



**Visión aumentada con HoloLens en apoyo a personas con discapacidad visual leve-
moderada**

Molina Lescano, Esteban Gabriel y Pupiales Salazar, Andrés Sebastian

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Tecnologías de la Información

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de
la Información

Ing. Guerrero Idrovo, Rosa Graciela

16 de agosto del 2022



TESIS_MOLINA_PUPIALES.docx

Scanned on: 23:22 August 16, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	281
Words with Minor Changes	43
Paraphrased Words	172
Omitted Words	1592



Formado electrónicamente por:
ROSA GRACIELA
GUERRERO IDROVO



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Tecnologías de la Información

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Visión aumentada con HoloLens en apoyo a personas con discapacidad visual leve-moderada"** fue realizado por los señores **Molina Lescano, Esteban Gabriel y Pupiales Salazar, Andrés Sebastian**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 16 de agosto de 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:
ROSA GRACIELA
GUERRERO IDROVO

.....
Ing. Guerrero Idrovo, Rosa Graciela MSc.

C. C. 1720513322



Departamento de Ciencias de la Computación
Carrera de Tecnologías de la Información

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Molina Lescano, Esteban Gabriel y Pupiales Salazar, Andrés Sebastian**, con cédulas de ciudadanía n° 1803563954 y 1723640171, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Visión aumentada con HoloLens en apoyo a personas con discapacidad visual leve-moderada** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 16 de agosto de 2022

Firma

Molina Lescano, Esteban Gabriel

C.C.: 1803563954

Pupiales Salazar, Andrés Sebastian

C.C.: 1723640171



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Tecnologías de la Información

Autorización de Publicación

Nosotros **Molina Lescano, Esteban Gabriel y Pupiales Salazar, Andrés Sebastian**, con cédulas de ciudadanía n° 1803563954 y 1723640171, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Visión aumentada con HoloLens en apoyo a personas con discapacidad visual leve-moderada** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 16 de agosto de 2022

Firma

Molina Lescano, Esteban Gabriel

C.C.: 1803563954

Pupiales Salazar, Andrés Sebastian

C.C.: 1723640171

Dedicatoria

Para mi increíble madre Ruth; mi asombroso padre, Ramiro; mi amorosa y maravillosa abuelita, Luzmila; mi extraordinaria novia, Shakira; quienes siempre fueron mi soporte y más grande motivación, todos mis logros serán siempre para ustedes, los amo.

Esteban Molina

Para mi querida familia, quienes me apoyaron y dieron ánimos en todo momento, mi querido padre, José; mi amada madre, Gladys; y mi maravillosa hermana, Daniela.

Andrés Pupiales

Agradecimiento

A mi madre Ruth, por siempre estar a mi lado, por tener siempre paciencia y amor incondicional por mí, gracias por haberme formado como un hombre responsable y respetuoso. Sin usted nunca hubiera logrado nada y no alcanzan las palabras para agradecer todo su sacrificio por mí.

A mi padre Ramiro, por ser siempre mi guía y mi modelo a seguir, por haberme siempre mostrado con el ejemplo que si no te esfuerzas y trabajas duro nunca lograrás nada. Sin ti no sería el hombre que soy ahora, no hay palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mí.

A mi abuelita Luzmila, que desde que recuerdo siempre ha sido mi más grande inspiración y motivación para seguir adelante con mis objetivos, todos mis logros siempre serán para que se sienta orgullosa de mí.

A Shakira, por apoyarme siempre y ser esa persona que me motiva a ser mejor cada día e impulsarme a sacar siempre lo mejor de mí. Sin ti esto no hubiera sido posible, gracias.

A mi familia y amigos quienes siempre han estado conmigo para apoyarme y animarme en los momentos que más lo necesité.

Esteban Molina

A mis padres que supieron apoyarme y darme ánimos durante todo el proceso, por todo su amor incondicional y comprensión durante los momentos que sentía desfallecer. Mi hermana que me alentó en todo momento y supo prestarme su ayuda en los momentos más críticos. Mis amigos que me apoyaron y compartieron su valioso tiempo conmigo.

Andrés Pupiales

Índice de contenidos

Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos	9
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Resumen	14
Abstract	15
Capítulo I	16
Introducción	16
Planteamiento del problema	17
Justificación	18
Objetivos	21
Objetivo general.	21
Objetivos específicos.	21
Preguntas de investigación y alcance	22
Estructura del documento	23
Capítulo II	24
Glosario de términos relevantes	24
Informática	24
Realidad virtual	25

	10
Realidad aumentada	26
Discapacidad	27
Discapacidad física	27
Discapacidad psicosocial	28
Discapacidad intelectual	28
Discapacidad sensorial	28
Discapacidad visual	28
Preguntas de Investigación	29
Cadena de búsqueda	30
Cadena de búsqueda General	30
Cadena de búsqueda Scopus	31
Cadena de búsqueda Web of Science	31
Cadena de búsqueda IEEE	31
PRISMA	32
Análisis de literatura	33
Respuesta a preguntas de investigación RQ1 y RQ2	55
Capítulo III	56
Metodología de desarrollo	57
Metodología del prototipo	57
Contexto previo al estudio	58
Arquitectura	59

	11
Desarrollo	60
Respuesta a las preguntas de investigación RQ3 y RQ4	63
Capítulo IV	64
Resultados	64
Escenario	64
Análisis de resultados	65
Medidas usadas de lentes	65
Fallas visuales presentes	66
Lectura sin usar lentes	67
Lectura utilizando el prototipo	68
Utilidad del prototipo	69
Facilidad de uso del prototipo mediante gestos	70
Facilidad de uso del prototipo mediante comandos de voz	71
Respuesta a preguntas de investigación RQ5 y RQ6	72
Capítulo V	73
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Trabajos a futuro	75
Referencias bibliográficas	77
Apéndices	84

Índice de tablas

Tabla 1 *Preguntas de investigación y su alcance*

Tabla 2 *Resumen de características de los estudios seleccionados*

Tabla 3 *Escenarios de navegación*

Tabla 4 *Formas de interacción para captura de foto*

Tabla 5 *Formas de interacción para realizar zoom*

Índice de figuras

- Figura 1** *Diagrama PRSIMA*
- Figura 2** *Fases de la metodología de prototipado*
- Figura 3** *Arquitectura*
- Figura 4** *Optotipo de Snellen*
- Figura 5** *Medida de lentes de los participantes*
- Figura 6** *Fallas visuales presentes en los participantes*
- Figura 7** *Lectura de cartilla sin usar lentes*
- Figura 8** *Lectura de cartilla usando el prototipo*
- Figura 9** *Utilidad del prototipo*
- Figura 10** *Facilidad de navegación por gestos*
- Figura 11** *Facilidad de uso de los comandos por voz*

Resumen

El avance tecnológico y desarrollo de diversos dispositivos para tecnologías de realidad virtual, aumentada o mixta han mostrado un gran potencial dentro de varias áreas como pueden ser el entretenimiento, educación y salud. El uso de estas tecnologías dentro de la educación ha permitido agregar una nueva perspectiva más llamativa para los estudiantes, mientras que dentro del área de la salud se han desarrollado aplicaciones enfocadas para ayudar a la realización de tareas específicas como puede ser entrenamiento para cirugía en laboratorios virtuales, hasta aplicaciones de detección de objetos que buscan ayudar a personas que padezcan de discapacidad visual. Con esto en mente, se identifica la oportunidad de integrar tecnología de realidad aumentada para la creación de una aplicación cuyo fin sea el de mejorar la habilidad de visualización de objetos de personas que presenten un deterioro visual en los rangos leve y moderado. En el presente trabajo se realizó una revisión sistemática de literatura para determinar los antecedentes. Se desarrolló una aplicación prototipo haciendo uso de la plataforma Unity para las gafas de realidad aumentada de Microsoft HoloLens cuya funcionalidad permite tomar fotografías y realizar un acercamiento para obtener una mejor visualización de objetos presentes en la misma, el prototipo permitirá interactuar a través de gestos o comandos de voz. Los resultados demostraron que el prototipo desarrollado permitió lograr una mejora considerable en la visualización de personas que padecían de un deterioro visual leve o moderado.

Palabras clave: realidad aumentada, hololens, deterioro visual, discapacidad visual.

Abstract

Technology advancement and the development of several devices for virtual, augmented, or mixed technology demonstrated a great potential within different fields like entertainment, education and health care. Using these technologies in the educational field has allowed adding a new, more interesting perspective to the students. Meanwhile, in the health care field, apps focused on helping to execute specific tasks have been developed, ranging from surgical training in virtual laboratories, to object detection apps intended to help visually impaired people. With this in mind, the opportunity to integrate augmented reality technology to design an app has been recognized, the purpose of which would be to improve the visualization ability of people with visual impairment in a range from mild to moderate. In the present work, a systematic review of literature was made to establish the antecedents. A prototype app was designed using the Unity platform for the Microsoft HoloLens augmented reality glasses, whose functionality allows taking pictures and zoom in to get a better visualization of the objects within it. The prototype will allow interactions through gestures and voice commands. The results demonstrated that the prototype allowed a noteworthy improvement in the visualization of people with visual impairment in the mild-to-moderate range.

Keywords: augmented reality, hololens, visual impairment, visual disability.

Capítulo I

En el capítulo 1 del presente proyecto de integración curricular se presenta una breve introducción, problemática, justificación, objetivo general y específicos, preguntas de investigación, alcance y finalmente la estructura del documento.

Introducción

Con el avance de la tecnología y diversos dispositivos el desarrollo de tecnologías como la realidad virtual, aumentada o mixta se han visto beneficiados de gran manera, mostrando un potencial muy llamativo no solo para el área de entretenimiento en el cual se ha enfocado su uso mayormente, sino que áreas como la educación se pueden beneficiar de las cualidades de este tipo de tecnología que permite añadir una perspectiva nueva y atractiva hacia los estudiantes de las nuevas generaciones, de igual manera en el área de la salud donde la inmersión podría ser utilizada para la revisión de imágenes radiológicas por ejemplo o hasta para el tratamiento de fobias como la aracnofobia.

La presencia de cualquier tipo de discapacidad ha dificultado la integración de las personas a las distintas actividades diarias de la sociedad, muchas veces hasta el punto en que se las excluía con la excusa de que simplemente no pueden realizarla, estos hechos fueron la base para que se busque crear políticas de inclusión y accesibilidad para mejorar la calidad de vida de la gente que presente discapacidad. Teniendo esto en mente, se puede verificar la existencia de una gran variedad de aplicaciones y dispositivos que se adaptaron de gran manera para permitir la accesibilidad y muchos otros se crearon con el objetivo específico de ayudar a realizar tareas particulares con el fin de mejorar la vida diaria de las personas que presenten un tipo de incapacidad física, sensorial o mental.

Planteamiento del problema

De entre todos los sentidos con los que cuenta el ser humano el de la vista suele sobresalir y para muchas personas es considerado el más importante, muchos concuerdan con esta afirmación debido a todo el trabajo que desempeña dentro de la vida diaria de una persona, y es que gracias a la visión el ser humano puede desarrollar sus gustos (colores, comida, vestimenta), conectarse con el medio en el que se desarrollan sus actividades y el tal vez el punto más importante de todos, la seguridad, teniendo en cuenta que la visión juega un papel vital en la detección de posibles peligros.

Acorde con el estudio realizado por el Instituto Max Planck en el cual se realizó una recopilación de conversaciones con hablantes de 13 idiomas, se logró determinar que en su gran mayoría las palabras y verbos utilizados por ellos mientras llevaban a cabo actividades diarias estaban relacionados con el sentido de la vista. Gracias al estudio se logró establecer una jerarquía de los sentidos en la cual la vista se posiciona en lo más alto, adicionalmente se identifican tres razones por las cuales se obtuvieron estos resultados, entre ellas se destaca aquella que se relaciona con la estructura cerebral ya que el cerebro dedica cerca del 50% de su capacidad para procesamiento visual (Criado, 2015).

De acuerdo con datos emitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) “en el mundo hay al menos 2200 millones de personas con deterioro de la visión cercana o distante” (OMS, 2021a) siendo una cifra alta que se puede traducir como el 25% de la población mundial. La gran mayoría de personas que padecen de deterioro visual o ceguera rondan los 50 años aproximadamente, adicionalmente se puede evidenciar la presencia considerable de esta condición en niños y adolescentes.

La deficiencia visual en niños y adolescentes puede repercutir de gran manera en su vida personal ya que afectaría su desarrollo social, cognitivo y emocional. Existen dos campos de la sociedad en la que se puede evidenciar de manera clara como esta condición afecta su desempeño: la educación, donde se observan niveles bajos de rendimiento, y el laboral donde se ven limitados por trabajos que requieran un nivel de precisión alto.

Justificación

Gracias a la recolección de datos acerca de las discapacidades presentes en el Ecuador por parte del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) se puede observar que la discapacidad visual representa el 11,54% (alrededor de 54 397 personas) del total presente en el país, de igual manera se evidencia que en su gran mayoría el grado de discapacidad presente oscila entre el 30% y 49%, siendo el caso de ceguera el de menor presencia. Adicionalmente, se evidencia que el grupo etario con mayor afectación se encuentra en los adultos de 36 a 64 años.

El contar con una deficiencia de la visión ya sea cercana o distante, puede acarrear consigo el enfrentar diversas dificultades para la ejecución de tareas que normalmente resultan sencillas, en casos donde la deficiencia sea de un grado medio-alto puede afectar negativamente la vida laboral hasta llegar a casos donde cesan sus actividades motivo por el cual podrían presentarse casos de depresión. De igual manera la seguridad física personal se vería comprometida ya que se tendría problemas al caminar en cualquier entorno, aumentando la probabilidad de caídas o golpes.

Actualmente, gracias al desarrollo tecnológico se ha constatado la existencia de diferentes estudios y proyectos que buscan ayudar a la gente que presente

discapacidad visual a través de aplicaciones que permiten describir imágenes mostradas en la pantalla de un dispositivo móvil o realizar la lectura de textos tal como se muestra en (Mukamal, 2021) donde se nombran varias de estas aplicaciones. Estas aplicaciones se encuentran categorizadas de acuerdo con su objetivo, a continuación, se listan dichas aplicaciones:

- Para tareas diarias e identificación de objetivos
 - Seeing AI (iOS)
 - Lookout (Android)
 - Be My Eyes (iOS y Android)
 - Aira (iOS y Android)
 - LookTel (iOS)
 - TapTapSee (iOS)
 - Light Detector (iOS)
- Para aumento
 - Brighter and Bigger (iOS y Android)
- Para lectura
 - KNFB Reader (iOS y Android)
 - Audible (iOS y Android)
 - Kindle app (iOS, Android, PC y Mac)
 - Bookshare (iOS y Android)
 - BARD Mobile (iOS y Android)
 - Overdrive (iOS y Android)
 - NFB-Newsline (iOS)
 - The MD_evReader (iOS y Android)
 - Blind Abilities (iOS y Android)

- Para navegación y transporte
 - Soundscape (iOS)
 - Nearby Explorer (iOS y Android)
 - RightHear (iOS y Android)
 - Blindsquare (iOS)
 - Uber y Lyft (iOS y Android)
 - Moovit (iOS y Android)
- Para compras
 - Blind Bargains (iOS y Android)
 - Talking Calculator (iOS)
 - Voice and Talking Calculator (Android)
- Para socializar
 - Facing Emotions (Android)
 - Instagram (iOS y Android)
 - YouTube (iOS y Android)
 - Pandora (iOS y Android)
- Para futuras tecnologías
 - Canetroller (pretender trazar un espacio virtual mediante el uso de vibraciones y sonidos)
 - Feel the View (pretender usar vibraciones para ayudar a “mostrar” lo que hay afuera)

Como se puede observar no se cuentan con aplicaciones orientadas a ayudar a las personas que cuentan con una discapacidad visual leve-moderada para que puedan realizar un aumento cuando se requiera y poder tener una mejor visión del objeto/texto que deseen. La gran mayoría de aplicaciones se encuentran orientadas a la detección

de objetos o lectura de textos que en su gran mayoría están enfocadas en personas que presenten una discapacidad visual grave.

La tecnología ha permitido ayudar de cierta manera a las personas con diferentes discapacidades alrededor del mundo, y debido a esto se busca impulsar el desarrollo de un prototipo que permita mejorar la visión de objetos de un entorno a personas con un grado moderado de deficiencia visual a través del uso de gafas de realidad mixta como pueden ser las HoloLens.

Objetivos

Objetivo general.

Desarrollar e implementar una aplicación de realidad aumentada mediante la utilización del dispositivo HoloLens para proporcionar visión aumentada en apoyo a personas con discapacidad visual leve-moderada.

Objetivos específicos.

- Investigar los trabajos relacionados en términos de aplicaciones de humanidad aumentada, visión y realidad aumentada utilizando HoloLens, en apoyo a personas con discapacidad visual leve-moderada.
- Desarrollar e implementar una aplicación de realidad aumentada utilizando que permita ser utilizada a través de gestos o comandos de voz como herramienta al dispositivo HoloLens para proporcionar visión aumentada e interpretación de objetos de la realidad.
- Evaluar los datos obtenidos al realizar el reconocimiento de objetos de la realidad mediante una aplicación de realidad aumentada y la presentación de objetos con menor distancia focal, usando el dispositivo HoloLens.

- Exponer conclusiones, recomendaciones y líneas de trabajo futuro a partir de los resultados obtenidos del trabajo de integración curricular propuesto.

Preguntas de investigación y alcance

Se plantean distintas preguntas de investigación relacionadas con los objetivos específicos y se establece un alcance para cada una de ellas con el fin de delimitar el alcance general del proyecto, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Preguntas de investigación y su alcance

Objetivos	Preguntas de investigación	Alcance
OE1. Investigar los trabajos relacionados en términos de aplicaciones de humanidad aumentada, visión y realidad aumentada utilizando HoloLens, en apoyo a personas con discapacidad visual leve-moderado.	RQ1 (OE1): ¿Cuál es el objetivo en el que se enfocaron mayormente los trabajos al buscar apoyar a personas con discapacidad visual? RQ2 (OE1): ¿Qué herramientas tecnológicas se han desarrollado en los últimos 5 años para apoyo de personas con discapacidad visual?	Determinar cuál es el objetivo (identificación de objetos, lectura de textos) en el que se enfocan los trabajos cuyo trabajo busca apoyar a personas con discapacidad visual. Identificar dispositivos de realidad mixta utilizados en los últimos 5 años para apoyar a personas con discapacidad visual.

<p>OE2. Desarrollar e implementar una aplicación de realidad aumentada utilizando como herramienta al dispositivo HoloLens para proporcionar visión aumentada e interpretación de objetos de la realidad.</p>	<p>RQ3 (OE2): ¿Qué funcionalidad/es proporcionará el prototipo a través de la visión aumentada?</p> <p>RQ4 (OE2): ¿Cuál es el porcentaje de reconocimiento de los objetos enfocados con el dispositivo HoloLens?</p>	<p>El prototipo permitirá ser utilizado a través de gestos y comandos de voz.</p> <p>El prototipo permitirá el reconocimiento de objetos enfocados con el dispositivo HoloLens en un 80%.</p>
<p>OE3. Evaluar los datos obtenidos al realizar el reconocimiento de objetos de la realidad mediante una aplicación de realidad aumentada y la presentación de objetos con menor distancia focal, usando el dispositivo HoloLens.</p>	<p>RQ5 (OE3): ¿Qué método se utilizará para realizar el análisis del prototipo?</p> <p>RQ6 (OE3): ¿Cuál es el nivel de aceptación y utilidad para los usuarios el utilizar gafas de realidad mixta?</p>	<p>Seleccionar una técnica de evaluación para la interacción de usuarios con el prototipo desarrollado.</p> <p>Determinar la satisfacción de los usuarios al utilizar gafas de realidad mixta como herramienta de ayuda para su discapacidad.</p>

Estructura del documento

El presente proyecto de integración curricular se encuentra estructurado por 5 capítulos los cuales tratan los siguientes temas: capítulo 2 es el análisis de la literatura,

capítulo 3 es el desarrollo del prototipo donde se detalla la arquitectura y herramientas utilizadas, el capítulo 4 es la evaluación del desempeño del prototipo a través de encuestas a usuarios para posteriormente realizar el análisis de resultados y finalmente el capítulo 5 donde se tratan las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

Capítulo II

Glosario de términos relevantes

En la presente sección se abordan contenidos relacionados con la temática y objetivos identificados del presente proyecto, con el fin de ahondar en los conceptos generales y evidenciar las diferentes relaciones existentes entre cada uno.

Informática

Rama de la ingeniería que abarca un gran número de temáticas relacionados con la computación (Martínez & García-Beltrán, 2000), de esta forma se puede evidenciar que estudia tanto hardware, redes de datos y software con el fin de tratar información de manera automática (Cañedo et al, 2005).

Gracias al estudio conjunto de las tres temáticas mencionadas anteriormente se puede considerar que la informática es la base sobre la que se asienta la sociedad actual, debido a que los avances tecnológicos han llegado a facilitar tanto la vida diaria de las personas que los dispositivos tecnológicos, ya sean móviles o no, se han convertido en parte “indispensable” para el ser humano. Las redes de datos han jugado un papel importante para el desarrollo de la sociedad actual, ya que gracias al Internet se puede generar y recopilar una gran cantidad de información haciendo posible que gran parte de las actividades relacionadas con ocio, educación, salud y empleo puedan desarrollarse sin ningún tipo de problema de manera remota.

Entre los avances tecnológicos que han surgido durante las últimas décadas se puede destacar la realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta, de las cuales se tiene mucha expectativa, ya que este tipo de tecnología podría implementarse en la mayoría de las áreas de una sociedad para el mejoramiento de procesos.

Realidad virtual

La realidad virtual (VR) se define como un ambiente o entorno totalmente simulado por un computador el cual permite la percepción de un ambiente virtual e intuitivo en tres dimensiones, este puede ser asimilado por el usuario mediante el uso de un visor o dispositivo con una pantalla integrada (HMD) (Kundu et al, 2021).

Los visores de VR brindan a los usuarios oportunidades para lograr completar tareas extensas y complejas usando una pantalla grande a la percepción del usuario, pero compacta y portable en tamaño del dispositivo (Le et al, 2021).

Por otro lado, la adopción de VR ha traído consigo problemas tales como mareos, los cuales son a veces referidos también como mareos de simulación o inducidos por efectos visuales (Kundu et al, 2021). Así también el uso prolongado de dispositivos de realidad virtual ha generado fatiga en algunos de sus usuarios (Le et al, 2021).

Progresos recientes relacionados a la tecnología de VR han logrado que los usuarios tengan la posibilidad de interactuar y consumir contenidos virtuales con una alta resolución y calidad, pero utilizando un dispositivo compacto, lo cual nos ha llevado a conseguir desarrollar ambientes virtuales que cuentan con pantallas virtuales de un tamaño grande manteniendo su compactibilidad y portabilidad (Le et al, 2021).

Realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) en términos simples se puede definir como la combinación del mundo real con el virtual a través de dispositivos tecnológicos, de acuerdo con (Fundación Telefónica, 2011) “[...] enriquece la experiencia visual y mejora la calidad de comunicación.”

La principal diferencia entre realidad aumentada y realidad virtual se encuentra en que la realidad aumentada no sustituye la realidad física, puesto que se superponen datos virtuales en el mundo real.

Para conocer mejor el proceso con el que cuenta la realidad virtual se puede tomar como ejemplo el presentado por (Riveros, 2017) donde se encuentran los siguientes puntos.

- Un dispositivo que toma las imágenes reales que observan los usuarios.
- Un dispositivo en el cual se proyecta la combinación de las imágenes reales con las virtuales.
- Un dispositivo de procesamiento para interpretar la información del mundo real y generar la información virtual para combinarla.
- Un activador de realidad aumentada, por ejemplo, actualmente en cualquier dispositivo Smartphone, tableta, computador portátil, algunas cámaras y gafas como las HoloLens.

De acuerdo con lo presentado por (Riveros, 2017) la RA se puede clasificar en tres categorías de acuerdo con el reconocimiento:

1. Patrones: utiliza símbolos que se superponen cuando el software lo reconoce, estos se ajustan al modelo 3D que aparece en pantalla.

2. Imágenes: sobrepone contenido virtual una vez que se reconoce la imagen.
3. Geolocalización: se colocan en puntos de interés y se muestran en la pantalla del dispositivo.

Discapacidad

En el año de 1980 OMS presentó el concepto de discapacidad en la Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM), mismo que describe “Una discapacidad es toda restricción o ausencia de la capacidad de realizar una actividad en la forma o margen que se considere normal para el ser humano” (García & Sánchez, 2001).

De acuerdo con el Informe Mundial sobre la Discapacidad, alrededor del 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad (OMS, 2021b).

Acorde con la Ley Orgánica de Discapacidades del Ecuador, publicada en Registro Oficial el 25 de septiembre de 2012, en nuestro país se distinguen cuatro tipos de discapacidad:

- Discapacidad física
- Discapacidad psicosocial
- Discapacidad intelectual
- Discapacidad sensorial

Discapacidad física

El CONADIS se refiere a este tipo de discapacidad como deficiencias corporales y/o viscerales. Siendo las primeras evidentes como amputaciones de miembros, y las

segundas implicando daños a órganos que no pueden ser perceptibles (CONADIS, 2015).

Discapacidad psicosocial

El CONADIS se refiere a este tipo generalmente como deficiencias o trastornos de conciencia, comportamiento, estado emocional y/o comprensión de la realidad. Se puede tomar como ejemplo enfermedades como esquizofrenia, trastornos de bipolaridad, entre otros (CONADIS, 2015).

Discapacidad intelectual

El CONADIS lo define como la dificultad para comprender ideas complejas, razonar, tomar decisiones y desenvolverse en la vida diaria. Para valorar este tipo de discapacidad se toma en cuenta la psicomotricidad, el lenguaje, las habilidades de autonomía personal y social, el proceso educativo, ocupacional, laboral, y la conducta (CONADIS, 2015).

Discapacidad sensorial

El CONADIS puntualiza sobre esta discapacidad que puede presentarse como visual o auditiva (CONADIS, 2015).

- Discapacidad auditiva: se define como sordera bilateral total y/o severa de ambos oídos.
- Discapacidad visual: se define como la presencia de ceguera o baja visión.

Discapacidad visual

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades 11 (2018) el deterioro de la visión puede presentarse en dos grupos (OMS, 2021a):

- Deterioro de visión distante.
- Deterioro de visión cercana.

Para poder entender de mejor manera las categorías mencionadas anteriormente de la agudeza visual se debe comprender que estas tienen relación con la fracción de Snellen, (Medina, 2008) señala:

[...] misma que consiste en considerar el numerador como la distancia que necesita una persona con baja visión para ver correctamente la línea del optotipo, y el denominador la distancia a la que una persona con un buen funcionamiento de su sistema visual ve la misma línea.

Con lo mencionado anteriormente se obtienen los rangos de agudeza visual al dividir el numerador y el denominador de la fracción.

Deterioro de la visión distante:

- Leve: $0,33 \leq \text{agudeza visual} < 0,5$
- Moderado: $0,1 \leq \text{agudeza visual} < 0,3$
- Grave: $0,05 \leq \text{agudeza visual} < 0,1$
- Ceguera: $\text{agudeza visual} < 0,05$

Deterioro de la visión cercana:

- Agudeza visual cercana inferior a N6 o M.08 a 40 cm con la corrección existente.

Preguntas de Investigación

RQ1: ¿Cuál es el objetivo en el que se enfocaron mayormente los trabajos al buscar apoyar a personas con discapacidad visual?

Se busca identificar el objetivo que mayormente se ha apoyado con el desarrollo de aplicaciones para el apoyo de personas con discapacidad visual, mediante la lectura profunda de los trabajos seleccionados con el fin de verificar si el enfoque propuesto para el desarrollo del prototipo es el adecuado.

RQ2: ¿Qué herramientas tecnológicas se han desarrollado en los últimos 5 años para apoyo de personas con discapacidad visual?

Se busca identificar las herramientas tecnológicas de los últimos cinco años, utilizadas para el apoyo a personas con discapacidad visual a través del análisis de la literatura de los trabajos seleccionados con el fin de determinar cuáles herramientas se adaptan de mejor manera según la necesidad o actividad de este grupo de personas.

Cadena de búsqueda

Para la generación de la cadena de búsqueda se identificaron palabras clave relacionadas con los objetivos del proyecto, posteriormente se procedió a generar varias cadenas de prueba y determinar su utilidad de acuerdo con la pertinencia de los artículos encontrados por cada una. Finalmente, tras un consenso para seleccionar la cadena que mejor se adecua a los objetivos se seleccionaron las bases de datos en las cuales se consultarán los artículos: SCOPUS, Web Of Science (WoS) e IEEE.

Cadena de búsqueda General

(HOLOLENS OR SMART GLASSES OR HEAD-MOUNTED DISPLAY) AND
(LOW VISION OR VISUAL DISABILITY OR VISION PROBLEMS) AND (MIXED
REALITY OR AUGMENTED REALITY) AND (COMPUTER VISION OR ZOOM VISION
OR AUGMENTED VISION)

Cadena de búsqueda Scopus

(hololens OR smart AND glasses OR head-mounted AND display) AND (low AND vision OR visual AND disability OR vision AND problems) AND (mixed AND reality OR augmented AND reality) AND (computer AND vision OR zoom AND vision OR augmented AND vision) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018))

Mediante la cadena de búsqueda anterior descrita se logró obtener un total de 176 artículos científicos.

Cadena de búsqueda Web of Science

ALL=((HOLOLENS OR SMART GLASSES OR HEAD-MOUNTED DISPLAY) AND (LOW VISION OR VISUAL DISABILITY OR VISION PROBLEMS) AND (MIXED REALITY OR AUGMENTED REALITY) AND (COMPUTER VISION OR ZOOM VISION OR AUGMENTED VISION))

Mediante la cadena de búsqueda anterior descrita se logró obtener un total de 20 artículos científicos.

Cadena de búsqueda IEEE

((HOLOLENS OR SMART GLASSES OR HEAD-MOUNTED DISPLAY) AND (LOW VISION OR VISUAL DISABILITY OR VISION PROBLEMS) AND (MIXED REALITY OR AUGMENTED REALITY) AND (COMPUTER VISION OR ZOOM VISION OR AUGMENTED VISION))

Mediante la cadena de búsqueda anterior descrita se logró obtener un total de 29 artículos científicos.

PRISMA

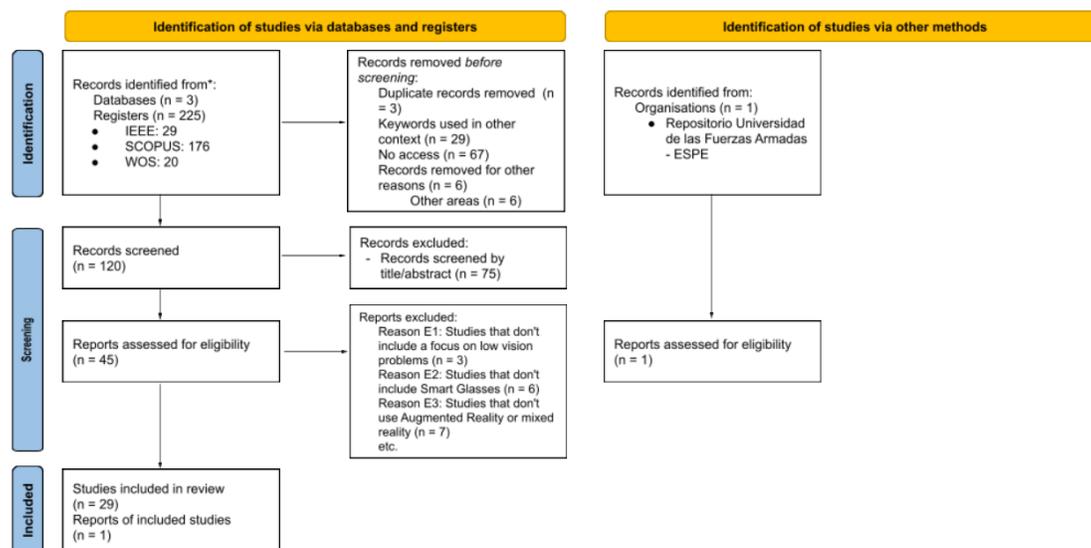
Paige et al. (2021) afirman que “la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), publicada en 2009, se diseñó para ayudar a los autores de revisiones sistemáticas a documentar de manera transparente el porqué de la revisión, qué hicieron los autores y qué encontraron”.

El diagrama PRISMA permite evidenciar el proceso de revisión sistemática de manera sencilla y clara al presentar su desarrollo de forma simplificada y resumida.

La revisión sistemática de literatura tuvo su inicio con la identificación de artículos científicos que fueron obtenidos a través de aplicar una cadena de búsqueda dentro de las bases de datos seleccionadas (IEEE, SCOPUS y WoS), posteriormente se realizó un análisis en el cual se retiraron varios artículos debido a: duplicación de artículos, palabras claves utilizadas en otro contexto, falta de acceso y carencia de relación con el propósito del proyecto. Finalizado este primer análisis se procedió a retirar artículos en base de la lectura de título y resumen. Completado este segundo análisis se establecieron criterios de exclusión para aplicarlos a los artículos restantes. Una vez aplicados estos criterios se obtuvieron los 30 artículos que fueron utilizados como base para el análisis de la literatura de trabajos relacionados. El resumen del proceso descrito anteriormente se encuentra en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama PRSIMA



Nota: En esta figura se puede observar de manera resumida el proceso de revisión sistemática llevado a cabo dentro del proyecto de integración curricular.

Análisis de literatura

Para el análisis de la literatura se realizó la lectura profunda de los 30 estudios seleccionados mediante la revisión sistemática.

“A Fingertip Gestural User Interface without Depth Data for Mixed Reality Applications” (Hegde et al., 2018) se enfocan en la creación de un framework que permite trabajar mediante gestos en tiempo real como una alternativa para los dispositivos de Realidad Aumentada como lo son los HoloLens, Meta Glasses, entre otros que suelen tener altos costos de adquisición. Para la elaboración del framework se hizo uso de redes neuronales para realizar el entrenamiento, se seleccionaron las gafas de realidad virtual Google Cardboard y un teléfono inteligente para realización de pruebas donde se obtuvo una precisión del 88% para el reconocimiento de gestos. *“A head mounted augmented reality design practice for maintenance assembly: Toward meeting*

perceptual and cognitive needs of AR users” (Ariansyah et al., 2022) se enfocan en determinar el impacto del uso de tecnología de Realidad Aumentada para la realización de tareas de montaje, busca conocer la relación entre la información presentada, la usabilidad de esta tecnología y el cumplimiento de actividades específicas. El resultado del estudio demostró que al utilizar realidad virtual para tareas de ensamblaje se logra una mejora del 14% respecto al uso de videos instructivos o del seguimiento de instrucciones descritas en papel. “*A head mounted device stimulator for optogenetic retinal prosthesis*” (Soltan et al., 2018) se enfocan en demostrar la utilidad del uso de lentes de realidad virtual para el apoyo a la visión de personas que padecen de Retinitis Pigmentosa desde una perspectiva no invasiva, para ello se utilizó un headset de eMagin que fue modificado para el cumplimiento del objetivo del estudio, para la evaluación del prototipo elaborado se hizo uso de un modelo óptico del ojo del ser humano donde se pudo concluir que el prototipo permite el envío de imágenes a la retina de manera efectiva apoyando a la restauración de la visión. “*A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments*” (Rusu et al., 2019) se enfocan en conocer la percepción de personas con baja visión respecto a su bienestar psicológico y la realización de tareas diarias, el estudio fue realizado con cinco personas donde se logró determinar que la dificultad para la realización de tareas tiene un impacto pequeño en su percepción de bienestar o vida social, adicionalmente los participantes compartieron su opinión acerca de la utilidad que puede presentar el uso de gafas de Realidad Aumentada para mejorar sus habilidades visuales. “*A Smart Context-Aware Hazard Attention System to Help People with Peripheral Vision Loss*” (Younis et al., 2019) se enfocan en la elaboración de un sistema que permita la detección y clasificación de objetos que puedan representar un peligro potencial para personas que padecen de pérdida de visión periférica. Para el desarrollo del estudio se utilizaron un par de gafas

inteligentes Moverio BT-200 equipadas con una cámara de gran angular, mientras que para la detección de objetos se hizo uso del sistema Single-Shot Detector (SSD) desarrollado por Google. Se definieron cinco clases de peligro que serán utilizadas por un clasificador basado en redes neuronales para notificar al usuario y mejorar su percepción cognitiva; para la evaluación participaron un grupo de pacientes con diferentes problemas de visión periférica donde compartieron sus comentarios acerca de la utilidad del sistema, donde la mayoría de ellos se encontraron satisfechos al utilizarlo. “*A systematic review of the current state of collaborative mixed reality technologies: 2013–2018*” (Belen et al., 2019) se enfocan en realizar una revisión sistemática para determinar el estado de las aplicaciones de realidad mixta durante los años 2013 y 2018, los artículos fueron clasificados de acuerdo con las áreas de aplicación, tipos de dispositivos de visualización, experiencia e interacción de los usuarios. El estudio identificó tres factores de soporte y mejora en entornos de realidad mixta los cuales son: a) técnicas de anotación, b) técnicas de manipulación de objetos, y c) percepción y cognición del usuario. Finalmente se mencionan direcciones futuras que pueden ser útiles tanto para investigadores y usuarios que deseen explorar aplicaciones colaborativas de realidad mixta. “*Ability of Head-Mounted Display Technology to Improve Mobility in People with Low Vision: A Systematic Review*” (Htike et al., 2020) se enfocan en la realización de una revisión sistemática relacionada con el apoyo a la movilidad, orientación y aspectos asociados con la función visual mediante el uso de dispositivos como gafas de Realidad Aumentada por parte de personas que presenten baja visión. Se realizó la búsqueda en las bases de datos: Chinl, Scopus y Web of Science donde se identificaron publicaciones hasta noviembre del año 2018; una vez aplicados criterios de inclusión y exclusión obtuvieron un total de 28 artículos. La revisión concluyó que el uso de dispositivos de Realidad Aumentada/mixta reducen la eficiencia de la movilidad de los usuarios, pero se logró una mejora en la detección de

obstáculos y objetos. Se plantea como trabajo futuro el centrarse en identificar las necesidades de personas que presenten diferentes tipos de discapacidad visual.

“Applications of augmented reality in ophthalmology” (Aydınođan et al., 2021) se enfocan en desarrollar una revisión del uso potencial de la Realidad Aumentada (RA) en oftalmología. La revisión identificó cuatro temas: a) técnicas ópticas, b) visión 3D y problemas relacionados con presbicia, ambliopía y estrabismo, c) tecnologías RA en trastornos de la córnea como cataratas o queratocono y d) tecnologías de RA en trastornos de retina como glaucoma o daltonismo.

“Augmented Reality App to improve quality of life of people with cognitive and sensory disabilities” (Rossi et al., 2020) se enfocan en la creación de una aplicación de Realidad Aumentada que busca apoyar a personas que presenten deterioro cognitivo y sensorial (vista y oído) con el fin de proveer de mayor independencia al realizar actividades cotidianas al notificarles en tiempo real acerca de posibles situaciones de peligro, la aplicación fue evaluada dentro de entornos interiores. La aplicación fue concebida para que sea usada por usuarios mayores y sean capaces de realizar actividades cotidianas para continuar con una vida normal y retrasar el tiempo en el cual se considere la necesidad de ser trasladado a un centro de asistencia.

“Cooperation of Virtual Reality and Real Objects with HoloLens” (Cýrus et al., 2020) se enfocan en proponer aplicaciones con el objetivo de lograr una cooperación estrecha entre el mundo real con objetos holográficos (realidad virtual). Se mencionan dos acercamientos: a) uso de tecnología de anclajes y b) escaneo previo de objetos de interés. Se menciona que si conoce la posición precisa de los objetos virtuales y la posición precisa del dispositivo en un escenario se puede lograr aliviar la carga computacional dentro de los HoloLens, teniendo como resultado una mejor experiencia de la realidad mixta.

“Designing AR Visualizations to Facilitate Stair Navigation for People with Low Vision” (Zhao et al., 2019) se enfocan en proponer aplicaciones cuyo objetivo es el apoyar a personas que presenten discapacidad visual

sin llegar a la ceguera para su movilidad en escaleras, el artículo presenta dos acercamientos para la plataforma de virtualización: a) proyección basada en Realidad Aumentada (RA) y b) gafas inteligentes. Para la proyección basada en RA se diseñó un aspecto visual que se proyecta directamente sobre las escaleras, mientras que para las gafas inteligentes se indica la posición del usuario sobre las escaleras sin realizar un aumento a las mismas. Ambas propuestas fueron evaluadas por 12 participantes que presentaban baja visión. Se determinó que ambas aumentaron en gran medida la seguridad psicológica de los participantes al moverse, adicionalmente se identificó que la plataforma de proyección basada en RA disminuyó el tiempo en que se movilizaban los participantes por las escaleras. *“Enhanced Depth Navigation Through Augmented Reality Depth Mapping in Patients with Low Vision”* (Angelopoulos et al., 2019) se enfocan en proponer un acercamiento para la asignación de pseudocolor de alto contraste para apoyar a personas que padezcan de Retinosis Pigmentosa (RP) para mejorar su movilidad y calidad de vida que se ve amenazada por una severa restricción de su visión periférica. La aplicación fue probada con un total de 10 participantes que padecían de RP haciendo uso de las gafas de realidad mixta Microsoft HoloLens, los participantes evaluaron la utilidad de la técnica desarrollada al moverse por un escenario de carrera de obstáculos. El estudio evidenció que el uso de ayuda visual basada en Realidad Aumentada redujo las colisiones de los participantes con obstáculos en un 50% demostrando de esta manera su valía para el apoyo a la población de pacientes que padecen de RP. *“Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las personas con discapacidad visual y su entorno: propuesta de una arquitectura de una aplicación de control hiperindividualizado”* (Portilla Bravo, 2021) propone el desarrollo de una arquitectura de aplicación de control a través de la humanidad aumentada con el fin de mejorar la interacción de personas con ceguera y entornos cerrados. Para ello se desarrolló un prototipo para los sistemas operativos

móviles iOS y Android cuya finalidad es la detección de objetos y el brindar información sobre su entorno al usuario. La evaluación del prototipo se enfocó en determinar si las características que presenta son las adecuadas para el cumplimiento del objetivo propuesto y determinar la usabilidad de este. *"Importance of Visual Distance Adjustment for AR Application of Binocular See-Through Smart Glasses"* (Ishio & Miyao, 2019) se enfocan en determinar el impacto que puede tener el uso de gafas inteligentes en la visión de sus usuarios. Para ello se realizó un estudio experimental en el cual participaron 128 voluntarios donde hicieron uso de las gafas EPSON Moverio Pro BT-200, los participantes realizaron tareas de visualización y para el análisis estadístico de los resultados fueron divididos en dos grupos de acuerdo con su edad (jóvenes y adultos). Los resultados demostraron que se debe tener muy en cuenta la acomodación de convergencia cuando se usan gafas inteligentes para aplicaciones de Realidad Aumentada ya que podría causar problemas de visión debido a la rivalidad entre la percepción de profundidad (mundo real y objetos virtuales). *"Interaction Methods for Smart Glasses: A Survey"* (Lee & Hui, 2018) se enfocan en realizar un estudio relacionado con el área de interacción humano-computador para gafas inteligentes. Para lo cual se centra en conocer acerca de las gafas inteligentes disponibles en el mercado y sus métodos de interacción con los usuarios, el estudio analiza específicamente la interacción de entrada táctil y sin contacto. Se menciona que se creó un framework que permite distinguir el método de interacción de las gafas inteligentes teniendo en cuenta sus principales características: modalidad de entrada, existencia de una retroalimentación táctil y áreas de interacción. *"Low Vision Enhancement with Head-mounted Video Display Systems: Are We There Yet?"* (Deemer et al., 2018) se enfocan en el estudio de los Sistemas de Mejora para Baja Visión (LVES, por sus siglas en inglés), su historia, su estado actual (tecnología aplicada y sistemas existentes) y futuras investigaciones para esta área. El estudio menciona que la idea de desarrollo de

sistemas que busquen mejorar la baja visión a través de pantallas montadas sobre “cascos” y procesamiento de imágenes existe desde hace más de 20 años, pero esta idea resurge recientemente debido al desarrollo y evolución de hardware y software enfocada en tecnología de realidad virtual y aumentada, lo cual ha generado una oportunidad para investigar los posibles beneficios que estas tecnologías pueden brindar a pacientes que padecen de baja visión. Adicionalmente menciona que existe la posibilidad de integrar métodos de rehabilitación, para pacientes que presenten discapacidad visual, sobre estas tecnologías, para lo cual es necesaria la investigación sobre estrategias personalizadas de mejora de contraste, compensación de movimiento de imágenes, reasignación de imágenes, todo esto mientras se incorporan capacidades para realizar el seguimiento visual de los usuarios. *“Navigation Systems for the Blind and Visually Impaired: Past Work, Challenges, and Open Problems”* (Real & Araujo, 2019) realizan un análisis relacionado con el desarrollo de dispositivos de navegación enfocados para el apoyo a la movilidad de personas invidentes a través de escenarios interiores y exteriores. Para lo cual se mencionan tanto las primeras investigaciones sobre sustitución sensorial o posicionamiento interior/exterior hasta los sistemas más recientes que se encuentran basados en visión artificial. El estudio concluye que tanto teléfonos inteligentes y dispositivos portátiles con cámaras portátiles incorporadas son considerados como opciones potenciales para el desarrollo de soluciones de visión por computador cuya finalidad sea tanto el posicionamiento como el monitoreo del entorno que rodea a los usuarios. *“Omnis Prædictio: Estimating the full spectrum of human performance with stroke gestures”* (Leiva et al., 2020) presentan una técnica genérica para el diseño de comandos de gestos de trazos y una herramienta web complementaria que permite realizar estimaciones precisas acerca del funcionamiento de esta. La técnica denominada “Omnis Prædictio” (OMNIS abreviada) permite realizar el modelado de espectros de desempeño humano con entrada de gestos de trazos. El

estudio concluye que OMNIS fomentará diseños de interfaz de usuario basados en gestos más efectivos y eficientes, entregando estimaciones para que profesionales puedan definir, especificar y codificar por sí mismos para nuevas funcionalidades.

“Pinpointing: Precise Head- and Eye-Based Target Selection for Augmented Reality”

(Kytö et al., 2018) se centran en la investigación de técnicas precisas de selección multimodal utilizando el movimiento de la cabeza y la mirada, se menciona que la mirada puede ser potencialmente de las más rápidas entre las técnicas de selección de objetivos dentro de la Realidad Aumentada (RA) utilizadas para la interacción de usuarios con pantallas portátiles. Se realizó un estudio comparativo entre las técnicas de apuntado por movimiento de la cabeza o seguimiento de la mirada, donde se determinó que la segunda técnica es más rápida que la primera, mientras que la primera técnica supo ser mucho más precisa, se debe tener en cuenta que ambas técnicas tiene sus propios méritos por lo cual son una gran opción para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con la RA de acuerdo con el objetivo que tengan estas.

“Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review”

(Sidani et al., 2021) realizan una revisión sistemática de literatura aplicando la metodología PRISMA-P, la revisión se centró en analizar la Realidad Aumentada (RA) como herramienta de apoyo para el Modelado de Información de Construcción (BIM) en el área de Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones (AECO), en la cual la metodología BIM se ha estado posicionando como fundamental. La revisión demuestra que la implementación de tecnología de RA está lejos del estado deseado, se puede observar que se presentan todavía varias limitaciones para lograr adaptar este tipo de tecnología con aplicaciones funcionales debido a problemas de conexión y localización y la presencia de otros desafíos en los sitios de construcción. *“Small Marker Tracking with Low-Cost, Unsynchronized, Movable Consumer Cameras for Augmented Reality Surgical Training”* (Rewkowski et al., 2020) se centran en el desarrollo de un prototipo

de sistema utilizando Realidad Aumentada con el objetivo de apoyar a estudiantes de medicina a realizar tareas de entrenamiento laparoscópico para mejorar sus habilidades. Este prototipo busca ser una opción llamativa al ser más accesible que la mayoría de los equipos de entrenamiento quirúrgico que suelen ser extremadamente costosos o de accesibilidad limitada. El sistema fue evaluado con una tarea típica de transferencia de clavijas en gafas de realidad mixta como las HoloLens y MagicLeap One. El estudio determinó que el prototipo se encuentra limitado por la latencia presente entre el dispositivo de realidad mixta utilizado, donde se identificó la presencia de un retraso que se puede percibir al momento de realizar movimientos rápidos, lo cual dificulta la simulación. *“Smart Glasses to Assist Monocular Vision to Estimate Depth”* (Mhaske et al., 2020) proponen el desarrollo de un prototipo de gafas inteligentes cuyo fin se centra en el apoyo de personas que padezcan de visión monocular al momento de realizar actividades en el día a día. Las gafas fueron diseñadas haciendo uso de Redes Neuronales Convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) y YOLOv3 (algoritmo de identificación de objetos en tiempo real), permitiendo a las gafas medir la profundidad y la distancia entre diferentes objetos mediante un módulo de cámara y soporte en tiempo real. El prototipo brinda ayuda a los usuarios al presentarles información del entorno que los rodea para que puedan moverse de una manera sencilla. *“StereoSonic vision: Exploring visual-to-auditory sensory substitution mappings in an immersive virtual reality navigation paradigm”* (Massiceti et al., 2018) presentan dos métodos que permiten la movilización y evasión de obstáculos utilizando audio espacial: ecolocalización simulada y modulación de zumbido dependiente de la distancia. Estos métodos se centran en el apoyo a personas invidentes y con problemas de visión para mejorar sus habilidades de navegación y movilidad independiente. La evaluación de estos métodos fue realizada por parte de 18 participantes que no presentaban problemas de visión alguno, se realizaron dos tareas específicas:

navegación por un laberinto y evitación de obstáculos. Ambas tareas se desarrollaron en un ambiente de realidad virtual (RV) para lo cual utilizaron los cascos de Durovis Dive 7 y un par de auriculares estéreo (Sennheiser HD 206). Las tareas se desarrollaron en dos formas, la primera la realizaron teniendo total visión, mientras que la segunda la realizaron con los ojos vendados. El estudio evidenció que los participantes fueron un 65% más lentos al movilizarse utilizando solo audio, pero este porcentaje se redujo en un 21% después de 6 intentos. De igual manera se identificó que el método que presentó mejores resultados fue aquel que hacía uso de la modulación del volumen del zumbido. *“Supervised Learning Based Peripheral Vision System for Immersive Visual Experiences for Extended Display”* (Shirazi et al., 2021) proponen un Sistema de visión periférica la cual busca brindar una experiencia visual inmersiva a los usuarios mediante la ampliación de contenido de video haciendo uso de aprendizaje supervisado y la proyección de dicho contenido alrededor de una pantalla de un televisor. Este prototipo busca sentar las bases a un nuevo camino para la industria de electrodomésticos, transformando la sala de estar en una nueva plataforma de experiencia inmersiva. *“The Effectiveness of Visual and Audio Wayfinding Guidance on Smart glasses for People with Low Vision”* (Zhao et al., 2020) presentan el desarrollo de una guía de orientación visual y de audio en gafas inteligentes basadas en enfoques estándar de facto para personas invidentes y videntes. El sistema desarrollado busca determinar cómo se compara una retroalimentación visual y una de audio al realizar una tarea de orientación. La evaluación del sistema fue llevado a cabo gracias a un estudio que contó con 16 participantes con baja visión. El estudio reveló que los participantes con un campo de visión completo realizaron las tareas de manera más rápida al utilizar la retroalimentación visual, de igual manera se evidenció que muchos de los participantes prefirieron la retroalimentación de audio debido a su menor curva de aprendizaje. *“The Influence of Label Design on Search Performance and Noticeability in Wide Field of*

View Augmented Reality Displays” (Kruijff et al., 2019) buscan determinar la influencia de características virtuales como el color, tamaño y líneas de guía, en el desempeño de tareas de búsqueda en entornos reales y simulados. Se menciona que es importante tener en cuenta que las etiquetas e indicadores presentes en aplicaciones de Realidad Aumentada no deben ser invasivos pero que sí deben ser perceptibles dentro de la interfaz del usuario para maximizar el rendimiento de estas. Se evaluaron dos áreas principales: a) efectos de las limitaciones del campo de visión periférico (FOV, por sus siglas en inglés) y técnicas de etiquetado, y b) influencia de las características locales (color, tamaño y movimiento de etiquetas) en fondos dinámicos. El estudio determinó que un FOV limitado condiciona severamente el rendimiento de búsqueda, pero al colocar etiquetas adecuadamente alivia este problema. *“Towards augmented reality for corporate training”* (Martins et al., 2021) se centran en la elaboración de una revisión sistemática de literatura para determinar el uso de tecnología de Realidad Aumentada (RA) para la realización de capacitaciones corporativas. Varios estudios señalaron que la RA ha estado ganando terreno en la implementación de programas de capacitación. La revisión sistemática reveló que cerca del 41.7% de las aplicaciones que fueron analizadas se encontraban enfocadas en capacitación médica y automotriz, siendo el 20% las publicaciones que utilizaban pantallas con cámara con una Tablet, mientras que el 40% hacían uso de pantallas montadas en la cabeza (“casco”). *“Using an Augmented Reality Device as a Distance-based Vision Aid-Promise and Limitations”* (Kinatader et al., 2018) se plantean como objetivo el determinar el potencial de dispositivos de Realidad Aumentada (RA) para apoyar a la mejora de la visión funcional de personas con pérdida casi completa de su visión. Esta investigación desarrolló una aplicación de RA la cual traduce información espacial en patrones de visuales de alto contraste, para evaluar se realizaron dos experimentos, en el primero contó con cuatro participantes con discapacidad visual y el segundo con 48 participantes con pérdida de

visión simulada. El estudio evaluó el desempeño al realizar tareas visuales como identificación de ubicación y gestos de una persona, identificación de objetos y navegación en un espacio desconocido. Se logró determinar que la tarea en cuyo desempeño fue el mejor se relacionaba con la identificación de objetos, adicionalmente se identificó la utilidad de este sistema de AR debido a que los participantes con pérdida de visión casi completa realizaron tareas que les resultaría complejas sin el uso de este tipo de tecnología. *“Virtual-Physical Interaction System”* (Min et al., 2018) proponen un novedoso sistema de Interacción Humano-Computador (HCI, por sus siglas en inglés) denominado Sistema de Interacción Físico-Virtual (VPIS) que busca ofrecer una experiencia realista en el proceso de elaboración de productos en ambientes de Realidad Virtual (RV), además de permitir que este proceso sea controlado por la manipulación de modelos tangibles de estos productos. Este sistema pretende mejorar la experiencia de usuario dentro del campo de HCI y de poder ser utilizado en varios escenarios como diseño asistido. El sistema fue diseñado teniendo como base hardware físico (HoloLens, Leap Motion e impresora 3D) y el uso de algoritmos de visión por computadora existentes. *“Wearable Augmented Reality Platform for Aiding Complex 3D Trajectory Tracing”* (Condino et al., 2020) estudian el desarrollo de una plataforma de Realidad Aumentada (RA), de manera cuantitativa y cualitativa, concebida para guiar tareas complejas de trazado de trayectorias 3D. En la evaluación se solicitó a los participantes realizar las tareas de trazado en replicas impresas en 3D de estructuras planas o anatomía ósea. Se logró determinar que la plataforma podría usarse para guiar tareas manuales de alta precisión en el espacio peripersonal debido a que en promedio más del 94% de las trayectorias trazadas se mantuvieron dentro de un margen de error menor a 1 mm.

Con el fin de lograr un mejor entendimiento del propósito de cada uno de los trabajos se decidió identificar características significativas que permitan evidenciar de manera clara cómo cada uno de ellos se alinea con los objetivos del presente trabajo de integración curricular, dicho resumen se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2

Resumen de características de los estudios seleccionados

Código	Título	Objetivo	Herramientas	Cita
E1	A Fingertip Gestural User Interface Without Depth Data for Mixed Reality Applications	Reconocimiento de gestos.	Google Cardboard Smartphone	(Hegde et al., 2018)
E2	A head mounted augmented reality design practice for maintenance assembly: Toward meeting perceptual and cognitive needs of AR users	Presentación de información útil para realizar actividades de mantenimiento.	Caja de cambios Microsoft HoloLens 2	(Ariansyah et al., 2022)
E3	A head mounted device stimulator	Ayuda visual.	Cámara Raspberry Pi	(Soltan et al., 2018)

	for optogenetic retinal prosthesis		eMagin z800 VR headset	
E4	A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments	Ayuda visual.	Microsoft HoloLens Vuzix Blade NorthVision Technologies NC-C05	(Rusu et al., 2019)
E5	A Smart Context- Aware Hazard Attention System to Help People with Peripheral Vision Loss	Navegación (en interiores y exteriores) y detección de objetos.	Moverio BT- 200 smart glasses OpenCV Red Neuronal de 3 capas Computador	(Younis et al., 2019)
E6	A systematic review of the current state of collaborative mixed reality technologies: 2013–2018	Vista general del impacto de la realidad mixta en distintas disciplinas.	Head- mounted displays Computador	(Belen et al., 2019)

E7	Ability of Head-Mounted Display Technology to Improve Mobility in People with Low Vision: A Systematic Review	Navegación.	Head-mounted displays	(Htike et al., 2020)
E8	Applications of augmented reality in ophthalmology [Invited]	Ayuda visual.	Head-mounted displays Eye tracker	(Aydınođan et al., 2021)
E9	Augmented Reality App to improve quality of life of people with cognitive and sensory disabilities	Navegación y detección de objetos.	Head-mounted display	(Rossi et al., 2020)
E10	Cooperation of Virtual Reality and Real Objects with HoloLens	Presentación de información.	Microsoft HoloLens Smartphone	(Cýrus et al., 2020)
E11	Designing AR Visualizations to Facilitate Stair Navigation for	Navegación.	Proyector Microsoft HoloLens	(Zhao et al., 2019)

	People with Low Vision			
E12	Enhanced Depth Navigation Through Augmented Reality Depth Mapping in Patients with Low Vision	Navegación y detección de objetos.	Microsoft HoloLens Computador	(Angelopoulos et al., 2019)
E13	Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las personas con discapacidad visual y su entorno: propuesta de una arquitectura de una aplicación de control hiperindividualizado	Detección de objetos.	Tensorflow Sistemas operativos móviles: iOS y Android Smartphone	(Portilla Bravo, 2021)
E14	Importance of Visual Distance Adjustment for AR Application of Binocular See-	Identificar cómo puede afectar la visión el uso de gafas inteligentes.	EPSON MOVERIO Pro BT-2000 SHIGIYA (former Grand	(Ishio & Miyao, 2019)

	Through Smart Glasses		Seiko) WAM-5500	
E15	Interaction Methods for Smart Glasses: A Survey	Comparación de gafas inteligentes a través de la interacción.	Análisis de literatura	(Lee & Hui, 2018)
E16	Low Vision Enhancement with Head-mounted Video Display Systems: Are We There Yet?	Ayuda visual.	Head-mounted low vision enhancement system technology	(Deemer et al., 2018)
E17	Navigation Systems for the Blind and Visually Impaired: Past Work, Challenges, and Open Problems	Navegación y guía.	Smartphones Wearables Google's Project Tango	(Real & Araujo, 2019)
E18	Omnis Prædictio: Estimating the full spectrum of human performance with stroke gestures	Implementar una herramienta para modelado de comandos	Aplicación web Computador	(Leiva et al., 2020)

		para interfaz gráfica mediante el uso de gestos		
E19	Pinpointing: Precise Head- and Eye-Based Target Selection for Augmented Reality	Analizar la precisión al señalar un objeto mediante gestos usando gafas inteligentes.	Microsoft HoloLens Pupil Labs' eye tracker Computador	(Kytö et al., 2018)
E20	Recent tools and techniques of BIM- Based Augmented Reality: A systematic review	Identificar los obstáculos presentes al utilizar Realidad Aumentada en técnicas de construcción.	Análisis de literatura	(Sidani et al., 2021)
E21	Small Marker Tracking with Low- Cost, Unsynchronized, Movable Consumer Cameras for	Proponer y crear un prototipo de un sistema para la visualización de tareas de entrenamiento	Microsoft HoloLens MagicLeap One Cámara	(Rewkowski et al., 2020)

	Augmented Reality Surgical Training	laparoscópico mediante Realidad Aumentada (RA)		
E22	Smart Glasses to Assist Monocular Vision to Estimate Depth	Ayuda visual para medir la distancia entre diferentes objetos.	Cámara Sistema operativo Android Smartphone Yolov3	(Mhaske et al., 2020)
E23	Stereosonic vision: Exploring visual-to-auditory sensory substitution mappings in an immersive virtual reality navigation paradigm	Navegación.	Google Tango tablet Durovis Dive 7 Sennheiser HD 206 Stereo Headphones	(Massiceti et al., 2018)
E24	Supervised Learning Based Peripheral Vision System for Immersive Visual	Sistema de visión periférica que proporciona experiencias visuales	TV LED Proyector Pixel Context Encoder	(Shirazi et al., 2021)

	Experiences for Extended Display	inmersivas para el usuario al proyectar contenido alrededor de la pantalla del televisor		
E25	The Effectiveness of Visual and Audio Wayfinding Guidance on Smart glasses for People with Low Vision	Navegación.	Microsoft HoloLens Aplicación Google Maps	(Zhao et al., 2020)
E26	The Influence of Label Design on Search Performance and Noticeability in Wide Field of View Augmented Reality Displays	Probar la influencia de las características virtuales en el desempeño de las tareas de búsqueda y la perceptibilidad en entornos reales y simulados.	Smartphone con sistema operativo Android Proyector Oculus Rift DK2	(Kruijff et al., 2019)

E27	Towards augmented reality for corporate training	Evidenciar la utilidad de la Realidad Aumentada para programas de entrenamiento corporativo.	Revisión sistemática de la literatura	(Martins et al., 2021)
E28	Using an Augmented Reality Device as a Distance-based Vision Aid-Promise and Limitations	Ayuda visual, navegación y detección de objetos.	Microsoft HoloLens	(Kinateder et al., 2018)
E29	Virtual-Physical Interaction System	Proponer un sistema que permita interactuar con escenarios virtuales y tacto físico.	Microsoft HoloLens Leap Motion Impresora 3D	(Min et al., 2018)
E30	Wearable Augmented Reality Platform for Aiding	Analizar el desempeño de una plataforma de Realidad	OST visor (ARS.30 by Trivisio) Computador	(Condino et al., 2020)

Complex 3D	Aumentada
Trajectory Tracing	para guiar tareas complejas de trazado de trayectorias en 3D

Como se puede observar en la Tabla 2 los enfoques con mayor frecuencia dentro del grupo de estudios seleccionados fueron la navegación entre ellos se encuentran: (Younis et al., 2019), (Htike et al., 2020), (Rossi et al., 2020), (Zhao et al., 2019), (Angelopoulos et al., 2019), (Real & Araujo, 2019), (Massiceti et al., 2018), (Zhao et al., 2020), (Kinaterder et al., 2018); seguido por la detección de objetos donde se encuentran los siguientes estudios: (Younis et al., 2019), (Rossi et al., 2020), (Angelopoulos et al., 2019), (Portilla Bravo, 2021), (Sidani et al., 2021), (Mhaske et al., 2020), (Kruijff et al., 2019), (Kinaterder et al., 2018); y finalmente la ayuda visual siendo los siguientes estudios los cuales tuvieron este enfoque: (Soltan et al., 2018), (Rusu et al., 2019), (Aydindoğan et al., 2021), (Deemer et al., 2018), (Mhaske et al., 2020), (Kinaterder et al., 2018); mientras que existen pocos que decidieron desarrollar prototipos para el apoyo de actividades específicas (apoyo a capacitación, entrenamiento médico) tales como: (Ariansyah et al., 2022), (Kytö et al., 2018), (Sidani et al., 2021), (Rewkowski et al., 2020), (Shirazi et al., 2021), (Martins et al., 2021), (Min et al., 2018), (Condino et al., 2020). En su mayoría los estudios contaron con personas que padecían de discapacidad visual, muchos de ellos con baja visión o pérdida casi completa de la vista. De igual manera se observó que los estudios (Massiceti et al.,

2018) y (Kinateder et al., 2018) realizaron evaluaciones con participantes que contaban con una visión completa sin ningún tipo de problema presente, pero que a través de simulaciones buscaban que dichos participantes lograran replicar el estado de las personas que padecen de algún tipo de discapacidad visual para poder realizar una comparación de cuan efectivo es el prototipo desarrollado al momento de cumplir tareas específicas contrastando los resultados que obtendrían personas con discapacidad visual con los de personas que no presentan problemas visuales de alguna índole.

Parte de las publicaciones hicieron uso de dispositivos y tecnología de realidad aumentada, entre los cuales se identificaron: (Hegde et al., 2018), (Ariansyah et al., 2022), (Rusu et al., 2019), (Htike et al., 2020), (Aydınođan et al., 2021), (Rossi et al., 2020), (Zhao et al., 2019), (Angelopoulos et al., 2019), (Ishio & Miyao, 2019), (Kytö et al., 2018), (Sidani et al., 2021), (Rewkowski et al., 2020), (Kruijff et al., 2019), (Martins et al., 2021), (Kinateder et al., 2018), (Condino et al., 2020); demostrando la utilidad de esta para el apoyo de distintas actividades, convirtiéndose en una excelente opción para el desarrollo de aplicaciones enfocadas en ayudar a personas que presenten algún tipo de discapacidad visual.

Respuesta a preguntas de investigación RQ1 y RQ2

RQ1: ¿Cuál es el objetivo en el que se enfocaron mayormente los trabajos al buscar apoyar a personas con discapacidad visual?

Se puede observar que el objetivo en el que se enfocaron la mayoría de los estudios analizados en la Tabla 2 fue la navegación (tanto en interiores como en exteriores), este enfoque se encuentra presente en un 30% de los estudios analizados, mientras que el apoyo visual se encuentra presente en un 20%, finalmente la detección de objetos se encuentra presenten en un 16.67%. Teniendo esto en cuenta se puede

establecer que tanto dispositivos como la tecnología de realidad aumentada y realidad mixta han logrado convertirse en un medio de apoyo muy prometedor para las personas que cuenten con discapacidad visual, permitiéndoles realizar actividades de manera más sencilla y evitando riesgos cuando se movilizan tanto en entornos interiores como exteriores.

RQ2: ¿Qué herramientas tecnológicas de TI se han desarrollado en los últimos 5 años para apoyo de personas con discapacidad visual?

Entre las herramientas tecnológicas que se han utilizado se puede distinguir claramente la gran presencia de dispositivos de realidad aumentada como pueden ser las gafas de realidad mixta o inteligentes como son las Microsoft HoloLens, Google Glass, Oculus Rift. Se han desarrollado varios prototipos que buscan el apoyar a personas con discapacidad visual a través de retroalimentación visual teniendo en cuenta que el usuario no presente una pérdida de visión grave, mientras que para aquellos usuarios que presenten pérdida de visión grave o incluso ceguera se ha implementado una retroalimentación a través de audio, consiguiendo así un prototipo funcional que se adapte y cumpla un objetivo específico dentro de un estudio.

Capítulo III

En la presente sección se abordan contenidos relacionados con la arquitectura, metodología y desarrollo del prototipo realizado, con la finalidad de exponer los escenarios y el flujo de acciones que se realizó para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada.

Metodología de desarrollo

Metodología del prototipo

La metodología del prototipo es un modelo de trabajo, el cual es funcionalmente equivalente a un componente del producto. El prototipo permite a los usuarios del software evaluar propuestas de diseño del eventual producto mediante la realización de pruebas del prototipo en cuestión, otorgando de esta forma una flexibilidad al permitir que el cliente interactúe y experimente con una representación funcional del producto (Musyoki, 2021).

Esta metodología consta de diferentes fases como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Fases de la metodología de prototipado



A continuación, se detalla las etapas:

Requerimientos: En esta fase se busca definir en detalle los requerimientos del sistema, para ello se realizan entrevistas a los usuarios para entender lo que esperan del software (Musyoki, 2021).

Diseño rápido: En esta fase se desarrolla un diseño simple del software, el cual debe ser creado teniendo en cuenta que este no va a ser el diseño completo. Esto permite dar al usuario una breve idea de la funcionalidad del software (Musyoki, 2021).

Construcción del prototipo: En esta fase se diseña y desarrolla un prototipo basado en la información recopilada en la fase anterior, siendo este un pequeño modelo funcional de los requerimientos del software (Musyoki, 2021).

Evaluación al usuario: En esta fase se presenta al usuario la propuesta de software para una evaluación inicial del prototipo con el objetivo de obtener un feedback con adiciones o mejoras. Esto ayuda a encontrar las cosas buenas y malas para posteriores mejoras (Musyoki, 2021).

Refinamiento del prototipo: En esta fase si el usuario no está contento con el prototipo actual, este se refina para cumplir con las expectativas del usuario en base al feedback y sugerencias anteriores. Si el prototipo ya se encuentra en una fase óptima, se procede con la siguiente fase, caso contrario se regresa a las pruebas del usuario una vez implementadas las mejoras (Musyoki, 2021).

Implementación y mantenimiento: En esta fase una vez cumplidos con los requerimientos establecidos por el usuario, se toma el prototipo y se lo implementa para el uso del usuario final (Musyoki, 2021).

Contexto previo al estudio

Al momento del estudio, se observó que las investigaciones para apoyar a personas con discapacidad han logrado definir como un medio de apoyo prometedor a los dispositivos de realidad aumentada y mixta permitiendo a las personas con esta discapacidad movilizarse en entornos exteriores e interiores evitando riesgos, detección de objetos y apoyo visual.

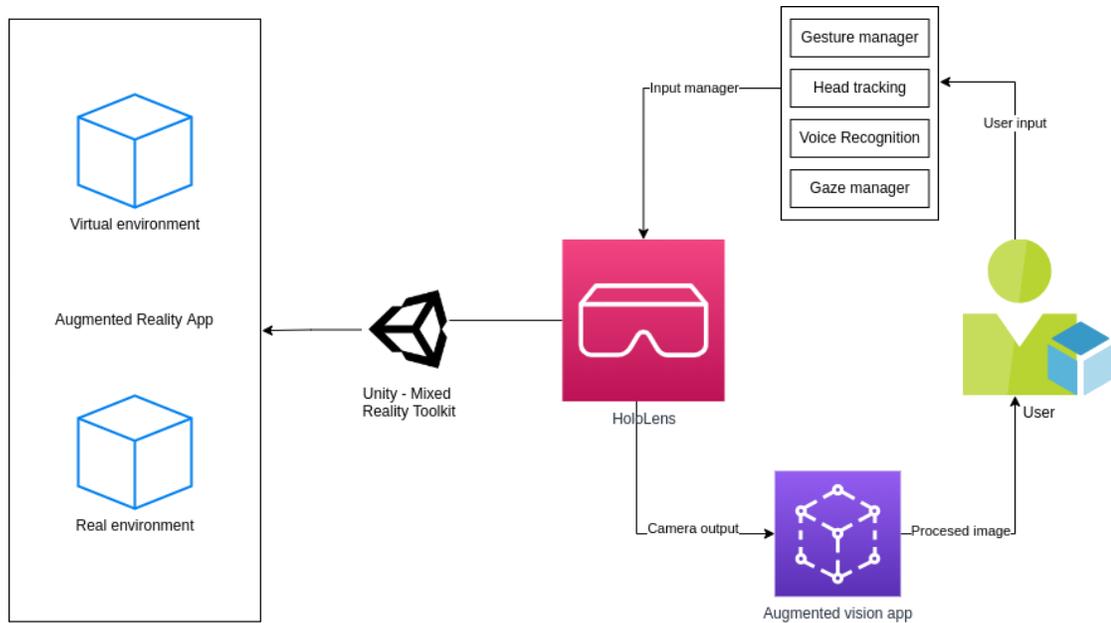
Para estas investigaciones se han utilizado distintas herramientas tecnológicas, pero se destaca el uso de gafas de realidad mixta o inteligentes como son las Microsoft HoloLens o Google Glass e incluso existe la presencia de prototipos específicos que

apoyan a usuarios que no presenten daños severos en su visión por medio de una retroalimentación visual, en cambio de otros prototipos diseñados para personas con pérdida de visión grave que dan una retroalimentación auditiva. A través de estos distintos prototipos funcionales se logra dar apoyo que se adapta al nivel de discapacidad visual de las personas.

Estas investigaciones hicieron uso de dispositivos y tecnología de realidad aumentada, entre los cuales se encontraron: (Hegde et al., 2018), (Ariansyah et al., 2022), (Rusu et al., 2019), (Htike et al., 2020), (Aydınođan et al., 2021), (Rossi et al., 2020), (Zhao et al., 2019), (Angelopoulos et al., 2019), (Ishio & Miyao, 2019), (Kytö et al., 2018), (Sidani et al., 2021), (Rewkowski et al., 2020), (Kruijff et al., 2019), (Martins et al., 2021), (Kinateder et al., 2018), (Condino et al., 2020); demostrando la utilidad de esta tecnología para el apoyo en personas con discapacidad visual, convirtiéndose en una opción para el desarrollo de aplicaciones enfocadas en ayudar a personas con esta discapacidad.

Arquitectura

Como se muestra en la Figura 3 la aplicación de visión aumentada comienza con la interacción del usuario con el dispositivo HoloLens, el cual permite por medio de gestos, seguimiento de la posición de la cabeza o comandos por voz capturar una fotografía del campo visual y desplegarla como un holograma dentro de la aplicación de realidad aumentada, esto con el fin de que el usuario pueda volver a realizar una segunda interacción a través de un puntero virtual o comando por voz que le permite realizar acercamientos a la imagen para una mejor visualización de objetos o letras difíciles de percibir a simple vista.

Figura 3*Arquitectura*

En base a cada imagen capturada por parte del usuario, el dispositivo genera un ambiente de AR usando el Mixed Reality Toolkit que forma parte de las librerías usadas para el desarrollo del prototipo en Unity.

Desarrollo

Para el desarrollo del prototipo se establecieron cuatro acciones que independientes de su implementación eran necesarias para el correcto funcionamiento del dispositivo entorno a los objetivos planteados, las cuales son:

- Navegación en 360° del espacio.
- Feedback de navegación.
- Captura de una foto en cualquier parte del espacio.
- Zoom de una imagen previamente capturada.

Para este desarrollo se analizó cada acción para establecer los diferentes escenarios con la finalidad de poder brindar al usuario accesibilidad, retroalimentación de la acción y usabilidad del prototipo.

4. Navegación en 360° del espacio.

Esta acción se consiguió por medio de la habilitación de realidad aumentada en los ajustes de compilación del proyecto en Unity previo al despliegue en el dispositivo HoloLens.

5. Feedback de navegación

El objetivo de esta acción radica en que el usuario conozca con qué va a interactuar y tenga una retroalimentación de las acciones que realiza en el prototipo. Para el desarrollo de esta se propuso tres escenarios otorgando al usuario de feedback en el momento de la navegación por el entorno de realidad aumentada.

Tabla 3

Escenarios de navegación

Escenario	Acción de lanzamiento	Respuesta
Navegación sin presencia de mano en el campo de visión del HoloLens	El usuario tiene su vista sobre un holograma sin presencia de mano.	Se presenta el icono de un puntero circular azul sobre el holograma previamente capturado.
Navegación con presencia de mano en el campo de visión del HoloLens	Detección de la mano del usuario en el campo visual.	Se presenta el icono de una mano en el centro del campo de visión del usuario.

Feedback al dar un tap	Detección de la mano del usuario, en la que esta se encuentra cerrada con el dedo índice hacia arriba y se realiza la acción de bajar y subir este dedo, en señal de dar un tap.	El ícono de la mano desaparece al bajar el dedo índice y reaparece al levantarlo.
------------------------	--	---

6. Captura de una foto en cualquier parte del espacio visual.

Para esta acción se analizó la accesibilidad del usuario ofreciendo dos formas de interacción para realizar la captura de una imagen.

Tabla 4

Formas de interacción para captura de foto

Forma de interacción	Descripción	Acción
Mano	Tap fuera de un holograma.	Se captura una foto y se posiciona un holograma que contiene la foto capturada.
Voz	Pronunciamiento del comando “take a photo”.	Se captura una foto y se posiciona un holograma que contiene la foto capturada.

7. Zoom de una imagen previamente capturada.

Para esta acción se analizó la accesibilidad del usuario ofreciendo dos formas de interacción para realizar el zoom de una imagen.

Tabla 5

Formas de interacción para realizar zoom

Forma de interacción	Descripción	Acción
Mano	Dar doble tap dentro de un holograma	Se amplía el holograma previamente capturado.
Voz	Pronunciamiento del comando "zoom".	Se amplía el holograma previamente capturado.

Respuesta a las preguntas de investigación RQ3 y RQ4

RQ3: ¿Qué funcionalidad/es proporcionará el prototipo a través de la visión aumentada?

El prototipo proporcionará la funcionalidad de tomar una foto y poder realizar un aumento de esta parte del campo visual capturada donde el usuario desee visualizar con mayor claridad o tener un acercamiento, esta funcionalidad se lanzará a través de un comando de voz o por medio de gestos (realizar un tap con el dedo índice en el campo visual). Adicionalmente, el usuario tendrá funcionalidades adicionales como lo es la navegación por el espacio visual con una retroalimentación.

RQ4: ¿Cuál es el porcentaje de reconocimiento de los objetos enfocados con el dispositivo HoloLens?

Tomando en cuenta que, si una persona que cuente con una visión según el Test Snellen de 20/20 puede leer el optotipo hasta la fila 8, se espera un reconocimiento de objetos hasta la fila 6 que representaría una visión de 20/30 es decir el 75% de reconocimiento de los objetos enfocados con el dispositivo HoloLens.

Capítulo IV

Resultados

En el presente capítulo se aborda el escenario seleccionado para realizar la evaluación del prototipo desarrollado, determinar el método para la recolección de datos y finalmente el análisis de los resultados obtenidos.

Escenario

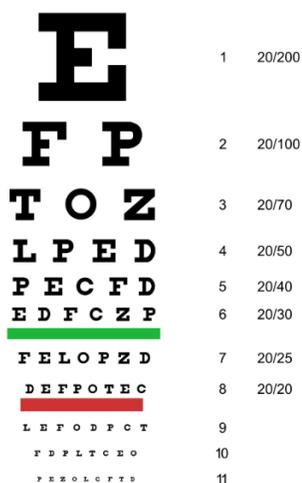
Para la realización de la evaluación del prototipo se estableció como escenario de prueba el contar con usuarios que presenten problemas de visión de rango leve-moderado que hagan uso de gafas oftalmológicas de manera permanente, con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del prototipo desarrollado y determinar el cumplimiento del objetivo del presente proyecto de integración curricular el cual busca mejorar la visualización de objetos que resultan difíciles a personas que presenten problemas de visión.

La evaluación contó con la participación de 19 voluntarios, a quienes se les solicitó que leyeran una cartilla de Test de Snellen como la que se observa en la Figura 4, misma que fue impresa en una hoja A4, cada participante leyó la cartilla sin hacer uso de sus gafas a una distancia de 2,8 metros de distancia, simulando de esta manera un

examen de visión. Posteriormente se les solicitó realizar la misma tarea, pero esta vez usando el prototipo, se les instruyó acerca de las dos formas de interacción (gestos y comandos de voz) para que puedan probar el funcionamiento de ambas. Finalmente se entregó un cuestionario (realizado con Microsoft Forms) a los participantes para que puedan evaluar el desempeño del prototipo, este consta de dos secciones la primera solicita información básica de los participantes y su desempeño durante el desarrollo de la tarea sin haber probado el prototipo; y la segunda sección se enfoca en su desempeño durante el desarrollo de la tarea usando el prototipo y su experiencia tras usarlo (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Figura 4

Optotipo de Snellen



Análisis de resultados

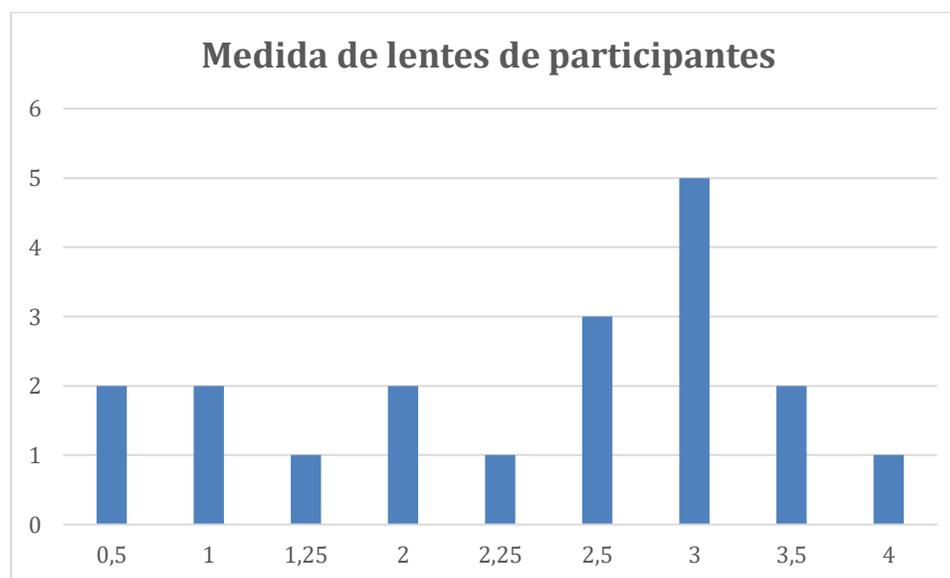
Medidas usadas de lentes

El apartado relacionado con la medida usada en los lentes por parte de los participantes es uno de los más importantes relacionado con la información básica solicitada, ya que este permitirá conocer si los participantes presentan un problema de

visión leve o moderado. De acuerdo con los resultados obtenidos tras la aplicación del cuestionario se pudo observar en la Figura 5 que el 26,32% de los participantes cuentan con una medida de 3 dioptrías, mientras que el 15,79% cuentan con una medida de 2,5 dioptrías. Se debe tener en cuenta que las medidas que se encuentran en el rango de 0 y 2,00 dioptrías pertenecen a la categoría de deterioro de visión leve, mientras que el rango de 2,25 y 5,00 pertenece a la categoría de deterioro de visión moderado. Con esto en mente se observó que el 63,16% de los participantes presentaban un deterioro de visión moderado.

Figura 5

Medida de lentes de los participantes



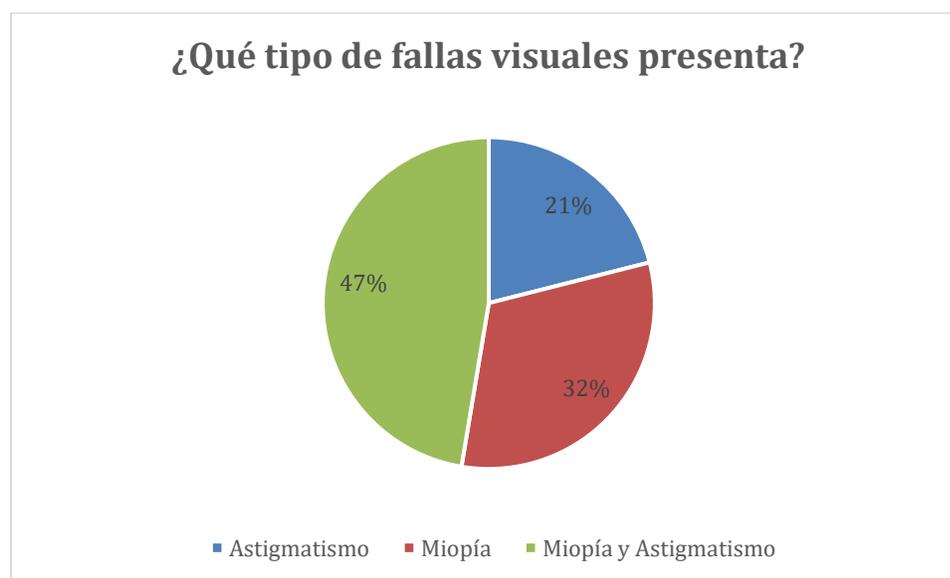
Fallas visuales presentes

El apartado de problemas visuales que padecen los participantes permitirá conocer la relación existente entre el nivel de deterioro visual y estos problemas que presentan los participantes. En la Figura 6 se evidencia que un 47% de los participantes padecen tanto de astigmatismo como miopía, lo cual demuestra que contar con ambos

problemas aumenta significativamente la posibilidad de tener un mayor deterioro visual, debido a que la miopía produce una mala visión distante provocando un desenfoco en las imágenes, mientras que el astigmatismo provoca desenfoco en imágenes tanto en visión cercana como distante.

Figura 6

Fallas visuales presentes en los participantes

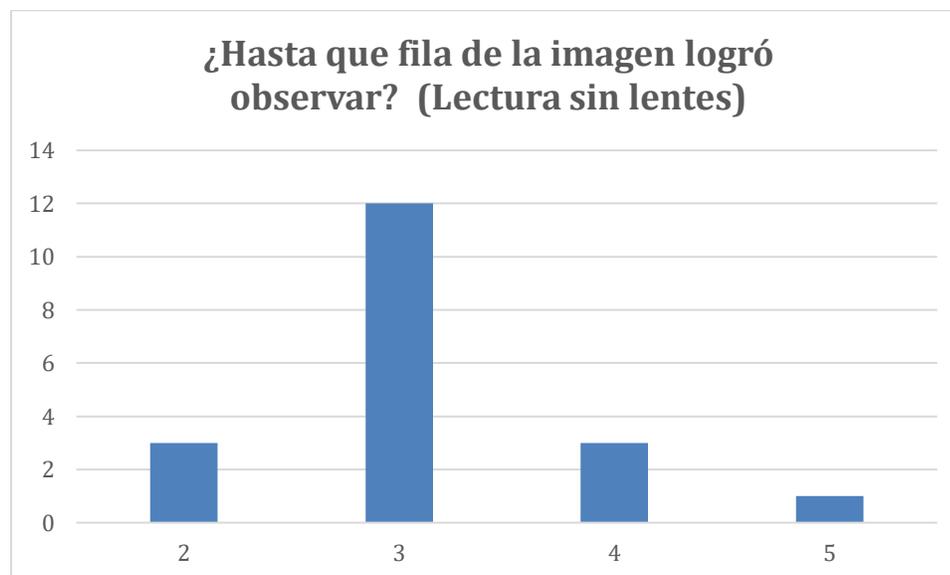


Lectura sin usar lentes

El apartado de la lectura del optotipo de Snellen sin utilizar lentes de algún tipo permitirá conocer el estado inicial de los participantes al momento de realizar la evaluación del prototipo. La Figura 7 permite constatar que el 63,16% de los participantes lograron leer el optotipo hasta la fila número tres, haciendo uso de la fracción de Snellen da como resultado 20/70 lo que se traduce a un nivel de pertenencia de deterioro visual moderado.

Figura 7

Lectura de cartilla sin usar lentes

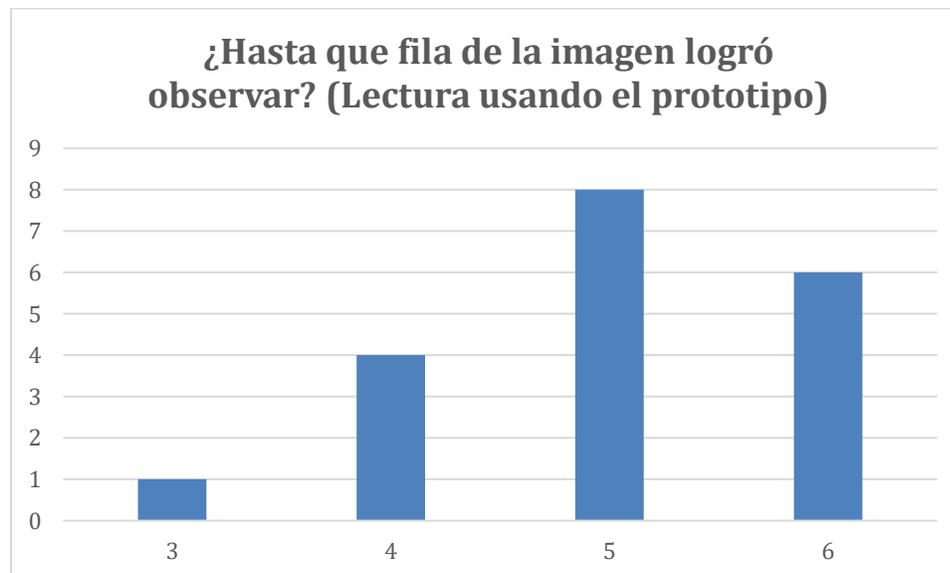


Lectura utilizando el prototipo

El apartado de lectura del optotipo utilizando el prototipo permite conocer el porcentaje de mejora de la visualización de objetos por parte de los participantes. La Figura 8 revela que un 42,10% de participantes mejoró su visión del optotipo al conseguir leer hasta la fila número cinco, cuya fracción de Snellen es 20/40 perteneciendo a un nivel de deterioro visual leve, de esta manera se observa una mejora del 21,43%. De la misma forma se observa que un 31,58% consiguió leer hasta la fila número seis, cuya fracción de Snellen es 20/30 demostrando que no se cuenta con algún deterioro de visión, de esta manera se observa una mejora del 38,1%.

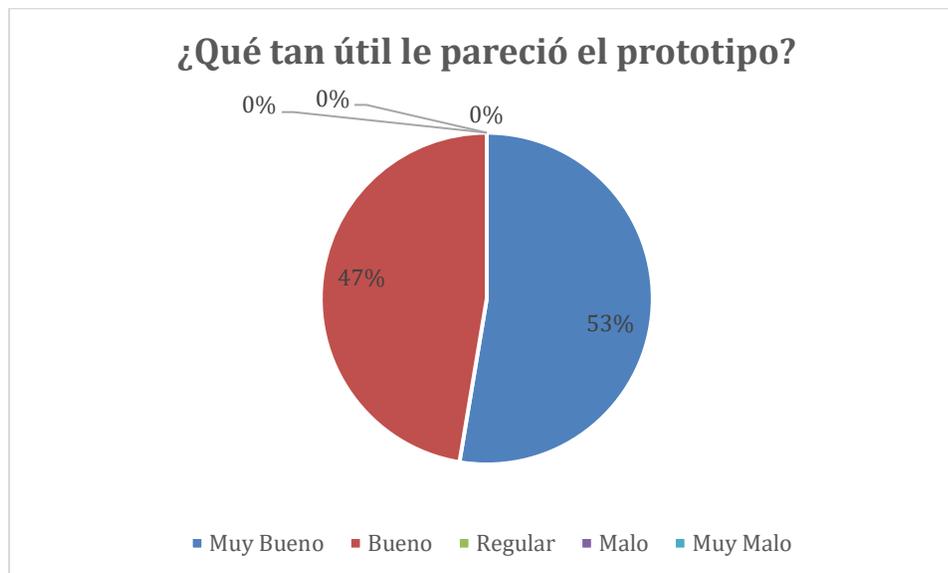
Figura 8

Lectura de cartilla usando el prototipo



Utilidad del prototipo

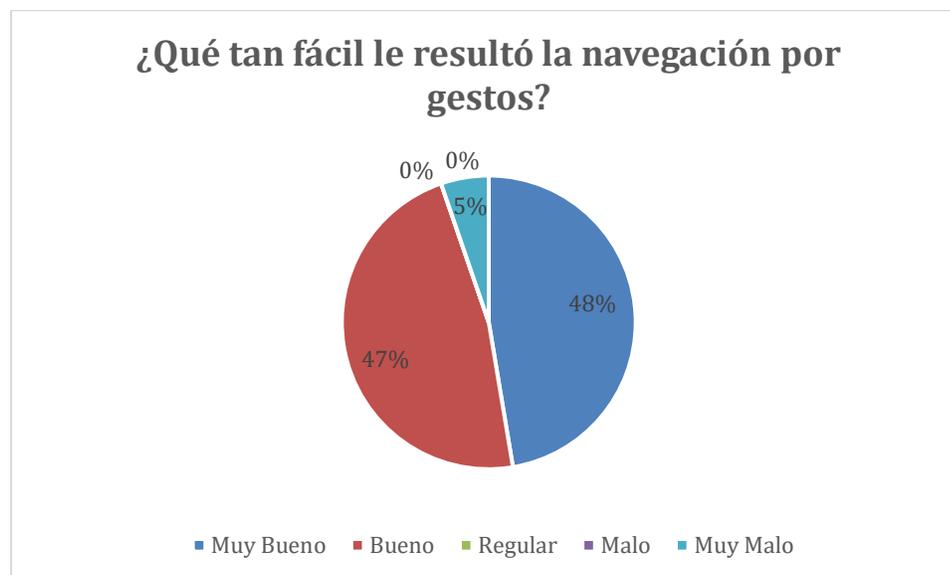
El apartado de utilidad del prototipo es importante ya que permite determinar el nivel de aceptación por parte de los participantes referente a la ayuda visual que ofrece el prototipo a las personas que presenten un nivel de deterioro visual leve o moderado. La Figura 9 demostró que un 53% de los participantes encontró muy útil el uso del prototipo para realizar la lectura del optotipo de Snellen, mientras que el 47% lo encontró útil. Teniendo en cuenta lo anterior se certificó la utilidad de dispositivos de realidad aumentada para la ayuda visual.

Figura 9*Utilidad del prototipo***Facilidad de uso del prototipo mediante gestos**

El apartado de facilidad de navegación por gestos permite conocer si los usuarios pudieron realizar la tarea solicitada utilizando el prototipo haciendo uso de gestos de manera fluida. La Figura 10 permite observar que un 5% de los participantes encontraron el uso del prototipo muy difícil, esto se debe a la falta de familiaridad con dispositivos de realidad aumentada, un 48% lo encontró muy fácil de usar y un 47% fácil de usar, demostrando así que la navegación por gestos del prototipo es sencilla si se cuenta con una mínima familiaridad de uso de estos dispositivos y siguiendo las instrucciones proporcionadas por los desarrolladores del proyecto.

Figura 10

Facilidad de navegación por gestos

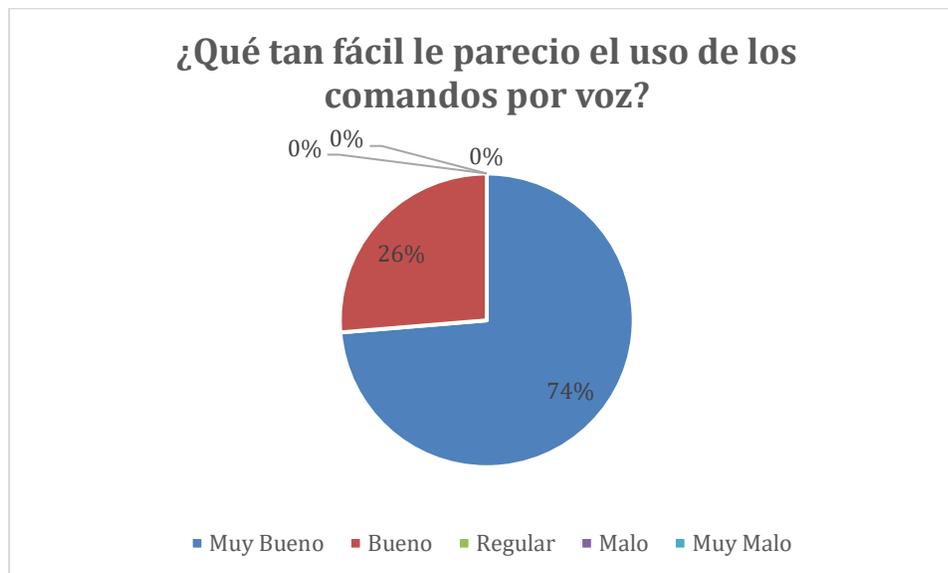


Facilidad de uso del prototipo mediante comandos de voz

El apartado de facilidad de uso del prototipo mediante comandos de voz permite conocer la aceptación de los usuarios al utilizar dispositivos de realidad aumentada haciendo uso de su voz. La Figura 11 demuestra que un 74% de los participantes encontró muy fácil el uso del prototipo a través de comandos de voz, adicionalmente varios de ellos demostraron una mejor recepción en la forma de interacción con el prototipo ya que mostraron un mayor entusiasmo al momento de su uso. De igual manera un 26% lo encontraron fácil de usar, pero sin mostrar un mayor entusiasmo relacionado con la navegación por gestos. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se demostró que ambas formas de interacción con el dispositivo resultaron ser sencillas para los participantes.

Figura 11

Facilidad de uso de los comandos por voz



Respuesta a preguntas de investigación RQ5 y RQ6

RQ5: ¿Qué método se utilizará para realizar el análisis del prototipo?

Para realizar el análisis del prototipo se decidió utilizar un cuestionario que fue aplicado posterior al desarrollo de tareas de lectura de los participantes, cuyo fin era el de simular un examen visual, el cual permitió comprobar que el uso del prototipo mejora la visualización de objetos a personas que presenten un nivel de deterioro visual leve o moderado.

RQ6: ¿Cuál es el nivel de aceptación y utilidad para los usuarios el utilizar gafas de realidad mixta?

Una vez los usuarios utilizaron el prototipo supieron comunicar que el uso de dispositivos de realidad mixta como las gafas HoloLens son de gran utilidad para la visualización de objetos que normalmente les resultaría difícil a personas con problemas de visión leve-moderado, la gran mayoría de los participantes encontraron que la forma

de interacción a través de comandos de voz es muy fácil de usar, teniendo una mayor aceptación que el uso del prototipo a través de gestos.

Capítulo V

Conclusiones

En la revisión de la literatura se estableció que en la actualidad se ha logrado definir como un medio de apoyo prometedor a los dispositivos de realidad aumentada y mixta para el apoyo a personas con discapacidad visual, permitiendo a las personas con esta discapacidad una mejora tanto en la navegación en interiores como en exteriores, un apoyo visual y la detección de objetos. Adicionalmente, entre los dispositivos de realidad aumentada o mixta se ha destacado la presencia de las gafas inteligentes como son las Microsoft HoloLens y Google Glass, así como también existe un desarrollo de prototipos que buscan apoyar a través de una retroalimentación visual para los usuarios sin una pérdida de visión grave, mientras que para usuarios con pérdida de visión grave o incluso ceguera se ha implementado una retroalimentación por audio, logrando así un prototipo funcional y una adaptación al usuario de acuerdo a cada estudio.

El desarrollo de la aplicación de realidad aumentada se basó en el uso del dispositivo HoloLens que permite por medio de gestos, seguimiento de la posición de la cabeza o comandos por voz capturar una fotografía del campo visual y desplegarla como un holograma dentro de la aplicación de realidad aumentada, esto con el fin de que el usuario pueda obtener una visión aumentada e interpretación de objetos de la realidad a través del aumento o acercamiento de la captura realizada al campo visual.

Por medio de las pruebas realizadas con el Test de Snellen a 19 participantes voluntarios se determinó que sin el uso del dispositivo el 63,16% de los participantes

lograron leer el optotipo hasta la fila número tres, haciendo uso de la fracción de Snellen da como resultado 20/70 lo que se traduce a un nivel de pertenencia de deterioro visual moderado. Mientras que con el uso de la aplicación de realidad aumentada el 42,10% de participantes mejoró su visión del optotipo al conseguir leer hasta la fila número cinco, cuya fracción de Snellen es 20/40 perteneciendo a un nivel de deterioro visual leve, de esta manera, se puede concluir que de acuerdo con el resultado de obtener un 21,43% de mejora el prototipo de realidad aumentada cumple con su objetivo de proporcionar visión aumentada e interpretación de objetos de la realidad.

En relación con el nivel de utilidad del prototipo un 53% de los participantes encontró muy útil el uso del prototipo y un 47% lo encontró útil, en congruencia con estos datos se puede determinar una aceptación por parte de los participantes hacia el uso de realidad aumentada para la ayuda visual.

En el caso de la facilidad del uso del dispositivo por medio de gestos un 5% de los participantes encontraron el uso muy difícil, el 47% lo encontró fácil de usar y un 48% muy fácil de usar. Mientras que en el caso de comandos de voz el 74% lo encontró muy fácil de usar y el 26% como fácil de usar. Así, se puede observar que existe una mejor aceptación del usuario a comandos de voz que al uso de gestos para usar el prototipo de realidad aumentada y esto se puede deber a diversas razones como por ejemplo una falta de familiaridad de uso de estos dispositivos.

Recomendaciones

Durante el desarrollo del prototipo de realidad aumentada se presentaron diferentes retos que con las siguientes recomendaciones se pueden solucionar con una mayor facilidad y rapidez.

El primer ámbito que se debe tomar en cuenta es el hecho de que el dispositivo usado en este estudio cuenta con una pantalla basada en la proyección de rayos de luz sobre dos pequeñas pantallas translúcidas, por lo que al mostrar una foto en forma de holograma esta se distorsiona de una forma considerable, sobre todo si esta no cuenta con una resolución óptima y se aplica una gran ampliación o zoom sobre ella, es por esto que se recomienda el uso de una versión más actual del HoloLens o un dispositivo de realidad aumentada que cuente con una cámara y pantalla de alta resolución.

Como segundo punto, para poder realizar gestos más naturales y fáciles de formar por medio del usuario se vuelve a recalcar la importancia de encontrar otro dispositivo más actualizado que permita estas adaptaciones del control de gestos.

Trabajos a futuro

Implementación de una solución más compleja basada en dispositivos de realidad aumentada más actualizados como el HoloLens versión 2 que permitan un manejo de gestos más natural y que cuenten con una cámara de resolución más alta que permita una mejora considerable al momento de ampliar el campo visual del usuario.

Análisis relacional del aumento del campo visual realizado por un usuario con respecto a la medida de sus lentes y de acuerdo con su tipo de discapacidad visual, con la finalidad de poder cotejar esta información y sacar una interrelación entre la cantidad de aumento del campo visual que necesita un usuario en perspectiva con su nivel de discapacidad.

Desarrollo de un prototipo con una variedad de funcionalidades que ayuden en el diario vivir de una persona, mediante el procesamiento de una imagen a través del framework OpenCV con la finalidad de obtener información detallada de la imagen y

poder brindar feedback específico al usuario, como una breve descripción hablada del entorno junto con la detección de objetos cotidianos.

Referencias bibliográficas

- Angelopoulos, A. N., Ameri, H., Mitra, D., & Humayun, M. (2019). Enhanced Depth Navigation Through Augmented Reality Depth Mapping in Patients with Low Vision. *Scientific Reports*, 9(1), 11230. doi:10.1038/s41598-019-47397-w
- Ariansyah, D., Erkoyuncu, J. A., Eimontaite, I., Johnson, T., Oostveen, A.-M., Fletcher, S., & Sharples, S. (2022). A head mounted augmented reality design practice for maintenance assembly: Toward meeting perceptual and cognitive needs of AR users. *Applied Ergonomics*, 98, 103597. doi:10.1016/j.apergo.2021.103597
- Aydınođan, G., Kavaklı, K., Şahin, A., Artal, P., & Ürey, H. (2021). Applications of augmented reality in ophthalmology [Invited]. *Biomedical Optics Express*, 12(1), 511-538. doi:10.1364/BOE.405026
- Belen, R., Nguyen, H., Filonik, D., Favero, D., & Bednarz, T. (2019). A systematic review of the current state of collaborative mixed reality technologies: 2013–2018. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 3(2), 181-223. doi:10.3934/ElectrEng.2019.2.181
- Cañedo Andalia, R., Ramos Ochoa, R. E., & Guerrero Pupo, J. C. (2005). La Informática, la Computación y la Ciencia de la Información: una alianza para el desarrollo. *Acimed*, 13(5), 1.
- CONADIS. (2015). *Tipos de discapacidades: discapacidad física, sensorial, intelectual y psicosocial (mental) en Manual de Buenas Prácticas para la Inclusión Laboral en Personas con Discapacidad*. Retrieved from <https://www.funcionjudicial.gob.ec/www/pdf/Manual-atencion-discapacidades.pdf>

- CONADIS. (2022). *Estadísticas de discapacidad en Programas y Servicios*. Retrieved from <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Condino, S., Fida, B., Carbone, M., Cercenelli, L., Badiali, G., Ferrari, V., & Cutolo, F. (2020). Wearable Augmented Reality Platform for Aiding Complex 3D Trajectory Tracing. *Sensors*, 20(6), 1612. doi:10.3390/s20061612
- Criado, M. Á. (2015). Una jerarquía casi universal de los cinco sentidos. *El País*. doi:https://elpais.com/elpais/2015/01/24/ciencia/1422086221_322820.html
- Cýrus, J., Krčmařík, D., Petrů, M., & Kočí, J. (2020). Cooperation of Virtual Reality and Real Objects with HoloLens. In K. Arai, & S. Kapoor (Ed.), *Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 94-106). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-17798-0_10
- Deemer, A., Bradley, C., Ross, N., Natale, D., Itthipanichpong, R., Werblin, F., & Massof, R. (2018). Low Vision Enhancement with Head-mounted Video Display Systems: Are We There Yet? *Optometry and Vision Science*, 95(9), 694–703. doi:10.1097/OPX.0000000000001278
- Fundación Telefónica. (2011). *Que es la realidad aumentada en Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Retrieved from https://mamaventura.com/wp-content/uploads/2019/06/Realidad_Aumentada_Completo.pdf
- García, C. E., & Sánchez, A. S. (2011). Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad. *50*, 15-30.
- Hegde, S., Garg, G., Perla, R., & Hebbalaguppe, R. (2018). A Fingertip Gestural User Interface Without Depth Data for Mixed Reality Applications. *2018 IEEE*

International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), (pp. 395-396). doi:10.1109/ISMAR-Adjunct.2018.00113

Htike, H., Margrain, T., Lai, Y.-K., & Eslambolchilar, P. (2020). Ability of Head-Mounted Display Technology to Improve Mobility in People With Low Vision: A Systematic Review. *Translational Vision Science & Technology*, 9(10), 26.
doi:10.1167/tvst.9.10.26

Ishio, H., & Miyao, M. (2019). Importance of Visual Distance Adjustment for AR Application of Binocular See-Through Smart Glasses. *2019 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, (pp. 1086-1088).
doi:10.1109/ICCSE.2019.8845380

Kinateder, M., Gualtieri, J., Dunn, M., Jarosz, W., Yang, X.-D., & Cooper, E. (2018). Using an Augmented Reality Device as a Distance-based Vision Aid-Promise and Limitations. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, 95(9), 727-737.
doi:10.1097/OPX.0000000000001232

Kruijff, E., Orlosky, J., Kishishita, N., Trepkowski, C., & Kiyokawa, K. (2019). The Influence of Label Design on Search Performance and Noticeability in Wide Field of View Augmented Reality Displays. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(9), 2821-2837. doi:10.1109/TVCG.2018.2854737

Kundu, R. K., Rahman, A., & Paul, S. (2021). A Study on Sensor System Latency in VR Motion Sickness. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 10(3), 53. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/jsan10030053>

- Kytö, M., Ens, B., Piumsomboon, T., Lee, G., & Billinghamurst, M. (2018). Pinpointing: Precise Head- and Eye-Based Target Selection for Augmented Reality. doi:10.1145/3173574.3173655
- Lee, L.-H., & Hui, P. (2018). Interaction Methods for Smart Glasses: A Survey. *IEEE Access*, 28712-28732. doi:10.1109/ACCESS.2018.2831081
- Leiva, L., Vatavu, R.-D., Martín-Albo, D., & Plamondon, R. (2020). Omnis Prædictio: Estimating the full spectrum of human performance with stroke gestures. *International Journal of Human-Computer Studies*, 142, 102466. doi:10.1016/j.ijhcs.2020.102466
- Martínez, R., & García-Beltrán, A. (2000). Breve Historia de la Informática. Madrid: Universidad Politécnica.
- Martins, B., Jorge, J., & Zorzal, E. R. (2021). Towards augmented reality for corporate training. *Interactive Learning Environments*, 1-19. doi:10.1080/10494820.2021.1879872
- Massiceti, D., Hicks, S., & Rheede, J. (2018). Stereosonic vision: Exploring visual-to-auditory sensory substitution mappings in an immersive virtual reality navigation paradigm. *PLOS ONE*, 13(7), e0199389. doi:10.1371/journal.pone.0199389
- Medina Ayala, Z. N. (2008). Estudio comparativo del comportamiento de la agudeza visual tomada con el optotipo de Bailey Lovie vs. angular de letras y el optotipo de Snellen vs. angular de letras, en pacientes con ambliopía refractiva entre 5 y 12 años.
- Mhaske, A., Nikam, A., Bhandari, S., & Mantri, S. (2020). Smart Glasses to Assist Monocular Vision to Estimate Depth. *2020 IEEE International Conference for*

Innovation in Technology (INOCON), 1-7.

doi:10.1109/INOCON50539.2020.9298311

Min, X., Sun, S., Zhang, W., & Chao, C. (2018). Virtual-Physical Interaction System.

2018 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV), 158-

159. doi:10.1109/ICVRV.2018.00056

Mukamal, R. (2021). *30 aplicaciones, dispositivos y tecnologías para personas con*

discapacidad visual. Retrieved from American Academy of Ophthalmology:

<https://www.aao.org/salud-ocular/consejos/30-aplicaciones-dispositivos-y-tecnolog%C3%ADas-para-pe>

Musyoki, J. (2021). *Prototype methodology*. Retrieved from MASOMO MSINGI

PUBLISHERS: <https://masomomsingi.co.ke/prototype-methodology/>

OMS. (2021). *Ceguera y Discapacidad visual*. Retrieved from OMS:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

OMS. (2021). *Discapacidad y Salud*. Retrieved from OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., . . . Moher,

D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799.

doi:10.1016/j.recesp.2021.06.016

Portilla Bravo, A. (2021). Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las

personas con discapacidad visual y su entorno: propuesta de una arquitectura

de una aplicación de control hiperindividualizado. Retrieved from
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24196>

Real, S., & Araujo, A. (2019). Navigation Systems for the Blind and Visually Impaired: Past Work, Challenges, and Open Problems. *Sensors*, 19(15), 3404.
doi:10.3390/s19153404

Rewkowski, N., State, A., & Fuchs, H. (2020). Small Marker Tracking with Low-Cost, Unsynchronized, Movable Consumer Cameras For Augmented Reality Surgical Training. *2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 90-95. doi:10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00038

Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *TIA*, 5(2), 257-261.

Rossi, M., D'Avenio, G., Morelli, S., & Grigioni, M. (2020). Augmented Reality App to improve quality of life of people with cognitive and sensory disabilities. *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT*, 59-62.
doi:10.1109/MetroInd4.0IoT48571.2020.9138204

Rusu, P.-P., Schipor, M.-D., & Vatavu, R.-D. (2019). A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments. *2019 E-Health and Bioengineering Conference (EHB)*, 1-4. doi:10.1109/EHB47216.2019.8970074

Shirazi, M., Uddin, R., & Kim, M.-Y. (2021). Supervised Learning Based Peripheral Vision System for Immersive Visual Experiences for Extended Display. *Applied Sciences*, 11(11), 4726. doi:10.3390/app11114726

- Sidani, A., Matoseiro Dinis, F., Duarte, J., Sanhudo, L., Calvetti, D., Santos Baptista, J., . . . Soeiro, A. (2021). Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 42, 102500. doi:10.1016/j.jobbe.2021.102500
- Soltan, A., Barrett, J., Maaskant, P., Armstrong, N., Al-Atabany, W., Chaudet, L., . . . Degenaar, P. (2018). A head mounted device stimulator for optogenetic retinal prosthesis. *Journal of Neural Engineering*, 15(6), 065002. doi:10.1088/1741-2552/aadd55
- Younis, O., Al-Nuaimy, W., Rowe, F., & Alomari, M. (2019). A Smart Context-Aware Hazard Attention System to Help People with Peripheral Vision Loss. *Sensors*, 19(7), 1630. doi:10.3390/s19071630
- Zhao, Y., Kupferstein, E., Castro, B., Feiner, S., & Azenkot, S. (2019). Designing AR Visualizations to Facilitate Stair Navigation for People with Low Vision. *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 387–402. doi:10.1145/3332165.3347906
- Zhao, Y., Kupferstein, E., Rojnirun, H., Findlater, L., & Azenkot, S. (2020). The Effectiveness of Visual and Audio Wayfinding Guidance on Smartglasses for People with Low Vision. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–14). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. Retrieved from <https://doi.org/10.1145/3313831.3376516>

Apéndices