



Prototipo de Software para evaluar la percepción visual de profundidad y de color, en aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas del Ecuador

Monar Mejía, José Xavier y Rodríguez Reyes, Bryan Iván

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas en Informática

PhD. Cárdenas Delgado, Sonia Elizabeth

10 de febrero de 2022

Copyleaks



Rev_TESIS_MONAR_RODRIGUEZ.docx

Scanned on: 23:48 February 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	0
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Ommited Words	1991



Website | Education | Businesses

.....
Cárdenas Delgado Sonia Elizabeth

C.C:1713261160



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **Prototipo de Software para evaluar la percepción visual de profundidad y de color, en aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas del Ecuador** fue realizado por los señores **Monar Mejía, José Xavier y Rodríguez Reyes, Bryan Iván** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de febrero de 2022

.....

Cárdenas Delgado Sonia Elizabeth

C.C:1713261160



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Monar Mejía, José Xavier**, con cédula de ciudadanía N.º 1720146362 y **Rodríguez Reyes, Bryan Iván** con cédula de ciudadanía N.º 1719151340, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Prototipo de Software para evaluar la percepción visual de profundidad y de color, en aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas del Ecuador** 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, 10 de febrero de 2022

Firma

.....
Monar Mejía, José Xavier

C.C.: 1720146362

.....
Rodríguez Reyes Bryan Iván

C.C.: 1719151340



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Autorización de publicación

Nosotros, **Monar Mejía, José Xavier**, con cédula de ciudadanía N.º 1720146362 y **Rodríguez Reyes, Bryan Iván** con cédula de ciudadanía N.º 1719151340, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Prototipo de Software para evaluar la percepción visual de profundidad y de color, en aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas del Ecuador** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 10 de febrero de 2022

Firma

Monar Mejía, José Xavier

C.C.: 1720146362

Rodríguez Reyes Bryan Iván

C.C.: 1719151340

Dedicatorias

Dedico este trabajo a mis padres que gracias a su apoyo y esfuerzo siempre he logrado alcanzar mis ideales. A mis hermanos que han sido siempre mi motor para seguir adelante y dar lo mejor de mí. A mis abuelitos que me han dado grandes enseñanzas e inculcado valores para convertirme en el hombre que soy. ¡Este logro para ellos!

Bryan Rodríguez Reyes

Mi trabajo de titulación lo dedico con todo mi amor y cariño a mis queridos padres y hermana por sus palabras de aliento y brindarme apoyo incondicional a lo largo de mi vida personal y estudiantil, ustedes son mi inspiración y fortaleza para superar cualquier obstáculo que se presente. A mis abuelitos por brindarme su amor infinito desde pequeño y cuidarme desde el cielo. A mis mentores y amigos que estuvieron a lo largo de mi vida universitaria por compartir sus conocimientos y brindarme su amistad.

Xavier Monar Mejía

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme cumplir un ideal más en la vida.

A mis padres que han sido un pilar fundamental desde mi niñez, me han acompañado durante toda mi vida, han estado en todos mis logros y fracasos, me han enseñado lo bello de la vida, el amor y la familia.

A mi hermana que ha sido una persona que me ha acompañado desde mi niñez y me ha brindado todo su apoyo incondicional.

A mi hermano, que siempre me saca sonrisas con su inocencia, comparte conmigo y me recuerda lo que es ser niño y a veces se me olvida.

A mi familia, que me han brindado consejos y momentos cálidos recordando que la familia es lo primero.

También quiero agradecer a mi directora de Tesis, la Ing. Sonia E. Cárdenas Delgado, Ph.D., que nos ha brindado todo su apoyo incondicional, su guía, enseñanzas, y nos ha tenido paciencia con el desarrollo del proyecto. Además, me ha enseñado que el esfuerzo constante y los valores son lo mejor que una persona puede compartir con la sociedad.

Finalmente quiero agradecer a mi mejor amigo que aún lo sigo extrañando, el Señor Manuel Reyes que me ha forjado y enseñado tanto que escribiría un libro. ¡Mírame abuelito! Tu fortaleza, coraje y carácter me han enseñado y llevado a ser un mejor hombre.

Bryan Rodríguez Reyes

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme estar junto a mis seres queridos en esta instancia de mi vida.

A mis padres Javier Monar y Mirian Mejía, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por ser los principales promotores de mis anhelos, por creer y confiar en mí, gracias a ellos he logrado llegar hasta este momento importante de mi vida con sus consejos, valores y principios que me han inculcado para convertirme en un hombre de bien.

A mi hermana Paola Monar, por estar presente, acompañándome en los buenos y malos momentos a lo largo de mi vida.

Una mención especial de profundo agradecimiento a mi directora a cargo del trabajo de titulación la Ing. Sonia Cárdenas, Ph.D. y su esposo Ing. Mauricio Loachamín, Ph.D. por compartir sus conocimientos, experiencias y sobre todo su amistad que ha sido la inspiración de muchos logros académicos y ha sido el apoyo para seguir creciendo profesionalmente. Por ser pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación ya que con su paciencia y guía hemos logrado este objetivo de nuestras vidas.

A mi compañero de tesis Bryan Rodríguez por el trabajo realizado y el apoyo brindado en esta etapa de mi vida a mis mejores amigos Pablo Guanoluisa y Victoria Salazar, les considero como mis hermanos de una y mil batallas dentro y fuera de la universidad, por brindarme su amistad desinteresada en los buenos y malos momentos.

A todos mis amigos por colaborar con su granito de arena de manera positiva a lo largo de toda mi trayectoria estudiantil.

Xavier Monar Mejía

Índice de contenidos

Copyleaks	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatorias.....	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	11
Resumen	13
Abstract.....	14
Capítulo I.....	15
Introducción.....	15
Antecedentes	15
Planteamiento del problema	17
Justificación.....	19
Objetivos	20
<i>Objetivo general</i>	20
Alcance.....	21
Hipótesis	23
Capítulo II.....	24
Marco Teórico.....	24
Realidad Virtual.....	24
Dispositivos de Realidad Virtual.....	26
Factores Humanos en Aeronáutica	29
Factores Humanos	30
Requisitos Visuales	32
<i>Percepción visual del color</i>	36
<i>Percepción visual de profundidad</i>	41
Metodología de Desarrollo	42
Herramientas para el desarrollo	44
Software.....	44

Hardware	45
Capítulo III	48
Desarrollo	48
Especificación de Requisitos	48
Base de Datos.....	52
Diseño de los entornos virtuales	54
Estructuración de la Tarea Virtual	55
Casos de Uso.....	56
Creación de los Entornos Virtuales	67
Modelamiento y texturizado de los objetos	69
Modelado de Objetos 3D	69
Integración de componentes y tarea virtual	75
Mejora Continua	76
Estructuración de la Tarea Virtual	78
Casos de Uso.....	78
Creación de los Entornos Virtuales	87
Modelamiento y texturizado de los objetos	90
Modelado de Objetos 3D	90
Configuración de la interacción y visualización	99
Mejora Continua	99
Capítulo IV	100
Validación y Pruebas	100
Protocolo de pruebas	100
Análisis de Resultados	105
Capítulo V	109
Conclusiones y recomendaciones	109
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
Bibliografía	111

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Valoración de láminas de Ishihara</i>	40
Tabla 2	<i>Caso de Uso Administrador</i>	58
Tabla 3	<i>Registrar Médico Especialista</i>	59
Tabla 4	<i>Caso de Uso del Médico Especialista</i>	61
Tabla 5	<i>Caso de Uso: Registrar Participante</i>	62
Tabla 6	<i>Caso de Uso: Gestionar Fases</i>	63
Tabla 7	<i>Caso de uso del Participante</i>	65
Tabla 8	<i>Caso de Uso 1: Ingresar al Prototipo</i>	81
Tabla 9	<i>Caso de Uso 2: Registrar Participante</i>	82
Tabla 10	<i>Caso de Uso 3: Ingresar al Prototipo</i>	83
Tabla 11	<i>Caso de Uso 4: Registrar Participante</i>	84
Tabla 12	<i>Caso de Uso 5: Administrar Entrenamientos</i>	85
Tabla 13	<i>Caso de Uso 6: Gestionar Fases</i>	86

Índice de figuras

Figura 1	<i>Modelo SHELL</i>	30
Figura 2	<i>Modelo Reason</i>	31
Figura 3	<i>Tipos de Daltonismo</i>	37
Figura 4	<i>Tarjeta “74”</i>	38
Figura 5	<i>Tarjeta “2”</i>	39
Figura 6	<i>Tarjeta “6”</i>	39
Figura 7	<i>Tarjeta “42”</i>	40
Figura 8	<i>Lang-Stereotest I</i>	42
Figura 9	<i>Lang-Stereotest II</i>	42
Figura 10	<i>Metodología de Desarrollo</i>	43
Figura 11	<i>Oculus Rift VR</i>	46
Figura 12	<i>Oculus Rift S</i>	47
Figura 13	<i>Diagrama de la Metodología de Fencott</i>	48
Figura 14	<i>Login Administrador</i>	50
Figura 15	<i>Opciones del Administrador</i>	50
Figura 16	<i>Inicio Sesión del Médico Especialista</i>	51
Figura 17	<i>Registro de datos</i>	51
Figura 18	<i>Opciones y Menú disponibles para el Médico Especialista</i>	52
Figura 19	<i>Modelado Físico de la Base de datos-Tarea virtual 1</i>	53
Figura 20	<i>Modelo Físico de la Base de Datos-Tarea virtual 2</i>	54
Figura 21	<i>Diseño de los entornos virtuales</i>	55
Figura 22	<i>Diagrama de Casos de Uso (administrador)</i>	56
Figura 23	<i>Diagrama de Casos de Uso (Médico Especialista)</i>	57
Figura 24	<i>Diagrama de Casos de Uso (Participante)</i>	58
Figura 25	<i>Vista del entorno virtual de adaptación</i>	67

Figura 26	<i>Vista del entorno virtual para la evaluación 1</i>	68
Figura 27	<i>Vista del entorno virtual para la evaluación.</i>	68
Figura 28	<i>Texturizado del objeto 3D terreno tipo cancha de futbol.</i>	70
Figura 29	<i>Texturizado del objeto 3D graderío.</i>	70
Figura 30	<i>Texturizado del objeto 3D mesa.</i>	71
Figura 31	<i>Modelado del objeto 3D balones.</i>	71
Figura 32	<i>Texturizado del objeto 3D balones.</i>	71
Figura 33	<i>Modelado del objeto 3D cesta</i>	72
Figura 34	<i>Texturizado del objeto 3D cesta.</i>	72
Figura 35	<i>Modelado del objeto 3D lanzador de balón.</i>	73
Figura 36	<i>Texturizado del objeto 3D lanzador de balón.</i>	73
Figura 37	<i>Modelado del objeto 3D bloque de arbustos.</i>	74
Figura 38	<i>Texturizado del objeto 3D bloque de arbustos.</i>	74
Figura 39	<i>Modelado del objeto 3D moneda</i>	75
Figura 40	<i>Texturizado del objeto 3D moneda.</i>	75
Figura 41	<i>Configuración de la tarea virtual 1</i>	76
Figura 42	<i>Diseño de los entornos virtuales y de la tarea</i>	77
Figura 43	<i>Diagramas de Casos de uso (Administrador)</i>	79
Figura 44	<i>Diagramas de Casos de uso (Médico Especialista)</i>	80
Figura 45	<i>Diagrama de Casos de Uso (Participante)</i>	80
Figura 46	<i>Entorno de Adaptación</i>	88
Figura 47	<i>Entorno de Entrenamiento</i>	89
Figura 48	<i>Entorno de Evaluación</i>	90
Figura 49	<i>Terreno modelado</i>	91
Figura 50	<i>Puente</i>	92
Figura 51	<i>Hummer Modelado</i>	93
Figura 52	<i>Cabina interna del Hummer Modelada y Texturizada</i>	93
Figura 53	<i>Carretera Modelada y Texturizada</i>	94
Figura 54	<i>Carta con número inspirada en el Test de Ishihara</i>	95
Figura 55	<i>Volantes y Guantes modelados y texturizados</i>	96
Figura 56	<i>Modelado de los objetos 3D</i>	98
Figura 57	<i>Integración de Dispositivos</i>	99
Figura 58	<i>Protocolo de pruebas para cada tarea</i>	100
Figura 59	<i>Firma del consentimiento informado por parte del participante</i>	102
Figura 60	<i>Indicaciones sobre el uso de los dispositivos de inmersión.</i>	103
Figura 61	<i>Colocación de cascos, indicación de volante y pedales</i>	104
Figura 62	<i>Participante realizando tarea virtual</i>	104
Figura 63	<i>Resultados del cuestionario de mareo aplicado antes y después de las tareas virtuales</i>	106
Figura 64	<i>Resultados de las preguntas de Usabilidad -Tarea virtual 1</i>	108
Figura 65	<i>Resultados de las preguntas de Usabilidad- Tarea virtual 2</i>	108

Resumen

La visión es una de las cualidades que debe poseer un piloto para su desempeño. Las deficiencias visuales relacionadas con la percepción de profundidad y de color son factores humanos que pueden influir en la seguridad aérea. En tal sentido, este trabajo presenta el desarrollo de una herramienta tecnológica que permite evaluar la percepción de profundidad y de color. Para su desarrollo se utilizó Unity, Blender, MySQL y se aplicó la metodología de Fencott. Para facilitar la inmersión, visualización e interacción del usuario en primera persona, se utilizaron dispositivos de realidad virtual. Se diseñaron dos tareas virtuales que incluyen tres fases, cuatro entornos y varios objetos 3D. Cada tarea permite evaluar las capacidades visuales definidas, visión de profundidad y de color. Las fases de la tarea 1 son adaptación, evaluación1 y evaluación2. Las fases de la tarea 2 son habituación, entrenamiento y evaluación. Se realizaron pruebas del aplicativo cumpliendo el protocolo de validación y de bioseguridad. La puntuación global que los participantes dieron a la percepción, interacción y satisfacción fue de 4.93/5. Esto evidencia que los entornos y sus componentes propiciaron movimientos y sensaciones realistas al momento de realizar cada tarea virtual. Los resultados sugieren que el software desarrollado podría ser una herramienta complementaria en el proceso de evaluación visual durante la selección de aspirantes a pilotos.

Palabras claves:

- **EVALUACIÓN VISUAL**
- **PERCEPCIÓN DE COLOR**
- **PERCEPCIÓN DE PROFUNDIDAD**
- **REALIDAD VIRTUAL**

Abstract

Vision is one of the qualities that a pilot must possess for his performance. Visual deficiencies related to depth and color perception are human factors that can influence air safety. In this sense, this work presents the development of a technological tool that allows the evaluation of depth and color perception. Unity, Blender, MySQL and Fencott's methodology were used for its development. To facilitate the immersion, visualization and interaction of the user in first person, virtual reality devices were used. Two virtual tasks were designed including three phases, four environments and several 3D objects. Each task allows the assessment of defined visual abilities, depth vision and color vision. The phases of task 1 are adaptation, evaluation1 and evaluation2. The phases of task 2 are habituation, training and evaluation. The application was tested in compliance with the validation and biosafety protocol. The overall score given by the participants to perception, interaction and satisfaction was 4.93/5. This shows that the environments and their components provided realistic movements and sensations when performing each virtual task. The results suggest that the software developed could be a complementary tool in the visual assessment process during the selection of aspiring pilots.

Keywords:

- **VISUAL ASSESSMENT**
- **COLOR PERCEPTION**
- **DEPTH PERCEPTION**
- **VIRTUAL REALITY**

Capítulo I

Introducción

En este capítulo se realiza la descripción de antecedentes, problema y alcance del proyecto; temáticas que permitieron obtener una comprensión general del tema que aborda la presente investigación.

Antecedentes

En el ámbito de la Aeronáutica es necesario un conjunto de habilidades y cualidades fisiológicas, psicológicas y oftalmológicas. Dentro de estas cualidades, la visión es fundamental para el desempeño de un piloto de aviación. Pilotar una aeronave requiere la ejecución de tareas de alta complejidad, los pilotos a menudo deben tomar decisiones con relación a un gran número de estímulos visuales que demandan altos niveles de atención del sistema visual, por lo que es necesaria la comprensión y la evaluación de dichas cualidades visuales. Se utilizan equipos tecnológicos, pruebas visuales tradicionales y diversas experimentaciones para evaluar el desempeño del sistema visual, la atención empleada en ciertas tareas, la influencia de la experticia y los factores externos que pueden afectar al rendimiento del piloto (Brockmole & Henderson, 2006; Henderson & Castelhana, 2003; Itti & Koch, 2000).

Los requisitos visuales que se deben cumplir para pilotar aeronaves abordan una serie de aspectos y cualidades de la visión como la agudeza visual dinámica, la amplitud de campo visual, la visión de profundidad, la visión normal de los colores, la adaptación rápida a la luz y a la oscuridad.

Las deficiencias visuales relacionadas con la percepción de profundidad y de color son factores humanos que pueden influir en la seguridad de ciertas actividades cotidianas y profesionales. Estas capacidades visuales confieren beneficios funcionales

en el desarrollo de algunas tareas como la coordinación ojo-mano, pilotar un avión, aparcar un vehículo, y/o distinguir el color de los objetos entre el rojo, el verde y el azul.

Los especialistas en oftalmología y aeronáutica en conjunto se han interesado en el desarrollo de estudios experimentales en el ámbito de la percepción de profundidad y la visión cromática. La percepción de profundidad es una cualidad que proporciona el sentido de la estereopsis en distancias cortas, variación del tamaño y la perspectiva de la pista. La visión cromática es un factor importante ya que permite distinguir el color de los objetos entre el rojo, el verde y el azul. La deficiencia en este factor podría causar hipoxia, dificultad en la visión de infrarrojos, visores y pantallas que se utilizan en operaciones militares. Esto dificulta la sensibilidad al contraste sobre todo en condiciones de baja luminosidad, visión nocturna, luces intensas y luces de cabina y del exterior.

Los avances tecnológicos, el uso de sistemas inmersivos, el desarrollo de nuevas aplicaciones contribuye en la mejora de los procesos de evaluación visual. Sin embargo, hasta donde se ha podido conocer no se disponen de aplicaciones informáticas que contribuyan en el proceso de evaluación visual de forma integral al personal de aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas.

Ante la necesidad identificada y con el fin de contribuir en el desarrollo de un proyecto de investigación liderado por el Departamento de Ciencias de la Computación en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en coordinación con el Hospital de Especialidades de FF.AA. Nro. 1 y el Centro de Investigación de Aplicaciones Militares CICTE, se propone el presente trabajo de graduación. Dicha contribución consiste en el desarrollo de una herramienta tecnológica interactiva e inmersiva para evaluar la percepción de profundidad y de color.

Planteamiento del problema

En general la población podría tener deficiencias en sus capacidades visuales, las cuales confieren beneficios funcionales en el desarrollo de diferentes tareas cotidianas y profesionales. Algunas de esas tareas son la coordinación ojo-mano cuando vertemos agua en un vaso, pilotar un avión, aparcar un vehículo, y/o distinguir el color de los objetos entre el rojo, el verde y el azul, entre otras. Dichas deficiencias son formas generalizadas de discapacidad visual, en humanos afecta al 8% de los hombres y al menos el 0.5% en las mujeres (Deeb S., 2005).

En Aeronáutica la percepción visual es especialmente útil durante el aterrizaje, el piloto evalúa cada momento el rumbo, la altura, la potencia de motores y la distancia a la que se encuentra del punto de aterrizaje. Además, aunque disponga de las mejores ayudas instrumentales en el avión, hay un momento en el que el piloto debe pasar de observar instrumentos a un reconocimiento visual de la pista para efectuar el aterrizaje en condiciones óptimas y seguras. Entonces, durante este cambio se pueden producir errores de percepción por diversos factores que pueden interferir y condicionar la seguridad del vuelo debido.

Respecto a la visión cromática en aviación es un requisito necesario ya que el color se utiliza en las señales identificativas en las aeronaves (luz roja, verde, blanca y un flash de luz anticolidión), balizas de pista (tonalidades rojo, verde, blanco, azul y anaranjado), instrumentos y cartas de navegación aérea. Las deficiencias en la percepción de los colores rojo-verde es un proceso hereditario y que suele afectar más a la población masculina con un 8% respecto al 0.5% de la población femenina. Por tanto, es necesario evaluar este factor en los aspirantes a pilotos y así mitigar errores humanos al momento de pilotar una aeronave.

Los factores humanos contribuyen en un 70% a la causa de los accidentes de aviación a nivel mundial (Sánchez, 2010). Estas estadísticas muestran que es prioritario realizar estudios experimentales y/o investigación en este campo. Por lo que en trabajos relacionados con la aviación y sus factores humanos se han integrado varias ciencias como la salud, humanas, tecnológicas y seguridad, entre otras.

El concepto salud en aviación es de particular importancia ya que se trata del factor humano y de la seguridad aérea como parte de un proceso productivo y complejo. Muchos aspirantes a pilotos cumplen con los parámetros de evaluación psicofísica, psicológica, sin embargo, no siempre se evalúan las cualidades visuales que se deben cumplir para pilotar aeronaves.

En este contexto, se han realizado reuniones con los médicos especialistas del Hospital de Especialidades de FF.AA. Nro. 1, y se ha podido conocer que, las Fuerzas Armadas del Ecuador no disponen de un sistema para realizar las diferentes pruebas visuales que utilicen dispositivos de realidad virtual y de interacción encaminadas a determinar si un aspirante es apto visualmente para ingresar en una de las escuelas de aviación.

Además, se requiere disponer de un protocolo que incluya evaluaciones visuales en los aspirantes a pilotos utilizando nuevas técnicas y novedosas herramientas tecnológicas que permita evaluar la percepción de profundidad y de color en el personal militar.

Las consecuencias de no usar estas técnicas para poder evaluar en la selección de pilotos afectan de manera directa tanto al piloto como a las Fuerzas Armadas del Ecuador, debido a que durante 3 años no se hacen pruebas especializadas con respecto a la evaluación visual, pero al pase del cuarto año se evalúan ciertas pruebas

que serán implementadas en nuestro prototipo para conocer si el aspirante es apto desde el comienzo de su reclutamiento. Se puede apreciar que existe un beneficio económico y personal para que el aspirante pueda conocer su estado al momento de sus pruebas.

Es por ello que, el presente trabajo de titulación, muestra el desarrollo de una herramienta tecnológica inmersiva e interactiva para evaluar las deficiencias visuales de profundidad y color de los aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas del Ecuador. La herramienta contribuirá en el proceso de selección y evaluación de los candidatos a pilotos en las escuelas de aviación.

Justificación

Los resultados de la investigación en accidentes aéreos, las nuevas exigencias del rol de los pilotos y la tecnología utilizada han generado un cambio gradual en los procesos aeronáuticos. Los factores humanos son cada vez más relevantes en los estudios y procesos de selección en aspirantes a pilotos y en pilotos, por supuesto sin descuidar los aspectos técnicos de operación de vuelo.

Los factores humanos incluyen el estudio de las características personales de los pilotos, cualidades visuales, auditivas, cognitivas, entre otros, por lo que varios especialistas de salud y aeronáutica trabajan en los procesos de selección en forma multidisciplinaria.

Realizar vuelos con alteraciones físicas, deficiencias visuales, cognitivas o psíquicas predispone a diversos trastornos sensoriales, por lo que es necesario desarrollar nuevos estudios que permitan comprender y explicar el factor humano en la aviación. Además, es necesario mejorar los procesos de selección, control y entrenamiento en las escuelas de aviación del país.

El desarrollo de sistemas de Realidad Virtual (RV) permiten generar entornos con escenas y objetos de apariencia real, logrando que el usuario tenga una gran sensación de inmersión e interacción. Además, la RV permite evaluar problemas congénitos mediante entornos con tareas personalizadas avaladas por expertos y especialistas.

Es importante mencionar que los sistemas de evaluación de deficiencias visuales han ido evolucionando junto con la aparición de nuevas tendencias tecnológicas de inmersión virtual, lo que ha permitido que varias instituciones no solo del sector militar, cuenten con la implementación de este tipo de sistemas de evaluación.

En este sentido, y como parte de un proyecto de investigación que lidera el Departamento de Ciencias de la Computación se propone contribuir con el desarrollo de una herramienta tecnológica que permita evaluar la percepción visual de profundidad y de color en aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas.

Además, el desarrollo de este prototipo de software contribuirá en la mejora del proceso de selección de aspirantes a pilotos y permitirá disponer de una herramienta tecnológica de apoyo a la toma de decisiones de los médicos especialistas en aviación y mitigar los posibles accidentes aéreos que se puedan ocasionar en el cumplimiento de sus funciones operativas y tácticas.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un prototipo de software para evaluar la percepción visual de profundidad y de color en aspirantes a pilotos de las Fuerzas Armadas, utilizando Realidad Virtual.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio para conocer e identificar las pruebas visuales tradicionales y tecnológicas que se aplican para evaluar e identificar deficiencias visuales.
- Implementar un prototipo de software inmersivo e interactivo para evaluar la percepción visual de profundidad y de color, mediante la construcción de componentes con tecnología de realidad virtual y en base a la metodología de desarrollo propuesta por Fencott.
- Definir el protocolo de validación mediante los casos de estudio seleccionados por los especialistas para evaluar el aplicativo desarrollado.

Alcance

Para lograr los objetivos, se realizó un estudio preliminar de la literatura para conocer acerca de las herramientas tecnológicas, técnicas, pruebas y metodologías aplicadas para la evaluación de la percepción visual de profundidad y de color.

Se realizaron reuniones con los investigadores del proyecto y especialistas del Hospital de Especialidades Nro.1 de Fuerzas Armadas con el fin de conocer a detalle todas las técnicas que se aplican en este tipo de evaluaciones visuales durante el proceso de selección de aspirantes a pilotos previo al ingreso a las escuelas de aviación. Las reuniones de trabajo también permiten afinar los requerimientos del sistema y definir la tarea virtual que los participantes realizarán mientras son evaluados.

En este trabajo se propuso desarrollar una herramienta tecnológica para evaluar la percepción visual de profundidad y de color. Se utilizará la tecnología de Realidad Virtual y diferentes dispositivos de visualización e interacción.

El desarrollo del módulo para la evaluación de la percepción visual de profundidad incluirá tres entornos virtuales: habituación, aprendizaje y prueba. Cada

entorno incluyó los componentes y objetos en 3D acordados con los especialistas. Los Objetos serán modelados en Blender. Los entornos serán configurados y programados con Unity, JavaScript, C# y los SDKs que cada dispositivo utilice. Los objetos 3D fundamentales en los entornos serán: balones, manos del participante, cancha, área de pruebas, entorno de un laberinto. Se realiza el seguimiento de los desplazamientos de los participantes durante el desarrollo de la tarea virtual.

El desarrollo del módulo para la evaluación de la percepción visual de color dispondrá de tres entornos virtuales: adaptación, entrenamiento y evaluación. Cada entorno integrará los componentes y objetos en 3D acordados con los especialistas. Los Objetos serán modelados y texturizados en Blender. Los entornos serán configurados y programados con Unity, JavaScript y C#. Los objetos 3D fundamentales en los entornos serán: camino, paisaje, manos del participante, vehículo interno y externo, números con escala monocromática. Se integran instrucciones por medio de audios y se graban las respuestas de los participantes.

En cada módulo o tarea se integran diferentes dispositivos de visualización e interacción. La disponibilidad de los dispositivos permitirá realizar varias pruebas de integración y determinar los más idóneos de acuerdo a los requerimientos, calidad y precisión en las tareas que realizan los participantes y acorde al tipo de prueba visual que se realice.

Se programarán las tareas virtuales interactivas que los aspirantes a pilotos deben realizar en los entornos virtuales y en cada prueba visual, aprobadas previamente por los médicos especialistas.

Se crea un repositorio de datos para registrar los datos personales de los aspirantes a pilotos, y se implementa una interfaz para seleccionar el tipo de prueba

visual que se realiza. Los datos de la evaluación de cada prueba son registrados y guardados, el tiempo, aciertos y errores, objetos atrapados, objetos vistos, y otros que se definan o consideren los especialistas.

Para validar el prototipo se realizaron las pruebas con personal militar. Se aplicaron los respectivos protocolos de validación, firmaron los consentimientos informados para el estudio experimental.

Finalmente, se analizan los resultados obtenidos en el estudio basados en la percepción del usuario respecto de la usabilidad, interacción y satisfacción.

Hipótesis

El uso de un sistema inmersivo e interactivo permitirá evaluar la percepción visual de profundidad y de color en el personal de aspirantes a pilotos como apoyo al proceso de selección para el ingreso a las escuelas de aviación de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

Capítulo II

Marco Teórico

En este capítulo, se describen los fundamentos teóricos en los que se basa el desarrollo del proyecto.

Realidad Virtual

La realidad virtual es un entorno que contiene objetos o escenas que aparentan ser reales a través de un ordenador, el cual simula la realidad mediante el uso de dispositivos interactivos, estos a su vez, utilizan actuadores y sensores con el objetivo de captar y envían información constante. Todos estos elementos, permiten que el usuario pueda vivir una experiencia sensorial de inmersión dentro de un entorno artificial (sentir que el ambiente que se ha creado intencionalmente es la realidad) (Ordóñez, 2020). Es por esta razón, que la realidad virtual, requiere de soportes tecnológicos que estén en la capacidad de apartar al usuario del mundo real. Dichos dispositivos interactivos suelen ser cascos o gafas de realidad virtual, los cuales se mencionarán con mayor detalle más adelante.

Por lo tanto, y a pesar de que no existe una única definición sobre lo que es la Realidad Virtual, se puede decir que es un entorno que da la sensación y la apariencia de ser real (replicando un entorno real o imaginario). Dependiendo de cada caso en particular y de las necesidades que se requieran, se puede elegir si la Realidad Virtual es interactiva e inmersa o no. Estudios recientes han indicado que la implementación de la tecnología de realidad virtual (VR) en la simulación de conducción ha aumentado drásticamente. Además de este dominio, las aplicaciones de realidad virtual también se aplican con fines clínicos, educativos y de investigación. Estudios recientes que utilizan la realidad virtual han demostrado aumentos en la capacidad de respuesta, la inmersión,

la interactividad y la accesibilidad. El realismo se puede apreciar con diversas condiciones climáticas.

En esta investigación (Salomoni, 2016) menciona que se han identificado un conjunto de distintas interacciones en el uso de Realidad Virtual a través de las cuales se puede evaluar el sentido de presencia e interacción:

- Presencia espacial, es la sensación de estar localizado físicamente en un ámbito virtual. Se puede conseguir por medio de dispositivos de renderizado de alta fidelidad.
- Auto presencia, el usuario y su avatar dentro el entorno virtual son uno mismo. A diferencia de la presencia espacial esto se puede conseguir comúnmente dando a cada jugador un cuerpo virtual y se le permite desplazarse y hacer actividades de manera natural.
- Presencia social, el usuario observa y siente la presencia de otros usuarios virtuales se logra mediante métodos que permitan a los jugadores interactuar entre sí, tener apariencias diferentes y distintas, y moverse y comportarse de manera diferente entre sí.
- La interacción no inmersiva puede mostrar objetos y entornos virtuales que no tienen una interacción directa con el usuario (Tsyktor, 2019).
- La interacción semi-inmersiva combina los objetos y entornos virtuales con elementos reales. Su concentración se basa en el usuario, pero solo tiene una experiencia visual, más no involucra movimientos físicos por parte del usuario. (VRS, 2017).
- La interacción inmersiva requiere de mucho esfuerzo y trabajo, además de ser costosa, este tipo de tecnología brinda al usuario una experiencia del mundo real

dentro del mundo virtual mediante la integración de las reacciones del usuario dentro del mundo virtual junto con la implementación de sensores, cascos, guantes, conectores, computadores con infraestructura gamer. (Rubio, G rtrudix, & García, 2017).

Según Fuchs, la sensación de estar dentro del entorno virtual se puede obtener mediante la eliminación de estímulos externos que provienen del mundo real para después, ser reemplazados por estímulos que son el resultado de la creación del entorno virtual (2006). Es por esta razón, que mientras más estímulos sean diseñados en un dispositivo de realidad virtual mayor será la experiencia de inmersión.

Dispositivos de Realidad Virtual

- **Oculus Rift**

Estas gafas de Realidad Virtual crean un efecto 3D estereoscópico ya que se basa en un par de pantallas que proyectan dos imágenes a través de las lentes de un visor. Tiene un sistema de seguimiento puede rastrear todos los movimientos del jugador y ajusta la imagen 3D proyectada en consecuencia (Salomoni, 2016).

- **HTC Vive**

Los auriculares HTC Vive son unos auriculares avanzados que cuentan con unas características técnicas similares a las Oculus Rift, en cuanto a resolución, calidad de imagen y requisitos. Brinda la experiencia room-state, permiti ndo moverse libremente e interactuar con el entorno virtual, ya que cuenta con sensores láser Lighthouse.

- **Samsung Gear VR**

Estas gafas son de la marca Samsung trabaja de una manera óptima con los dispositivos de la misma línea, funciona con Oculus y necesita un dispositivo de smartphone para alimentarlo (Rodríguez, 2017).

- **Google Cardboard**

(mrcardboard, 2015) dice que es un visor no tan complejo donde los usuarios insertan sus teléfonos, teniendo como limitaciones que solo acepta pantallas de 6 pulgadas y funciona con la mayoría de los lentes.

- **Oculus Rift DK2**

Oculus Rift DK2, es un casco de realidad virtual, el cual cumple la función de un dispositivo que posee entrada y salida. Su funcionamiento es el siguiente: selecciona entradas tanto de la cámara infrarroja externa como de sus sensores internos después, las envía a un ordenador y posteriormente se crea una escena 3D que el usuario podrá observar (Oculus Rift DK2, 2015). Su resolución es de 1920×1080, por lo que resultando en una resolución efectiva de 960×1080 por ojo. Estos dos efectos permiten generar una imagen de mapa esférico para cada ojo, creando un efecto 3D estereoscópico. El monitor de sensores integrados sigue los movimientos de la cabeza del usuario y ajusta la imagen en consecuencia.

- **Treadmills and Haptic Gloves**

La inmersión de la cinta de correr es sorprendente, ya que el usuario puede experimentar la RV de forma más realista, puede correr, caminar, saltar, realizar giros completos, realizar actividad física mientras realiza tareas virtuales. Los guantes con tecnología háptica permiten al usuario moverse libremente a través de los diferentes entornos virtuales, y proporcionan vibraciones táctiles mientras el participante interactúa (Rougeau, 2015).

- **Feelreal Multisensory VR Mask**

Feelreal es una máscara multisensorial que, muestra un hiperrealismo, debido a que no solo la audición envolvente brinda una experiencia única, sino que puede incluir

olores, cambios de temperatura, vibración, neblina, viento, por lo que se activarán todos tus sentidos mientras realizas tareas virtuales (Wilson, 2021).

- **Hand and Foot Motion Controllers**

Este controlador es útil para personas discapacitadas o que tuvieron problemas desde el nacimiento, así como accidentes o el síndrome de túnel carpiano. Este dispositivo emite impulsos eléctricos interactuando con el sistema de RV con los dedos de las manos logrando hacer sentir al participante físicamente completo. También el controlador de los pies logra ejecutar los movimientos de los dedos de los pies, con el apoyo de la tecnología háptica (3drudder, 2018).

- **Virtual Reality Chairs**

Esta silla de RV es única, ya que ayuda al participante a aliviar náuseas y conecta al participante con sus movimientos dentro de los entornos virtuales. Se logra vivir una experiencia virtual independiente y placentera con el equipamiento que brinda esta silla, ya que está diseñada para garantizar una experiencia única de realismo virtual (Vitruix, 2021).

- **Leap Motion Controller**

Leap Motion Controller, es una interfaz de entrada que se controla a través de gestos manuales, este dispositivo se basa en un sistema de seguimiento óptico (Leap Motion Controller, 2015).

Características:

- Tiene una superficie interna de 24 cm².
- El controlador posee 2 cámaras infrarrojas y 3 emisores de luz infrarroja (esto permite el rastreo al mismo tiempo de los 10 dedos de un ser humano).
- Detecta con una gran precisión la posición de cada una de las puntas de los dedos con una medida de 0,01 mm aproximadamente.

- Posee una velocidad de fotogramas de 300 fps, lo que significa que tiene una gran precisión en la detección de movimiento (en la actualidad ninguna cámara iguala o supera esta característica).

Factores Humanos en Aeronáutica

Los factores humanos influyen de manera directa en los aciertos o errores que cometen las personas en ambientes de trabajo, en el caso de los pilotos dentro de la cabina del avión; las habilidades y destrezas se deben evaluar, entrenar, y registrar para garantizar la seguridad de la tripulación.

Por otro lado, la relación entre las personas y las máquinas junto con los procesos de operatividad de los sistemas se deben lograr de acuerdo a los comportamientos eficientes entre el hombre y la máquina, generando respuestas óptimas y positivas dentro de los ambientes laborales.

Para garantizar que el hombre y máquina tengan una combinación ideal, se debe tener en cuenta las siguientes características:

- **Eficiencia:** Se logran resultados sin el exceso del esfuerzo.
- **Seguridad Operacional:** Disminuir los riesgos a los que se está expuesto dentro del ambiente laboral.
- **Comodidad y aceptabilidad:** Dentro del ambiente laboral se debe adaptar y ser flexible al cambio.

Los factores humanos se clasifican en Actuación Humana y las Relaciones Humanas. Dentro de la Actuación Humana se incluyen todos los factores físicos que afectan el proceder de las personas, pueden ser factores ambientales, individuales, lesiones o patologías y enfermedades.

Asimismo, los rasgos de la personalidad interfieren en el comportamiento de las personas, son más difíciles de entender, por ejemplo: la percepción humana trata de evaluar y entender el entorno que lo rodea, pero es vulnerable a las percepciones visuales. un piloto debe entender cómo se produce la percepción visual de profundidad y como afectan ciertos factores en su desempeño laboral. Las características visuales más comunes son: perspectiva lineal, claridad, interposición y el movimiento.

Además, un piloto, debe tener en cuenta otros factores importantes que afectan de forma directa en su rendimiento, estos son: Motivación y satisfacción en el trabajo, emoción, complacencia y autodisciplina (Reason, 2000).

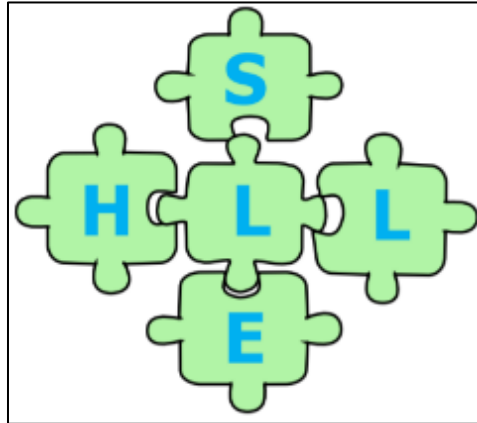
Factores Humanos

El estudio de los factores humanos dentro de la ciencia aplicada, se encarga de resolver problemas del mundo real, de manera práctica. Dentro de este campo se encuentran dos modelos: Modelo Shell y Modelo Reason.

Figura 1

Modelo SHELL

El modelo Shell comprende la interrelación e interacción de 5 factores claves, que presentan un desajuste cuando se interconectan, demostrando que existen ambigüedades o errores que se deben evaluar, entrenar y corregir, a continuación, se los define como:



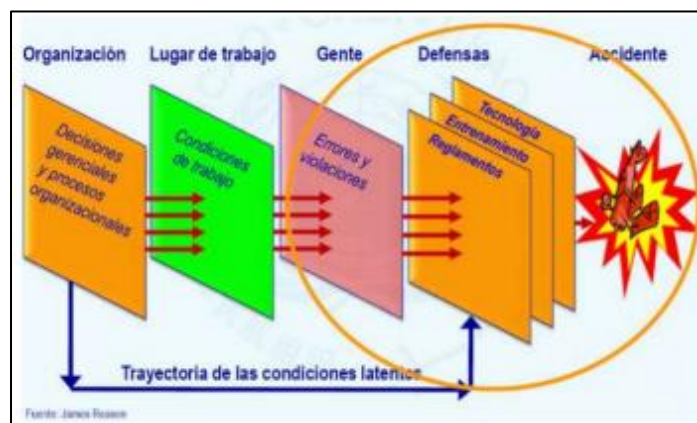
Nota. Modelo SHELL. Adaptado de “Human Factors in Flight By FRANK H. HAWKINS.”, de Taylor & Francis Group, 2021, Aeronautics docs (<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781351218580/human-factors-flight-frank-hawkins-harry-orlady>).

- Software: Programación operativa.
- Hardware: Infraestructura de equipos de trabajo.
- Environment: Las condiciones internas y externas del entorno de trabajo.
- Liveware: la interacción con las personas de mi lugar de trabajo.
- Liveware (central): yo.

Figura 2

Modelo Reason

El modelo reason o también conocido como el modelo de queso suizo, engloba las principales causantes de los problemas más profundos dentro del sistema. Interpreta a los factores humanos como consecuencia de afectaciones de las variables del entorno de trabajo y como sus decisiones afectan en el rendimiento de los pilotos de acuerdo a la prevención de riesgos.



Nota. Modelo Reason. Adaptado de "Human error: models and management." de PMC, 2021, PMC Journals (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1117770/>).

Aunque, los errores pueden ser concebidos por las personas o errores dentro de los mecanismos del sistema, y este sea inevitable, se debe desarrollar conocimientos y competencias dentro de sistemas tolerantes al fallo, se debe detectar los peligros a los que los pilotos están expuestos y capturar esos errores para promover su aprendizaje y evaluar su comportamiento y desempeño humano frente a la toma de decisiones, dentro de una cabina de vuelo (Reason, 2000).

Requisitos Visuales

Los requisitos visuales fueron creados con el objetivo de identificar posibles trastornos oftalmológicos que: Imposibiliten al personal ejercer una práctica segura debido una deficiencia en la visión binocular o funciones de uno o ambos ojos, los cuales son primordiales para ejercer la profesión de aviador; Impidan al personal ejercer una práctica segura debido a un intento de corregir alguna enfermedad oftalmológica por medio de tratamientos realizados con anterioridad (Dirección General de Aviación, 2012).

Por tal motivo, se realizará una exploración médica minuciosa de la visión, utilizando métodos efectivos que tomen en cuenta lo previamente mencionado, con la finalidad de que exista confianza en las pruebas.

Antes de realizar las evaluaciones de agudeza visual se deberá tener las siguientes precauciones. Primero, las evaluaciones deben ser realizadas en un espacio con una iluminación propia de una oficina (30-60 cd/m²). Segundo, el nivel de agudeza visual será medida a través de opto-tipos, los cuales serán ubicados a una distancia prudencial teniendo en cuenta el método de prueba que se ha utilizado (Dirección General de Aviación, 2012).

Existen requisitos de percepción de colores en aeronáutica, dichos requisitos según la Dirección General de Aviación (2012) son útiles para:

- Identificar la percepción del participante a un color pigmentario, el cual es fundamental en el día, así como el creado en fuentes lumínicas, el cual es esenciales en la tarde y noche. Es en este punto, en que el personal aeronáutico debe ejercer sus atribuciones de manera precisa e infalible.
- En el caso de existir una percepción cromática anómala, se tendrá que identificar si sus causas son adquiridas o congénitas, pues esta puede ser el resultado de otra patología o trastorno subyacente.
- Indagar y definir el diagnóstico y la gravedad de los posibles trastornos adquiridos o heredados de la visión cromática, para después, determinar un pronóstico neuro-oftalmológico.

Para la percepción de colores se realizará una exploración médica, la cual utilizará métodos cuantitativos y cualitativos que sean garantes de seguridad en las pruebas (Dirección General de Aviación, 2012). Además:

- El postulante debe demostrar que está en la capacidad de diferenciar con facilidad los colores del entorno de trabajo y de su equipamiento, esta percepción es indispensable para ejecutar tareas específicas con seguridad y confianza.
- El postulante se someterá a una evaluación en relación a su capacidad de reconocer con rapidez e inequívocamente un seriado de tablas pseudoisocromáticas, esta puede ser con luz natural del día o de manera artificial con luz que contenga la misma intensidad de color.
- El postulante que logre alcanzar un resultado satisfactorio según las condiciones previamente establecidas tanto en las guías de uso de tablas, como aceptadas por la AAC otorgadora de licencias, será declarado apto para el trabajo.
- Por lo contrario, el aspirante que no logre alcanzar un resultado óptimo, será notificado y declarado como no apto para el puesto. La única excepción que existirá, será si el aspirante logra reconocer con rapidez los colores que se usaron tanto en la navegación aérea como en los elementos pigmentarios y las luces utilizadas en la aviación.
- El aspirante que no logre cumplir con los criterios establecidos con anterioridad, tendrá que someterse a exámenes neuro oftalmológicos con el objetivo de desechar posibles patologías en la retina o de la vía óptica. Una vez obtenida la información acerca del tipo, origen y grado de su anomalía cromática por medio de exámenes avalados por la ACC. El aspirante podrá

obtener dos tipos de certificado médico aeronáutico, el primero es de Clase 2, dicho certificado implica que el aspirante podrá ejercer sus funciones exclusivamente en horas de la mañana, y el segundo es de Clase 3, este es exclusivo para licencias de pilotos a distancia.

El aspirante deberá utilizar gafas de un color gris neutro no polarizadas durante la ejecución para la habilitación de la licencia, con el objetivo de no crear una alteración cromática.

La diferenciación cromática de las luces intermitentes y continuas al igual que la de los colores pigmentarios pronunciadas en aviación, deberán tener en cuenta necesariamente los siguientes colores: blanco, negro, gris, rojo, amarillo, azul, verde, café, ámbar y azul violeta.

El objetivo del examen oftalmológico según la Dirección General de Aviación (2012), es identificar y reconocer si el aspirante posee una capacidad visual uni y binocular que esté dentro de los parámetros aceptados, lo que implica la inexistencia de patologías relevantes que interfieran en el cumplimiento adecuado de tareas en la aviación.

- Si el aspirante posee un defecto de refracción elevado, deberá usar lentes de contacto o a su vez gafas con lentes con un índice de refracción alto; sin embargo, está terminantemente prohibido que, con la finalidad de subsanar la visión, el aspirante use gafas con lentes en el mismo ojo que ya tiene un lente de contacto.
- En el caso de que el aspirante posea una agudeza visual lejana menor de seis sobre sesenta (6/60) sin modificaciones en cualquiera de los ojos, tendrá que presentar un informe oftalmológico completo satisfactorio previo a la

evaluación médica inicial y subsecuentemente un informe pasando 3 años. De ser necesario y dependiendo el caso (cuando el aspirante necesite correcciones cada vez más significativas para poseer una visión binocular de seis sobre seis), el examen deberá ser presentado una vez al año.

- Por otra parte, para que el aspirante pueda cumplir con el requisito de agudeza visual próxima (en el supuesto caso de que necesitara de una corrección visual) deberá comprobar que solo le hacen falta unos lentes bifocales o multifocales para leer el manual, los instrumentos o una carta que posea en su mano, además, tendrá que pasar la evaluación de visión lejana por medio del parabrisas con los lentes. Esto debido a que, la corrección de la visión próxima reduce la agudeza visual lejana, por lo tanto, si falla, el aspirante no será aceptado.
- El médico oftalmólogo deberá reportar con detalle si existe la presencia de: estereopsis reducida, la convergencia anormal sin interferencia en la visión próxima y el defecto de alineación ocular en el que la amplitud de fusión sea suficiente para prevenir la astenopia, la diplopía y la fatiga ocular, con el objetivo tomar las precauciones necesarias para garantizar la inexistencia de otros trastornos asociados a la visión y, en el caso de existir, no sea motivo obligatorio de descalificación.

Percepción visual del color

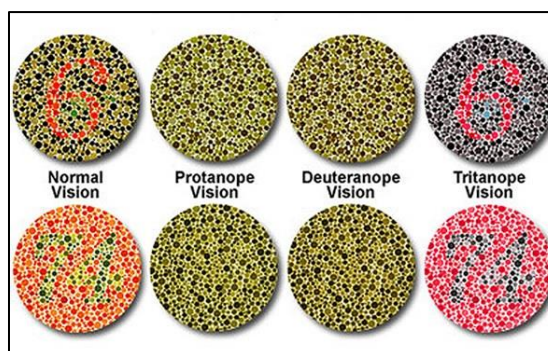
El daltonismo se clasifica en varios tipos según el daño del cono, siendo tritán para el azul, deután para el verde, protán para el rojo y tetartán para el amarillo (Hardy, 2002). A pesar de que el daltonismo es una de las formas más comunes y generalizadas de discapacidad visual en los seres humanos, afecta hasta el 8% de

todos los defectos de la visión del color en los hombres y al menos el 0,5% en las mujeres (Deeb, 2005).

Actualmente existen tres tipos de daltonismo: protanomalia, deuteranomalia y tritanomalia, dependiendo de la deficiencia en los conos L, M o S respectivamente. La dicromalía, es una deficiencia de color más intenso, está presente cuando uno de los tres tipos de conos está ausente. La monocromasia es más grave, pero el tipo más raro de daltonismo es la falta de todos los conos y solo la percepción de la variación del brillo (Zahiruddin, 2020).

Figura 3

Tipos de Daltonismo



Nota. Tipos de Daltonismo. Adaptado de “Acoustics, Speech, and Signal Processing” de IEEE International Conference, 2009, IEEE Journals (<https://www.computer.org/csdl/proceedings/icassp/2009/12OmNAkWva9>).

Los grupos se subdividen a su vez: las personas con visión de color normal y aquellas con Protanomalia, Deuteranomalia y Tritanomalia se denominan Trichumates, porque todos tienen los tres sistemas de conos, aunque algunos de ellos pueden ser débiles. Estos individuos pueden imitar artificialmente todos los colores mediante la mezcla aditiva de tres luces espectrales. Pero los tricromáticos anómalos, de una mezcla de verde (Ti 537 nm) y rojo (Li 671 nm), para obtener el amarillo (Na 589 nm), agregan, o un exceso de verde (Deuteranomaly = debilidad por el verde, que es el

trastorno más frecuente) o un exceso de rojo (Protanomalia = debilidad por el rojo). Es decir, estas personas no aceptan las mezclas de colores ajustadas para los tricromáticos normales. Resumiendo, Protanopia: es la falta de sensibilidad al color rojo. Protanomalia: es la percepción débil del color rojo. Deuteranopia: es la ceguera al color verde y Deuteranomalia: es la ceguera al color verde suave (Urtubia, 1999).

Test de Ishihara

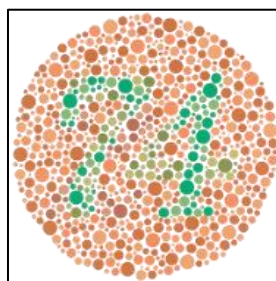
El test de Ishihara de 38 láminas está diseñado para suministrar una valoración rápida y exacta de la deficiencia congénita en la visión cromática. El Test de Ishihara fue creado por el Dr. Ishihara de Japón, en el año 1917. El test de Ishihara es uno de los métodos de diagnóstico más conocidos y aplicados para personas con problemas de discromatopsia "daltonismo". La prueba consta de 38 tarjetas, con puntos de colores, que muestran un determinado número o una ruta.

Descripción de las tarjetas

El número "74" debe ser claramente visible para las personas con visión normal. Las personas con anomalía de la tricromacia pueden leer "21", y las que tienen visión acromática no verán nada.

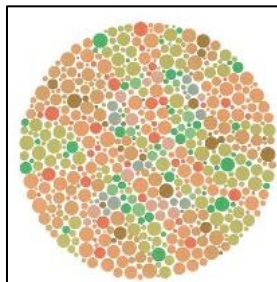
Figura 4

Tarjeta "74"



Nota. Número de tarjeta de color de Ishihara "74". Adaptado de ". The Global Health Bureau" de USAID, 2020, IEEE Journals

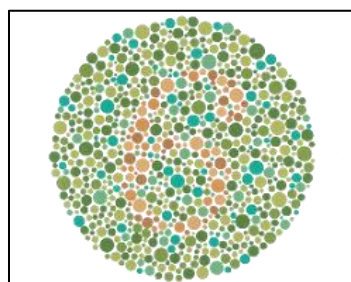
(https://www.challengeb.org/publications/tools/country/Ishihara_Tests.pdf.)

Figura 5*Tarjeta "2"*

Nota. Número de tarjeta de color de Ishihara "2". Adaptado de ". The Global Health Bureau" de USAID, 2020, IEEE Journals

(https://www.challengetb.org/publications/tools/country/Ishihara_Tests.pdf.)

En casos normales se lee el 2. La mayoría de los casos de deficiencias en la visión del color no pueden leerlo o leerlo incorrectamente (USAID, 2019). casos normales dice 6. Con deficiencias de daltonismo 5.

Figura 6*Tarjeta "6"*

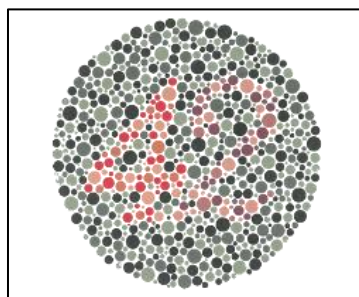
Nota. Número de tarjeta de color de Ishihara "6". Adaptado de ". The Global Health Bureau" de USAID, 2020, IEEE Journals

(https://www.challengetb.org/publications/tools/country/Ishihara_Tests.pdf.)

En casos normales dice 6. Con deficiencias de daltonismo 5.

Figura 7

Tarjeta "42"



Nota. Número de tarjeta de color de Ishihara "42". Adaptado de ". The Global Health Bureau" de USAID, 2020, IEEE Journals

(https://www.challengetb.org/publications/tools/country/Ishihara_Tests.pdf.)

Si ve 42, tiene una visión normal. Si solo ve 2, está ciego al rojo. Si solo ve 4, deficiencia color verde.

Interpretación de resultados. En la Tabla 1 se presenta la evaluación de la percepción visual del color, de acuerdo a las placas 1 a 21, determinando si el paciente presenta ciertas deficiencias o patologías visuales.

Tabla 1

Valoración de láminas de Ishihara.

Lámina	Normal	Deficiencia	Daltonismo
1	12	12	12
2	8	3	X
3	6	5	X
4	29	70	X
5	57	35	X
6	5	2	X
7	3	5	X
8	15	21	X
9	74	X	X
10	2	X	X
11	6	X	X
12	97	X	X
13	45	X	X
14	5	X	X
15	7	X	X

16	16	X	X
17	73	X	X
18	X	5	X
19	X	2	X
20	X	45	X
21	X	73	X

Percepción visual de profundidad

LANG Stereo-test

El test de Lang fue creado como una herramienta que permitiera valorar la presencia de estereopsis de forma sencilla en niños, esto debido a que no se requiere de artificios disociantes para observar en profundidad, aunque también se lo puede aplicar a adultos de diferentes edades. Lo valioso de este test es su combinación de dos elementos: las rejillas cilíndricas y los puntos al azar. Lo único que se debe hacer, es ubicar la lámina a 40 centímetros delante del paciente y si este posee una buena estereopsis podrá observar a simple vista cómo los dibujos que antes no se podían ver empiezan a flotar (GIMA, 2016).

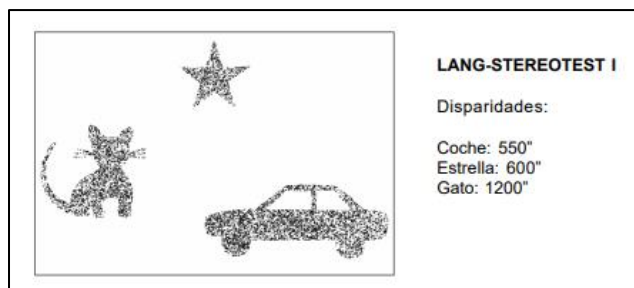
Dentro de este test, existen dos tipos de láminas/tarjetas, los cuales son:

- Test de Lang I: Esta lámina se encarga de medir la estereopsis gruesa.
- Test de Lang II: Esta lámina se encarga de medir la estereopsis fina debido a que los puntos que la componen son mucho más finos.

Para un mejor entendimiento, a continuación, se podrá observar ambas láminas, así como sus respectivas disparidades.

Figura 8

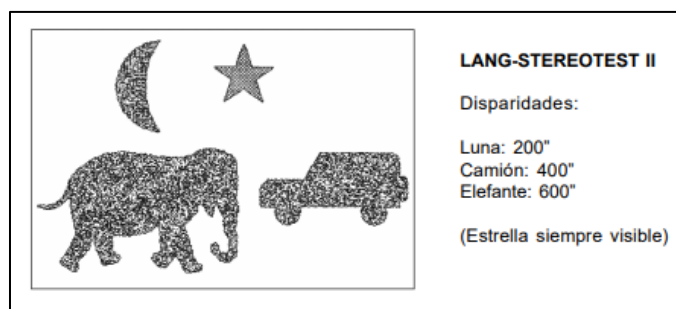
Lang-Stereotest I.



Nota. Reproducida de Lang-Stereotest I, GIMA, 2016, en Manual de Uso y Mantenimiento.

Figura 9

Lang-Stereotest II



Nota. Reproducida de Lang-Stereotest II, GIMA, 2016, en Manual de Uso y Mantenimiento.

Metodología de Desarrollo

La metodología propuesta por Fencott, 1999, ha sido seleccionada, en vista de que se utiliza para el diseño de sistemas de realidad virtual que incluyen entornos virtuales y objetos 3D. El enfoque incorpora los diferentes tipos de diagramas y modelos con la finalidad de construir y probar este tipo de sistemas. Las fases se visualizan en la Figura 10.

Figura 10*Metodología de Desarrollo*

A continuación, se describen las fases de la metodología:

Especificación de Requisitos

En esta fase se asimila al concepto de ingeniería de software ya que aquí se establece claramente el propósito describiendo las necesidades del usuario.

Modelo Conceptual

Se diseña el entorno virtual con sus respectivos elementos, componentes y objetos establecidos en la etapa de especificación de requisitos. También se elabora un diseño inicial.

Modelo Estructural

Se estructura el modelo gráfico a partir de los objetos en 3D con sus características perceptivas y sus interacciones. Se define el propósito de cada uno de los objetos 3D, componentes y tareas que servirán para evaluar al participante en el entorno virtual

Construcción

Se construyen los objetos 3D y el entorno virtual, además se integran dispositivos de visualización e interacción.

Mejora continua

En esta fase de mejora, se verifica, prueba y se corrige características de los elementos del entorno virtual incluyendo texturas, iluminación, sonido e interacciones.

Además, el desarrollo del entorno virtual no es secuencial; ya que se realizan pruebas constantemente para probar su funcionamiento.

Herramientas para el desarrollo

Software

Blender. es un software especializado para la construcción, edición y renderizado de modelos 3D, ideal para este estudio de investigación, ya que es posible obtener diseños de alta calidad con las herramientas presentadas en el programa (Davies, 2020).

Unity. Es un motor de juego multiplataforma desarrollado por Unity Technologies, a marzo de 2015. Casi el 90-95% de los desarrolladores de Oculus Rift VR y Oculus Rift S optan por desarrollar sus entornos, prototipos, escenarios y simuladores virtuales en Unity, ya que en esta plataforma dispone de herramientas necesarias para realizar cualquier tipo de simulación. Se pueden agregar scripts y mallas C # de forma ágil, los mismos que sirven para agregar los comportamientos de nuestros objetos renderizados. Además, los atributos se pueden modificar de forma eficaz para adaptarse a las necesidades de nuestro simulador virtual. En este caso, el simulador realizado para personal militar de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas ha sido desarrollado sobre la plataforma Unity, logrando crear ambientes que cumplan con el objetivo fundamental de realizar pruebas visuales (Carmack, 2015).

MySQL Workbench. Es una herramienta de base de datos que permite modelar los datos, integra herramientas de administración para la configuración del servidor, así como configuración de la seguridad y administración de usuario. Está disponible en los sistemas operativos de Windows, Linux y Mac OS X (Oracle, 2020).

Power Designer. Es una herramienta para la creación de diagramas conceptuales, lógicos y físicos para el diseño de bases de datos, se generan los modelos relaciones de acuerdo a la lógica del negocio. Además, en Power Designer permite la creación de scripts de bases de datos que funciona con varios sistemas de administración y que permiten generar informes de análisis de impacto. (DataONE, 2019).

Hardware

Computadoras

El desarrollo del trabajo se realizó en computadoras que tuvieron las siguientes características, Procesador Core i9, memoria RAM de 16 GB, tarjeta gráfica NVIDIA GTX 1060 Ti/AMD Radeon RX 480 para el procesamiento de imágenes y videos 3D, salida de video DisplayPort 1.2 / Mini DisplayPort y puerto USB 3.0 y Sistema Operativo Windows 10.

Volante y pedales.

Un volante y pedales G29, son un control de comando para el uso de simuladores de conducción. Generalmente, se compone de un volante, junto con un conjunto de pedales para accionar el acelerador, el freno y, a veces, el embrague, así como varios controles de la palanca de cambios. También permiten al usuario disfrutar de una mayor precisión de conducción, dotando al juego de un realismo sorprendente, aunque el grado de realismo depende de la construcción del entorno.

Gafas de Realidad virtual.

- **Oculus Rift VR**

Los auriculares Oculus Rift VR son auriculares avanzados que constan de 2 sensores de seguimiento de ubicación dedicados que detectan proyecciones perfectas del entorno virtual a través de dos lentes en los auriculares VR, con la capacidad de renderizar entornos inmersivos. También ha incorporado acelerómetro, giroscopio y capacidades de seguimiento posicional de 360 grados (Davies, 2020).

Figura 11

Oculus Rift VR



Nota: Componentes de hardware de los auriculares Oculus Rift VR. Tomado de:
<https://www.qatarliving.com/items/video-games/oculus-rift-touch-controller>.

La simulación es considerada una metodología de resolución de problemas del mundo real, la cual puede incrementar el rendimiento de un proceso, racionalizar recursos, costos y tiempo.

- **Oculus Rift S**

Las gafas de Realidad Virtual Oculus Rift S sus principales características que son lentes de nueva generación ofreciendo colores nítidos e imágenes de alta calidad, cuenta con un diseño ergonómico en su giro rápido en la rueda de ajuste. Reproduce los movimientos del usuario en la Realidad Virtual sin importar la dirección de la vista permitiendo realizar un seguimiento sin sensores externos por toda el área.

Figura 12

Oculus Rift S



Nota: Oculus Rift S (Source: https://www.oculus.com/rift-s/features/?locale=es_ES).

Capítulo III

Desarrollo

En el presente capítulo se describen cada una de las fases de la metodología que ha sido aplicada durante el desarrollo del aplicativo.

Figura 13

Diagrama de la Metodología de Fencott



Especificación de Requisitos.

Se realizaron varias reuniones con los investigadores del proyecto y especialistas con el fin de conocer a detalle todas las técnicas que se aplican en este tipo de evaluaciones visuales. Las reuniones de trabajo permitieron definir los requerimientos del sistema y definir las tareas virtuales que los participantes realizan mientras son evaluados. Cada tarea virtual permitirá realizar una prueba visual. Las pruebas visuales que se definieron por parte del equipo de especialistas fueron la percepción visual de profundidad y de color.

La tarea virtual para la evaluación de la percepción visual de profundidad incluye tres fases: adaptación, evaluación 1 y evaluación 2. Se modelan entornos virtuales, componentes y objetos en 3D acordados con los especialistas para incluir en cada entorno.

La tarea virtual para la evaluación de la percepción visual de color también, tiene tres fases: adaptación, entrenamiento y evaluación. Para cada fase se crean entornos virtuales, componentes y objetos 3D acordados con los especialistas que se incluyen en cada entorno.

En cada tarea se integran diferentes dispositivos de visualización e interacción. La disponibilidad de los dispositivos permitirá realizar varias pruebas de integración y determinar los más idóneos de acuerdo a los requerimientos, calidad y precisión en las tareas que realizarán los participantes y acorde al tipo de prueba visual que se realice.

Se crea un repositorio para registrar los datos personales de los participantes, y se implementa una interfaz para seleccionar el tipo de prueba visual que se realiza. Los datos de la evaluación de cada prueba son registrados y guardados, el tiempo, aciertos y errores, objetos atrapados, objetos vistos y objetos seleccionados.

Modelo Conceptual

Diseño de Interfaces

El prototipo tiene tres interfaces principales: para el administrador; para el médico especialista, y para el participante.

Interfaz del administrador y del médico especialista

En la Figura 14 se indica el inicio de sesión del administrador con el usuario y contraseña, creadas con anterioridad en la base de datos.

Figura 14*Login Administrador*

Después de que el administrador ingresa al prototipo, podrá visualizar la opción de “Gestionar Médico Especialista” en el menú del rol administrador como se señala en la Figura 15.

Figura 15*Opciones del Administrador.*

Menú del administrador

Bienvenido Usuario Administrador

Gestionar Especialistas

Menú “Gestionar Médico Especialista”

Gestionar Especialista

Nombre	Apellido	Cedula	Usuario	Contraseña	Fecha de Nacimiento	Genero	Especialidad
Jose Xavier	Monar Mejia	172014xxx2	Xavier	*****	27/07/1990	Masculino	Oftalmogo
Bryan Iván	Rodriguez	17352xxx2	Bryan	*****	27/07/1990	Masculino	Oftalmogo

Registrar Especialista

Nombres: Genero:

Apellidos: Especialidad:

Cedula: Usuario:

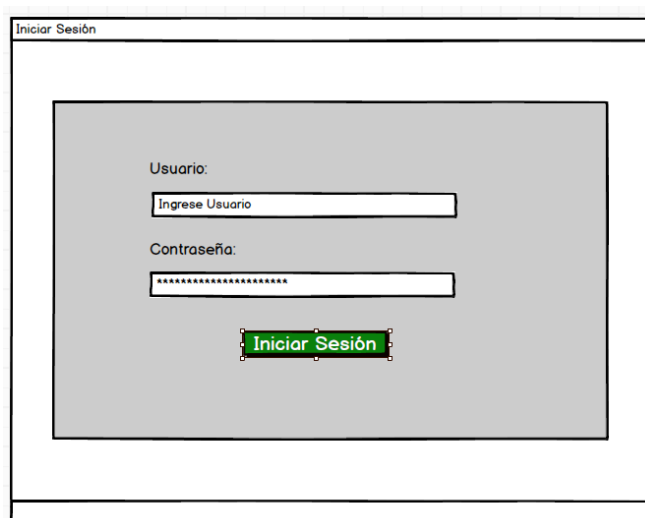
Fecha de Nacimiento: Contraseña:

Regresar

En la Figura 16, se muestra el inicio de sesión del Médico Especialista, es en este lugar en donde se tendrá que digitar el usuario y contraseña creadas previamente por el administrador.

Figura 16

Inicio Sesión del Médico Especialista.



Iniciar Sesión

Usuario:
Ingrese Usuario

Contraseña:

Iniciar Sesión

Posteriormente de que el Médico Especialista ingresará al prototipo, podrá visualizar los campos que debe llenar para poder registrar al participante, tal cual se ejemplifica en la Figura 17.

Figura 17

Registro de datos.



 **ESPE**
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EFECTIVIDAD

REGISTRO DE DATOS

C.I.:

FECHA DE NACIMIENTO:

GÉNERO:

FUERZA:

GRADO:

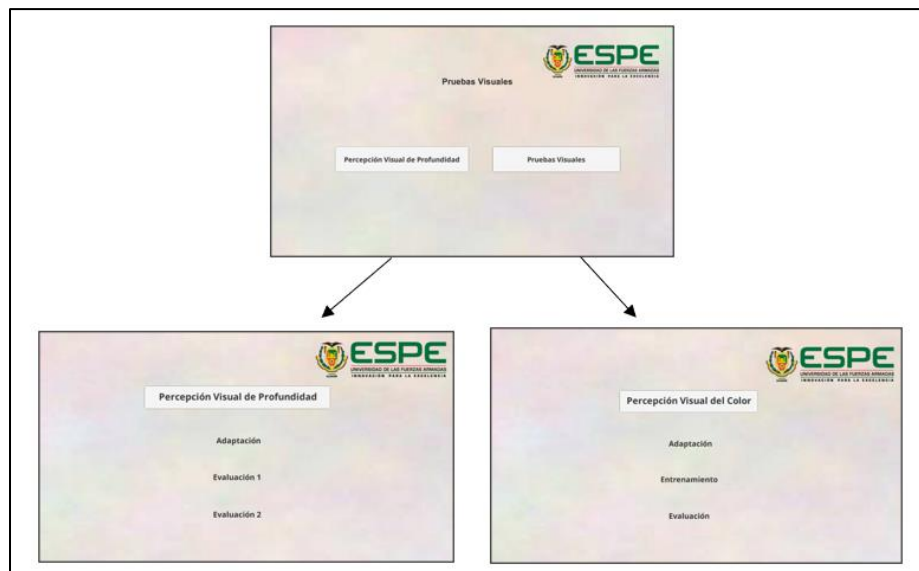
GRABAR

El Médico Especialista está en la capacidad de registrar a un participante. Después de haber finalizado el proceso de registro del participante, el especialista

podrá elegir una de las 3 fases creadas: la fase de adaptación, de entrenamiento o de evaluación, para determinar la tarea virtual que debe realizar, para un mejor entendimiento diríjase a la Figura 18.

Figura 18

Opciones y Menú disponibles para el Médico Especialista.



Base de Datos.

La herramienta utilizada para el modelado fue PowerDesigner 16.5. El modelo relacional fue creado como se observa en la Figura 19

En función del modelo físico, se produjo el script para la creación e inserción que será utilizado en el gestor de base datos MySQL Workbench. Los datos almacenados en la base de datos son los siguientes:

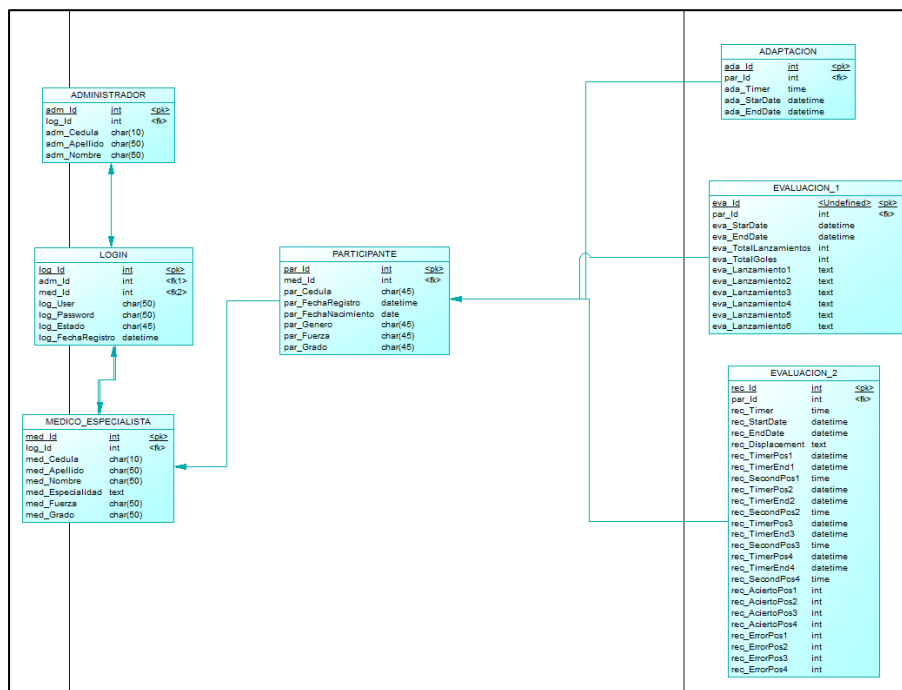
Datos personales del Médico Especialista: id, nombre, apellido, cédula, usuario, contraseña, fecha de nacimiento, especialidad, grado.

Datos personales del participante: id, nombre, apellido, cédula, fecha de nacimiento, fecha de registro, grado militar, fuerza, género.

Por cada tarea se diseñó un modelo físico de acuerdo a los campos requeridos

Figura 19

Modelado Físico de la Base de datos-Tarea virtual 1.



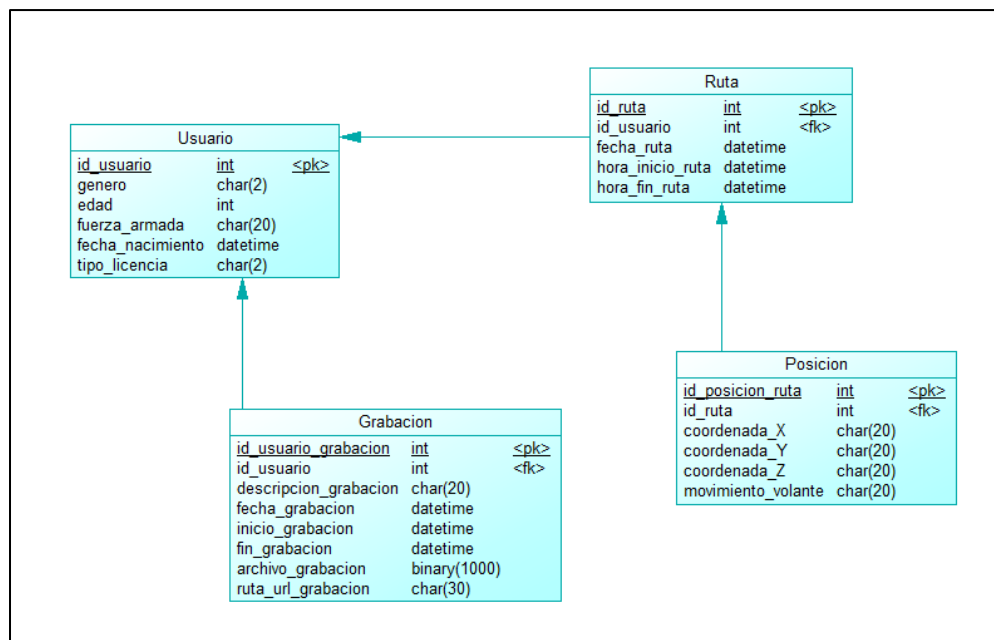
Los datos que se almacenan en la base de datos son los siguientes: tiempo de inicio y fin, dirección del balón, número de aciertos al atrapar o topar el balón, mano que utilizó en la tarea, aciertos y errores de las posiciones y el tiempo que observa los objetos en cada posición el participante.

Para la conexión de la base de datos con el prototipo se empleó el conector de MySQL 5, permitiendo de esta manera almacenar y recuperar los datos.

Los datos obtenidos son almacenados en un gestor de base de datos relacional la cual se utilizó los archivos de configuración para conectar con Unity 2020.

Figura 20

Modelo Físico de la Base de Datos-Tarea virtual 2



Los datos que se almacenan en la base de datos son los siguientes:

Datos del recorrido: coordenadas X,Y,Z del vehículo hummer, movimiento del volante, tiempo inicio y fin de freno.

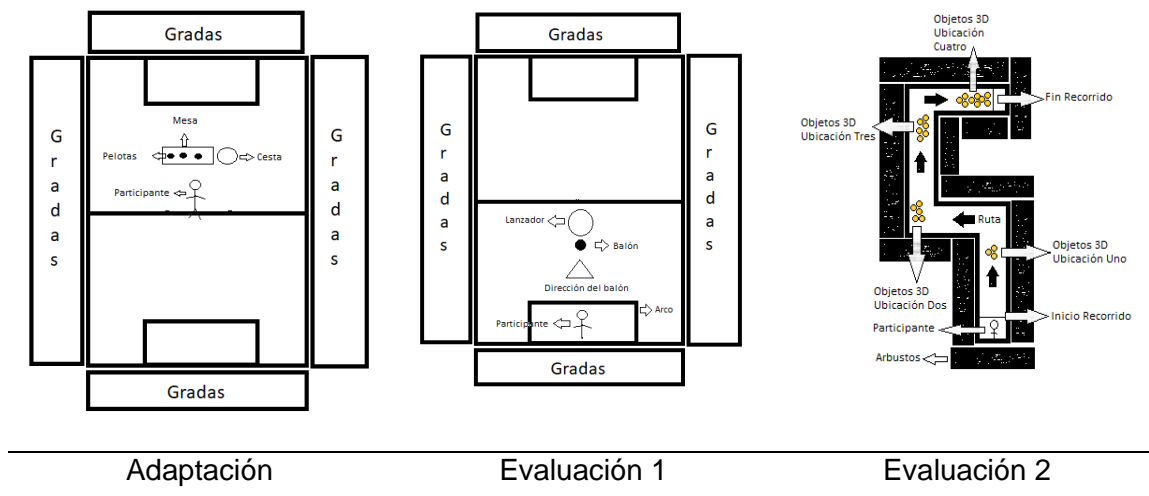
Puntuación: Aciertos y Errores de la Carta de números seleccionada.

La recolección de datos, se obtienen de acuerdo al siguiente orden de ejecución de las tareas virtuales de la prueba visual de la percepción de color. Los archivos en formato .csv son guardados para realizar un análisis comparativo.

Tarea virtual 1: Evaluación de la percepción visual de profundidad

Diseño de los entornos virtuales

Se realizó bosquejos de los entornos virtuales para posteriormente tener un diseño inicial del entorno virtual como se observa en la Figura 21.

Figura 21*Diseño de los entornos virtuales***Estructuración de la Tarea Virtual**

Las fases de la tarea virtual:

Adaptación: El participante experimentará el uso de los dispositivos de visualización e interacción. Esta tarea le permitirá adaptarse y comprender de mejor manera cómo funcionan los dispositivos de realidad virtual mediante la interacción con los objetos que están presentes en el entorno virtual.

Evaluación 1: En esta fase el participante debe atrapar los balones con la mano derecha o con la mano izquierda o ambas manos a la vez, la posición de las manos puede estar abierta o haciendo puño.

Evaluación 2: En esta última fase, el participante tendrá que recorrer un laberinto y recolectar los objetos en 3D que considera que tienen volumen en cada una de las posiciones que el participante visualice las monedas.

Casos de Uso.

El prototipo de software tiene 3 tipos de actores, los cuales son: administrador, médico especialista y participante, cada uno de ellos cumple con una función diferente y específica.

Diagramas de Casos de Uso

A continuación, se explican las actividades que cada actor puede realizar.

- **Administrador**

Ingresar al prototipo: el prototipo cuenta con una ventana de ingreso, aquí el administrador deberá escribir sus credenciales, las cuales estarán registradas con anterioridad en la base de datos.

Registrar al médico especialista: el administrador está en la capacidad de crear, modificar o eliminar datos del médico especialista que él o ella consideren necesarios.

El diagrama de casos de uso del administrador se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Diagrama de Casos de Uso (administrador).



- **Médico Especialista**

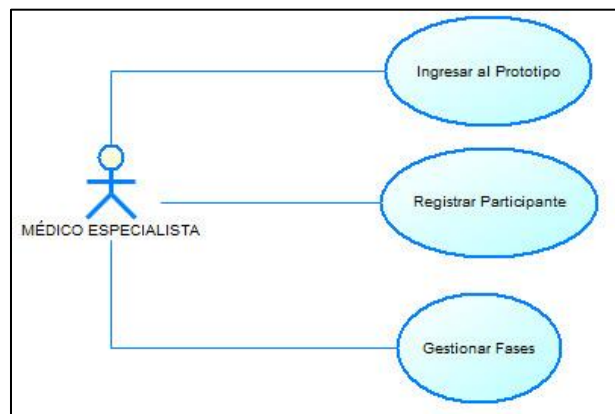
Ingresar al prototipo: El médico especialista tendrá que ingresar sus credenciales, las cuales fueron previamente asignadas por el administrador, con el objetivo de cumplir el rol asignado. En el menú principal podrá escoger el tipo de evaluación deseado: percepción visual de profundidad o percepción visual de color.

Registrar al participante: El médico especialista podrá crear, modificar o borrar datos del registro de los participantes.

Gestionar fases: El médico especialista está en la capacidad de gestionar las fases de adaptación, evaluación 1 y evaluación 2.

Figura 23

Diagrama de Casos de Uso (Médico Especialista).

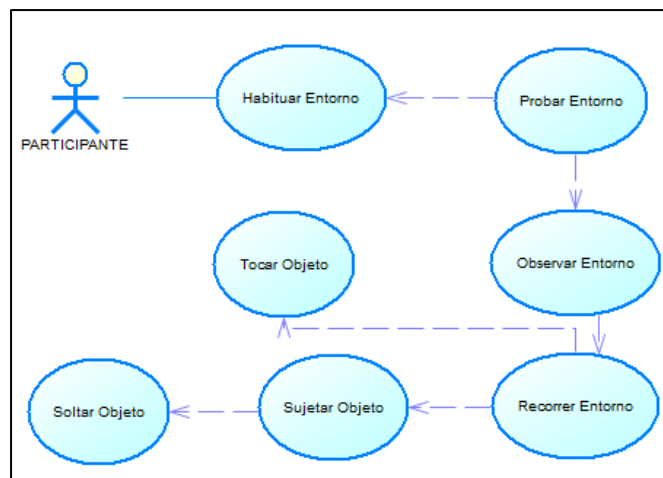


- **Participante**

Cuando el participante realiza cada una de las fases de la tarea virtual. Inicia con la fase de adaptación, a continuación, realiza la tarea en la fase de evaluación y luego la fase 2.

Figura 24

Diagrama de Casos de Uso (Participante).



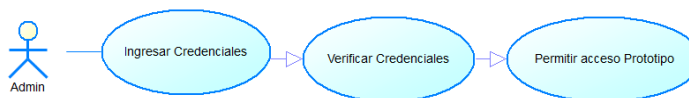
Casos de uso detallados

Tabla 2

Caso de Uso Administrador.

Caso de uso 1: Ingresar al Prototipo			
Nombre Caso de Uso:	Ingresar al Prototipo		
Identificador	SC1		
Descripción	El administrador inicia sesión en el prototipo.		
Meta	Acceder al prototipo de software por medio de un usuario y contraseña creados con anterioridad en la base de datos.		
Estado:	Activo	Versión:	2.0
Autores:	Monar Xavier, Rodríguez Bryan		
Fecha creación	10/01/2022	Fecha modificación	10/02/2022
Pre condiciones	1. La cuenta del administrador debe estar creada.		
Post condiciones	1. El prototipo permitirá el acceso al rol tipo administrador.		

Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNE)



Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
1. El Administrador digita sus datos de acceso.	2. El prototipo valida que los datos ingresados sean correctos. 3. El prototipo ingresa a la ventana “Registrar Instructor”.
Flujo Alternativo	
3.1 Datos Incorrectos: Si se comprueba un error en los datos de las credenciales, se mostrará un mensaje de error, el cual solicitará ingresar nuevamente las credenciales de manera correcta.	
Casos de uso incluidos: SC1	
Casos de uso extendidos:	

Tabla 3

Registrar Médico Especialista.

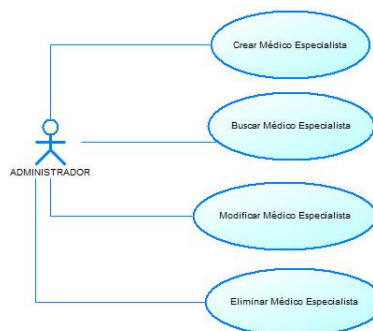
<i>Caso de Uso 2: Registrar Médico Especialista</i>	
Nombre Caso de Uso:	Registrar Médico Especialista
Identificador	SC2
Descripción	Permite al administrador registrar al Médico Especialista.
Meta	Permitir al administrador del prototipo registrar al Médico Especialista
Estado: Activo	Versión: 2.0
Autores:	Monar Xavier, Rodríguez Bryan
Fecha creación 11/01/2022	Fecha modificación 11/02/2022

Pre condiciones

1. Debe estar creada la cuenta del administrador en el prototipo.
2. El administrador debe autenticarse en el prototipo.

Post condiciones

1. El administrador podrá visualizar, modificar, eliminar los datos registrados por el Médico Especialista.

Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNER)

Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador escoge la opción "Registrar Instructor". 3. El administrador registra los datos del Especialista 4. El administrador presiona el botón "Guardar" 	<ol style="list-style-type: none"> 2. El prototipo muestra campos vacíos para llenar los datos. 5. El prototipo valida las credenciales ingresadas. 6. El prototipo almacena el registro del Médico Especialista. 7. El prototipo permite buscar, modificar o eliminar datos del Médico Especialista.
Flujo Alternativo	
<p>5.1 Médico Especialista Existente: Si el Médico Especialista ya existe, se presenta un mensaje indicando la existencia del mismo y automáticamente regresa al paso 2.</p>	
<p>Cancelar: Si el administrador presiona "Cancelar", el prototipo regresa al menú del administrador.</p>	
Casos de uso incluidos:	SC1, SC2
Casos de uso extendidos:	

Médico Especialista**Tabla 4***Caso de Uso del Médico Especialista*

<i>Caso de Uso 3: Ingresar al Prototipo</i>	
Nombre Caso de Uso:	Iniciar el Prototipo
Identificador	SC1
Descripción	El Médico Especialista podrá iniciar sesión en el prototipo.
Meta	Accede al prototipo mediante usuario y contraseña generados por la gestión del administrador.
Estado: Activo	Versión: 2.0
Autores:	Monar Xavier, Rodríguez Bryan
Fecha creación 10/01/2022	Fecha modificación 11/02/2022
Pre condiciones	1. La cuenta del Médico Especialista deberá estar creada para iniciar el prototipo mediante el administrador.
Post condiciones	1. El prototipo permitirá el acceso al rol tipo Médico Especialista con sus opciones.
Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNE)	<pre> graph LR Actor[Especialista] --> A1(Digitar Credenciales) A1 --> A2(Comprobar Credenciales) A2 --> A3(Permitir iniciar el prototipo) </pre>
Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
1. El Especialista digita sus datos de acceso.	2. El prototipo valida que los datos ingresados sean correctos. 3. El prototipo ingresa a la ventana “Registrar Participante”.
Flujo Alternativo	
3.1 Datos Incorrectos: Si se comprueba un error en los datos de las credenciales, se mostrará un mensaje de error, el cual solicitará el ingreso nuevamente de las credenciales correctas.	

Casos de uso incluidos: SC3

Casos de uso extendidos:

Tabla 5

Caso de Uso: Registrar Participante.

<i>Caso de Uso 4: Registrar Participante</i>	
Nombre Caso de Uso:	Registrar Participante
Identificador	SC4
Descripción	Permite al Médico Especialista registrar al participante.
Meta	Permitir al Médico Especialista en el prototipo registrar al participante que forma parte de los aspirantes o pilotos que se van evaluar
Estado:	Activo
Autores:	Monar Xavier, Rodríguez Bryan
Fecha creación	08/01/2022
Fecha modificación	11/01/2022
Pre condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Debe estar creada la cuenta del Especialista en el prototipo por parte del administrador. 2. El Especialista debe autenticarse en el prototipo.
Post condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Médico Especialista podrá visualizar, modificar, eliminar los datos registrados del participante.
Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNER)	<pre> graph LR Especialista((Especialista)) --- CrearParticipante(Crear Participante) Especialista --- BuscarParticipante(Buscar Participante) Especialista --- ModificarParticipante(Modificar Participante) Especialista --- BorrarParticipante(Borrar Participante) </pre>

Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
1. El Médico Especialista escoge la opción “Registrar Participante”. 3. El Médico Especialista registra los datos del participante 4. El Médico Especialista presiona el botón “Guardar”	2. El prototipo muestra campos vacíos para llenar los datos. 5. El prototipo valida las credenciales ingresadas. 6. El prototipo almacena el registro del participante. 7. El prototipo permite buscar, modificar o eliminar datos del participante
Flujo Alternativo	
5.1 Participante Existente: Si el participante ya existe, se presenta un mensaje indicando la existencia del mismo y automáticamente regresa al paso 2.	
Cancelar: Si el especialista presiona “Cancelar”, el prototipo regresa al menú del especialista.	
Casos de uso incluidos:	SC3, SC4
Casos de uso extendidos:	

Tabla 6

Caso de Uso: Gestionar Fases.

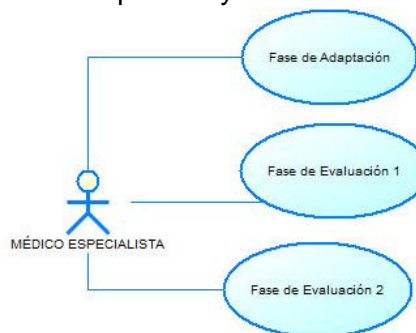
Caso de Uso 5: Administrar Fases	
Nombre Caso de Uso:	Administrar Fases (Adaptación, evaluación 1-2)
Identificador	SC5
Descripción	Permite al Médico Especialista administrar las fases de adaptación y evaluación 1-2.
Meta	Permite al Médico Especialista administrar las fases del participante adaptación y evaluación 1-2 de manera organizada
Estado:	Activo
Autores:	Monar Xavier, Rodríguez Bryan
Fecha creación	08/01/2022
Fecha modificación	11/01/2022

Pre condiciones

1. Debe estar creada la cuenta del Médico Especialista en el prototipo por parte del administrador.
2. El Médico Especialista debe autenticarse en el prototipo.
3. El participante debe estar registrado
4. El Médico Especialista podrá visualizar las fases de adaptación y evaluación 1-2.

Post condiciones

Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNE)



Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
<p>1. El Médico Especialista escoge la fase de adaptación, o evaluación 1-2.</p>	<p>1. El prototipo proyecta el escenario dependiendo de la opción seleccionada.</p>
<p>Flujo Alternativo</p> <p>Cancelar: Si el Médico Especialista presiona "Cancelar", el prototipo regresa al menú del Médico Especialista.</p>	
<p>Casos de uso incluidos:</p>	<p>SC3, SC4, SC5</p>
<p>Casos de uso extendidos:</p>	

Participante

Tabla 7

Caso de uso del Participante

Caso de Uso 6: Ejecutar fases de adaptación y evaluación 1-2.	
Nombre Caso de Uso:	Ejecutar fases (Adaptación y evaluación 1-2)
Identificador	SC6
Descripción	Permite al participante iniciar con el proceso de adaptación y evaluación 1-2.
Meta	Permite al participante realizar las fases de adaptación y evaluación 1-2.
Estado: Activo	Versión: 2.0
Autores:	Monar Xavier, Rodríguez Bryan
Fecha creación 08/01/2022	Fecha modificación 11/01/2022
Pre condiciones	1. Participante debe estar registrado por el Médico Especialista.
Post condiciones	2. El participante inicia con la fase seleccionada por el Médico Especialista.
Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNE)	<pre> graph LR Participante((Participante)) --> HabituarEntorno((Habituar Entorno)) HabituarEntorno --> ProbarEntorno((Probar Entorno)) ProbarEntorno --> ObservarEntorno((Observar Entorno)) ObservarEntorno --> RecorrerEntorno((Recorrer entorno)) RecorrerEntorno --> AtraparObejos((Atrapar Obejos)) AtraparObejos --> LanzarObjetos((Lanzar Objetos)) </pre>
Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
<ol style="list-style-type: none"> 1. El Participante inicia con la fase de “Adaptación”. 2. El participante finaliza la fase de “Adaptación”. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El prototipo proyecta el escenario en el cual el participante pueda interactuar en el entorno para adaptarse al mundo virtual. 4. El prototipo muestra la pantalla negra y se direcciona al menú de las fases para continuar con el proceso.

5. El participante inicia con la fase de "Evaluación 1".
6. El prototipo proyecta el escenario en el cual el participante debe realizar la tarea de topar los balones lanzados.
7. El participante finaliza la fase de "Evaluación 1".
8. El prototipo muestra la pantalla negra y se direcciona al menú de las fases para continuar con el proceso.
9. El participante inicia con la fase de "Evaluación 2".
10. El prototipo proyecta el escenario en el cual el participante realiza la tarea virtual de recorrer el laberinto y seleccionar los objetos en 3D de modo que el volumen pueda interactuar en el entorno para adaptarse al mundo virtual.
11. El participante finaliza la fase de "Evaluación 2".
11. El prototipo finaliza

Flujo Alternativo

Casos de uso incluidos: SC6

Casos de uso extendidos:

Modelo Estructural

Creación de los Entornos Virtuales.

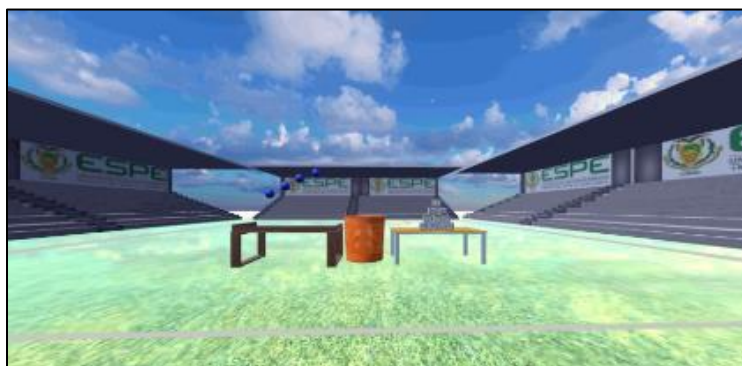
Los entornos virtuales fueron creados a escala de 1 a 100. Se utilizó Unity 2020.3.24f1.

Entorno de Adaptación

En este entorno se modeló una cancha sintética de fútbol, con bloques de gradas en todos los extremos de la cancha. Adicional, se incluyeron objetos que permiten realizar la interacción, una cesta, dos mesas, y balones.

Figura 25

Vista del entorno virtual de adaptación.



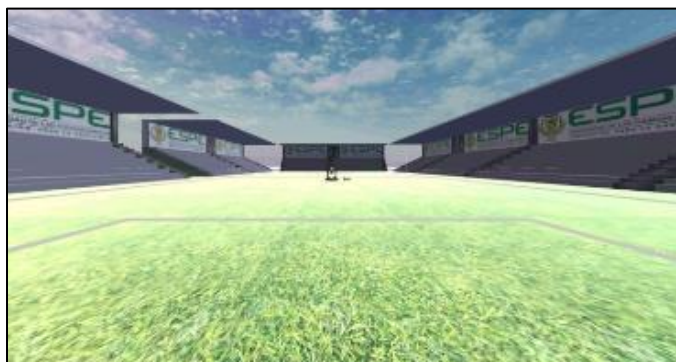
Entorno de Evaluación 1

Dispone de un lanzador de balones en una posición específica, con el objetivo de que el participante pueda visualizar los objetos que deberá topar/atrapar con su mano derecha o mano izquierda o con las dos manos. Se configuró la velocidad teniendo en cuenta la distancia y el tiempo de llegada del objeto a la ubicación del participante, a 2 m/s aproximadamente; para la amplitud de lanzamiento del objeto se

configuró de manera aleatoria entre 5m y -5m, considerando el alcance de los mandos de interacción con respecto a las gafas virtuales.

Figura 26

Vista del entorno virtual para la evaluación 1

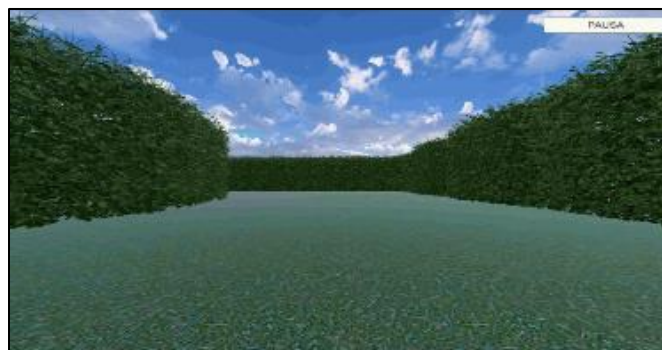


Entorno de Evaluación 2

Incluye el recorrido por un laberinto, que está rodeado de arbustos. El ancho del camino a escala mide de 2m de distancia y la velocidad con la que el participante camina y realiza los giros dentro del entorno virtual han sido estandarizados

Figura 27

Vista del entorno virtual para la evaluación.



Modelamiento y texturizado de los objetos

Modelado de Objetos 3D.

Para el modelado de los objetos, primero se analizó múltiples factores, entre los cuales estaban: el comportamiento físico y la interacción que se puede realizar con cada uno de ellos. Se tomó como base una imagen y un cubo 3D, para modelar cada objeto 3D utilizando la técnica de unión de vértices para formar el objeto solicitado con Blender 3D. dicha herramienta permite utilizar técnicas de suavizado y texturizado por secciones para mejorar el modelado final del objeto en cuestión.

Por otra parte, para que el objeto pueda cumplir su función, se utilizó el motor de video juegos Unity en la cual se programó los movimientos y animaciones con el lenguaje de programación C#. Se configuró, además, las propiedades físicas como: gravedad, peso, colisiones y ubicación de cada objeto en 3D dentro del entorno virtual para definir efectos y sombras.

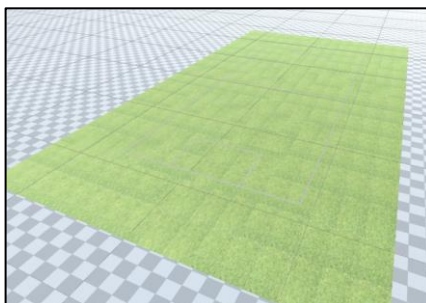
Los objetos en el entorno virtual de adaptación son: terreno tipo cancha de futbol, graderíos, mesa, pelotas y una cesta.

Terreno tipo césped

El terreno tipo césped, se creó a partir de un plano a escala 1, en un tamaño de 1100 x 600 cm aproximadamente. Para la textura del mismo, se encontró un material rugoso de color verde en tonalidad oscuro que se asemeja al color del césped, esto se puede apreciar de mejor manera en la Figura 28

Figura 28

Texturizado del objeto 3D terreno tipo cancha de futbol.



Graderíos

Este objeto se elaboró mediante la técnica de extruir las caras del cubo obteniendo 564 caras con 864 vértices totales. El tamaño del graderío es de 600 x 400 x 500 cm aproximadamente, tal como se puede observar en la Figura 29. Para el texturizado, se utilizaron diferentes materiales entre ellos están: tipo de cemento, vidrio, puertas y un banner con el logo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Figura 29

Texturizado del objeto 3D graderío.



Mesa

Para la creación del objeto en 3D (mesa), se empleó la técnica de extruir el cubo con el cual se obtuvo 290 caras con un total de vértices de 288 como se aprecia en la Figura 30. Para el texturizado se utilizó un material similar a la madera.

Figura 30

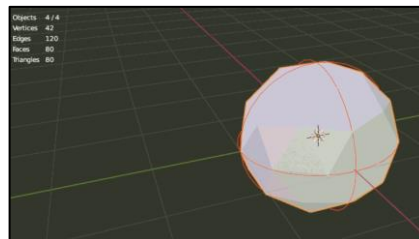
Texturizado del objeto 3D mesa.

**Pelotas**

Los balones fueron elaborados a partir de una esfera con un número de vértice en su mayado de 42 puntos, el objeto posee una colisión con el entorno. Para la textura se utilizó un material que es propio de las pelotas de futbol o de tenis, la escala del objeto oscila en la escala 0.5 y 1.

Figura 31

Modelado del objeto 3D balones.

**Figura 32**

Texturizado del objeto 3D balones.



Cesta

La cesta se formó a partir de un cilindro, usando la técnica de extruir el mallado, la cual se genera a partir de los vértices para lograr un mejor acabado en la suavidad y la textura, esto se puede observar en la. Para el texturizado se complementó un material metálico Figura 34.

Figura 33

Modelado del objeto 3D cesta.

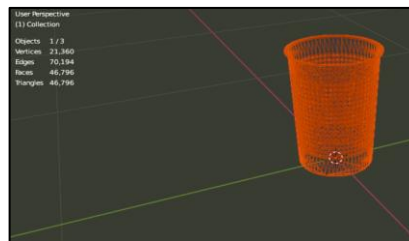


Figura 34

Texturizado del objeto 3D cesta.



Lanzador de Balones

Este objeto se elaboró usando múltiples figuras unificadas entre sí, como: cubos, esferas y cilindros, los cuales se deformaron para dar la forma al objeto deseado basado en una imagen. Para la creación del mismo, se dividió en tres partes: superior, media e inferior, para obtener un mejor modelado. El número total de vértices de este objeto comprende alrededor 610, en una escala de 1 pre establecida por la herramienta como se observa en la Figura 35.

Para la textura se utilizó diferentes matices predominando los colores metálicos

Figura 36.

Figura 35

Modelado del objeto 3D lanzador de balón.

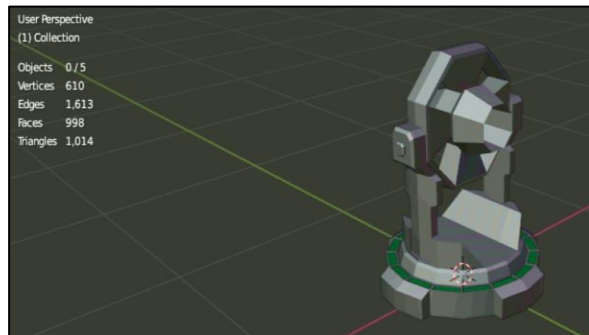


Figura 36

Texturizado del objeto 3D lanzador de balón.



Los principales objetos en el entorno virtual de evaluación son: terreno tipo naturaleza, bloque de arbustos y monedas.

Bloque de arbustos.

Los bloques de arbustos, fueron generados a partir de un cubo, duplicando el número de vértices a 36, con el objetivo de dar forma tanto a las ramas como a las hojas, para después ser duplicado en el modelado. Se tiene una escala de 1 en todos

los ejes, con opción de colisión o mallado estático. Para el texturizado se usó dos combinaciones de materiales, verde para las hojas y café para los tallos.

Figura 37

Modelado del objeto 3D bloque de arbustos.

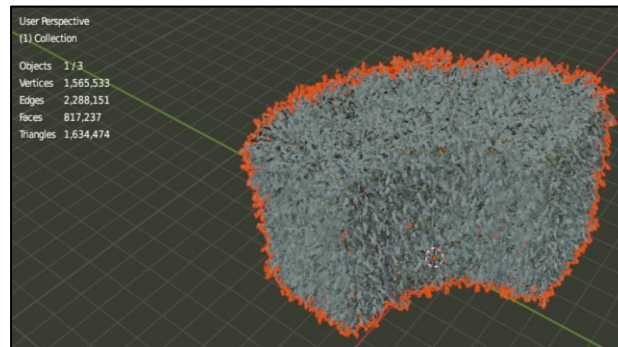
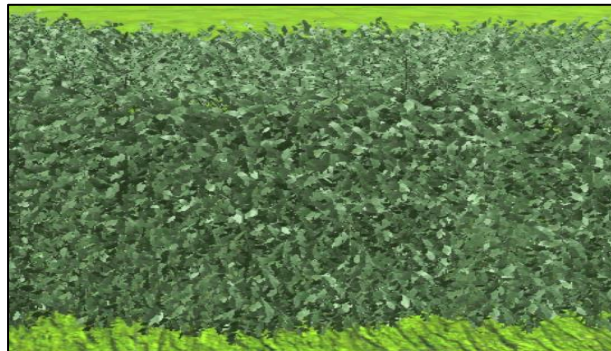


Figura 38

Texturizado del objeto 3D bloque de arbustos.



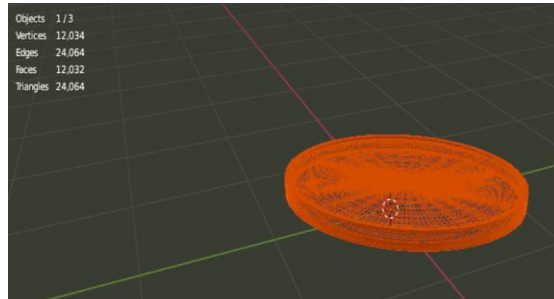
Monedas

Para crear las monedas en 3D, se utilizó una esfera y se aplicó técnicas de división de segmentos con la de extruir vértices a un mismo punto, esto se puede observar de mejor manera en la Figura 39.

Para el texturizado se usó un material que se asemeja a la de una moneda dorada, el objeto tiene las características físicas como las colisiones y la gravedad, Figura 40.

Figura 39

Modelado del objeto 3D moneda.

**Figura 40**

Texturizado del objeto 3D moneda.

**Construcción*****Integración de componentes y tarea virtual.***

En esta fase se han integrado los elementos y componentes (objetos 3D, tareas virtuales y componentes de sonidos) en cada uno de los entornos virtuales.

Configuración de la interacción y visualización.

El dispositivo de visualización Head Mounted Display (HMD) fue el Oculus Rift S, se instaló la versión 2020 de Unity usando la librería OVR integrada en la biblioteca proporcionada por Unity.

Para la instalación y configuración de los mandos táctiles con Unity, se programaron las acciones con los mandos mediante una conexión USB y DisplayPort, mientras que los datos se transmiten entre el dispositivo de interacción, visualización y el ordenador como se visualiza en la Figura 41

Figura 41

Configuración de la tarea virtual 1



Mejora Continua

Una vez que se acoplaron todos los elementos y componentes, se realizaron pruebas preliminares.

Mientras que en el entorno virtual de evaluación 2 se pudo observar que no era óptimo que el participante se ponga en posición encucillada para topar los objetos que considere que tiene volumen ya que puede causar algún síntoma negativo en el

participante para ello se definió que la tarea la debe realizar señalando al objeto que considere que tiene volumen en la posición de pies.

Con respecto a los sonidos, se estableció que se reproduzcan solo al inicio de cada entorno virtual y las indicaciones sean puntuales.

En la mayoría de objetos se afinaron texturas y suavizados para generar mayor realismo dentro del entorno virtual.

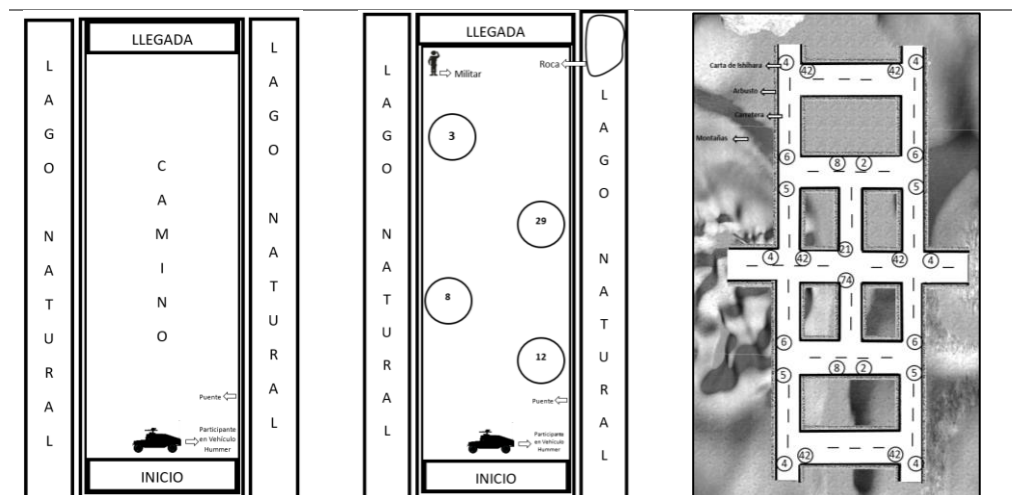
Para el terreno del laberinto se probaron algunas texturas ya que en la primera textura colocada se obtenían sombras no adecuadas creando un factor de distracción para el participante, finalmente se colocó una de tipo césped.

En los objetos de las monedas en un inicio se tenía que cayeran hacia abajo por la gravedad directamente, lo cual se cambió a una animación de lanzamiento hacia arriba y posteriormente desciendan en una forma aleatoria las posiciones de las monedas con respecto al terreno.

Tarea virtual 2: evaluación de la percepción visual de color

Figura 42

Diseño de los entornos virtuales y de la tarea



Adaptación	Entrenamiento	Evaluación
-------------------	----------------------	-------------------

Estructuración de la Tarea Virtual

El participante deberá realizar tres fases.

Adaptación: el participante se sitúa en el punto de partida del entorno virtual en donde puede identificar el vehículo, volante, pedales en donde puede visualizar e interactuar con el resto de elementos.

Entrenamiento: el participante debe realizar un recorrido virtual con el vehículo, se le presenta obstáculos en forma de cartas con números, en donde puede visualizar e interactuar con otros elementos.

Evaluación: el participante debe realizar un recorrido virtual, debe poner en marcha el vehículo y en cada intersección visualizar las cartas con números, decir en voz alta y escoger el camino correcto, de igual forma, deberá maniobrar mediante la conducción del vehículo en cada trayecto.

Casos de Uso.

El prototipo de software tiene 3 tipos de actores, los cuales son: administrador, médico especialista y participante, cada uno de ellos cumple con una función diferente y específica.

Diagrama de casos de uso

A continuación, se explican a detalle las actividades que cada actor puede realizar.

- ***Administrador***

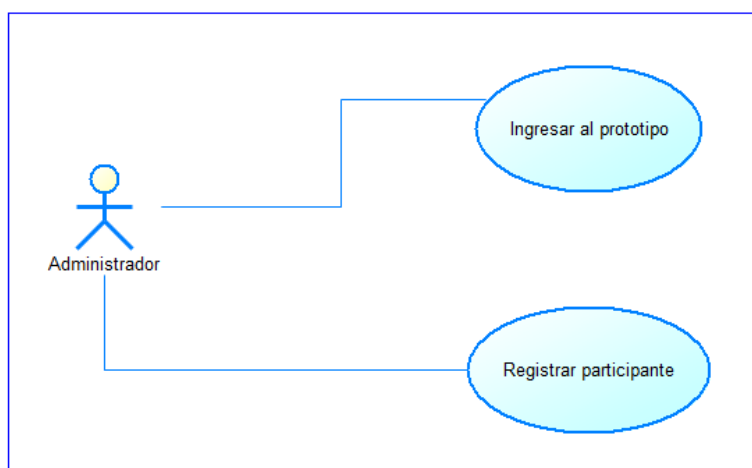
Ingresar al prototipo: el prototipo cuenta con un menú principal para acceder, en donde se debe seleccionar el tipo de evaluación.

Registrar al médico especialista: el administrador está en la capacidad de crear, modificar o eliminar datos del médico especialista que él o ella consideren necesarios.

El diagrama de casos de uso del administrador se muestra en la Figura 43.

Figura 43

Diagramas de Casos de uso (Administrador)



○ **Médico Especialista**

Ingresar al prototipo: El médico especialista tendrá que ingresar sus credenciales, las cuales fueron previamente asignadas por el administrador, con el objetivo de cumplir el rol asignado. En el menú principal podrá escoger el tipo de evaluación deseado: percepción visual de profundidad o percepción visual de color.

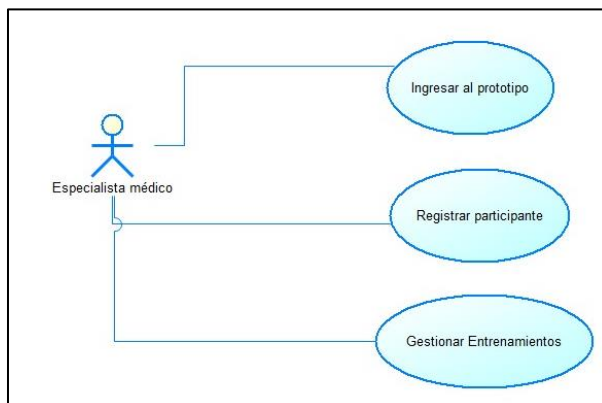
Registrar participante: el médico especialista puede crear, modificar, eliminar datos de los participantes.

Gestionar fases: el médico especialista puede gestionar las fases de habituación, entrenamiento y prueba.

El diagrama de casos de uso del instructor se muestra en la Figura 44.

Figura 44

Diagramas de Casos de uso (Médico Especialista)

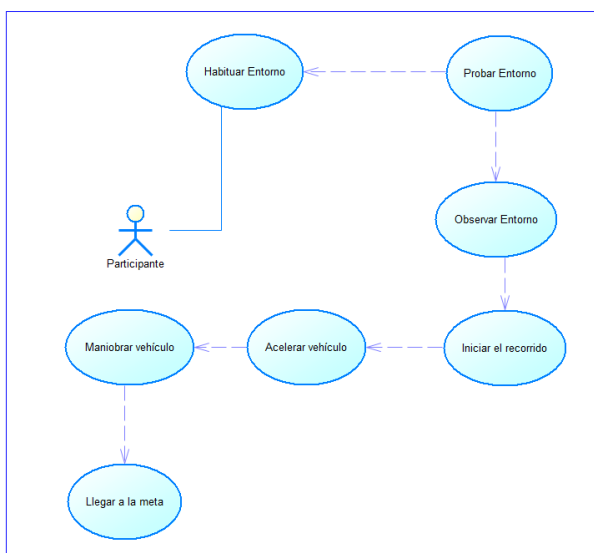


○ **Participante**

Cuando el participante está en el entorno virtual realiza cada una de las fases dispone de acciones como visualizar el entorno, girar el volante, maniobrar en las intersecciones, aplastar los pedales, acelerar o disminuir la velocidad y se realiza la evaluación de acuerdo con el proceso de conducción real con señales de tránsito.

Figura 45

Diagrama de Casos de Uso (Participante)



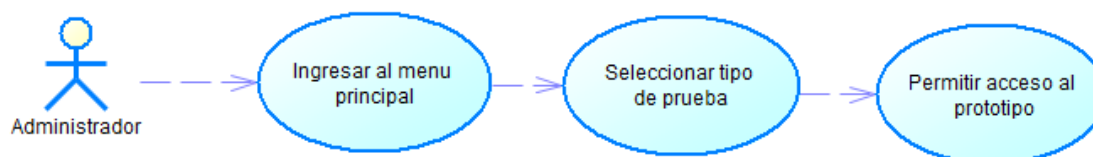
Casos de uso detallados

- **Administrador**

Tabla 8

Caso de Uso 1: Ingresar al Prototipo

Nombre Caso de Uso:	Ingresar al Prototipo
Identificador	CU3
Descripción	Permite al administrador ingresar al menú principal en el prototipo.
Meta	Permite al administrador acceder al prototipo.
Estado:	Activo Versión: 3.0
Autor:	Bryan Rodríguez
Fecha creación:	01/10/2021 Fecha modificación 10/01/2022
Pre condiciones	
Post condiciones	1. El prototipo debe permitir el acceso del menú principal al administrador.
Gráfico (viene de la herramienta CASE)	1. El prototipo permitirá el acceso al prototipo.

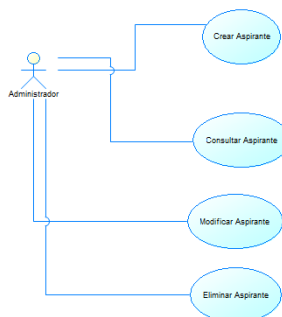


Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
1. El administrador ingresa al menú principal.	2. El prototipo despliega el menú principal. 3. El prototipo indica el ingreso a la opción "Iniciar".
Flujo Alternativo	
Casos de uso incluidos:	CU1
Casos de uso extendidos:	

Tabla 9

Caso de Uso 2: Registrar Participante

Nombre Caso de Uso:	Registrar Participante
Identificador	CU4
Descripción	Permite al administrador registrar al participante.
Meta	Permite al administrador registrar al participante que forma parte de los aspirantes.
Estado:	Activo Versión: 3.0
Autor:	Bryan Rodríguez
Fecha creación:	01/10/2021 Fecha modificación 10/01/2022
Pre condiciones	1. El prototipo debe permitir registrar el aspirante al administrador. 2. El administrador debe ingresar al menú principal en el prototipo.
Post condiciones	1. El prototipo permitirá al administrador visualizar, modificar o eliminar.
Gráfico (viene de la herramienta CASE)	



Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
<p>1. El administrador selecciona la opción “Registrar Participante”.</p> <p>3. El administrador ingresa los datos del instructor.</p> <p>4. El administrador presiona el botón “Guardar”.</p>	<p>2. El prototipo presenta campos vacíos para llenar los datos del participante.</p> <p>5. El prototipo almacena prototipo almacena los datos del participante.</p> <p>6. El prototipo permite modificar o eliminar datos del participante.</p>
Flujo Alternativo	
Cancelar:	

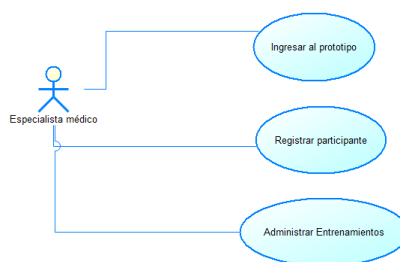
Casos de uso incluidos:	Si el administrador presiona “Regresar”, el prototipo regresa al menú principal.
Casos de uso extendidos:	CU1, CU2

- **Médico Especialista**

Tabla 10

Caso de Uso 3: Ingresar al Prototipo

Nombre Caso de Uso:	Ingresar al Prototipo
Identificador	CU3
Descripción	Permite al médico especialista ingresar al menú principal en el prototipo.
Meta	Permite al médico especialista acceder al prototipo y seleccionar el entorno de evaluación.
Estado:	Activo Versión: 3.0
Autor:	Bryan Rodríguez
Fecha creación:	01/10/2021 Fecha modificación 10/01/2022
Pre condiciones	1. El prototipo debe permitir el acceso del menú principal al médico especialista.
Post condiciones	1. El prototipo permitirá el acceso a las opciones del entorno.
Gráfico (viene de la herramienta CASE)	



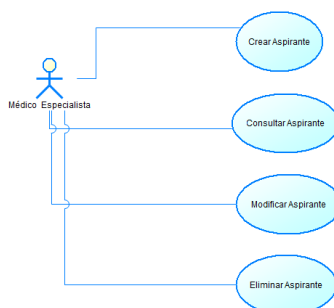
Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
1. El médico especialista ingresa al menú principal.	1. El prototipo despliega el menú principal. 2. El prototipo indica el ingreso a las opciones “Registrar Participante” y “Empezar Entornos”.
Flujo Alternativo	
3.1 Datos Incorrectos:	

Casos de uso incluidos:	Si el prototipo determina error en algún dato de entrada, se muestra un mensaje de error y seguidamente se solicita nuevamente.
Casos de uso extendidos:	CU3

Tabla 11

Caso de Uso 4: Registrar Participante

Nombre Caso de Uso:	Registrar Participante
Identificador	CU4
Descripción	Permite al médico especialista registrar al participante.
Meta	Permite al médico especialista registrar al participante que forma parte de los aspirantes.
Estado:	Activo Versión: 3.0
Autor:	Bryan Rodríguez
Fecha creación:	01/10/2021 Fecha modificación 10/01/2022
Pre condiciones	1. El prototipo debe permitir registrar el aspirante al médico especialista. 2. El médico especialista debe ingresar al menú principal en el prototipo.
Post condiciones	1. El prototipo permitirá al médico especialista visualizar, modificar o eliminar.
Gráfico (viene de la herramienta CASE)	



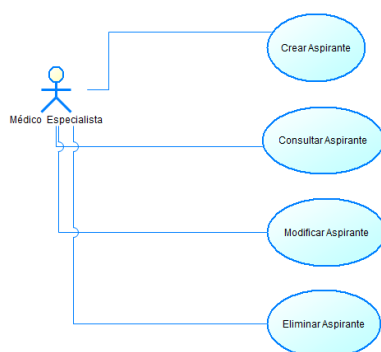
Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
1. El médico especialista selecciona la opción "Registrar Participante".	2. El prototipo presenta campos vacíos para llenar los datos del participante.

3. El médico especialista ingresa los datos del instructor.	5. El prototipo almacena prototipo almacena los datos del participante.
4. El médico especialista presiona el botón “Guardar”.	6. El prototipo permite modificar o eliminar datos del participante.
Flujo Alternativo	
Cancelar:	Si el médico especialista presiona “Regresar”, el prototipo regresa al menú principal.
Casos de uso incluidos:	CU3, CU4
Casos de uso extendidos:	

Tabla 12

Caso de Uso 5: Administrar Entrenamientos

Nombre Caso de Uso:	Administrar Entrenamientos
Identificador	CU5
Descripción	Permite al médico especialista administrar los entrenamientos.
Meta	Permite al médico especialista administrar los entrenamientos del participante de manera organizada.
Estado:	Activo
Autor:	Bryan Rodríguez
Fecha creación:	01/10/2021
Pre condiciones	Fecha modificación 10/01/2022 1. El prototipo debe permitir el ingreso al médico especialista. 2. El instructor debe ingresar en el prototipo.
Post condiciones	1. El prototipo permitirá al instructor manejar las opciones de Habitación, entrenamiento y evaluación.
Gráfico (viene de la herramienta CASE)	



Flujo básico	Cuando es verdadero
<p>Actor</p> <p>1. El médico especialista selecciona la opción “Save”.</p> <p>3. El médico especialista selecciona las opciones de habituación, entrenamiento y evaluación en orden.</p>	<p>Prototipo</p> <p>2. El prototipo presenta tres opciones en las que puede interactuar el participante.</p> <p>4. El prototipo proyecta el escenario dependiendo de la opción seleccionada.</p>
<p>Flujo Alternativo</p> <p>Cancelar:</p>	<p>Si el médico especialista presiona “Regresar”, el prototipo regresa al menú principal.</p>
<p>Casos de uso incluidos:</p> <p>Casos de uso extendidos:</p>	<p>CU3, CU4, CU5</p>

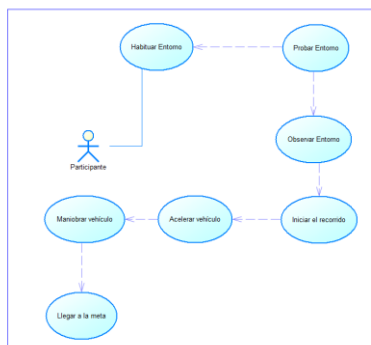
- Participante

Tabla 13

Caso de Uso 6: Gestionar Fases

Nombre Caso de Uso:	Gestionar Fases
Identificador	CU6
Descripción	Permite al participante ejecutar el entrenamiento.
Meta	Permite al participante realizar la percepción visual de profundidad y color.
Estado:	Activo
Autor:	Bryan Rodríguez
Fecha creación:	01/10/2021
Pre condiciones	Fecha modificación 10/01/2022
Post condiciones	1. El participante debe estar registrado en el prototipo.

Gráfico (viene de la herramienta POWER DESIGNER)



Flujo básico	Cuando es verdadero
Actor	Prototipo
<ol style="list-style-type: none"> 1. El participante selecciona la opción de “Adaptación”. 3. El participante finaliza la “Adaptación” 	<ol style="list-style-type: none"> 2. El prototipo presenta el terreno del entorno en el que el participante puede interactuar para adaptarse al mundo virtual. 4. El prototipo muestra las opciones para la ejecución del entrenamiento.
Flujo Alternativo	
Casos de uso incluidos:	CU6
Casos de uso extendidos:	

Modelo Estructural

Creación de los Entornos Virtuales.

Los entornos virtuales fueron creados a escala de 1 a 100. Se utilizó Unity 2018.2.8f1. Los entornos se generaron a partir de caminos y objetos reales que son comunes en la vida real.

En el entorno se implementó una iluminación natural, además se utilizó efectos de ambientales naturales, los cuales fueron configurados mediante el Lighting del Unity, el cual se conforma por variables principales, que son: intensidad, dirección y reflexión.

De acuerdo con las especificaciones, los entornos se realizaron en condiciones climáticas óptimas, con un ambiente soleado y despejado. Para ello, se utilizó el Sun

Source Sun (Light) y el material de luz atmosférica Sunny Skybox útil para configurar la luz, dirección e intensidad.

El beneficio de tener un horario estático con condiciones climáticas óptimas, es que el entrenamiento se puede realizar cuantas veces se necesite y a cualquier hora del día.

Para generar el terreno se utilizó TerrainAssets y se modeló la ruta por donde se conduce el vehículo, de acuerdo al entorno. Se puede ver que existe el camino seguro por donde recorre el aspirante y el lago.

Entorno de Adaptación

El vehículo hummer con todos sus componentes. Se creó un camino dentro de un puente, por el cual puede recorrer mientras conduce y se habitúa con los dispositivos y su funcionalidad. Se han programado las acciones como acelerar y frenar.

Figura 46

Entorno de Adaptación

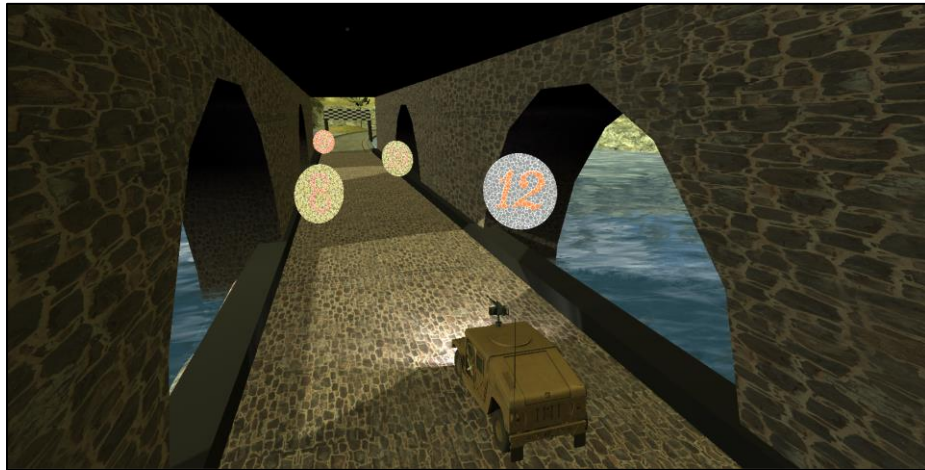


Entorno de Entrenamiento

El entorno es el mismo que en la fase de adaptación, la diferencia es que se incorporan tarjetas con números que se muestran mientras recorre el camino dentro del puente. Alrededor se pueden observar árboles, plantas, rocas y lagos.

Figura 47

Entorno de Entrenamiento

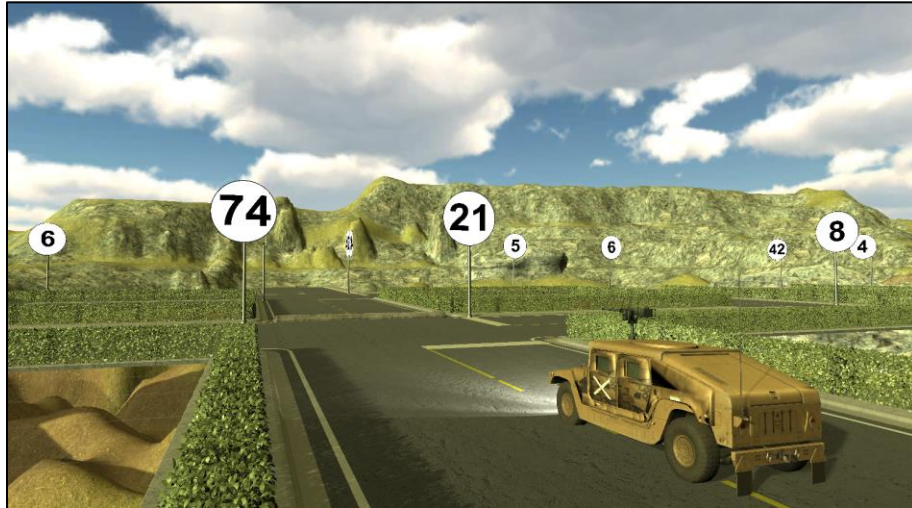


Entorno de Evaluación

El entorno de evaluación, contiene un circuito de carretera, el vehículo, las cartas que muestran números de forma aleatoria dentro del panel interno del vehículo y postes a lo largo del recorrido con tarjetas y números que permiten ver y seleccionar la ruta.

Figura 48

Entorno de Evaluación

**Modelamiento y texturizado de los objetos*****Modelado de Objetos 3D.***

Para modelar los objetos 3D se determinó el comportamiento físico y dinámico de cada uno de ellos. El modelamiento se realizó con Blender a partir de imágenes de referencia las cuales permitieron realizar las distancias de cada elemento del objeto, escalar de manera correcta, tener una buena rotación y traslación en los ejes x, y, z, así como manejar los modos de visualización, contemplar la geometría del objeto y volumen por secciones de cada elemento.

Para mejorar el modelado realizado en Blender, se utilizó Unity con el propósito de proporcionar animación. Un reajuste con la utilización de colores, luces, sombras y efectos que dependen directamente del objeto y de las especificaciones de los entornos.

Las animaciones del vehículo y de los objetos 3D se realizaron creando scripts. Estos scripts se desarrollaron mediante programación C# que permitieron gestionar el estado de los objetos 3D involucrados en el entorno.

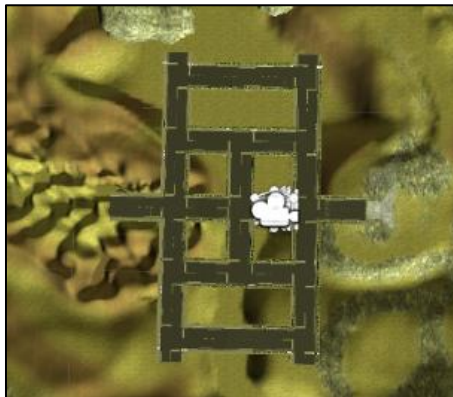
Los objetos son: terreno, puente, vehículo Hummer, cabina de Hummer, carretera, carta con número, terreno, montañas, árboles, rocas, nubes y lagos, volante y guantes.

Terreno

El terreno se creó mediante el componente LakeTerrain, este componente permitió configurar y como resultado, se obtuvo un terreno con suelo mixto con arcilla y vegetación. El terreno creado se observa en la Figura 49.

Figura 49

Terreno modelado



Puente

El puente se lo implementó usando el componente Bridge Bottom y Bridge Top como se visualiza en la Figura 52.

Para conseguir el ajuste correcto de dimensiones se utilizó la herramienta scale tool, lo cual permitió escalar libremente el objeto.

El objeto permanece estático, por lo que los objetos que se encuentren dentro o fuera de él pueden interactuar.

Figura 50

Puente



Hummer

La creación del Hummer se la realizó mediante 200478 triángulos, 95412 vértices, el tamaño aproximado es de 980 x 420 x 620 cm como se representa en la Figura 51.

Para conseguir el efecto camuflaje, la textura final se hizo en base a una combinación de tres materiales que son simple, metálico y rugoso. Para el audio del vehículo hummer se agregó un objeto de pista de sonido.

Para dar movimiento al hummer se utilizaron scripts. Para controlar la mezcla de animaciones del vehículo Hummer se sincronizaron mediante programación, realizando varias actividades de acuerdo al entrenamiento y evaluación del aspirante.

Figura 51*Hummer Modelado***Cabina del Hummer**

La cabina del hummer tiene un tamaño aproximado de 920 x 410 x 610 cm, el diseño de la cabina se observa en la Figura 52. Para conseguir el efecto de texturizado de vehículo militar, el material y la textura final se las implementó de acuerdo a generalizaciones de un vehículo Hummer.

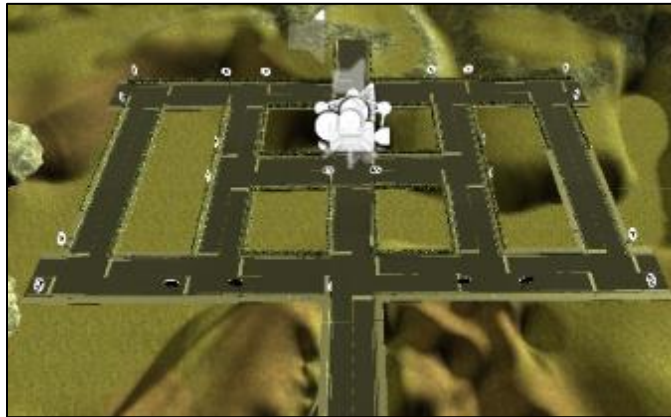
Figura 52*Cabina interna del Hummer Modelada y Texturizada*

Carretera

Para la implementación de la carretera se hizo uso de los componentes del asset *Small_Town_America*, en donde se logra diseñar un recorrido de acuerdo a las necesidades del prototipo de software.

Figura 53

Carretera Modelada y Texturizada

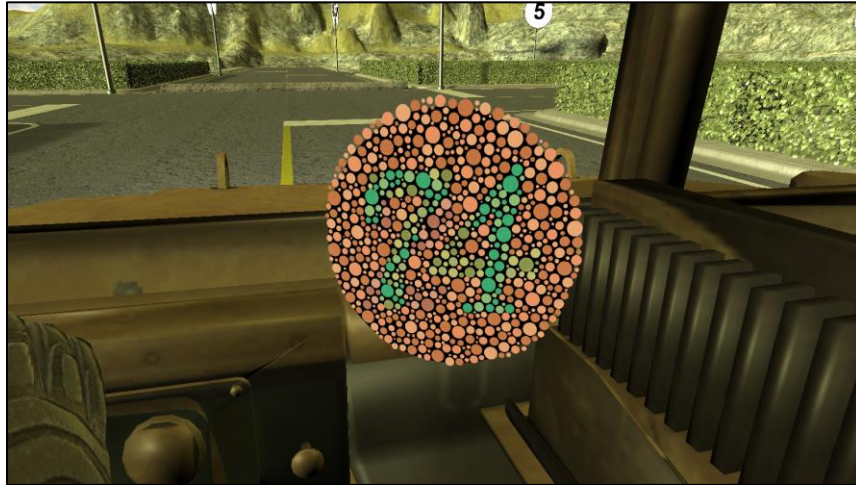


Carta de con números

Para el modelado de la carta se utilizó un *Sprite Render*, el cual se colocó las cartas con los números que serán vistas por el participante durante la tarea. Las cartas siguen el patrón del test de Ishihara, se ubican dentro del panel interno de la cabina en los entornos de entrenamiento y evaluación, respectivamente.

Figura 54

Carta con número inspirada en el Test de Ishihara



Nota: Las cartas con los números se basó en las tarjetas del test de Ishihara. Número de tarjeta de color de Ishihara "74". Adaptado de ". The Global Health Bureau" de USAID, 2020, IEEE Journals (https://www.challengeb.org/publications/tools/country/Ishihara_Tests.pdf.)

Volante

El volante se modela de acuerdo a las especificaciones generales que tiene un volante para conducción. Los guantes se crearon mediante 9874 triángulos, 6520 vértices y el tamaño aproximado del volante es de 42 x 42 x 32 cm, y el tamaño de los guantes es de 20 x 2 x 2. Para dar movimiento al volante se implementaron scripts, lo cual permitió la sincronización del volante, pedales y los guantes que van enganchados al volante.

Figura 55

Volantes y Guantes modelados y texturizados

**Montañas**

Las montañas se modelaron en base a 210 triángulos, 605 vértices, el tamaño aproximado es de 818 x 925 x 234 cm, la altura es de 54,82 m, la resolución del mapa de luz es de 64 unidades. La textura final consta de peñascos, al lastre y al agua.

Árboles tipo Pino

Los árboles tipo pino se realizaron mediante 48 triángulos, 34 vértices, el tamaño aproximado es de 718 x 792 x 1595 cm, la resolución del mapa de luz es de 128 unidades, con opción de colisión activada. La textura final contiene la cubierta del tronco de un árbol y a superficies con desniveles. Además, para crear una geometría preconstruida de los árboles tipo pino se implementó componentes de malla estática.

Rocas tipo 1

Las rocas tipo 1 se modelaron mediante 800 triángulos, 1821 vértices, el tamaño aproximado es de 21 x 19 x 12 cm, la resolución del mapa de luz es de 64 unidades, con opción de colisión activada. La textura final tiene un revestimiento de una roca con tonalidades grises verdosas.

Rocas tipo 2

Las rocas tipo 2 se crearon en base a 914 triángulos, 529 vértices, el tamaño aproximado es de 92 x 128 x 97 cm, la resolución del mapa de luz es de 64 unidades, con opción de colisión activada. La textura final contiene un revestimiento de una roca con tonalidades grises.

Lagos

Los lagos se hicieron en base a un cubo, 4 triángulos, 6 vértices, el tamaño aproximado es de 230 x 214 x 0 cm.

Para dar el efecto de profundidad se implementó el componente de volumen de post procesamiento, además para la tonalidad del agua se creó un material compuesto de dos colores y para generar la cristalización del agua se combinaron diferentes texturas metálicas, de espejo y de rugosidad.

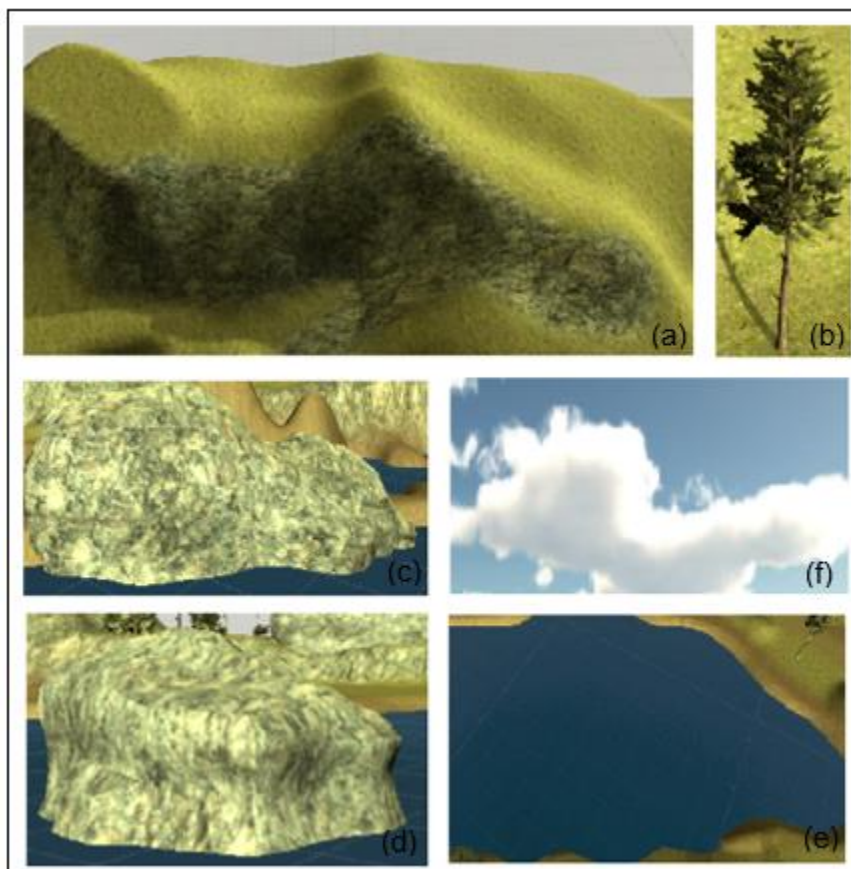
Existe dos lagos, el primer con un tamaño aproximado de 1000 m² y otro con 500 m².

Nubes

Las nubes se realizaron con el componente Sky_Atmosphere.

Figura 56

Modelado de los objetos 3D



Nota: En la Figura 56 se indican los objetos 3D modelados. (a) Montañas; (b) Árboles tipo Pino; (c) Rocas tipo 1; (d) Rocas tipo 2; (e) Lagos; (d) nubes.

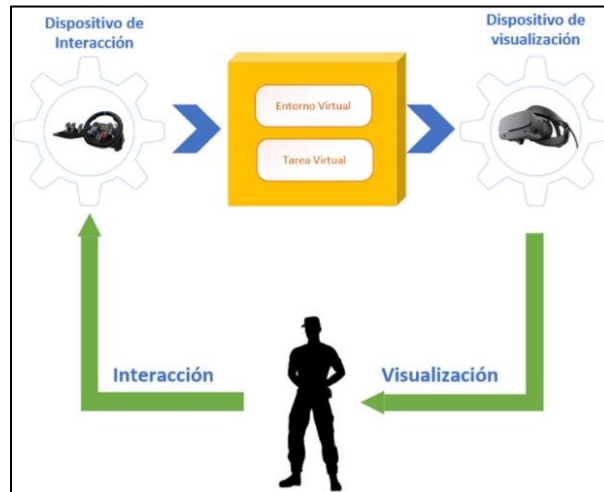
Construcción***Integración de componentes y tarea virtual***

En esta fase se han acoplado todos los objetos 3D, los elementos de los entornos virtuales, actividades específicas de cada entorno virtual y sus componentes.

Configuración de la interacción y visualización.

Figura 57

Integración de Dispositivos



El HMD Oculus Rift permite visualizar el entorno, controlar movimientos de cabeza e interactuar con los dispositivos de interacción (Pedales y Volante G29) y controlar el vehículo.

Además, para gestionar la instancia de sonido se implementaron componentes de audio dentro del prototipo de software.

Mejora Continua

Una vez que se acoplaron todos los elementos y componentes, se realizaron pruebas preliminares. En base a estas pruebas se debió mejorar al texturizado del objeto agua con el fin de que tenga mayor realismo en el entorno.

También, las tarjetas que muestran los números en la parte externa del entorno de prueba se modificaron la textura y el color para no sugerir memorización sino la visualización e identificación del número y no del color de la tarjeta mostrada.

Capítulo IV

Validación y Pruebas

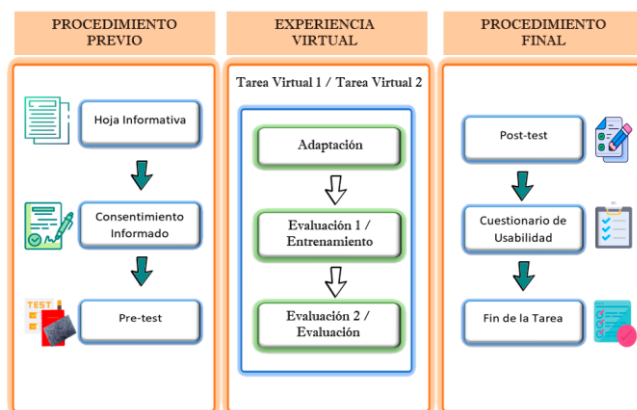
En este capítulo se detalla el protocolo de pruebas que se implementó. Además, se describe el análisis de resultados obtenidos durante las pruebas en cada una de las tareas, el cuestionario de mareo y la evaluación de satisfacción por parte de los participantes.

Protocolo de pruebas

Se han definido tres fases por cada tarea. Antes de realizar cada una de las tareas virtuales el participante lee la hoja informativa, conoce sobre los objetivos del proyecto, y si decide participar firma el consentimiento informado. Luego, contesta un cuestionario previo de mareo para verificar su estado físico antes de realizar la tarea. A continuación, realiza la tarea virtual 1 y 2. Contesta el cuestionario post de mareo para conocer si la tarea causó algún síntoma de mareo. Para finalizar, el participante contesta el cuestionario de usabilidad que permite conocer la percepción de los usuarios respecto de la interacción, percepción de profundidad y satisfacción por cada una de las tareas realizadas.

Figura 58

Protocolo de pruebas para cada tarea



Para aplicar el protocolo se coordinó y se tuvo la participación de personal militar. Para realizar las pruebas se realizó la respectiva verificación del certificado de vacunación, considerando las normas de bioseguridad establecidas debido a la pandemia del COVID-19. Se desinfectaron las manos del participante, se entregó gorros quirúrgicos desechables, se verificó el uso correcto de la mascarilla. También se desinfectaron los dispositivos de interacción por cada evaluación y por cada participante.

Fecha y Lugar

Las pruebas se realizaron en las instalaciones del Centro de Investigación de Aplicaciones Militares CICTE el 28 de enero del 2022 a partir de las 09H00.

Participantes

El personal militar que participó en las pruebas por cada una de las tareas, fue una muestra de grupo control conformada por 10 participantes.

Áreas de pruebas

Para realizar las pruebas se determinaron tres espacios que cumplan con los lineamientos del protocolo de validación.

Área 1: se recibió a los participantes, se informó del proyecto, se registraron los datos personales, firmas de consentimientos y contestación de cuestionarios.

Figura 59

Firma del consentimiento informado por parte del participante



Área 2: lugar para realizar las pruebas visuales tradicionales.

Esta área estuvo destinada para realizar las pruebas visuales a cada participante, se aplicaron dos test, LANG e ISHIHARA.

Luego de experimentar las tareas virtuales, en el área de información, el participante contestó dos cuestionarios, el primero sobre mareo antes y después de la tarea virtual, y el segundo cuestionario aplicado fue para evaluar los aspectos de usabilidad. El cuestionario de usabilidad maneja la escala de Likert del 1 al 5 evaluando satisfacción, interacción y percepción (Likert, 1932).

Área 3: espacio para el desarrollo de la tarea virtual 1.

El participante se ubica en el área de pruebas señalada en el piso, se procede a dar las indicaciones sobre los dispositivos de visualización e interacción que deben usar para ejecutar la tarea virtual 1.

Figura 60

Indicaciones sobre el uso de los dispositivos de inmersión.



Posteriormente, se procedió a colocar el dispositivo de visualización y de interacción para iniciar con la fase de adaptación de esta forma se familiarice con el uso de los dispositivos antes mencionados.

Una vez finalizada la fase de adaptación se procedió a retirar las gafas de realidad virtual, se observó y se preguntó al participante si no tenía algún síntoma contraproducente por el uso de los dispositivos. A continuación, se volvió a colocar las gafas RV para proceder con la fase de evaluación 1 y se observa el cumplimiento de la tarea virtual de la misma forma que en la fase de adaptación se procede a retirar las gafas de Realidad Virtual. Finalmente realizó la evaluación 2 para de esta forma dar por terminado la experiencia virtual.

Área 4: espacio para el desarrollo de la tarea virtual 2.

Este espacio corresponde a la cabina del proyecto de investigación que se encuentra en construcción. Debe realizar la tarea virtual siguiendo las fases habituación, entrenamiento y evaluación.

Figura 61

Colocación de cascos, indicación de volante y pedales



Figura 62

Participante realizando tarea virtual



El tiempo estimado en la tarea fue de 5 minutos. Se les colocó las gafas de realidad virtual a cada participante y se les orientó con el volante y los pedales.

Posteriormente realizaron las tareas virtuales, sintiendo la inmersión dentro de los

entornos. Siguieron las instrucciones, observando los objetos virtuales, identificando su entorno y cumpliendo la misión de la tarea.

Análisis de Resultados

A continuación, se describen los resultados obtenidos en el proceso de pruebas.

Cuestionario de síntomas de mareo

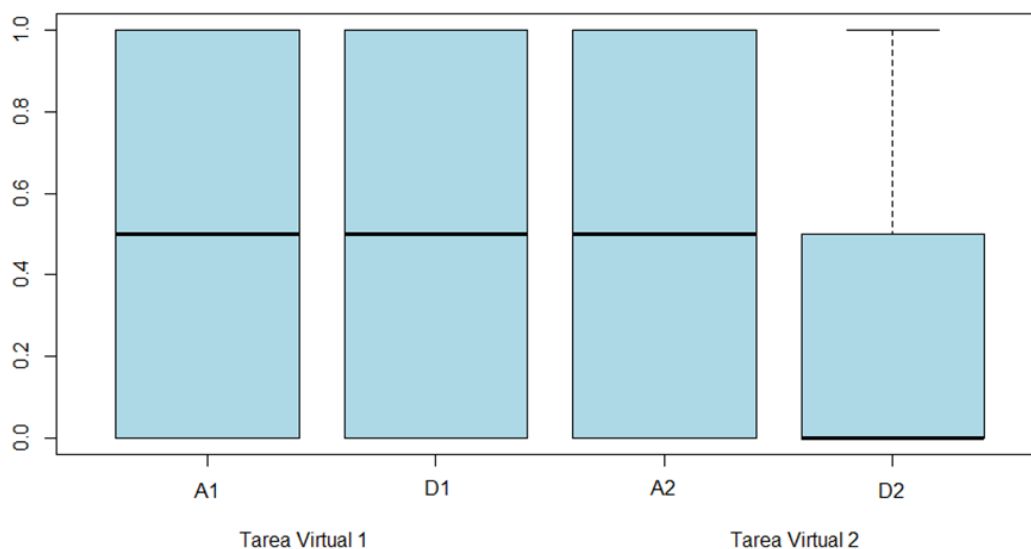
Antes de la tarea virtual, se aplicó el cuestionario de mareo previo a la ejecución de las tareas virtuales, y según el análisis realizado se ha determinado que los participantes no presentaron ningún malestar

Después de la tarea virtual, después a la ejecución de las tareas virtuales se aplicó nuevamente el cuestionario, y según el análisis realizado se ha determinado que los participantes no presentaron ningún malestar.

En la Figura 65 se observa que los participantes no presentaron síntomas de mareos después de realizar las dos tareas. El estado se mantiene constante y en algún caso mejora.

Figura 63

Resultados del cuestionario de mareo aplicado antes y después de las tareas virtuales



Nota: A1: se refiere al cuestionario antes de la tarea virtual 1; D1: se refiere al cuestionario después de la tarea virtual 1. A2: se refiere al cuestionario antes de la tarea virtual 2; D2: se refiere al cuestionario después de la tarea virtual 2.

Cuestionario de Usabilidad

Percepción

La percepción de los participantes durante la inmersión fue satisfactoria, en la Tarea virtual 1 se obtuvo la puntuación media de 4.65/5 y en la Tarea virtual 2 se obtuvo la puntuación media de 4.85/5. Esto demuestra que los participantes sintieron realismo dentro de los entornos virtuales, ya que identificaron el efecto de profundidad y color en los diferentes objetos 3D.

Interacción

La interacción que realizaron los participantes durante la Tarea virtual 1 fue puntuada con una media de 4.75/5 y en la Tarea virtual 2 se obtuvo 4.85/5. Lo que

sugiere que los dispositivos utilizados, las configuraciones, y la definición de las tareas virtuales fueron adecuadas ya que sintieron una interacción natural e intuitiva.

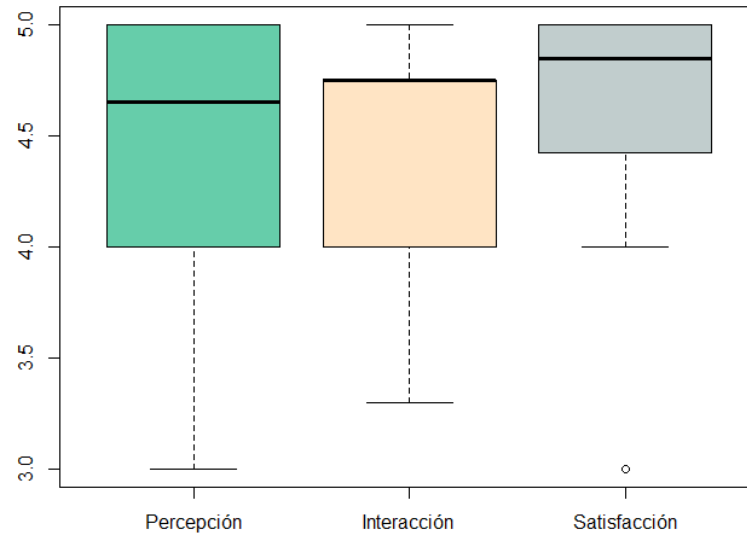
Satisfacción

La percepción general de satisfacción de los participantes al realizar las tareas fue evaluada con las mejores puntuaciones, Tarea virtual 1 obtuvo una media de 4.85/5 y en la Tarea virtual 2 se obtuvo una media de 4.95/5. Esto evidencia que los participantes disfrutaron la experiencia virtual con realismo, inmersión e interacción en primera persona.

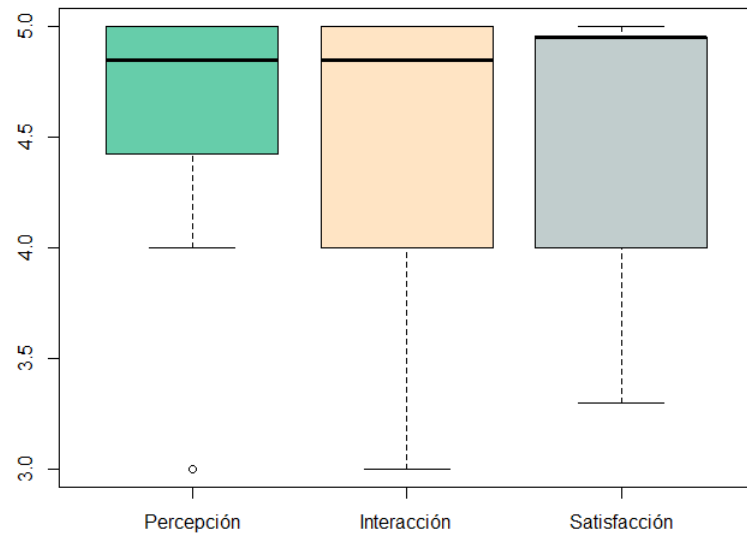
Además, los resultados obtenidos en la Figura 66 y Figura 67 permiten demostrar que la hipótesis planteada se cumple, ya que el prototipo de software puede ser una herramienta de apoyo en el proceso de selección para el ingreso a las escuelas de aviación de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

Figura 64

Resultados de las preguntas de Usabilidad -Tarea virtual 1

**Figura 65**

Resultados de las preguntas de Usabilidad- Tarea virtual 2



Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se realizó un estudio preliminar de la literatura de acuerdo al ámbito del proyecto, herramientas tecnológicas, técnicas, y pruebas visuales aplicadas durante el proceso de selección de aspirantes a pilotos.

Se realizaron reuniones con los investigadores del proyecto y especialistas del Hospital de Especialidades Nro.1 de Fuerzas Armadas con el fin de conocer a detalle el tipo de evaluaciones visuales que se realizan durante el proceso de selección de aspirantes a pilotos previo al ingreso a las escuelas de aviación.

El prototipo de software inmersivo e interactivo fue desarrollado y puesto a prueba el cual permite evaluar la percepción visual de profundidad y de color, mediante tareas virtuales que incluyen tres fases.

La metodología de desarrollo propuesta por Fencott fue la base para crear los entornos virtuales, los objetos 3D y los componentes de cada tarea y fases que la conforman.

Para validar el prototipo se realizaron las pruebas con personal militar. Se aplicaron los respectivos protocolos de validación y bioseguridad. Los participantes se informaron del proyecto y firmaron los consentimientos informados para el estudio experimental.

Los resultados demuestran que los participantes no tuvieron síntomas de mareo después de realizar las tareas, lo que demuestra que las tareas virtuales creadas podrían ser una herramienta útil para evaluar la percepción visual de profundidad y de color.

De acuerdo con las puntuaciones obtenidas en la evaluación de la usabilidad del prototipo, las tareas y sus componentes, se puede concluir que el prototipo de software con las características desarrolladas en este trabajo, contribuirá en el proceso de selección y evaluación de los candidatos a pilotos para el ingreso a las escuelas de aviación de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

Recomendaciones

Se recomienda seguir con el desarrollo del proyecto, realizar pruebas en diferentes tipos de participantes, hasta que el prototipo pueda garantizar mayor precisión y se convierta en un producto mínimo viable para evaluar la percepción visual de profundidad y color para el proceso de selección de aspirantes a pilotos.

Bibliografía

- 3drudder. (26 de octubre de 2018). 3drudder. Obtenido de <https://www.3drudder.com/#:~:text=Put%20your%20feet%20on%20the,%2C%20or%20move%20up%20%26%20down.&text=Achieve%20in%20seconds%20impossible%20movements,target%20while%20shooting%20at%20it>.
- Amézcuca, O. (2018). Factores Humanos en Aviación. *Semae*, 4-14.
- Brockmole, J. R., & Henderson, J. M. (2006a). Using real-world scenes as contextual cues for search. *Visual Cognition*, 13, 99–108.
- Budgen, D., Kitchenham, B., Charters, S., Turner, M., Brereton, P., & Linkman, S. (2007, April). Preliminary results of a study of the completeness and clarity of structured abstracts. <https://doi.org/10.14236/EWIC/EASE2007.7>
- Castelhano, M. S., & Henderson, J. M. (2003). Flashing scenes and moving windows: An effect of initial scene gist on eye movements. Presented at the Annual Meeting of the Vision Sciences Society, Sarasota, Florida.
- Cataldo, A. (2015). Design Science Research (DSR): Una breve introducción. II Workshop RedSTI, Octubre.
- Chen, D., Yuan, L., Liao, J., Yu, N., & Hua, G. (2018). Stereoscopic Neural Style Transfer. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 6654–6663. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00696>
- Chen, G., & Lai, Y. (2020). Research on object depth information measurement system in image. *Proceedings - 2020 International Conference on Computer Network, Electronic and Automation, ICCNEA 2020*, 96–100. <https://doi.org/10.1109/ICCNEA50255.2020.00012>
- D.R. Mestre, P. Fuchs. “Immersion et présence”. In: Fuchs P, Moreau G, Berthoz A, Vercher JL, eds. *Le traité de la réalité virtuelle*. Paris: Ecole des Mines de Paris, 2006: 309-380.
- Davies A. Oculus Rift Vs. HTC Vive Vs. PlayStation VR. tomshardware.co.uk. 2016. www.tomshardware.co.uk/vive-rift-playstation-vr-comparison,review-33556-3.html (accessed March 25, 2020). Google Scholar.
- Deeb, S. S.: The Molecular Basis of Variation in Human Color Vision. *Clin. Genet.* 67 (2005) 369–377.
- Dirección General de Aviación. (2012). Obtenido de NORMAS PARA EL OTORGAMIENTO DEL CERTIFICADO MÉDICO: <https://www.aviacioncivil.gob.ec/biblioteca/>
- European Committee for Standardization: Graphical Symbols—Safety Colours and Safety Signs—Registered Safety Signs (ISO 7010:2011). Standard, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium (2012)

- Faeda, L. M., Gama, I. R., Roberti Junior, W. C., Sanches, P. D. L., MacHado, A. F. D. V., & Nerio, W. O. P. (2018). A semiotic study on virtual reality games and simulations. *Proceedings - 2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2018*, 202–209. <https://doi.org/10.1109/SVR.2018.00038>
- Fencott, C. (1999). Towards a Design Methodology for Virtual Environments. *Workshop on User Centered Design and Implementation of Virtual Environments*. University of York, 1–8. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.39.8746>
- GIMA. (03 de 07 de 2016). LANG-STEREOTEST. Obtenido de MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO: <https://www.gimaitaly.com/DocumentiGIMA/Manuali/ES/M31294ES.pdf>
- Hadjidimitrakis, K. (2020). Coupling of head and hand movements during eye-head-hand coordination: There is more to reaching than meets eye. *Journal of Neurophysiology*, 123(5), 1579–1582. <https://doi.org/10.1152/jn.00099.2020>
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (2003). Eye movements and visual memory: Detecting changes to saccade targets in scenes. *Perception & Psychophysics*, 65, 58–71.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. September 2014, 75–105.
- Huang, Sabrina & Bailenson, Jeremy. (2019). Close Relationships and Virtual Reality: Learning in the Age of Emerging Technologies. 10.1007/978-3-030-02631-8_4.
- Ikei, Y., Yem, V., Tashiro, K., Fujie, T., Amemiya, T., & Kitazaki, M. (2019). Live stereoscopic 3d image with constant capture direction of 360°cameras for high-quality visual telepresence. *26th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2019 - Proceedings*, 431–439. <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8797876>
- Itti., L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, 40, 1489–1506.
- Kang, M. K., & Kim, S. K. (2017). Depth Perception Assessment for Stereoscopic 3D Displays Using Layered Random Dot Stereogram. *IEEE Access*, 5, 22855–22862.
- Leap Motion Controller. (2015). Recuperado el 2022, de <https://www.leapmotion.com/>
- Lewis, J., Shires, L., Brown, D.: Development of a visual impairment simulator using the microsoft XNA framework. In: *Proceedings of 9th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, Laval, France (2012)
- Martínez, J. (2018). Caracterización y Comparación del escaneo visual de pilotos expertos y novatos durante un aterrizaje VFR. 26–45.
- mrcardboard. (18 de octubre de 2015). mrcardboard. Obtenido de What is pop!Cardboard?: <https://mrcardboard.eu/what-is-google-cardboard-how-does-google-cardboard-work/>

- Muñoz-Marrón, D. (2018). Factores Humanos En Aviación: Crm (Crew Resource Management - Gestión De Recursos De La Tripulación). Papeles Del Psicólogo - Psychologist Papers, 39(3), 1–9. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2018.2870>
- NEI Office of Science Communications, Public Liaison, and Education: Prevalence of Adult Vision Impairment and Age-Related Eye Diseases in America. https://nei.nih.gov/eyedata/adultvision_usa. Accessed 04 Sept 2017
- Oculus Rift DK2. (2015). Recuperado el 2022, de <https://www.oculus.com/en-us/dk2/>
- Ordóñez, J. (2020). Revista Digital ACTA. Obtenido de Realidad Virtual y Realidad Aumentada: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.acta.es%2Fmedios%2Farticulos%2Fciencias_y_tecnologia%2F063001.pdf&clen=1872237&chunk=true
- Perez, E., Winger, A., Tran, A., Garcia-Paredes, C., Run, N., Keti, N., Bhandari, S., & Raheja, A. (2018). Autonomous Collision Avoidance System for a Multicopter using Stereoscopic Vision. 2018 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2018, 91768, 579–588. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2018.8453417>
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008, June). Systematic Mapping Studies in Software Engineering. <https://doi.org/10.14236/EWIC/EASE2008.8>
- Reason, J. (2000). Human error: models and management. PMC, 768-770.
- Rodríguez, S. (18 de enero de 2017). paréntesis. Obtenido de ¿Qué necesitas para usar un Gear VR?: https://www.parentesis.com/tutoriales/Que_necesitas_para_usar_un_Gear_VR?fb_comment_id=1197633393655715_1559583564127361#
- Rougeau, M. (27 de abril de 2015). techradar. Obtenido de These gloves could actually let you use your hands in VR: <https://www.techradar.com/news/gaming/these-gloves-could-actually-let-you-use-your-hands-in-vr-1292189>
- Rubio, J., Gétrudix, M., & García, F. (septiembre de 2017). ResearchGate. Obtenido de Immersive Environments and Virtual Reality: Systematic Review and Advances in Communication, Interaction and Simulation: https://www.researchgate.net/publication/320064803_Immersive_Environments_and_Virtual_Reality_Systematic_Review_and_Advances_in_Communication_Interaction_and_Simulation
- Salomoni, P., Prandi, C., Roccetti, M., Casanova, L., & Marchetti, L. (2016). Assessing the efficacy of a diegetic game interface with Oculus Rift. 2016 13th IEEE Annual Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2016, 387–392. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2016.7444811>

- Tsyktor, V. (27 de marzo de 2019). Cyber Pulse. Obtenido de What Is Non-Immersive Virtual Reality?: <https://cyberpulse.info/what-is-non-immersive-virtual-reality-definition-examples/#:~:text=sort%20things%20out.,Definition,immersed%20in%20the%20virtual%20world.&text=Using%20various%20input%20devices%2C%20users,digital%20content%20on%20a%20display>.
- Urtubia, C. (1999). Neurobiología de la visión. 2nd ed. / Universidad Politécnica de Catalunya.
- USAID, (2020). Ishihara Test. The Global Health Bureau. Obtenido de: (https://www.challengeb.org/publications/tools/country/Ishihara_Tests.pdf)
- Van Aken, J. E. (2005). Management research as a design science: Articulating the research products of mode 2 knowledge production in management. *British Journal of Management*, 16(1), 19–36. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.2005.00437.x>
- Väyrynen, J., Colley, A., Häkkinä, J.: Head mounted display design tool for simulating visual disabilities. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, pp. 69–73. ACM (2016).
- Villarroel S. (2016). Realidad Virtual en la Educación el Próximo Desafío ", *Journal Of Science And Research: Revista Ciencia E Investigación*. Available: <http://revista.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/93>.
- Vincent, G.K., Velkoff, V.A.: The next four decades: the older population in the United States: 2010 to 2050. 1138. US Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, US Census Bureau (2010)
- Vitruix. (2021). vitruix. Obtenido de <https://www.vitruix.com/>
- VRS. (5 de mayo de 2017). Virtual Reality Society. Obtenido de Semi-Immersive Virtual Reality Environments: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-environments/semi-immersive.html>
- Webber, A. L. (2018). The functional impact of amblyopia. *Clinical and Experimental Optometry*, 101(4), 443–450. <https://doi.org/10.1111/cxo.12663>
- Wellcome H, Laboratories. Identification of red-green colour deficiency: sensitivity of the Ishihara and American Optical Company (Hard, Rand and Rittler) pseudo-isochromatic plates to identify slight anomalous trichromatism. [Sitio en Internet]. London; 2010. [accessed March 21, 2020]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20883353>
- Wieringa, R. (2010). Design science methodology. In *Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering - ICSE '10 (Vol. 2)*. <https://doi.org/10.1145/1810295.1810446>

- Wilson, D. (22 de enero de 2021). msensory. Obtenido de <http://msensory.com/the-first-multisensory-vr-mask-to-bring-smell-mist-vibrations-into-the-picture-yanko-design/>
- Zagar, M., Baggaly, S.: Low vision simulator goggles in pharmacy education. *Am. J. Pharm. Educ.* 74(5), 83 (2010)
- Zahiruddin K, Banu S, Dharmarajan R, et al. Effect of Illumination on Colour Vision Testing with Farnsworth-Munsell 100 Hue Test: Customized Colour Vision Booth versus Room Illumination. *Korean Journal of Ophthalmology: KJO.* 2010. [accessed March 25, 2020]. Disponible en: <http://hinariologin.research4life.org/uniqueidwww.ncbi.nlm.nih.gov/uniqueid/pmc/articles/PMC2882079/>
- Zhang, C., Wang, L., & Meng, Z. (2018). Binocular Depth Estimation Based on Diffractive Optical Elements and the Semiglobal Matching Algorithm. 2018 3rd IEEE International Conference on Image, Vision and Computing, ICIVC 2018, 504–508. <https://doi.org/10.1109/ICIVC.2018.8492892>