G., Mitrovic, A., & Billingham, M. (2015). Intelligent Augmented Reality Training for Motherboard Assembly | SpringerLink. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(1), 157-172.
- Wittayakhom, N., & Piriyasurawong, P. (2020). Learning Management STEAM Model on Massive Open Online Courses Using Augmented Reality to Enhance Creativity and Innovation. *Higher Education Studies*, 10(4), 44-53.
- Xbox. (2021). *Obtener Kinect Sports Rivals Hub | Xbox*. <https://www.xbox.com/es-ar/games/store/kinect-sports-rivals-hub/bnkgrxtcvjg>
- xbox.com. (2022a). *Child of Eden*. <https://www.xbox.com/es-es/games/store/Child-of-Eden/BSFN4W47NCT4>
- xbox.com. (2022b). *The Gunstringer*. <https://marketplace.xbox.com/es-ES/Product/The-Gunstringer/66acd000-77fe-1000-9115-d8024d5309df>
- Xiao, M., Feng, Z., Yang, X., Xu, T., & Guo, Q. (2020). Multimodal interaction design and application in augmented reality for chemical experiment. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(4), 291-304. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.07.005>

- Yahya, M. A., & Dahanayake, A. (2021). A Needs-Based Augmented Reality System. *Applied Sciences*, 11(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/app11177978>
- Yang, M.-T., & Chiu, Y.-C. (2014). Note-Taking for 3D Curricular Contents using Markerless Augmented Reality. *Interacting with Computers*, 26(4), Article 4. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwu015>
- Yang, P., Karambakhsh, A., Bin, S., & Li, P. (2018). Deep gesture interaction for augmented anatomy learning. *International Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.03.004>
- Yeung, A. W. K., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., Glisic, M., Zeiner, S., Kulnik, S. T., Crutzen, R., Kimberger, O., Kletecka-Pulker, M., Atanasov, A. G., & Willschke, H. (2021). Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2), e25499. <https://doi.org/10.2196/25499>
- Yi-Ming Kao, G., & Ruan, C.-A. (2022). Designing and evaluating a high interactive augmented reality system for programming learning. *Computers in Human Behavior*, 132, 107245. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107245>
- Yin, R. K. (2011). *Applications of Case Study Research*. SAGE.
- Young, A., & Rauschnabel, P. (2017, septiembre 7). *Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Concepts and Impact on Firm Value Creation* | SpringerLink. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-64027-3_12
- Yu, J., Denham, A. R., & Searight, E. A. (2022). A systematic review of augmented reality game-based Learning in STEM education | SpringerLink. *Educational technology research and development*, 70, 1169-1194.

Zammit, C. (2018). *Natural user interfaces in 3D data visualization* [bachelorThesis, University of Malta].

<https://www.um.edu.mt/library/oar/handle/123456789/40346>

Zhou, X., Williams, A. S., & Ortega, F. R. (2022). Eliciting Multimodal Gesture+Speech Interactions in a Multi-Object Augmented Reality Environment. *Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1-10. <https://doi.org/10.1145/3562939.3565637>

6.4. ANEXOS

ANEXO A - Encuesta de Validación del Modelo KARMLS

Encuesta a Expertos en el Campo de la Tecnología Educativa: Evaluación del Modelo de interacción “Model for Augmented Reality Applications With Gestural Interface for Children”

Estimado(a) experto(a),

Se agradece su participación en esta encuesta destinada a evaluar un modelo de interacción natural para niños. Su experiencia y conocimientos en el campo de la tecnología educativa son de gran valor para este estudio.

Sus respuestas ayudarán a obtener información relevante sobre la efectividad y las áreas de mejora del modelo en cuestión. Su opinión experta será fundamental para validar y perfeccionar este enfoque educativo innovador.

Tenga en cuenta que todas sus respuestas serán tratadas de manera confidencial y se utilizarán únicamente con fines de investigación. Los resultados se analizarán de forma agregada manteniendo siempre su anonimato.

OBJETIVO DE LA ENCUESTA:

Determinar si el Modelo de Realidad Aumentada que Considera Características Cognitivas para aprendizaje de niños en edad escolar denominado “Model for Augmented Reality Applications With Gestural Interface for Children (MARAGIC)”, ayudará a que las aplicaciones basadas en Realidad Aumentada para niños los ayudará a interactuar con objetos virtuales añadidos en un entorno real para la ejecución de actividades educativas, estimulando de forma visual, auditiva, cognitiva y lúdica, con el objetivo de facilitar la educación inicial.

Agradecemos sinceramente su tiempo y esfuerzo al completar esta encuesta. Sus conocimientos y perspectivas son invaluable para el desarrollo y mejora continua de modelos tecno educativos.

1.¿Cuál es su profesión?

2.¿Cuál es su nivel de formación? Opción única.

Tercer Nivel

Maestría

Doctorado (PhD)

3.¿Cuál es su área de especialización en el ámbito educativo?

4.¿Cuántos años de experiencia tiene trabajando en el ámbito educativo?

5.¿Cree que el uso de la tecnología mejorado el aprendizaje de los estudiantes?

Si, completamente

En cierta medida

No, en absoluto

No lo sé

6.¿Cuáles son los aspectos más importantes que contempla el modelo MARAGIC para los estudiantes? Opción múltiple.

Interactividad

Adaptabilidad

Presentación de contenido relevante

Colaboración

7.¿Considera usted que el uso de nuevas formas de presentación de contenidos educativos, como la Realidad Aumentada ayuda a mejorar la interacción de los

estudiantes con los recursos educativos digitales que se emplean en el proceso de aprendizaje? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

8.¿Considera usted que tomar en cuenta las capacidades cognitivas de los estudiantes es importante para el diseño de los recursos educativos digitales que se emplean en sus procesos de aprendizaje? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

9.¿Considera usted que el uso de nuevas formas de interacción, como los dispositivos de reconocimiento de gestos, ayuda a mejorar la interacción de los estudiantes con los recursos educativos digitales que se emplean en el proceso de aprendizaje? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

10.¿Considera usted que el uso del modelo MARAGIC ayuda a mantener el interés de los estudiantes en el aprendizaje? Respuesta necesaria. Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

11.¿Considera que los recursos educativos desarrollados a partir del modelo de interacción MARAGIC facilitan la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

12.Según su criterio, ¿Cuáles son los aspectos individuales que los recursos educativos desarrollados a partir del modelo de interacción MARAGIC fomentan en los estudiantes? Opción múltiple.

Autonomía

Autoaprendizaje

Adaptabilidad

Creatividad

Motivación

13.¿Considera usted que el modelo MARAGIC se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

14.Según su criterio, ¿Cuáles son las habilidades cognitivas que los recursos educativos desarrollados a partir del modelo de interacción MARAGIC promueven en los estudiantes? Opción múltiple.

Atención

Percepción

Razonamiento

Habilidades visoespaciales

Habilidades motoras

Pensamiento Crítico

Resolución de problemas

15.¿Considera usted que el modelo MARAGIC aporta en el mejoramiento de las habilidades digitales de los estudiantes? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

16.¿Cree que el modelo MARAGIC es capaz de fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

17.¿Cree usted que los docentes están adecuadamente preparados para implementar el modelo MARAGIC en el aula? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

18.¿Considera usted que el modelo MARAGIC se adapta a diferentes estilos de aprendizaje? Opción única.

Sí, completamente

En cierta medida

No, en lo absoluto

No lo sé

19.¿Qué tan efectiva considera usted que sería la utilización de Recursos Educativos Digitales basados en Realidad Aumentada y en el modelo MARAGIC para las asignaturas que dicta? Opción única.

Muy efectiva

Moderadamente efectiva

Poco efectiva

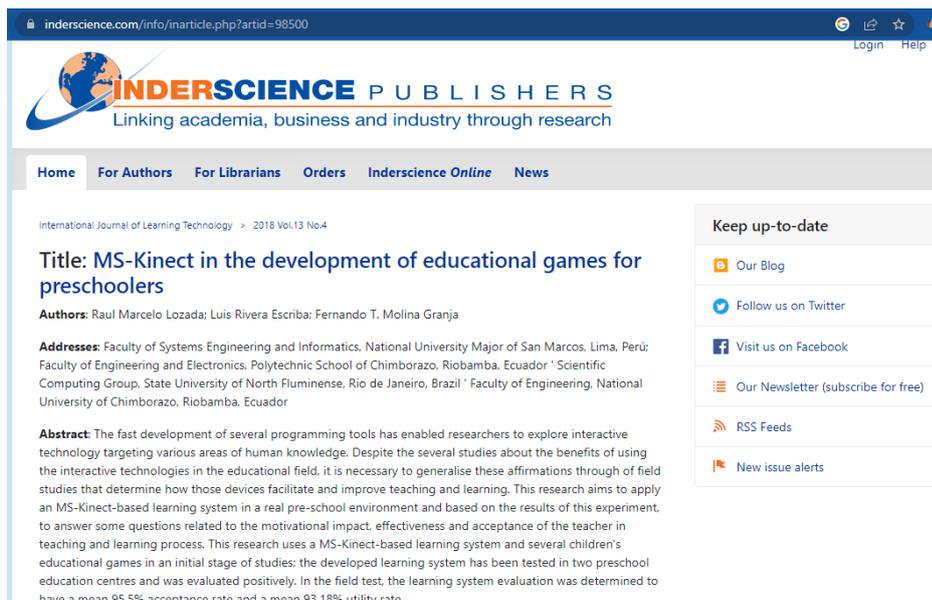
No lo sé

20.¿Qué sugerencias o recomendaciones tiene para mejorar el modelo MARAGIC?

ANEXO B - Producción de Artículos Científicos

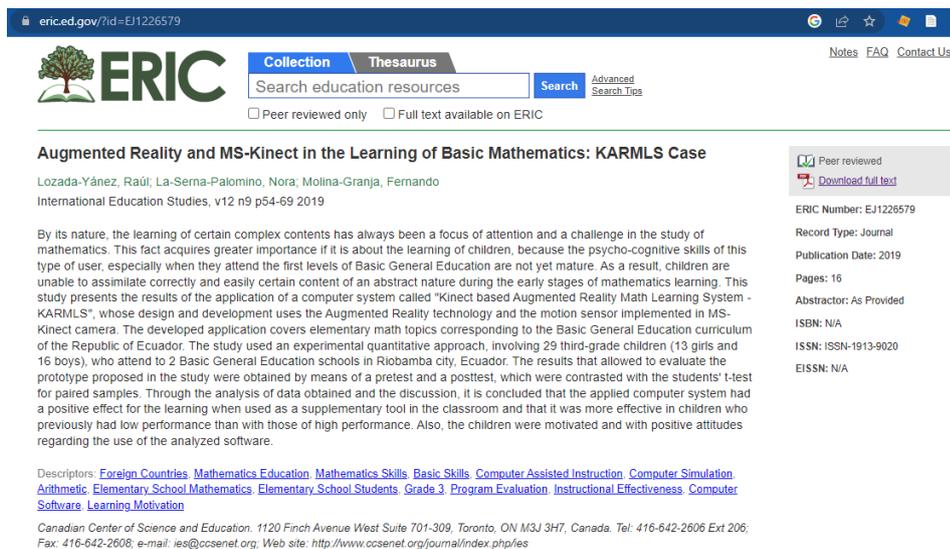
Artículos publicados en revistas indexadas en Scopus

- MS-Kinect in the development of educational games for preschoolers. International Journal of Learning Technology, (2018), volumen 13, número 4, Art. 4. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2018.098500>



The screenshot shows the Inderscience Publishers website. The URL is inderscience.com/info/narticle.php?artid=98500. The page title is "MS-Kinect in the development of educational games for preschoolers". The authors are Raul Marcelo Lozada, Luis Rivera Escriba, and Fernando T. Molina Granja. The abstract discusses the development of an MS-Kinect-based learning system for preschoolers, highlighting its effectiveness and acceptance in a real pre-school environment.

- Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case. International Education Studies, (2019), volumen 12, número 9, Art. 9. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n9p54>



The screenshot shows the ERIC website. The URL is eric.ed.gov/?id=EJ1226579. The page title is "Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case". The authors are Lozada-Yáñez, Raúl; La-Serna-Palomino, Nora; Molina-Granja, Fernando. The abstract discusses the learning of complex contents in mathematics, highlighting the importance of the learning of children and the use of Augmented Reality technology.

- Azure-Kinect and Augmented Reality for learning Mathematics—A children case study. *Solid State Technology*, (2020), volumen 63, número 2s, Art. 2s.

The screenshot shows the article page for "Azure-Kinect and Augmented Reality for learning Mathematics - A children case study" on the Solid State Technology website. The page includes a navigation menu with options like Home, Current, Aims and Scope, For Authors, Archives, Ethics & Policies, and About. The article title is prominently displayed, followed by the authors: Raúl Lozada-Yáñez, Nora La-Serna Palomino, Diego Veloz-Chérrez, Fernando Molina-Granja, and Juan Carlos Santillán-Lima. There is a PDF icon and a link to the issue "Vol. 63 No. 2s (2020)". The abstract begins with "Abstract— Human learning processes have always been a field of great interest for researchers and teachers...". On the right side, there is a Scopus index badge showing a CiteScore of 0.3 for 2019, with a 9th percentile ranking. Below this, there are links for "Make a Submission", "Downloads" (including Copyright Transfer Form and Paper Template), and "Important Links" (Home, Aims and Scope, Paper Topics).

- Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC). *Journal of Positive School Psychology*, (2022), volumen 6, número 4, 10311-10330.

The screenshot shows the article page for "Model for Augmented Reality Applications with Gestural Interface for Children (MARAGIC)" on the Journal of Positive School Psychology website. The page features a dark blue header with the journal name and a navigation menu with options like CURRENT, ARCHIVES, ABOUT, AUTHOR GUIDELINES, ANNOUNCEMENTS, and CONTACT. The article title is displayed, followed by the authors: Raúl Lozada-Yáñez, Nora La-Serna-Palomino, Fernando Molina-Granja, and Diego Veloz-Chérrez. A PDF icon is visible. The abstract starts with "The technological development achieved by humanity has led to the generation of many learning methods that have changed how human beings learn...". On the right side, there is a Scopus index badge showing a Q2 ranking in the field of Developmental and Educational Psychology, with an SJR 2021 score of 0.64. A "Make a Submission" button is also present.

Artículos presentados en Conferencias

- Interfaces de Usuario Natural. La IO y las TIC para una Diversidad Productiva Competitiva. V Congreso Peruano de Investigación de Operaciones y de Sistemas (COPIOS 2014). (2014), DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5092.2324>.



- Realidad Aumentada sus desafíos en la educación: Aplicaciones en el área matemática”. XII Congreso Internacional de Educación Bimodal. “Competencias digitales, Innovación y Prospectiva”. TELEDU2016. (2016), ISSN 2500-6037 2016-12-02



CERTIFICA QUE:

**Edison Fernando Bonifaz Aranda
y Raúl Marcelo Lozada Yanez**

Participaron con el aporte titulado:

“Realidad aumentada sus desafíos en la educación: Aplicaciones
en el área matemática”.

Arbitrado, presentado y publicado en las memorias del
XII Congreso Internacional de Educación Bimodal. “Competencias
digitales, Innovación y Prospectiva”. TELEDU2016.

Cuarta Edición 2016 ISSN 2500-6037 2016-12-02
publicación trimestral (USB).

Realizado el 30 de Noviembre, 1y 2 de Diciembre 2016
en la Ciudad de Medellín - Colombia

Organizado por : la Corporación CIMTED

Dado en Medellín a los 2 días del mes de Diciembre de 2016


Roger Loaiza Álvarez
Director General
TELEDU 2016

Organiza
 CIMTED
Corporación

ANEXO C – Glosario de Términos de las tecnologías y teorías educativas empleadas

REALIDAD AUMENTADA (RA)

Realidad Aumentada (RA): Una tecnología que superpone elementos virtuales o digitales al mundo real, enriqueciendo la experiencia del usuario.

Aplicación de RA: Un software diseñado para ejecutar experiencias de realidad aumentada en dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas o gafas.

Rastreo (Tracking): El proceso de seguimiento y posicionamiento de objetos en tiempo real para una alineación precisa de los elementos virtuales en el mundo real.

Marcadores de RA: Patrones visuales, códigos QR u objetos que activan contenido virtual cuando son detectados por dispositivos de RA.

Interfaz de Usuario de RA (ARUI): La forma en que los usuarios interactúan con objetos y elementos virtuales en un entorno de RA.

Gafas de RA: Dispositivos con pantallas que permiten a los usuarios ver elementos de RA superpuestos en su campo de visión.

Superposición de información: El proceso de combinar datos digitales con el mundo real, como datos geográficos en un mapa de RA.

Entorno mixto: La combinación de elementos virtuales y reales en un entorno de RA.

Realidad Mixta (MR): Una forma avanzada de RA que permite la interacción más profunda entre elementos virtuales y el mundo real.

Holograma: Imágenes tridimensionales que parecen existir en el espacio real, generadas por tecnologías de RA.

Renderización: El proceso de representar gráficos 3D o elementos visuales en un entorno de RA.

Lentes de contacto inteligentes: Dispositivos de RA miniaturizados que se llevan en los ojos y proporcionan información visual.

Geolocalización: El uso de la ubicación geográfica para superponer información relevante en un entorno de RA.

Realidad Aumentada Móvil: Experiencias de RA diseñadas para dispositivos móviles, como teléfonos y tabletas.

Realidad Aumentada Espacial: La superposición de elementos virtuales en un entorno físico tridimensional.

Inmersión: La sensación de estar completamente envuelto en una experiencia de RA.

Colaboración en RA: La capacidad de múltiples usuarios para interactuar en tiempo real en un entorno de RA.

Simulación en tiempo real: La representación de objetos y eventos en tiempo real en un mundo de RA.

AR Cloud: Una infraestructura en la nube que permite compartir y acceder a datos de RA en tiempo real.

Reproducción de video en AR: La visualización de videos en un entorno de RA, a menudo utilizada en aplicaciones de entretenimiento y publicidad.

CONSTRUCTIVISMO

Constructivismo: Una teoría de aprendizaje que sostiene que el conocimiento se construye activamente a través de la experiencia y la interacción con el entorno.

Zona de Desarrollo Próximo (ZDP): El nivel en el que un estudiante puede realizar tareas con el apoyo de un tutor o compañero más experimentado.

Aprendizaje Situado: El proceso de aprendizaje que se produce en un contexto específico y relevante para el estudiante.

Andamiaje: El apoyo proporcionado por un tutor o experto para ayudar al estudiante a adquirir nuevos conocimientos o habilidades.

Aprendizaje Autodirigido: Un enfoque en el que el estudiante es responsable de su propio proceso de aprendizaje.

Constructivismo Social: Una variante del constructivismo que enfatiza la importancia de la interacción social en la construcción del conocimiento.

Metacognición: La conciencia y el control de los procesos de pensamiento y aprendizaje propios.

Constructivismo Cognitivo: Un enfoque que se centra en la cognición individual y el procesamiento de la información en el aprendizaje.

Constructivismo Radical: Una perspectiva que cuestiona la existencia de un conocimiento objetivo y promueve la relatividad del conocimiento.

Teoría de la Carga Cognitiva: Un enfoque que se centra en la cantidad de esfuerzo mental requerido para el aprendizaje.

Schema: Estructuras mentales que organizan y almacenan información en la mente del individuo.

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): Un enfoque educativo que plantea problemas complejos para que los estudiantes los resuelvan y construyan conocimiento en el proceso.

Aprendizaje Activo: Un enfoque que involucra activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, en lugar de ser receptores pasivos de información.

Educación Basada en Competencias: Un modelo de enseñanza que se enfoca en el desarrollo de habilidades y competencias específicas en lugar de solo conocimientos teóricos.

Aprendizaje Cooperativo: Un enfoque que fomenta la colaboración entre estudiantes para lograr objetivos de aprendizaje comunes.

Pensamiento Crítico: La habilidad de analizar, evaluar y sintetizar información de manera crítica.

Transferencia de Conocimiento: La aplicación de conocimientos adquiridos en una situación a nuevas situaciones o contextos.

Diseño Instruccional Constructivista: El desarrollo de materiales y estrategias de enseñanza que reflejan los principios del constructivismo.

Aprendizaje Significativo: El proceso en el cual los nuevos conocimientos se relacionan y conectan con el conocimiento previo, lo que facilita su retención y comprensión.

Construcción del Conocimiento: El proceso de construir activamente comprensión y conocimiento a través de la experiencia y la reflexión.

SOCIOCONSTRUCTIVISMO

Socioconstructivismo: Una perspectiva de aprendizaje que se basa en el constructivismo y destaca la influencia de la interacción social en la adquisición de conocimientos.

Colaboración: El proceso de trabajar en grupo o con otros para construir el conocimiento a través del diálogo y la interacción.

Comunidades de Práctica: Grupos de personas que comparten intereses y objetivos de aprendizaje y colaboran para construir conocimiento.

Interacción Social: La comunicación y la relación entre individuos que contribuye a la construcción del conocimiento.

Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) en Contexto Social: La idea de que la ZDP se desarrolla en un entorno social, donde los compañeros o tutores desempeñan un papel esencial.

Colectivismo: El énfasis en el valor de la colaboración y la interacción social en el proceso de aprendizaje.

Aprendizaje Cooperativo: Un enfoque que fomenta la colaboración entre estudiantes para lograr objetivos de aprendizaje comunes.

Construcción Social del Conocimiento: La idea de que el conocimiento se crea y se comparte a través de interacciones sociales.

Participación Guiada: El apoyo o guía proporcionada por tutores o compañeros para facilitar el aprendizaje.

Modelado: El proceso de observar y emular el comportamiento y la cognición de otros.

Interacciones Sociales Significativas: Comunicación y colaboración que llevan a la construcción de conocimiento significativo.

Co-construcción de Conocimiento: El proceso en el cual múltiples individuos contribuyen a la construcción de un conocimiento compartido.

Comunicación Interpersonal: El intercambio de información y significado entre personas, que desempeña un papel importante en el aprendizaje social.

Aprendizaje Situado en Comunidad: El aprendizaje que ocurre en el contexto de una comunidad o grupo social.

Roles Sociales en el Aprendizaje: Las funciones y responsabilidades asignadas a los participantes en un entorno de aprendizaje social.

Colaboración en Línea: La colaboración y el aprendizaje que ocurren a través de herramientas y plataformas en línea.

Teoría de la Enseñanza Recíproca: Un modelo de enseñanza en el que los estudiantes se enseñan mutuamente, lo que refuerza el aprendizaje.

Evaluación Formativa: La retroalimentación y la evaluación continua que ayudan a los estudiantes a mejorar su aprendizaje.

Cultura del Aprendizaje: El entorno de aprendizaje y los valores compartidos que influyen en el proceso de adquisición de conocimiento.

Diálogo Interactivo: La conversación activa y reflexiva que promueve el aprendizaje a través de la comunicación con otros.

INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR (IHC)

Interacción Humano-Computador: El campo de estudio que se centra en la interacción entre humanos y sistemas informáticos.

Usabilidad: La eficacia, eficiencia y satisfacción con la que los usuarios pueden realizar tareas en un sistema o interfaz.

Diseño Centrado en el Usuario: Un enfoque de diseño que coloca al usuario en el centro del proceso de desarrollo de sistemas informáticos.

Experiencia del Usuario (UX): La percepción global de un usuario sobre la calidad de su interacción con un sistema o producto.

Interfaz de Usuario (UI): Los elementos visuales y funcionales de una aplicación o sistema con los que los usuarios interactúan.

Interacción Natural: Diseñar sistemas informáticos para que los usuarios puedan interactuar con ellos de una manera que se sienta natural y sin esfuerzo, como gestos, voz o movimientos corporales.

Diseño de Experiencia de Usuario (UX Design): El proceso de diseñar una experiencia de usuario óptima y satisfactoria en un producto o servicio.

Pruebas de Usabilidad: La evaluación de la facilidad de uso de un sistema a través de pruebas con usuarios reales.

Prototipado: La creación de versiones preliminares de un sistema o interfaz para probar y refinar ideas de diseño.

Arquitectura de la Información: La estructura y organización de la información en un sistema o sitio web para facilitar la navegación y búsqueda.

Diseño de Intercambio de Información: La presentación y transferencia efectiva de información entre el usuario y el sistema.

Retroalimentación de la Interacción: La respuesta proporcionada por el sistema en respuesta a las acciones del usuario.

Evaluación Heurística: Una revisión experta de una interfaz para identificar problemas de usabilidad y diseño.

Accesibilidad: Diseñar sistemas informáticos de manera que sean utilizables por personas con discapacidades.

Diseño Responsivo: El diseño de interfaces que se ajustan y funcionan en diferentes dispositivos y tamaños de pantalla.

Realidad Virtual (RV): Un entorno simulado en el que los usuarios pueden interactuar con objetos y escenarios virtuales.

Interfaz de Voz: La capacidad de interactuar con un sistema a través del habla, como los asistentes de voz.

Interfaz Táctil: La interacción con un sistema a través de gestos y toques en una pantalla táctil.

Diseño de Juegos: La creación de sistemas y aplicaciones que incorporan elementos de juego para mejorar la interacción del usuario.

Interfaces Tangibles: Interfaces que permiten la interacción física con objetos digitales, como pantallas táctiles y sensores.