



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

“TERAPIA MULTISENSORIAL PARA PACIENTES CON ALZHEIMER.”

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Electrónicos.

AUTOR: Myriam Johana Medina Jines.

TUTOR: Ing. Patricio Germán Encalada Ruiz M. Sc.

AMBATO - ECUADOR

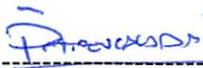
Marzo – Septiembre 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: TERAPIA MULTISENSORIAL PARA PACIENTES CON ALZHEIMER, de la señorita MYRIAM JOHANA MEDINA JINES estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato octubre, 2018

TUTOR



Ing. Patricio Germán Encalada Ruiz M. Sc

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: TERAPIA MULTISENSORIAL PARA PACIENTES CON ALZHEIMER, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato octubre, 2018



Myriam Johana Medina Jines

CC: 1804610259

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato octubre, 2018



Myriam Johana Medina Jines

CC: 1804610259

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Santiago Manzano e Ing. Patricio Córdova, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado TERAPIA MULTISENSORIAL PARA PACIENTES CON ALZHEIMER, presentado por la señorita Myriam Johana Medina Jines de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Mg. Santiago Manzano
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg. Patricio Córdova
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

Dedico este proyecto de investigación a mis padres, mis hermanas, mi familia y amigos por su apoyo incondicional en cada decisión en mi vida y por estar siempre apoyándome y guiándome para cumplir cada una de mis metas y sueños.

Myriam Johana Medina Jines

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a mis padres y familia, que gracias a su esfuerzo y dedicación hacia mi persona supieron guiarme durante todo este trayecto.

A mis amigos y compañeros que hicieron que mi instancia aquí este llena de recuerdos y sonrisas, a mis queridos docentes que dedicaron su tiempo y paciencia para la enseñanza académica.

A mi querida Alma Mater por acogerme y recibirme durante mis años de aprendizaje.

Y un agradecimiento especial al Dr. Guillermo Bastidas quien me brindo apertura para la realización de este proyecto.

Myriam Johana Medina Jines

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	V
DEDICATORIA:	VI
AGRADECIMIENTO:	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Delimitación	3
1.3.1. De Contenidos.....	3
1.3.2. Espacial	3
1.3.3. Temporal	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. General	5
1.5.2. Específicos	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes Investigativos	6
2.2. Fundamentación Teórica	8
2.2.1. El cerebro.....	8
2.2.2. Alzheimer.....	9
2.2.3. Snoezelen.....	13
2.2.4. Test de evaluación.....	15
2.2.5. Realidad virtual (VR).....	16
2.2.6. Motor gráfico para diseño de juegos.....	18

2.2.7.	Software para modelado 3D.....	19
2.2.8.	Visual Studio.....	20
2.2.9.	Cámaras 360.....	20
2.2.10.	Smartphone.....	21
CAPÍTULO III.....		22
METODOLOGIA.....		22
3.1.	Modalidad de la Investigación.....	22
3.2.	Recolección de Información.....	22
3.3.	Procesamiento y Análisis de Datos.....	22
3.4.	Desarrollo del Proyecto.....	23
CAPITULO IV.....		24
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		24
4.1.	Descripción del Proyecto.....	24
4.2.	Análisis técnico del hardware.....	25
4.2.1.	Computador.....	25
4.2.2.	Gafas de realidad virtual.....	25
4.2.3.	Smartphone.....	27
4.2.4.	Cámara 360.....	28
4.2.5.	Silla ergonómica.....	28
4.2.6.	Controlador.....	28
4.2.7.	Comunicaciones inalámbricas utilizadas en el STVEA.....	28
4.3.	Análisis técnico del software.....	29
4.3.1.	Software de diseño 2D.....	29
4.3.2.	Software para modelado 3D.....	30
4.3.3.	Software para desarrollo de ambientes virtuales.....	31
4.3.4.	Software para la edición de video y audio.....	33
4.3.5.	Software para el desarrollo de Script.....	35
4.4.	Elección de los ejercicios orientados al tratamiento de Alzheimer.....	35
4.4.1.	Memoria.....	36
4.4.2.	Lenguaje.....	36
4.4.3.	Funciones gnósicas o capacidades perceptivas.....	36
4.4.4.	Funciones ejecutivas.....	37
4.5.	Desarrollo de Interfaces.....	37
4.5.1.	Diseño de Objetos Virtuales 3D.....	37

4.5.2. Ergonomía de interfaces de usuario	39
4.6. Implementación de Ambientes virtuales	40
4.6.1. Diseño de la APK para pacientes con EA.....	40
4.6.2. Diseño de la Dinámica de los Ambientes Virtuales	42
4.6.3. Diseño de entornos virtuales.....	44
4.7. Diseño del Sistema de Registro.....	71
4.8. Implantación del sistema multisensorial	72
4.9. Criterios inclusión de terapia virtual para pacientes con Alzheimer.....	74
4.10. Criterios de exclusión de terapia virtual para pacientes con Alzheimer	74
4.11. Pruebas.....	75
4.11.1. Pruebas técnicas del STVEA.....	75
4.11.2. Pruebas test T@M	79
4.11.3. Test usabilidad.....	81
4.11.4. Pruebas preliminares para criterios de exclusión de usuarios sin EA	82
4.11.5. Pruebas de terapia virtual para la Enfermedad de Alzheimer	82
4.12. Resultados.....	89
4.12.1. Análisis de resultado de pruebas técnicas	89
4.12.2. Resultados pruebas test T@M.....	92
4.12.3. Resultados pruebas preliminares de usuarios sin EA.....	93
4.12.4. Resultado test de usabilidad	94
4.12.5. Resultados de terapia virtual para Alzheimer.....	95
CAPITULO V	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1. Conclusiones	103
5.2. Recomendaciones	105
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa entre gafas de realidad virtual	26
Tabla 2. Comparativa entre teléfonos Samsung.....	27
Tabla 3. Valores FPS de cada juego.....	76
Tabla 4. Datos acelerómetro sin gafas en sentido vertical.....	77
Tabla 5. Datos acelerómetro con gafas sentido vertical.....	77
Tabla 6. Datos acelerómetro sin gafas sentido horizontal.....	78
Tabla 7. Datos acelerómetro con gafas sentido horizontal	78
Tabla 8. Resultados test T@M.....	79
Tabla 9. Puntuaciones globales test T@M.....	80
Tabla 10. Test de Usabilidad aplicados a pacientes con EA.....	81
Tabla 11. Resultados obtenidos por usuarios sin EA.....	82
Tabla 12. Resultados obtenidos del paciente A en las 3 primeras sesiones.....	84
Tabla 13. Resultados obtenidos del paciente A en las últimas 3 sesiones.	85
Tabla 14. Resultados obtenidos del paciente B en las 3 primeras sesiones.	86
Tabla 15. Resultados obtenidos del paciente A en las últimas 3 sesiones.	87
Tabla 16. Resultados obtenidos por usuarios con EA.....	88
Tabla 17. Cuadro comparativo entre personas sanas y con EA	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación entre un cerebro sano y uno con EA avanzado.	9
Figura 2. Células sanas y células de paciente con EA.	10
Figura 3. Sala multisensorial o Snoezelen	14
Figura 4. Diagrama Funcional del STVEA.....	25
Figura 5. Contenido 2D en Photoshop CS6	29
Figura 6. Interfaz Blender	30
Figura 7. Cuadro de instalación de Android Build Support.....	31
Figura 8. Instalación del kit de desarrollo de java o JDK	32
Figura 9. Instalación del kit de desarrollo de Android o SDK.....	32
Figura 10. Instalación de SDK y JDK en Unity3D	33
Figura 11. Selección de la plataforma a utilizar.....	33
Figura 12. Interfaz gráfica Camtasia 9.	34
Figura 13. Interfaz gráfica de Gear 360 ActionDirection	35
Figura 14. Interfaz gráfica Visual Studio.	35
Figura 15. Boceto de la imagen a modelar.....	37
Figura 16. Colocación de una malla para el modelado de la imagen.....	38
Figura 17. Modelo 3D de la imagen casi lista.....	38
Figura 18. Figura 3D terminada.	39
Figura 19. Diagrama de flujo del diseño de un apk personalizada.	41
Figura 20. Diagrama de flujo de la aplicación.	42
Figura 21. Diagrama de flujo de la dinámica de juegos.....	43
Figura 22. Añadir componente script.....	44
Figura 23. Interfaz gráfica del editor de Unity3D.....	45
Figura 24. Niveles del juego de emparejamiento.....	46
Figura 25. Diagrama de bloques del juego de emparejamiento.	47
Figura 26. Niveles del juego de reconocimiento.....	48
Figura 27. Diagrama de bloques del juego de reconocimiento.....	49
Figura 28. Niveles del juego de secuencias.	50
Figura 29. Diagrama de bloques del juego de secuencias.....	51
Figura 30. Niveles del juego de historia.	52
Figura 31. Diagrama de bloques del juego de historia.....	53
Figura 32. Niveles juego de figuras.	54
Figura 33. Diagrama de bloques del juego de figuras.....	55
Figura 34. Niveles del juego laberinto.	56
Figura 35. Diagrama de bloques del juego laberinto.	57
Figura 36. Niveles del juego de lugares.	58
Figura 37. Diagrama de bloques del juego de lugares.	59
Figura 38. Nivel único del juego de afirmaciones.	60
Figura 39. Diagrama de bloques del juego de afirmaciones.....	60
Figura 40. Nivel único del juego de antónimos.	61
Figura 41. Diagrama de bloques del juego de antónimos.....	62
Figura 42. Nivel único del juego de lugar y objetos.	62
Figura 43. Diagrama de bloques del juego de lugar y objeto.....	63
Figura 44. Niveles del juego selección con audio.....	64

Figura 45. Diagrama de bloques del juego selección con audio.....	65
Figura 46. Niveles del juego de climas.....	66
Figura 47. Diagrama de bloques del juego de climas.....	67
Figura 48. Niveles del juego de pasos.....	68
Figura 49. Diagrama de bloques del juego de pasos.....	69
Figura 50. Niveles del juego de planificación.....	70
Figura 51. Diagrama de bloques del juego de planificación.....	71
Figura 52. Diagrama de flujo del registro de datos.....	72
Figura 53. Diagrama de bloques del funcionamiento de STEVA.....	73
Figura 54. Visualización de Resultados de FPS.....	76
Figura 55. Movimiento de cabeza en sentido vertical.....	77
Figura 56. Movimiento de cabeza en sentido vertical.....	78
Figura 57. Gráfica del promedio de FPS.....	89
Figura 58. Diagrama de barras de FPS.....	89
Figura 59. Gráfica del eje vertical sin gafas.....	90
Figura 60. Gráfica del eje vertical con gafas.....	90
Figura 61. Gráfica del eje horizontal sin gafas.....	91
Figura 62. Gráfica del eje horizontal con gafas.....	91
Figura 63. Gráfica del promedio del test T@M en personas sin demencia.....	92
Figura 64. Gráfica de la puntuación obtenida en el test T@M en personas sin demencia.....	92
Figura 65. Gráfica de resultados del promedio de aciertos en juegos a personas sin EA.....	93
Figura 66. Gráfica de resultados del promedio de errores en juegos a personas sin EA.....	93
Figura 67. Gráfica de resultados del promedio del tiempo en juegos a personas sin EA.....	94
Figura 68. Gráfica del test de Usabilidad.....	95
Figura 69. Gráfica de aciertos paciente A.....	96
Figura 70. Gráfica de errores paciente A.....	96
Figura 71. Gráfica de tiempos paciente A.....	97
Figura 72. Gráfica de aciertos paciente B.....	97
Figura 73. Gráfica de errores paciente B.....	98
Figura 74. Gráfica de tiempos paciente B.....	98
Figura 75. Gráfica de resultados del promedio de aciertos en juegos a personas con EA.....	99
Figura 76. Gráfica de resultados del promedio de errores en juegos a personas con EA.....	99
Figura 77. Gráfica de resultados del promedio del tiempo en juegos a personas con EA.....	100
Figura 78. Gráfica de aciertos para pacientes con EA y sin EA.....	101
Figura 79. Gráfica de errores para pacientes con EA y sin EA.....	101
Figura 80. Gráfica de tiempos para pacientes con EA y sin EA.....	102

RESUMEN

El presente proyecto de investigación desarrolla un prototipo de terapia multisensorial para pacientes con Alzheimer en su fase inicial, siendo esta enfermedad un tipo de demencia que afecta a una gran parte de la población de adultos mayores en edades comprendidas entre los 65 años o más, sin descartar que la enfermedad de Alzheimer (EA) puede aparecer de forma prematura es decir antes de los 65 años, el principal diagnóstico es la pérdida de memoria tanto a corto como a largo plazo, ocasionando que la persona no pueda comunicarse o sea excluida de sus actividades diarias.

En este proyecto se implementa un Sistema de Terapia Virtual para la Enfermedad de Alzheimer (STVEA). El STVEA está compuesto físicamente por un Smartphone, gafas de realidad virtual, un ordenador, una silla ergonómica y elementos que ayuden a mejorar la inmersión de la experiencia como: un calefactor y parlantes estéreo; estos últimos son controlados por tarjetas electrónicas Arduino. Además, en el desarrollo de STVEA se utilizó algunas herramientas de software, necesarias para estructurar ambientes virtuales amigables, novedosos, motivacionales y efectivos en el tratamiento y evaluación de personas con la Enfermedad de Alzheimer.

El STVEA evalúa las principales áreas que pierde un paciente con EA como son: la memoria, lenguaje, percepción y funciones ejecutivas, a través de juegos personalizados para cada paciente, ya que cada uno tiene diferentes áreas más afectadas. Siendo así el STVEA un sistema muy flexible para el tratamiento y evaluación no solo de la EA, sino que además de diferentes deficiencias cognitivas. Se comprobó que la terapia multisensorial mejora la concentración de un paciente al momento de realizar una instrucción dentro de los juegos, ya que no tiene distracciones externas. Además, dentro del STVEA el paciente experimenta un mejor estado de relajación en comparación con las terapias alternativas tradicionales existentes actualmente.

Palabras clave: terapia multisensorial, Enfermedad de Alzheimer, realidad virtual.

ABSTRACT

The present research project develops a prototype of multisensory therapy for patients with Alzheimer's in its initial phase, this disease being a type of dementia that affects a large part of the population of older adults aged 65 years or older, without ruling out that Alzheimer's disease (AD) may appear prematurely, that is before age 65, the main diagnosis is the loss of memory both in the short and long term, causing the person can not communicate or be excluded from their daily activities.

In this project, a Virtual Therapy System for Alzheimer's Disease (STVEA) is implemented. The STVEA is physically composed of a Smartphone, virtual reality glasses, a computer, an ergonomic chair and elements that help to improve the immersion of the experience such as: a heater and stereo speakers; The latter are controlled by Arduino electronic cards. In addition, in the development of STVEA, some software tools were used, necessary to structure virtual environments that are friendly, novel, motivational and effective in the treatment and evaluation of people with Alzheimer's disease.

The STVEA evaluates the main areas that a patient with AS loses such as: memory, language, perception and executive functions, through personalized games for each patient, since each one has different areas more affected. Thus, the STVEA is a very flexible system for the treatment and evaluation not only of AD, but also of different cognitive deficiencies. It was found that multisensory therapy improves the concentration of a patient when performing an instruction within the games, since it has no external distractions. Furthermore, within the STVEA the patient experiences a better state of relaxation compared to the traditional alternative therapies currently available.

Keywords: multisensory therapy, Alzheimer disease, virtual reality.

INTRODUCCIÓN

La Enfermedad de Alzheimer es una enfermedad neurológica progresiva que pertenece al grupo de las demencias. La EA afecta a las funciones cerebrales causando problemas relacionados con: la memoria, el comportamiento y el pensamiento. Esta enfermedad inicia en la mayoría de los casos después de los 65 años. Una de las causas del EA se le adjudica al factor genético.

Una persona diagnosticada con EA normalmente recibe un tratamiento farmacológico, pero además es recomendable seguir una rehabilitación neuropsicológica. Muchos estudios han reconocido que la rehabilitación cognitiva resulta ser muy eficaz con en los trastornos asociados al envejecimiento y enfermedades degenerativas como la EA.

En el paso del tiempo se ha desarrollado novedosos métodos de rehabilitación virtual y sistemas multisensoriales. Estas técnicas ocupan tecnologías recientes para dar tratamiento a diferentes problemas. La terapia virtual ha evidenciado resultados muy alentadores en la recuperación cognitiva y neuropsicológica de los pacientes. Por su efectividad, se promueve la terapia virtual y el uso de sistemas multisensoriales para el desarrollo de nuevos elementos, útiles y eficaces, como una opción alternativa o adicional al tratamiento tradicional.

En el presente proyecto se propone un prototipo de terapia multisensorial para pacientes con EA en su fase inicial, el cual consta de 5 capítulos descritos a continuación:

En el capítulo uno, se describen las razones por las cuales es necesario el desarrollo de la presente investigación sobre la EA, abarcando la problemática existente tanto en el mundo como en el país y se justifica las razones por las cuales se debe realizar este proyecto, así como también se establece los objetivos a seguir para el desarrollo del mismo.

El capítulo dos, analiza los antecedentes investigativos sobre temas relacionados con el proyecto, además se detalla la fundamentación teórica que sustentará el desarrollo del mismo y finalmente se analiza la propuesta, la cual dará solución al problema planteado.

En el capítulo tres, se describe el tipo de investigación realizada siendo esta bibliográfica y de campo, además, la metodología utilizada para la recolección, el procesamiento y análisis de los datos, y el desarrollo del proyecto.

En el capítulo cuatro, se dispone la implementación de un sistema multisensorial virtual compacto, novedoso e interactivo. Para su desarrollo se utilizan las tecnologías de hardware y software actuales, además de otros elementos que ayudan en la inmersión del sistema. El propósito de este proyecto es dar terapia virtual en apoyo a al tratamiento tradicional y evaluar pacientes con EA.

El capítulo cinco, describe las conclusiones y recomendaciones obtenidas al término de la realización y aplicación del proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

Terapia multisensorial para pacientes con Alzheimer.

1.2. Planteamiento del Problema

La Enfermedad de Alzheimer (EA) es una enfermedad neurológica progresiva que afecta a las funciones cerebrales causando problemas relacionados con: la memoria, el comportamiento y el pensamiento [1]. Esta enfermedad inicia en la mayoría de los casos hasta después de los 65 años; el EA puede ser de forma: esporádica que aparece por la edad o familiar que es una condición genética. Los síntomas del EA varían dependiendo de la persona siendo estos: pérdida de la memoria, dificultades con el pensamiento y resolución de problemas y de lenguaje. El Alzheimer es una enfermedad que no tiene cura actualmente y su diagnóstico aun no es exacto en su primera etapa [2].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la enfermedad de Alzheimer es la causa más común de demencia en el mundo; la demencia afecta a un total de 47.5 millones de personas y cada año se registran 9.9 millones de nuevos casos. Se calcula que entre un 5 y 8% de las personas de 60 años o más, sufre de demencia en algún momento de su vida. Se prevé que para el 2050 existirán aproximadamente 135.5 millones de personas que sufran de algún caso de demencia [3]. En la actualidad no existe cura para esta enfermedad, los tratamientos existentes son: con fármacos (inhibidores de la Colinesterasa, inhibidores de glutamato y combinación de medicamentos) o terapias alternativas (estimulación cognitiva, fisioterapia, terapia ocupacional, terapia con mascotas, musicoterapia y estimulación multisensorial) [4].

En Ecuador existen más de 100 mil personas que sufren de Alzheimer y otras demencias; según el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) en el país uno de cada 3 adultos mayores presenta una enfermedad crónica ya sea cardiaca, cerebrovasculares, pulmonares, diabetes, cáncer, deterioro cognitivo y depresión [5]. En el país la esperanza de vida de los adultos mayores es de 78 años en mujeres y 72 años en hombres. Según la encuesta Salud, Bienestar y envejecimiento 2009, en el Ecuador existen 1.229.089 personas mayores a 60 años de las cuales, el 16,3% de hombres y el 25,7% de mujeres sufren de un algún tipo de deterioro cognitivo [6].

La mayoría de pacientes con EA en el país son tratados a base de fármacos; la fundación Trascender con Amor, Servicio y Excelencia (TASE), es un centro de día para el cuidado de personas con Alzheimer, es uno de los pocos centros que brindan una alternativa no farmacéutica para el cuidado y mejoramiento de vida de los pacientes con EA [7].

Según el informe Indicadores Básicos de Salud Ecuador del año 2010 para la población del 2009 en la provincia de Tungurahua por cada 10000 habitantes 3 fallecen de una enfermedad de demencia o Alzheimer [8]. La ciudad de Ambato no cuenta con centros de reposo con tratamiento no farmacéuticos de pacientes con EA; existe un centro especializado para el tratamiento de pacientes con Alzheimer, pero sus tratamientos son a base de fármacos, esto se debe a la poca importancia que recibe este determinado grupo de personas.

1.3. Delimitación

1.3.1. De Contenidos

Área Académica de la carrera:	Física y Electrónica
Línea de Investigación:	Sistemas Electrónicos
Sub Línea de Investigación:	Sistemas Embebidos

1.3.2. Espacial

La presente investigación se llevó a cabo en el centro de reposo Sagrado Corazón de Jesús de la ciudad de Ambato para la realización de pruebas y verificación de resultados.

1.3.3. Temporal

La presente investigación se desarrolló en el periodo Marzo – Agosto 2018 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4. Justificación

En Ecuador existen muy pocos proyectos o programas destinados al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que sufren de Alzheimer o que brindan ayuda a los familiares de las personas que las padecen, dichos proyectos en su mayoría son privados y se encuentran dentro de las principales ciudades del país. Las instituciones o centros de ayuda para los pacientes con EA en su mayoría utilizan tratamientos a base de fármacos los cuales son demasiado costosos; existen solo pocos centros que utilizan terapias alternativas para el tratamiento de la EA como: terapia física, terapias cognitivas o musicoterapias. En el informe mundial sobre el Alzheimer 2015 asegura que en la mayoría de casos las personas que sufren de este u otro tipo de demencia viven en sus hogares y en la mayor parte de los casos sin ningún tipo de ayuda tanto para ellos como para sus familiares [9].

En los últimos tiempos se han ido desarrollando novedosos métodos de rehabilitación virtual. Estas técnicas ocupan las tecnologías recientes para dar tratamiento a diferentes problemas de salud. La terapia virtual ha evidenciado resultados muy alentadores en la recuperación cognitiva y neuropsicológica de los pacientes. Por su efectividad, se promueve la terapia virtual para el desarrollo de nuevos elementos, útiles y eficaces como una opción alternativa y/o adicional al tratamiento tradicional de enfermedades.

La implementación de terapias alternativas son una opción distinta a los tratamientos con medicamentos que actualmente existen ya que ayudan a mejorar la calidad de vida del paciente con Alzheimer, además de brindar apoyo moral y económico a sus familiares o cuidadores, dado que un tratamiento alternativo es menos costoso que uno a base de medicamentos. Para la realización de este proyecto se cuenta con la disponibilidad de laboratorios de la FISEI para la realización de pruebas de funcionamiento del prototipo, además de contar con el centro de reposo Sagrado

Corazón de Jesús para la realización de pruebas a pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

Por lo anteriormente expuesto, el presente proyecto es factible debido a que para su realización se hace uso de las tecnologías existentes en el mercado y de libre acceso, además de contar con conocimientos necesarios y fuentes bibliográficas para su implementación.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Implementar un prototipo de terapia multisensorial para pacientes con Alzheimer en fase inicial.

1.5.2. Específicos

- Establecer las características de los pacientes con Alzheimer en su etapa inicial.
- Analizar los tipos de terapias para Alzheimer en sus fases iniciales.
- Diseñar e implementar un método alternativo de terapia virtual para el tratamiento de personas con Alzheimer en fase inicial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

La enfermedad de Alzheimer seguirá siendo un campo amplio para nuevas investigaciones sobre el desarrollo, evolución y manera de retardar esta enfermedad, por tal razón después de realizar la respectiva investigación bibliográfica, en repositorios digitales de las universidades del país y a nivel internacional se encontraron varios trabajos que tienen una cierta similitud o incluyen características esenciales para la realización de este proyecto.

Marc Walter, Beat Hänni, Haug Myriam, Amrhein Isabell, Eva Krebs-Roubicek, Franz Müller, Egemen Savaskan en su artículo “Humour therapy in patients with late-life depression or Alzheimer's disease: a pilot study” 2006, evalúan los trastornos afectivos de los pacientes con EA, siendo la depresión el trastorno más común. Los tratamientos farmacológicos para estos trastornos suelen tener graves efectos secundarios por lo que se plantea el estudio de una terapia humorística para mejorar la calidad de vida de los pacientes con EA. Se evalúan a 20 pacientes con EA y depresión tardía donde se somete a 10 pacientes a una terapia farmacológica y a otros 10 a la terapia humorística, las dos terapias mostraron mejoras en el estado de ánimo de los pacientes y aunque no existe un efecto significativo de la terapia humorística en comparación con la farmacéutica la investigación sugiere que la terapia alternativa puede proporcionarse como una herramienta terapéutica adicional [10].

Rebeca I. García-Betances, Maria T. Arredondo, Giuseppe Fico y Maria F. Cabrera-Umpierrez en su artículo “A Succinct Overview of Virtual Reality Technology Use in Alzheimer's Disease” 2014, determinan el uso de la realidad virtual (RV) para evaluaciones neuropsicológicas y como las aplicaciones de realidad virtual que ahora

existen para el diagnóstico y el entrenamiento cognitivo para pacientes con deterioro cognitivo leve (DCL) y demencia, ayudan a mejorar su calidad de vida concentrándose en las aplicaciones de navegación, orientación, reconocimiento de rostros, funciones cognitivas y actividades de la vida diaria. La investigación presenta una visión de las aplicaciones de la realidad virtual para la evaluación y el entrenamiento cognitivo en pacientes con EA, además del uso de las nuevas tecnologías (sensores) para mejorar las aplicaciones médicas con VR sugiriendo también que las futuras aplicaciones con VR deben tener la capacidad de recopilar y transmitir oportunamente información relevante (variabilidad de la frecuencia cardíaca, la respiración, el electrocardiograma (ECG), electroencefalograma (EEG), etc.) para proporcionar apoyo auxiliar a sus cuidadores y clínicos [11].

En el artículo “Detecting Everyday Action Deficits in Alzheimer's Disease Using a Nonimmersive Virtual Reality Kitchen” de Philippe A., Déborah F., Jérémy B. y Paul R. 2015, evalúan como el Alzheimer afecta las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD) con el desarrollo de herramientas virtuales, a través del uso de la tecnología de realidad virtual. La evaluación se llevó a cabo al analizar una tarea básica como la preparación de una taza de café de forma virtual no inmersa NI-VCT para la evaluación del IADL. Los datos de este tratamiento fueron obtenidos de un grupo de 24 pacientes con EA llegando a la conclusión de que el NI-VCT es capaz de detectar deficiencias en las acciones cotidianas de los pacientes con EA ya que estas son inferiores a los valores de una persona normal [12].

Paul JF White y Zahra Moussavi en su publicación “Neurocognitive Treatment for a Patient with Alzheimer’s Disease Using a Virtual Reality Navigational Environment” 2016, propone un programa de tratamiento cognitivo de sesiones de 45 minutos tres veces por semana durante 7 semanas, realizado a un adulto mayor de 74 años con deterioro cognitivo leve (DCL) con probable desarrollo de la Alzheimer, el tratamiento está basado en navegación espacial. Para evaluar el programa se utilizó la Evaluación cognitiva de Montreal y Mini Examen del Estado Mental que son evaluaciones de estilo cuestionario que investigan el lenguaje, la memoria, la atención, la orientación y la capacidad visual. Al final del programa el participante mostró una mejora sustancial en la navegación en la evaluación del edificio. Esto se observó al comparar los datos del paciente al inicio y al final del programa [13].

En el artículo “Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation” 2013, elaborado por S. Kober, G. Wood, D. Hofer, W. Kreuzig, M. Kiefer y C. Neuper evalúan la desorientación topográfica (DT) que es un deterioro severo y persistente en la orientación espacial y navegación en entornos, en 11 personas hombres y mujeres con lesiones cerebrales focales que mostraron déficit en la orientación espacial. Su rehabilitación consta de diferentes lugares, en los cuales los participantes aprendieron a recordar diferentes rutas de navegación dentro de una ciudad virtual durante 5 sesiones de 45 minutos. Al término de la rehabilitación los participantes mejoraron su capacidad de búsqueda en cada una de las sesiones de entrenamiento, además de mejorar sus habilidades espaciales. Sus resultados están basados en la prueba de Benton, la LPS 50+, la LVT y la CBTT test para medir sus capacidades antes y después de las sesiones de entrenamiento [14].

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. El cerebro

El cerebro es el órgano más importante en el cuerpo humano, consta de 3 partes principales el encéfalo encargado de las actividades sensoriales e intelectuales, además de controlar el movimiento del cuerpo, el cerebelo controla la coordinación y el balance y el tronco cerebral controla la función digestiva, respiración, presión arterial y la frecuencia cardíaca. En el cerebro se encuentra una de las redes de vasos sanguíneos más importantes encargadas de oxigenar el cerebro, normalmente utiliza un 20% del oxígeno, pero cuando una persona piensa utiliza hasta un 50% de oxígeno [1].

Otra parte principal del cerebro es la corteza que se encarga de interpretar todo lo que sucede en el mundo exterior, resuelven problemas, generan pensamientos, forman y almacenan recuerdos y controlar los movimientos voluntarios de una persona. Dentro del cerebro de una persona adulta tenemos alrededor de 100 billones de neuronas llamado bosque de neuronas por el cual viajan señales que son la base de los sentimientos, los pensamientos y los recuerdos [1].

2.2.2. Alzheimer

La enfermedad de Alzheimer (EA) es una enfermedad neurodegenerativa que destruye lenta y progresivamente las células cerebrales. Es la forma más común de demencia en el mundo y afecta al 60-65% de las personas que sufren demencia. El Alzheimer es nombrado así después del neurólogo alemán Aloïs Alzheimer quien en 1907 describe por primera vez los síntomas, así como los rasgos neuropatológicos de la enfermedad. El EA afecta a la memoria, el carácter, forma de pensar o la manera de comportarse. No es una enfermedad infecciosa ni contagiosa. El EA se diagnostica en personas mayores a 65 años de edad; aunque la enfermedad de Alzheimer de inicio temprano menos frecuente puede darse en personas mucho más jóvenes [15].

Causas y factores de riesgo de la enfermedad de Alzheimer

Al igual que cualquier otro tipo de demencia, el Alzheimer es causado por la muerte de células cerebrales a lo largo del tiempo, el cerebro se contrae con el Alzheimer ya que tiene menos células nerviosas y conexiones.



Figura 1. Comparación entre un cerebro sano y uno con EA avanzado.

Fuente: Alzheimer's Association Spanish Portal [1].

Según autopsias postmortem realizadas a pacientes con EA se muestran diminutas inclusiones en el tejido nervioso, llamadas placas y enredos.

- Las placas se encuentran entre las células que mueren en el cerebro, estas placas se denominan placas beta-amiloidea.
- Los enredos están dentro de las neuronas, a partir de una desintegración de otra proteína, llamada tau.



Figura 2. Células sanas y células de paciente con EA.

Fuente: Alzheimer's Association Spanish Portal [1].

Entre los factores de riesgo que aumentan las posibilidades de que una persona padezca la EA son [16]:

- **Edad.** El factor de riesgo más alto para la EA es la edad avanzada. Uno de cada nueve personas mayores de 65 años tiene Alzheimer. Casi un tercio de la gente mayor de 85 años tiene la enfermedad.
- **Historial familiar y factor genético.** La investigación científica ha comprobado que aquellas personas que tienen un padre, hermano o hermana con Alzheimer tienen dos o tres veces más posibilidades de desarrollar la enfermedad. El riesgo aumenta conforme más miembros de la familia tienen la enfermedad.
- **Otros riesgos.** lesiones de cabeza serias, tener presión alta, sobrepeso, niveles de colesterol altos, vida sedentaria, no tener una dieta balanceada y falta de comunicación con otras personas puede ser causa de adquirir esta enfermedad en un futuro.

Síntomas de la enfermedad de Alzheimer

Cada paciente con EA experimenta una o varias de estas señales en diferentes niveles. Entre los principales síntomas de la enfermedad de Alzheimer están [17]:

- Una de las señales más comunes en el EA en etapas iniciales es olvidar la información recién aprendida, fechas importantes, pide la misma información repetidamente.
- Cambios en su habilidad de desarrollar y seguir un plan o trabajar con números. Puede tener problemas en concentrarse para hacer las cosas que hacía antes.

- Dificultad para cumplir tareas cotidianas, en llegar a un lugar conocido o recordar reglas de juegos conocidos.
- Desorientación de tiempo y lugar, olvidan fechas, estaciones y el paso del tiempo; es posible que olviden donde están y cómo llegaron a su lugar actual.
- Dificultad para comprender imágenes visuales y como objetos se relacionan uno al otro en el ambiente. Pierden la facultad de juzgar, determinar colores y leer.
- Problemas en seguir o participar en una conversación. Pueden parar de hablar en una conversación o repetir lo que acaban de decir.
- Suelen colocar cosas fuera de lugar. Extravían las cosas y no recuerdan donde las colocarlas.
- Disminución o falta de buen juicio.
- Pérdida de iniciativa para tomar parte en el trabajo o en actividades sociales.
- Cambios de humor o personalidad. Pueden ser sospechosas, deprimidas, temerosas, confundidas o ansiosas, enojarse fácilmente con cualquier persona.

Diagnóstico de Alzheimer

Es sabido que la patología neuronal puede empezar hasta una década antes de que se inicie la sintomatología clínica. Los criterios de EA actuales requieren la presencia de déficit cognitivos relevantes y demencia, lo que implica que cuando se realiza el diagnóstico el daño neuropatológico subyacente es muy importante y afecta de forma generalizada a un gran número de áreas cerebrales. En la actualidad el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer se basa en la aplicación de criterios clínicos, ya que actualmente no se han establecido marcadores biológicos con la fiabilidad y especificidad necesarias. Existen criterios definidos para la demencia y para el EA, siendo los del grupo de trabajo del National Institute of Neurological and Communicative Disorders and Stroke Alzheimer's Disease and Related Disorders Association (NINCDSADRDA) los más aplicados internacionalmente [18].

La única persona capaz de diagnosticar el EA es un médico ya sea neurólogo que está especializado en enfermedades del cerebro y del sistema nervioso, psiquiatra quien se especializa en desordenes que afectan al estado de ánimo o la forma en que funciona la mente o un psicólogo con entrenamiento avanzado para evaluar la memoria,

concentración, capacidad para resolver problemas, lenguaje y otras funciones mentales.

Tratamiento de Alzheimer

En la actualidad no existe cura para la enfermedad de Alzheimer ya que la muerte de las células cerebrales no puede ser detenida o invertida, pero se puede controlar su avance a través de tratamientos ya sean con medicamentos o sin ellos.

Tratamientos con medicamentos. Se basa en el uso de drogas aprobadas para el tratamiento de los síntomas cognitivos de la EA que afectan la memoria, la sensibilidad, el lenguaje y otros procesos de pensamiento. Entre ellos tenemos [16]:

1. Los inhibidores de la Colinesterasa, que previenen la descomposición de la Acetilcolina, que es un mensajero químico muy importante para la memoria y el aprendizaje. Al mantener los niveles de Acetilcolina altos, estas drogas apoyan la comunicación entre las células del sistema nervioso. La mayoría de estos inhibidores se aplican en etapas leves o moderadas.
2. Memantine (Namenda) trabaja regulando la actividad del glutamate, un mensajero químico diferente que juega un papel en el aprendizaje y la memoria. Este medicamento está aprobado para tratar el Alzheimer de moderada a severa.

Tratamiento sin medicamentos. Es una manera alternativa de mejorar la calidad de vida de los pacientes con Alzheimer, al igual que los medicamentos ayudan a ralentizar la enfermedad. Actualmente existen varias terapias orientadas a este tipo de personas como [19]:

- **Estimulación cognitiva.** Técnicas que ayudan a mantener y optimizar el funcionamiento de las capacidades cognitivas, trabajando en áreas como: la memoria, el cálculo, la percepción, la atención o el lenguaje. El objetivo de este tipo de terapias es mantener y ralentizar el deterioro cognitivo de los pacientes con Alzheimer.
- **Orientación a la realidad.** Orientada a que el paciente mantenga el conocimiento sobre sí mismo y sobre el medio que lo rodea durante el mayor tiempo posible, reduciendo así la confusión sobre quién es, dónde se encuentra y en qué momento.

- **Fisioterapia y ejercicio terapéutico.** Ayuda a mejorar el estado de ánimo, mantener la movilidad, los reflejos, el equilibrio y la coordinación, socializar con diferentes grupos, además mejorar su salud cardiovascular, evitar dolores de espalda.
- **Terapia ocupacional.** Fomentar su relación con el entorno y proporcionarles motivación e ilusión por el día a día. A través de tareas sencillas para que el paciente utilice sus capacidades que aún no han desaparecido.
- **Terapia con perros.** Produce en los pacientes con EA mejoras en el plano físico, social, emocional y cognitivo, mejorando su estado de ánimo, motivación y movilidad en general.
- **Musicoterapia.** Se ha demostrado que la musicoterapia estimula diferentes áreas de la memoria, contribuye a incrementar la autoestima, sirve como método de contacto con la realidad y es una base sólida para formar nuevas relaciones sociales.
- **Estimulación multisensorial.** Se encuentra material técnicamente preparado para estimular de forma controlada los órganos sensoriales: ojos, nariz, boca, piel y oídos.

2.2.3. Snoezelen

El término **Snoezelen** es una conjunción de dos palabras Snoffelen, que se puede traducir como oler, y que sirve para describir la exploración a través de los sentidos, y Doezenen, que puede ser traducido como relajar, descansar, o reposar que evoca la búsqueda de bienestar a través de la exploración sensorial. Una sala multisensorial o Snoezelen es un espacio dedicado a la estimulación de los sentidos de forma controlada, dirigida, planificada para la estimulación pasiva o activa, y donde trabajar la motivación, los intereses, la relajación o gestionar el ocio y las necesidades educativas o terapéuticas de los usuarios, teniendo en cuenta que éstas varían en función de los aspectos físicos, psicológicos y sociales de cada individuo [20].

En las salas Snoezelen de estimulación sensorial se trabaja en torno a cinco modalidades sensoriales para ralentizar el avance de la enfermedad de Alzheimer [21]:

- El olfato: Es una de las sensaciones más importantes en la evolución del Alzheimer. La memoria olfativa está vinculada al sistema límbico (emociones)

por lo que es muy sensible a la estimulación de la emoción y la memoria, por ejemplo, en la evocación de recuerdos y experiencias placenteras vividas.

- El tacto: A través de la piel enviamos diferentes tipos de información a nuestro cerebro sobre lo que nos rodea (vibraciones, cosquilleo, presión, temperatura, dolor).
- La audición: Oír es un proceso pasivo que nos permite detectar el tono, volumen y otras cualidades del sonido. Sin embargo, la estimulación auditiva requiere la activación cortical para identificar, discriminar e interpretar el significado de los sonidos y su asociación a experiencias previas.
- La vista: La mayoría de las percepciones tienen entrada visual, por lo que es un sentido prioritario a la hora de planificar una intervención sensorial. A través de la estimulación visual se crean experiencias cognitivas mediante colores e imágenes significativas, para dar sentido al entorno o evocar recuerdos del usuario

En la Enfermedad de Alzheimer se ha evidenciado una alteración en la percepción de colores y otras anomalías como la “ceguera cortical”, que dificulta la percepción del movimiento en el entorno. Además, la intervención terapéutica mediante el tacto permite que el paciente experimente su entorno promoviendo el reconocimiento de objetos cotidianos, mejorando su orientación a la realidad y otorgándole mayor seguridad sobre sí mismo en el espacio [21].



Figura 3. Sala multisensorial o Snoezelen

Fuente: ENESO [21].

Todas estas terapias se presentan como complementarias a los tratamientos convencionales y deben aplicarse de forma personalizada en función del avance de la enfermedad y las características y circunstancias personales de cada paciente.

2.2.4. Test de evaluación

Test T@M

El test de Alteración de Memoria (T@M) es un test cognitivo breve (TCB) que ayuda en la detección del deterioro cognitivo (DC) en el ámbito asistencial. Se considera TCB cuando el tiempo de realización de un test de evaluación dura menos de 20 minutos. Un TCB tiene dos niveles de asistencia. El primer nivel o atención primaria (AP) ayuda en la prevención y detección precoz, puede ser aplicado por médicos en general o profesionales de enfermería y el segundo nivel es utilizado cuando existe sospecha de DC y es aplicado por especialistas como psicólogos, psiquiatras, neurólogos, geriatras, internistas [22].

El T@M es una prueba que discrimina de forma eficaz entre las características de la EA y DCL en las primeras fases clínicas. Incluye ítems relacionados a la memoria episódica (ME) (recuerdo libre y facilitado, orientación temporal) y memoria semántica (MS) (información general). El T@M distingue las quejas subjetivas de memoria y la alteración cognitiva leve (ACL) y ha sido, además, validado mediante marcadores bioquímicos y de neuroimagen. La puntuación máxima son 50 puntos. Se da un punto por cada respuesta correcta. Todas las preguntas son orales y tienen una única res-puesta correcta posible. Incluye cinco puntos para valorar la orientación temporal, 10 para la memoria inmediata, 15 para la memoria semántica, 10 para el recuerdo libre y 10 para el recuerdo facilitado [22] [23].

Test de usabilidad para sistemas de rehabilitación virtuales.

Para la validación de un sistema de Rehabilitación Virtual se debe considerar tres factores clave la usabilidad, la aceptación y la seguridad de uso. Existen muchos test de evaluación para este propósito, pero muchos de ellos no consideran algunos asuntos importantes y otros son inadecuados para los pacientes. El Test SEQ (cuestionario de evaluación de idoneidad) es un fue diseñado específicamente para sistemas de rehabilitación virtual, el cual cubre elementos fundamentales que no se encuentran en

otros Test. Las preguntas realizadas en el Test SEQ son fáciles de entender; al ser un Test corto es fácil de evaluar y comprender como se siente una persona que recibe una terapia o rehabilitación virtual, además de permitirle a la persona que aplica dicho test corregir dichas molestias para que el paciente pues realizar sus actividades de rehabilitación de la mejor manera [24].

2.2.5. Realidad virtual (VR)

No existe un único concepto para definir lo que es la realidad virtual, pero una de las más completas lo expuso A. Rowell: “La Realidad Virtual es una simulación interactiva por computador desde el punto de vista del participante, en la cual se sustituye o se aumenta la información sensorial que recibe”. Dentro de esta definición aparecen los elementos básicos de un sistema de realidad virtual. Estos son [25]:

- **Simulación interactiva.** Es lo que distingue a la VR de una animación. En una animación el espectador solo puede observar lo que pasa mientras que en la realidad virtual el espectador interactúa con el entorno que observa.
- **Simulación implícita.** En la realidad virtual el sistema captura la voluntad del usuario implícita en sus movimientos naturales. Ejemplo el control de la cámara virtual: en un sistema de realidad virtual, la cámara se actualiza en función de los movimientos de la cabeza del usuario.
- **Inmersión sensorial.** Es la desconexión de los sentidos del mundo real y la conexión con el mundo virtual. El usuario deja de percibir el entorno que le rodea y pasa a estar inmerso dentro del mundo virtual que recrea el computador en tiempo real.

Aplicaciones de la realidad virtual

La VR surgió en el ámbito de los videojuegos y el entretenimiento, pero debido a sus infinitas posibilidades su campo se extendió a otros campos como [26]:

- **Medicina.** Es quizá el sector donde presenta un potencial bastante grande y actualmente es quizá donde más eficaces están siendo sus avances. Las aplicaciones más representativas se realizan en las siguientes áreas: simuladores para formación médica, operaciones de cirugía, tratamiento de fobias y traumas psicológicos, terapias para el Parkinson, y terapias para pacientes con demencia.

- **Entrenamiento.** Permite entrenar profesionales en un entorno virtual donde pueden mejorar sus habilidades y capacidades, simulando diferentes situaciones y una amplia variedad de terrenos y escenarios. También se utiliza para la simulación de vuelo.
- **Educación.** La VR tiene posibilidades infinitas dentro del campo de la educación, no se limita en la edad a la que se puede aplicar. Se utiliza en ámbitos universitarios con fines prácticos y para generar experiencia como el diseñar modelos de arquitecturas o sistemas del cuerpo humano. Aplicado para la enseñanza de niños en las escuelas, estimulando aún más su forma de aprendizaje.
- **Turismo y museografía.** Aplicaciones que realizan recorridos virtuales por cualquier parte del mundo, además de aprovechar para acercar a los clientes con los destinos y productos turísticos potenciando su experiencia. Dentro de los museos permite solucionar problemas de didáctica y comunicación.
- **Ocio y entretenimiento.** Se encuentra dentro del campo de los videojuegos uno de los campos más utilizados actualmente.
- (Mas aplicaciones, industria, diseño)

Inmersión sensorial

Inmersión es proceso por el cual se introduce a un sujeto en un entorno ajeno, dentro del cual ha de desenvolverse en función del objetivo que se haya propuesto dentro de ese entorno. En los entornos virtuales, la inmersión se caracteriza por un estado de la conciencia donde la percepción del Usuario de su yo físico queda disminuida o incluso se pierde en favor de otro entorno que lo rodea. Existen tres tipos de inmersión [27]:

- Superficial que asimila a un punto de vista exterior, donde el usuario observa desde fuera al personaje (avatar) que le representa en el Mundo Virtual.
- Interna, en la que la cámara es el ojo del usuario desde una perspectiva subjetiva.
- Mezcla de ambas en la que puede elegirse a voluntad el punto de vista adquirido, incluso entre una variedad de avatares o personajes disponibles, adoptando así una perspectiva más versátil.

El grado de inmersión sensorial depende de cuáles son los órganos de los sentidos para los cuales el sistema proporciona estímulos adecuados y del alcance, calidad, velocidad y coherencia de estos estímulos. Los humanos tenemos cinco sentidos: la

vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto. De estos sentidos, los más utilizados en realidad virtual son la vista y el oído, y en un segundo nivel, el tacto, el equilibrio y la cinestesia. Los dos últimos sentidos son especialmente importantes en los simuladores de conducción de vehículos, para poder percibir las fuerzas de aceleración [28].

Gafas de realidad virtual

Son gafas de realidad virtual ya que se puede experimentar a través de estas un entorno virtual generado por medio de la informática para que el usuario tenga la sensación de estar inmerso en él.

Las gafas de RV son cada vez más populares en el medio del juego y el entretenimiento. Son más ligeros y más cómodos de llevar que la pantalla estándar montada en la cabeza y muchos de ellos incorporan una gama de dispositivos interactivos, contienen lentes polarizadas que muestran dos imágenes, una por cada ojo. Estas imágenes parecen dar una ilusión de profundidad que es una característica particular de los entornos CAVE (entorno virtual en el cual la persona está completamente inmersa dentro de él).

Estas gafas permiten al usuario ver imágenes tridimensionales que dan una ilusión de profundidad de percepción. Por ejemplo, si el usuario usa la realidad virtual para fines arquitectónicos, podrá ver un edificio en diferentes ángulos y caminar a través o alrededor de él [29].

2.2.6. Motor gráfico para diseño de juegos

Un motor gráfico es un software utilizado por programas y aplicaciones para dibujar gráficos en una pantalla sea un ordenador, un smatphone o Tablet. Un motor gráfico se define como el framework de software para el diseño y desarrollo de video juegos.

Los motores gráficos ofrecen al programador una funcionalidad básica, proporcionando un motor de renderizado tanto para gráficas en 2D y 3D, un motor de colisión de objetos, animación, sonido y música, inteligencia artificial, conexión a la red, gestión de memoria y soporte de localización. Para la selección de un motor

gráfico se debe tener en cuenta las capacidades gráficas, facilidad de desarrollo y la plataforma para la que se va a desarrollar una aplicación [30].

Entre los motores gráficos más conocidos tenemos [31]:

- Unreal Engine, considerado como uno de los mejores motores gráficos para video juegos grandes, sofisticados y que necesiten potencia para juegos en 3D. Compatible con plataformas como Windows, Mac, Linux, iOS, Android, Playstation, Xbox, entre otras.
- Unity. Motor gráfico utilizado por diseñadores y desarrolladores para crear y compartir contenido, utilizando herramientas de diseño tanto en 2D como en 3D. Es considerado como uno de los mejores motores en la creación de juegos móviles, con un constante crecimiento dentro del mercado virtual. Compatible con Windows, Mac, iOS, Android, Playstation, Xbox, Windows Phone, Tizen, entre otras plataformas.
- Godot Engine. Motor de juego de código abierto, multiplataforma 2D y 3D, editor visual, soporte de instancias y herencia, creación de interfaces amigable para el desarrollador, es completamente gratuito y sin condiciones de uso. Compatible con plataformas como Windows, Mac, Linux, iOS, Android, iOS, BlackBerry, HTML5, PlayStation, Nintendo y más.
- CryEngine. Brinda el código fuente completo del motor con todas las funciones, tiene una excelente salida de gráficos e imágenes y Fmod incluido que es una de las mejores herramientas de audio. Compatible solo con la plataforma de iOS, Android, Windows, Linux, Playstation, Xbox, y Wii.

2.2.7. Software para modelado 3D

Los softwares de modelado 3D son programas diseñados para construir objetos 3D, es la forma moderna de esculpir objetos, utilizando softwares especiales y un espacio virtual en lugar de hacerlos de forma real. El modelado 3D es el proceso de representar un objeto tridimensional de una manera matemática. Se pueden utilizar en campos como: arquitectura o ingeniería, videojuegos, animación y simulación [32].

Entre los softwares para modelado 3D más conocidos tenemos [33]:

- Maya. Uno de los mejores softwares de modelado 3D, utilizado por varios estudios de animación, cuenta con un robusto conjunto de herramientas, es de difícil y complejo aprendizaje, además de ser uno de los softwares más costosos para modelado 3D. Compatible con sistemas operativos como Window 7 & 10; Apple Mac OS X 10.11.x & 10.12; Red Hat Enterprise Linux 6.5 & 7.2; CentOS 6.5 & 7.2
- Houdini. Utilizado por la industria de los efectos visuales para crear efectos en 3D asombrosos, proporciona flexibilidad y control al desarrollador. Tiene un aprendizaje complejo y un alto costo. Compatible con sistemas operativos como Windows 7 SP1 64-bit or higher; 64-bit Intel-based Mac with OSX 10.10.2 y superiores.
- Blender. Software de código abierto, cuenta con un conjunto de herramientas para el modelado 3D muy bueno. Es gratuito y de aprendizaje no complejo. Compatible con Windows Vista y superior; Mac OSX 10.6 y superior; Linux.
- 3DMax. programa de gráficos 3D profesional para PC, exclusivo de Autodesk. cuenta con un conjunto de herramientas muy robusto para el modelado 3D, tiene un costo considerable y es únicamente compatible con el sistema operativo de Windows 7 y versiones superiores.

2.2.8. Visual Studio

Visual Studio es un editor de código fuente ligero pero potente disponible para Windows, MacOS y Linux. Tiene soporte integrado para JavaScript, TypeScript y Node.js, además de un rico ecosistema de extensiones para otros lenguajes (como C ++, C #, Java, Python, PHP, Go) y tiempos de ejecución (como .NET y Unity) [34].

2.2.9. Cámaras 360

Una cámara de realidad virtual puede capturar todo lo que nos rodea en una videosfera de 360 grados. La cinematografía de RV está experimentando una rápida innovación, lo que significa que ahora hay más cámaras de 360 grados en el mercado que nunca, dirigidas a todos, desde consumidores intrigados hasta profesionales de alto nivel.

2.2.10. Smartphone

Un Smartphone es un teléfono celular con características similares a las de un ordenador ya que cuenta con un procesador integrado y otras funciones no asociadas originalmente con teléfonos, como un sistema operativo, navegación web y la capacidad de ejecutar aplicaciones de software. Características de un Smartphone [35]:

- Soporta correo electrónico
- conectividad a Internet.
- un navegador móvil.
- la capacidad de sincronizar más de una cuenta de correo electrónico a un dispositivo.
- memoria integrada.
- sincronización inalámbrica con otros dispositivos, como computadoras portátiles o de escritorio.
- la capacidad de descargar aplicaciones y ejecutarlas de forma independiente.
- soporte para aplicaciones de terceros.
- la capacidad de ejecutar múltiples aplicaciones simultáneamente;
- pantalla táctil.
- Wi-Fi.
- una cámara digital.
- GPS - sistema de posicionamiento global.

2.3. Propuesta de Solución

La implementación de un prototipo de terapia multisensorial para pacientes con Alzheimer en fase inicial, permitirá a través de juegos e imágenes 360° mejorar la calidad de vida de los pacientes, recordar parte de su pasado y mejorar el reconocimiento de sus familiares.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Modalidad de la Investigación

El presente proyecto se desarrolló con una investigación aplicada ya que busca la generación de conocimientos para la solución directa de problemas de la sociedad utilizando:

Investigación bibliográfica ya que la búsqueda de información referente al EA se la realizó mediante el uso de artículos científicos, revistas científicas, tesis relacionadas tanto de forma física y digitales.

Investigación de campo se utilizó para la recolección de datos e información relacionada con los pacientes de EA del centro de reposo.

3.2. Recolección de Información

En la investigación de campo se utilizó fichas de campo, para saber la información de cada paciente con EA ya que cada persona tiene distintas necesidades respecto a la enfermedad. Con la investigación bibliográfica se buscó la información necesaria para ayudar a mejorar la calidad de vida del paciente con las tecnologías disponibles actualmente para la enfermedad de Alzheimer.

3.3. Procesamiento y Análisis de Datos

- Filtrado de información obtenida.
- Procesamiento de la información recolectada.
- Comparación de datos obtenidos con otras alternativas de tratamientos no farmacéuticos para el EA.

- Identificación de alternativas tecnológicas para la implementación del prototipo de terapia multisensorial.

3.4. Desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo de la investigación se efectuaron los siguientes pasos:

1. Analizar la información acerca de la enfermedad de Alzheimer.
2. Establecer las necesidades de los pacientes con Alzheimer a tratar.
3. Analizar los tratamientos y terapias que existen actualmente.
4. Establecer que terapias son las más utilizadas en pacientes con EA en etapa inicial.
5. Analizar las tecnologías actuales utilizadas para el tratamiento del EA.
6. Determinar las tecnologías a utilizar para los pacientes a tratar.
7. Contrastar las ventajas y desventajas de la tecnología y sensores escogidos para aplicarse en el diseño de la terapia multisensorial.
8. Diseñar el prototipo de terapia multisensorial para los pacientes con EA.
9. Ejecutar las pruebas de funcionamiento de la terapia multisensorial.
10. Análisis estadístico de las terapias para determinación de la eficacia del prototipo de terapia para pacientes con EA.
11. Elaborar el informe escrito del proyecto.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Descripción del Proyecto

En este proyecto se implementó un Sistema de Terapia Virtual para la Enfermedad de Alzheimer (STVEA). El STVEA está compuesto físicamente por un Smartphone, gafas de realidad virtual, un ordenador, una silla ergonómica y elementos que ayuden a mejorar la inmersión de la experiencia como: un calefactor y parlantes estéreo; estos últimos son controlados por tarjetas electrónicas Arduino. Además, en el desarrollo de STVEA se utilizó algunas herramientas de software, necesarias para estructurar ambientes virtuales amigables, novedosos, motivacionales y efectivos en el tratamiento y evaluación de personas con la Enfermedad de Alzheimer. La composición y funcionalidad del STVEA se encuentra descrita en la Fig. 4.

Los dispositivos Smartphone y gafas de realidad virtual permiten la visualización de ambientes simulados y la vez se comunican por vía Wireless con un ordenador, que es el que administra la intervención de elementos que ayudan a la inmersión del sistema. De este modo el paciente con Alzheimer disfruta de una experiencia de realidad virtual inmersiva, al mismo tiempo que realiza rutinas de ejercicios para ayudar en su terapia tradicional y evaluar su condición.

En las siguientes secciones de este documento se detalla el desarrollo del STVEA, además de los criterios técnicos y clínicos que se utilizaron para implementar un sistema competente y útil que participe eficazmente en terapias de tratamiento de personas con Alzheimer.

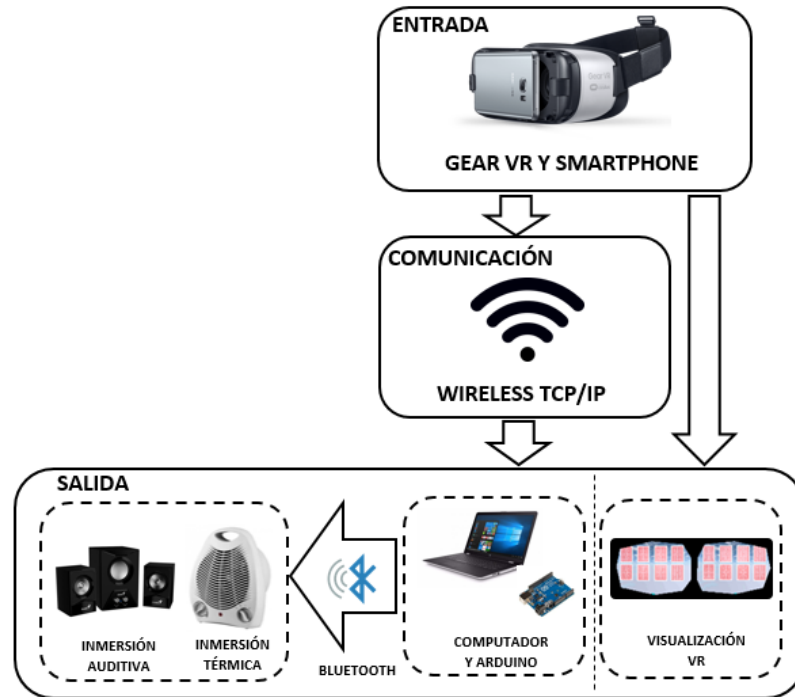


Figura 4. Diagrama Funcional del STVEA

Elaborado por: Investigador.

4.2. Análisis técnico del hardware

4.2.1. Computador

Para el diseño de los juegos en realidad virtual utilizados dentro de la terapia multisensorial para pacientes con Alzheimer se utilizó el motor gráfico de desarrollo Unity, Blender, visual estudio programas que requieren características específicas de un ordenador para su correcto funcionamiento como por ejemplo:

- Windows 7 SP1+ y versiones superiores; Mac OS X 10.9+.
- Android: Kit de desarrollo Android SDK y Java (JDK).
- Procesador Intel core i5-2450M
- RAM 6GB
- Sistema operativo de 64 bits

4.2.2. Gafas de realidad virtual

En la visualización del entorno virtual es necesario la utilización de gafas VR. Por tal razón en la tabla 1, se realizó una comparativa entre las diferentes gafas encontradas en el mercado con la finalidad de elegir la mejor opción para el sistema.

Tabla 1. Comparativa entre gafas de realidad virtual

	Google Cardboard	Samsung Gear VR	Oculus Rift	HTC Vive
Tipo	Portátil	Portátil	Con cable	Con cable
Características	kit, tipo DIY gafas hechas de cartón	no funcionan con ningún tipo de mando, utiliza un touchpad para control de sus opciones.	Gamepad Xbox O mandos de oculus	pantalla es AMOLED, room-state (movernos libremente o interactuar con VR)
Angulo de visión	90°	96°	100°	110°
Plataforma	Mayor parte de smartphones	Alta gama de Samsung	PC	PC
Sistema operativo	Android, Windows, Phone, iOS	Android	Windows	Windows, Mac, Linux
Requisitos mínimos	Smartphone Android o iOS con giroscopio	Note 5, S6, S6 Edge, S7, S7 Edge	Tarjeta gráfica NVIDIA GTX 970 o AMD 290, Intel i5-4590, 8GB de RAM, Windows 7 o versiones superiores	Tarjeta gráfica NVIDIA GTX 970 o AMD 290, Intel i5-4590, 4GB de RAM, Windows 7 o versiones superiores, puertos USB 3.0 y puerto HDMI 1.4
Precio	\$ 10	\$ 80	\$ 450	\$ 800

Elaborado por: Investigador

Después del análisis de las diferentes gafas de realidad virtual disponibles en el mercado, se eligió las gafas Samsung Gear VR ya que se adaptan bien a las características y requerimientos del sistema propuesto como, por ejemplo:

- No se necesita de cables
- Cuenta con almohadillas de espuma para mejor comodidad
- Posee una correa ajustable.
- Compatible con un Smartphone Samsung
- Costo accesible.

4.2.3. Smartphone

Para una mejor experiencia de inmersión más profunda y una calidad de visualización del entorno virtual optima depende mucho de las características del teléfono celular utilizado por lo que en la tabla 2, se realizó una comparativa entre los teléfonos Samsung disponibles en el mercado según la gama a la que pertenecen.

Tabla 2. Comparativa entre teléfonos Samsung

	Gama baja	Gama media	Gama alta
Pantalla	-----	Super AMOLED 5.2" FHD (424 ppp)	Super AMOLED 5.5" QHD (534 ppp), Super AMOLED 6.2" QHD (531 ppp)
Procesador	Exynos 7570 Snapdragon 410 Exynos 7870	Snapdragon 410 Exynos 7580	Exynos 8890, Exynos 8895
Núcleos	4x1.2 GHz. C-A53 8x1.6 GHz. C-A53	8x1.6 GHz. C-A53 8x1.9 GHz. C-A53	4x2.3 GHz. C-A57 + 4x1.6 GHz. C-A53
RAM	2 GB, 3 GB	1.5 GB, 2 GB, 3 GB	4 GB DDR4
OS	Android 6.0 Android 7.1	Android 6.0	Android 6.0, Android 7.0
características	Sensor de huella Resistencia IP54 USB reversible	Resistencia IP68 Sensor de huella USB reversible Metal	Resistencia IP68 Sensor de huella Carga inalámbrica Escáner de iris Bixby DEX Connect
precio	\$ 150 - \$ 350	\$ 300 - \$ 800	\$ 450 - \$ 1100

Elaborado por: Investigador

4.2.4. Cámara 360

Para el diseño del entorno virtual de los juegos aplicados dentro del STVEA se utilizaron imágenes y videos 360, razón por la cual se optó por la utilización de una cámara Samsung Gear 360 ya que es compatible con el Smartphone utilizado y cuenta con las características necesarias para la creación de imágenes y videos 360, requeridos para el diseño del entorno virtual de los juegos utilizados dentro de la terapia multisensorial como:

- Fácil uso.
- Amplio campo de visión gracias a sus dos lentes ojo de pez.
- Peso adecuado y de fácil agarre.
- Calidad de imágenes y video 4K
- Bajo costo.

4.2.5. Silla ergonómica

Para el diseño de STVEA se utilizó una silla ergonómica ya que puede ser regulada en función de las características de una persona, tiene un diseño que se adapta a las formas del cuerpo y se ha convertido en un punto común a la hora de proporcionar un ambiente laboral propicio para el desarrollo del trabajo, durante las largas jornadas del día. Además, se tomó en cuenta que las personas a tratar son adultos mayores, los cuales necesitan de un lugar seguro para realizar la terapia.

4.2.6. Controlador

En el control del sistema de potencia se utilizó un Arduino ya que es una plataforma de código abierto basado en software y hardware flexibles y fácil de usar. El hardware es una placa con un microcontrolador con un entorno de desarrollo diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

4.2.7. Comunicaciones inalámbricas utilizadas en el STVEA

- **Modulo Wifi.** Se utilizó esta tecnología como medio de comunicación entre el sistema virtual y el ordenador.
- **Modulo Bluetooth.** Utilizado para la comunicación entre el ordenador y la placa de Arduino para el control de la parte de potencia del sistema.

4.3. Análisis técnico del software

En esta sección se presenta los criterios técnicos que se tomaron para elegir el software más adecuado para el desarrollo de cada etapa del STVEA.

4.3.1. Software de diseño 2D

Para la edición y creación de modelos en 2D se optó por el software Photoshop Cs6 un programa muy utilizado en el tratamiento de imágenes. Los requisitos para que este software funcione en un ordenador son los siguientes:

- Procesador Intel Pentium 4 de 64bits o AMD Athlon de 64 bits.
- Microsoft Windows® XP, 7, 8 o 10.
- 1 GB de RAM.
- 1 GB de espacio libre en disco duro para la instalación.
- Resolución de pantalla de 1024 x 768.
- Sistema con OpenGL 2.0.

Este software será utilizado en la elaboración de contenido 2D, el cual está formado por figuras explícitas y vistas como las que se observa en Fig. 5. Estas figuras serán posteriormente utilizadas en el desarrollo de los ambientes virtuales.



Figura 5. Contenido 2D en Photoshop CS6

Elaborado por: Investigador.

4.3.2. Software para modelado 3D

Para el desarrollo y creación de objetos 3D se seleccionó al software Blender como el programa idóneo para esta tarea. Este destaca por brindar características como:

- Vista previa del contenido elaborado en tiempo real.
- Sistema de iluminación y cámaras
- Renderización de mallas de objetos 3D
- Atajos de teclado para un flujo de trabajo rápido.
- Autorellenado y corrección de fallas de malla.
- Capacidad de importar y exportar contenido compatible con otros programas de edición 3D.

La interfaz de trabajo es muy cómoda para la elaboración de objetos virtuales, como se puede observar en la Fig. 6. También es fácil de manipular si se utiliza un mouse y comandos con teclas rápidas.

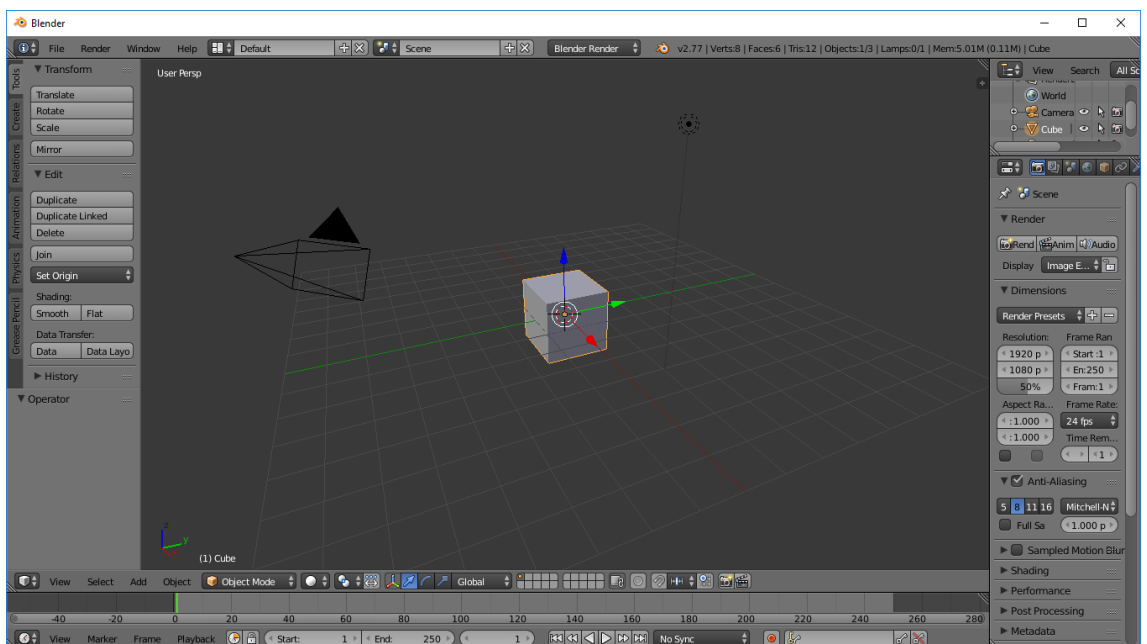


Figura 6. Interfaz Blender

Elaborado por: Investigador.

Para la instalación de este software el ordenador debe cumplir los siguientes requisitos:

- Procesador de 64 bits de doble núcleo CPU 2GHz o superior.
- 2 GB de RAM.
- Resolución de 24 bits 1280 × 768.

- Ratón o trackpad.
- Tarjeta gráfica compatible con OpenGL con 256 MB de RAM.

4.3.3. Software para desarrollo de ambientes virtuales

Para la implementación de entornos de realidad virtual y aplicaciones móviles, se seleccionó al software Unity3D como el más adecuado. Este es un motor gráfico muy conocido y utilizado en el desarrollo de aplicaciones multiplataforma. Los requisitos recomendados para instalar este software en un ordenador son los siguientes:

- Windows 7 SP1+, 8, 10, solo versiones de 64 bits.
- CPU: Soporte para el conjunto de instrucciones SSE2.
- GPU: Tarjeta de video con capacidad para DX10.

Instalación de paquetes Android en Unity3D

Unity3D requiere la incorporación de algunos paquetes adicionales para poder generar una aplicación móvil para Android o Apk. Para esto se debe seguir los siguientes pasos:

- Durante la instalación del software Unity3D en el ordenador, en el momento de escoger los paquetes adicionales para el programa se debe asegurar la descarga de los componentes de Android Build Support para Unity3D mostrados en la Fig. 7.

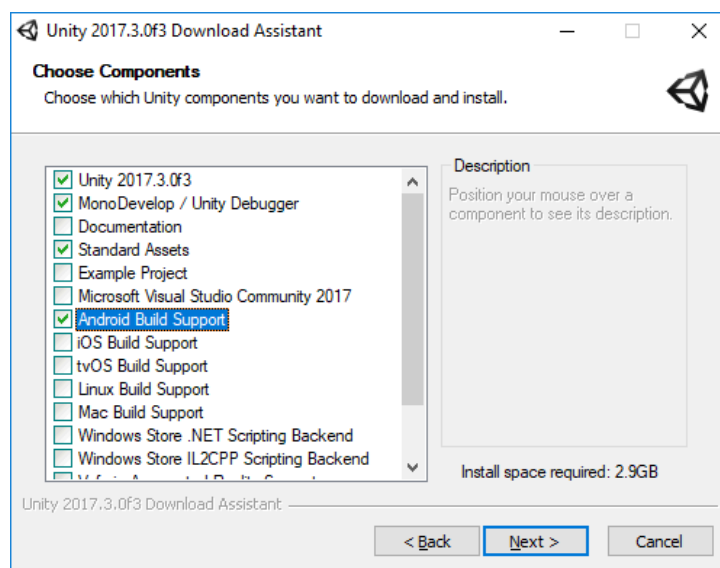


Figura 7. Cuadro de instalación de Android Build Support.

Elaborado por: Investigador.

- b. Luego de haber instalado el programa con los paquetes de Android Build Support, se debe descargar el kit de desarrollo de java o JDK. Para esto nos dirigimos a la página de Oracle y se descarga e instala la última versión de Java Plataformas como se ve en la Fig. 8.



Figura 8. Instalación del kit de desarrollo de java o JDK

Elaborado por: Investigador.

- c. Además, se debe descargar el kit de desarrollo de Android o SDK. Para esto se debe ir a la página de Android Studio y se descarga los componentes necesarios mostrados en la Fig. 9.

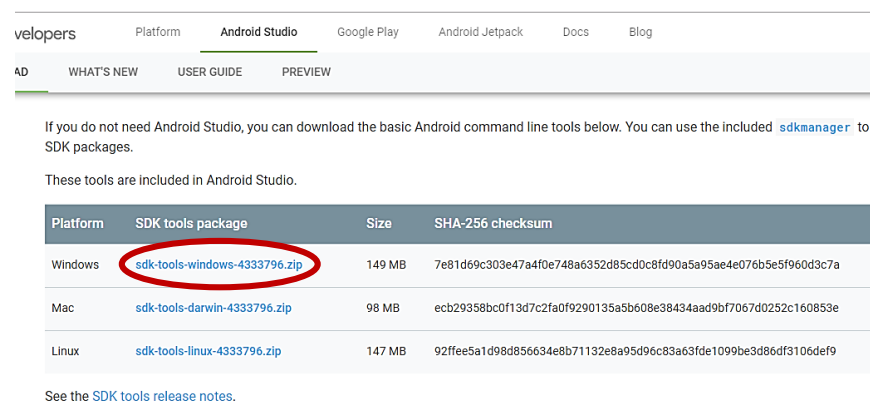


Figura 9. Instalación del kit de desarrollo de Android o SDK.

Elaborado por: Investigador.

- d. El siguiente paso es abrir Unity3D seleccionar Edit y luego preferences. En la siguiente ventana se debe elegir External Tool y en SDK y JDK se debe seleccionar las direcciones en las que se instalaron estos paquetes, como se ve en la Fig. 10.

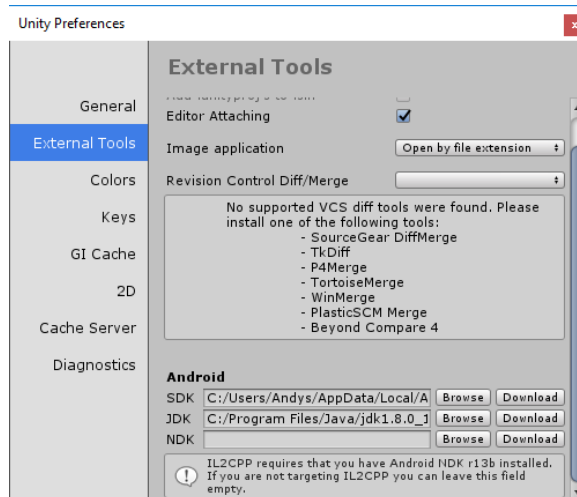


Figura 10. Instalación de SDK y JDK en Unity3D

Elaborado por: Investigador.

- e. Como último paso se debe cambiar la plataforma de trabajo de Unity3D, para esto se escoge File y luego Build Settings. En la siguiente ventana seleccionamos Adroid y luego Switch Plataforma, de la forma que se observa en la Fig. 11.

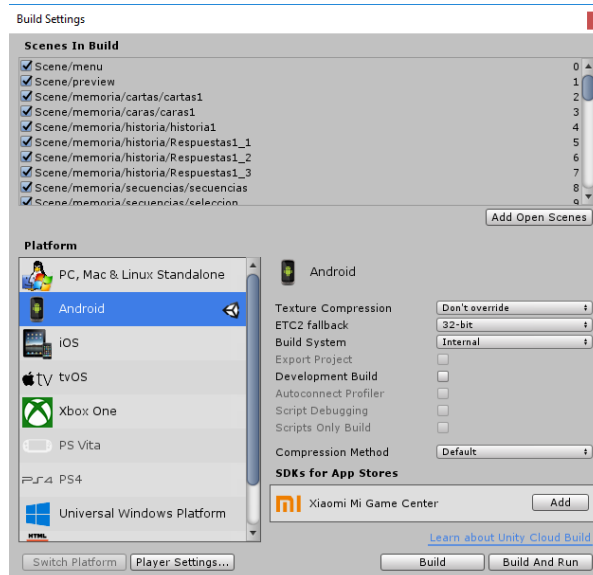


Figura 11. Selección de la plataforma a utilizar

Elaborado por: Investigador.

4.3.4. Software para la edición de video y audio

Para la edición de los videos y sonidos que serán utilizados para la ambientación de los entornos virtuales se eligió el software Camtasia 9. Este es un programa especializado en la edición de video, presenta una interfaz muy amigable e intuitiva,

como se ve en la Fig. 12. Además, tiene la capacidad de generar archivos formatos de audio y video que son compatibles con Unity3D.

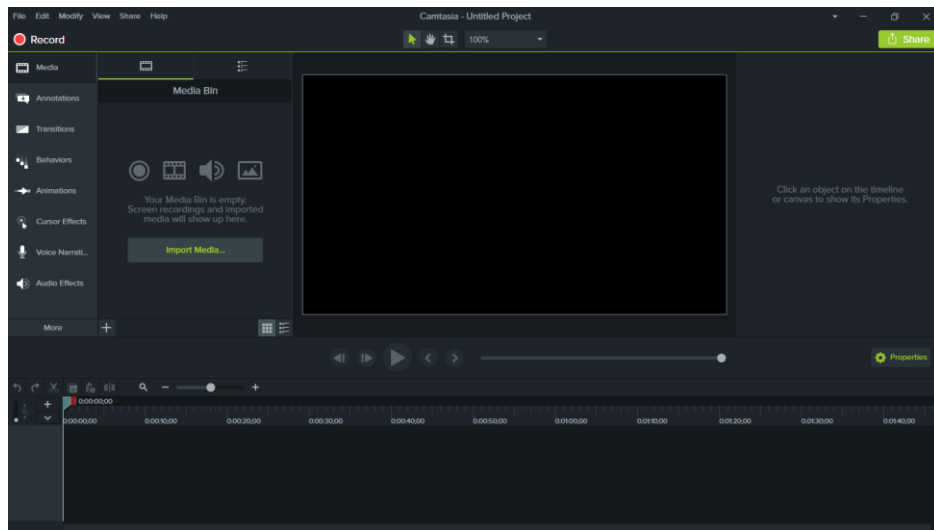


Figura 12. Interfaz gráfica Camtasia 9.

Elaborado por: Investigador.

Los requisitos recomendados para instalar este software en un ordenador son los siguientes:

- Microsoft Windows 7 SP1, Windows 8 y Windows 10.
- CPU de 2.0 GHz con procesador de doble núcleo mínimo.
- 4 GB de RAM.
- 2 GB de espacio en el disco duro.
- Resolución de 1024×768.
- Versión de Microsoft .NET 4.6.0.
- Tarjeta de sonido, micrófono y altavoces dedicados compatibles con Windows

Software para la edición de videos 360.

Para editar los videos e imágenes que se recogían con la cámara Samsung Gear 360 se escogió un software compatible con esta marca Gear 360 ActionDirection. Este software es muy práctico para editar y convertir los formatos de los videos 360. Su interface es sencilla y fácil de usar como se ve en Fig. 13. Con este programa se editó los videos de relajación que se utilizaron para terapia de demencia.

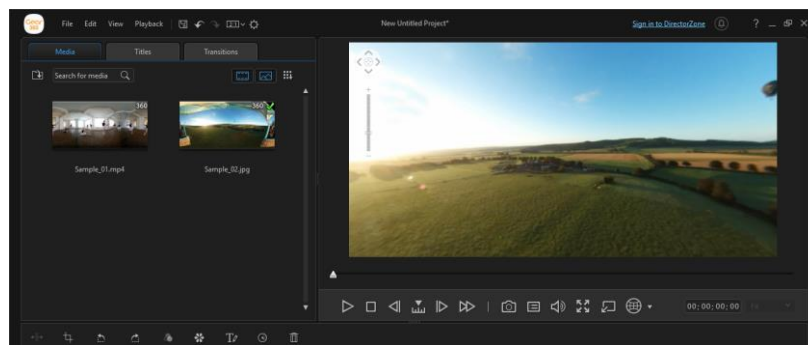


Figura 13. Interfaz gráfica de Gear 360 ActionDirection

Elaborado por: Investigador.

4.3.5. Software para el desarrollo de Script

El software que se seleccionó para el desarrollo del código fue Visual Studio, este programa viene incluido en la descarga e instalación de Unity3D. Visual Studio es un programa muy conocido por programadores por ser multiplataforma, este presenta corrección y autocompletado de código. Permite elaborar scripts en diferentes lenguajes de programación como son: Java, C, C++ y C#. Para el diseño de códigos de este proyecto se utilizó el lenguaje de programación C#, este lenguaje trabaja con gran fluidez con las librerías de Unity3D y permite la carga instantánea en la interfaz virtual de las correcciones en el script. La interfaz de Visual Studio se muestra en Fig. 14.

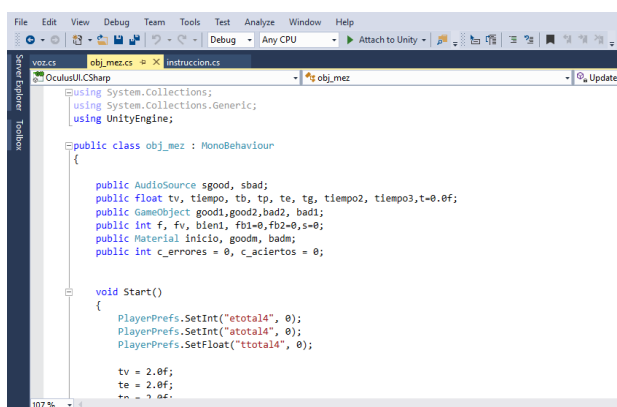


Figura 14. Interfaz gráfica Visual Studio.

Elaborado por: Investigador.

4.4. Elección de los ejercicios orientados al tratamiento de Alzheimer

La enfermedad de Alzheimer es la pérdida de memoria progresiva por deterioro cognitivo, es decir la pérdida de una o varias facultades durante el avance de la

enfermedad. Actualmente la EA no tiene cura, los tratamientos para el Alzheimer pueden ser farmacéuticos o no. Las terapias o tratamientos no farmacéuticos o alternativos van siempre junto a un tratamiento farmacéutico a cargo un especialista, es decir este tipo de terapias sirven con una terapia de ayuda para mejorar la calidad de vida, que el paciente pueda ser independiente para realizar algún tipo de tarea y enlentecer el grado de deterioro cognitivo del paciente con EA.

Dentro de las áreas que trabajaremos en el STVEA tenemos las siguientes:

4.4.1. Memoria

Uno de los patrones más habituales dentro de la fase inicial de la EA es la pérdida de la memoria declarativa o explícita. Es aquella que contiene todo el conocimiento que una persona adquirió anteriormente y que puede comunicarlos en forma de evocación verbal o no verbal. Otra de las memorias afectadas es la memoria episódica que es el déficit en el aprendizaje y retención de información nueva [36].

4.4.2. Lenguaje

El trastorno de lenguaje más frecuente en la EA es la anomia o la dificultad de reconocer o recordar los nombres de las cosas. Causando así que la personas no recuerde el nombre de sus hijos o familiares u olviden una palabra común. La pérdida del lenguaje se asocia a la pérdida de la memoria semántica la misma que se refiere a nuestro conocimiento del mundo, afectando así el significado de las palabras, conceptos y hechos. El lenguaje escrito también se ve afectado ya que se observa en la escritura del paciente, pérdida de las reglas ortográficas, omisiones, sustitución, etc. En la lectura, aparecen dificultades de comprensión, omisiones, sustituciones y errores espaciales [36].

4.4.3. Funciones gnósicas o capacidades perceptivas

Son las alteraciones visioespaciales que el paciente experimenta, es decir la persona con EA se pierde en espacios visitados con poca frecuencia o en situaciones inusuales. Mientras la enfermedad avanza el paciente será incapaz de orientarse incluso en su misma casa, además de aparición de trastornos del reconocimiento de caras u objetos. Las alteraciones visioespaciales en la EA afectan la capacidad de que la persona realice sus actividades diarias [36].

4.4.4. Funciones ejecutivas

Se refiere a las habilidades cognitivas necesarias para que una persona sea capaz de comportarse, adaptarse a cambios o demandas ambientales, incluyendo la capacidad de planificar y anticipar, de manera adecuada resultados y recursos. En la EA en pacientes en fase inicial los déficits en las funciones ejecutivas aparecen en tareas de razonamiento abstracto y conceptual, fluidez y organización.

Los campos nombrados anteriormente trabajan las áreas más afectadas dentro del diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer. Por lo cual el diseño de los entornos virtuales está basado en el tratamiento de estas áreas descritas anteriormente, con la utilización de juegos basados en memoria, atención, lenguaje, percepción y funciones ejecutivas [36].

4.5. Desarrollo de Interfaces

En esta sección se explica y justifica el desarrollo de las interfaces virtuales que participaran en el STVEA.

4.5.1. Diseño de Objetos Virtuales 3D

Como se había mencionado, para la tarea de modelado y creación de figuras 3D se utiliza el software Blender. Para generar un modelo 3D útil se sigue el siguiente procedimiento.

- a. Como primer paso se debe colocar en la vista posterior el boceto de la figura que se quiere modelar, de la manera que muestra Fig. 15.



Figura 15. Boceto de la imagen a modelar.

Elaborado por: Investigador.

- b. Luego se coloca en mitad del boceto cualquiera de las figuras básicas que tiene Blender.

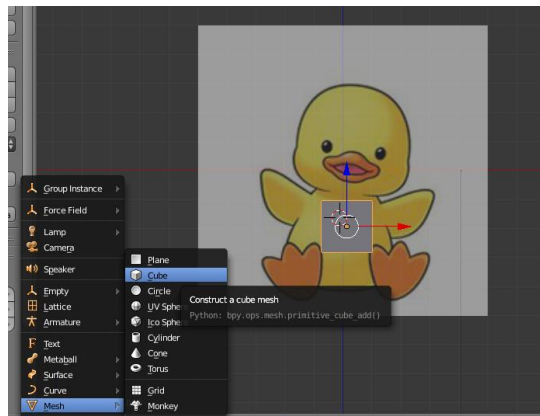


Figura 16. Colocación de una malla para el modelado de la imagen.

Elaborado por: Investigador.

- c. A partir de esta figura básica se va moldeando y dando mall a la forma del objeto virtual deseado con comandos como: escalar, rotar, y desplazar. Luego de este paso se obtiene un modelo 3D casi listo como se ve en la Fig. 17.

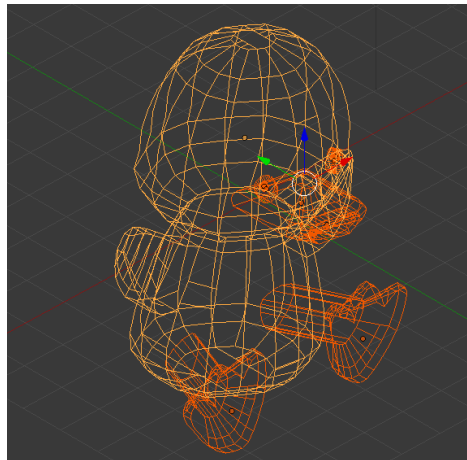


Figura 17. Modelo 3D de la imagen casi lista.

Elaborado por: Investigador.

- d. Como paso final al modelo se le añade los últimos componentes que son: textura, color y renderizado. El resultado de este proceso se puede observar en Fig. 18. Este modelo se debe guardar con formato de extensión fbx para posteriormente ser exportados a Unity3D.

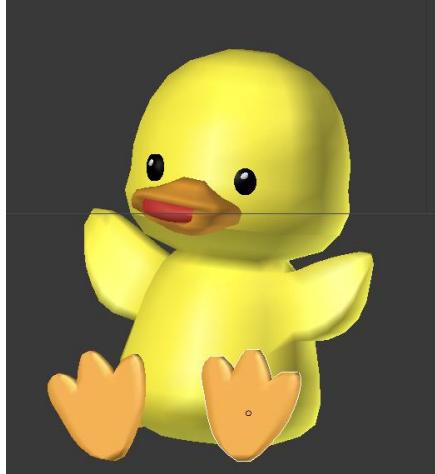


Figura 18. Figura 3D terminada.

Elaborado por: Investigador.

4.5.2. Ergonomía de interfaces de usuario

Para el diseño de las interfaces de usuario de cada uno de los juegos se tomó en cuenta los siguientes factores de riesgo, al momento de trabajar con una pantalla de visualización de datos (PVD), ya que el uso continuo de la misma puede causar un daño a largo plazo [37]:

- Tipo de trabajo. Se refiere a los requerimientos de atención a la pantalla, el tiempo de utilización del equipo, tamaño de los objetos de la pantalla y cambios de centro de atención
- Calidad del operador. Se refiere a las capacidades físicas de cada persona, sobre todo en lo referente a sus capacidades visuales.
- Contraste. Es la capacidad de percepción, es decir, el contraste del elemento con su entorno.
- Adaptación de retina ocular. Es cuando el entorno cambia y esta depende del tiempo que tarda en pasar de un ambiente claro a un oscuro.

Existen otros factores, pero solo se consideró los necesarios para el STVEA.

Durante el uso de una PVD el usuario puede sufrir algún tipo de trastorno ya sea visual, músculoesqueléticos o mental. Para la terapia multisensorial se analizó los posibles trastornos visuales que puede sufrir un paciente al hacer uso de las gafas de realidad virtual.

Los factores que se describen a continuación se basan en dos normativas la ISO 9241 y EN 2924 (Requisitos ergonómicos de los terminales de visualización utilizados para tareas de oficina), elaboradas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Comité Europeo de Normalización (CEN). Estas dos normativas describen los requerimientos necesarios para la creación de terminales visuales, como los requisitos ergonómicos mínimos de los equipos de visualización, así como su uso seguro y confortable [37].

En los sistemas de interfaces ordenador persona (IHM), uno de los sentidos más utilizados es la vista y oído. En las aplicaciones presentadas en el STVEA, el sentido más utilizado es el de la vista por tal razón se describen los siguientes factores que intervienen para la realización de dichos juegos [37].

- La agudeza. Se debe tener en cuenta la calidad de la imagen para ser observada por el usuario, la edad de la persona, la luminancia y el contraste, el color y el deslumbramiento, todos estos factores intervienen en la facultad que tiene el ojo para distinguir objetos.
- El campo visual. El entorno que el usuario percibe cuando los ojos y la cabeza permanecen inmóviles.
- La sensibilidad del ojo. Es la percepción de las radiaciones electromagnéticas que llegan a través del sentido de la vista.
- Los centelleos. Están relacionados con la inestabilidad en las fuentes luminosas.
- Los efectos. Dentro de estos debemos considerar si el dispositivo utilizado no causa problemas como: hinchazón de los párpados, sueño, lagrimeo, imágenes borrosas, vértigos o mareos. Los cuales fueron evaluados en el test de usabilidad.

4.6. Implementación de Ambientes virtuales

4.6.1. Diseño de la APK para pacientes con EA

Para el diseño de una aplicación personalizada de cada paciente con EA para celular se debe seguir el orden descrito en el diagrama de flujo de la Fig. 19.

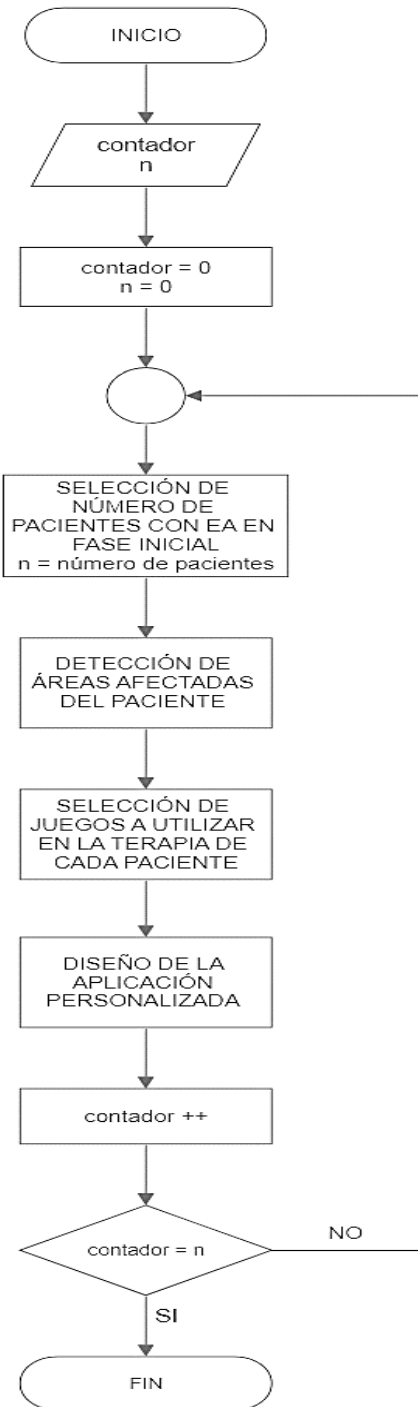


Figura 19. Diagrama de flujo del diseño de un apk personalizada.

Elaborado por: Investigador.

De acuerdo al diagrama de flujo anterior para el diseño de una aplicación personalizada se debe evaluar en primer lugar al paciente con EA, determinar las áreas de trabajo que se van a tratar, es decir, si el paciente necesita tratamiento en el área de memoria, lenguaje, percepción y funciones ejecutivas. Una vez establecidas las áreas de

tratamiento se procede a seleccionar los juegos a utilizar y se diseña la aplicación personalizada.

4.6.2. Diseño de la Dinámica de los Ambientes Virtuales

En el diseño de los entornos virtuales de cada escena la dinámica de interfaces sigue el orden expuesto en el diagrama de flujo de la Fig. 20 y Fig. 21.

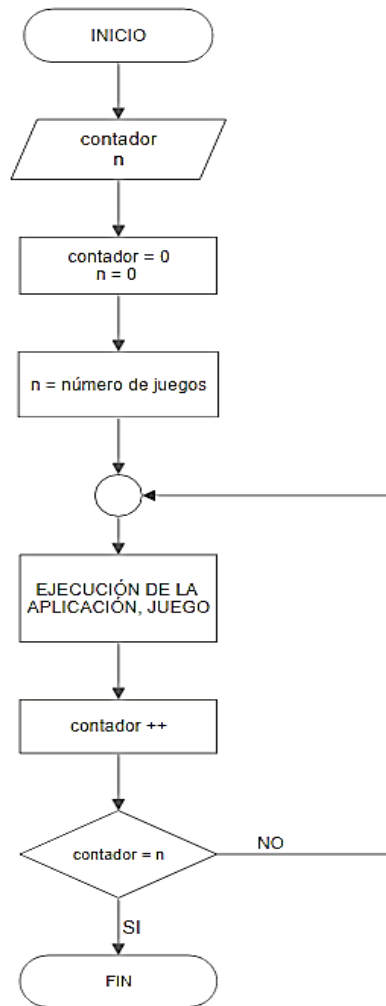


Figura 20. Diagrama de flujo de la aplicación.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de flujo de la Fig. 20 describe el funcionamiento de la aplicación diseñada para un paciente con EA la cual, se ejecuta hasta finalizar todas las escenas o juegos que tiene cada aplicación.

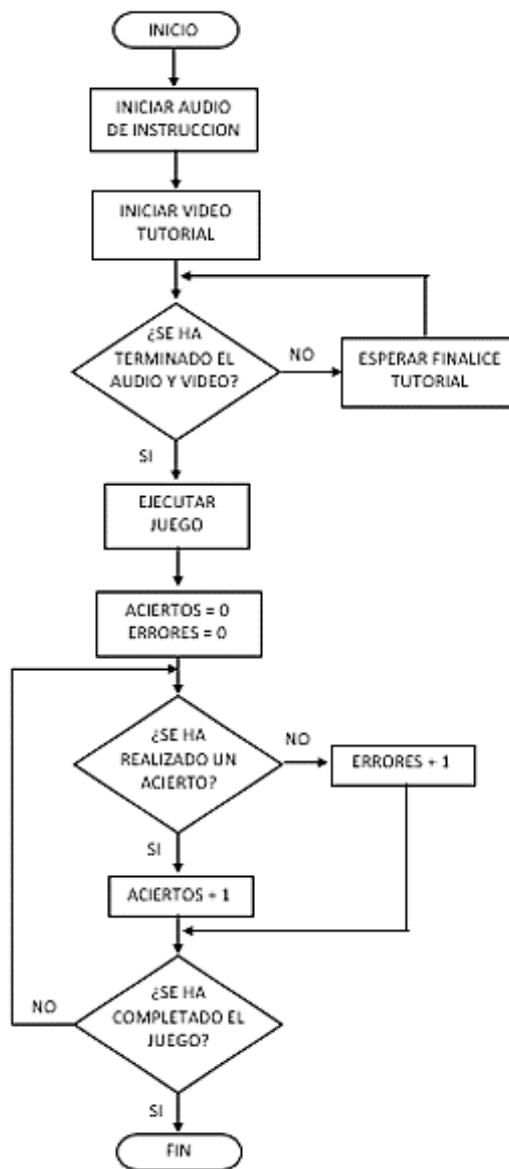


Figura 21. Diagrama de flujo de la dinámica de juegos.

Elaborado por: Investigador.

De acuerdo al diagrama de flujo de la Fig. 21, antes de la ejecución del juego, se muestra al usuario un video y un audio que le da las instrucciones de la actividad que va a realizar. Luego de haber finalizado este sistema tutorial, se procede a ejecutar la actividad virtual y a inicializar variables. En el entorno virtual el usuario debe buscar la respuesta correcta mediante el movimiento de la cabeza. Este movimiento de visión 360 alrededor de un entorno virtual se da gracias al acelerómetro que incorpora el Smartphone. En el momento que el usuario selecciona objetivo correcto con la vista, recibe un sonido de realimentación positiva y se marca un acierto en el sistema, en

caso contrario se marcará un error y el usuario recibe un sonido de realimentación que le indica que su respuesta no fue la adecuada. El juego se completa cuando el usuario ha encontrado todos los objetivos correctos, cuando esto sucede se procede a llamar a la siguiente escena.

Para añadir los componentes de script que indiquen la interacción de cada juego, como se observa en la Fig. 22. Estos Scripts se desarrollan en Visual Studio con lenguaje de programación C#.

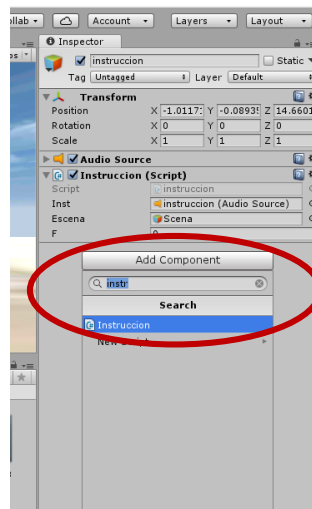


Figura 22. Añadir componente script.

Elaborado por: Investigador.

En estos componentes de Script se guarda el conjunto de instrucciones que determina la interacción de cada juego.

4.6.3. Diseño de entornos virtuales

Para el desarrollo de interfaces virtuales se utiliza Unity 3D que es un motor gráfico de desarrollo para la creación de juegos, aplicaciones interactivas y animaciones en 3D en tiempo real, para múltiples plataformas a partir de una única aplicación base (PC, Mac, Flash, xBox, PS2/3/4, Android, PSVita e iPhone).

El editor de Unity ofrece un completo editor visual para la creación de juegos. Los juegos creados en Unity son estructurados en escenas. Una escena puede ser cualquier parte del juego, desde el menú de inicio como un nivel o área del juego. Además, Unity permite la importación de objetos necesarios para la implementación de interfaces como: imágenes, texturas, objetos 3D, sonidos, videos, videos 360.

Para el desarrollo el editor de Unity 3D se divide en 5 vistas principales:

1. Explorador: Lista todos los elementos o activos de un proyecto. Permite ordenar de forma sencilla una aplicación. Aquí se encuentran las imágenes, prefabs, scripts, audios, escenas y demás elementos utilizados en el juego o aplicación.
2. Inspector: Muestra y define las propiedades de los elementos de un proyecto. Cambia texturas, añade scripts, modifica valores de forma rápida, etc.
3. Jerarquía: Lista jerárquica de los elementos de una escena.
4. Escena: Diseña un juego completo o sección de éste. Cada escena representa un nivel o sección diferente del juego.
5. Juego: Visualiza un juego a distintas resoluciones.

Cada una de ella se puede observar en la Fig. 23.

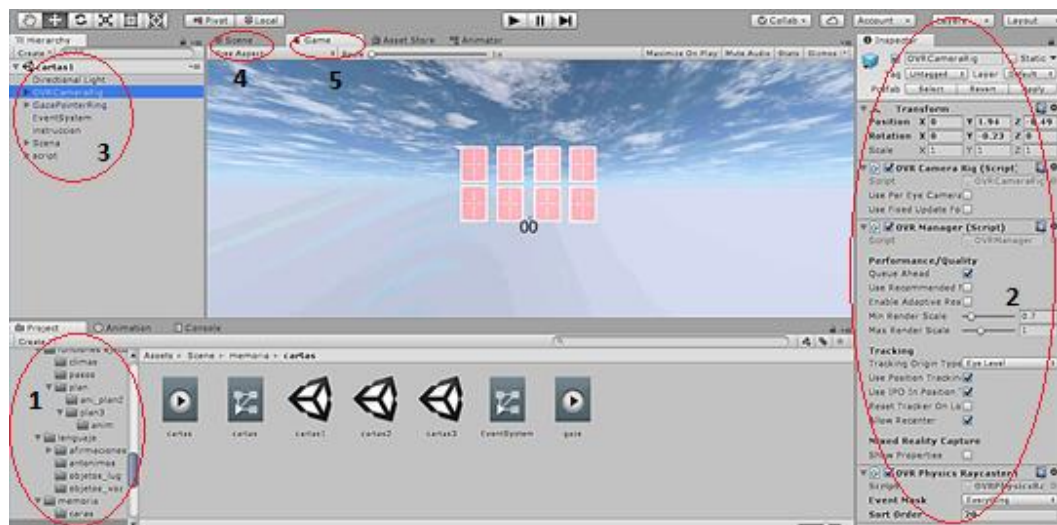


Figura 23. Interfaz gráfica del editor de Unity3D.

Elaborado por: Investigador.

De este modo se hace uso de la ventana de escena para colocar todos los objetos necesarios de cada interfaz. En cada uno de estos objetos se añade los componentes que se requieran para dar funcionalidad a la aplicación. Entre los componentes más importantes tenemos: Transform, Script, AudioSource y Material.

Juegos de Memoria

Las aplicaciones diseñadas para evaluar las capacidades de memoria son 4. Las características y detalle de cada una se describen a continuación.

Juego de Emparejamiento

El objetivo del juego es encontrar la pareja de cada figura y solo se puede voltear dos cartas a la vez. El juego termina cuando se haya encontrado todos los pares existentes. Para esta aplicación se desarrolla 3 niveles de dificultad, en cada uno se eleva el número de objetivos como se observa en la Fig. 24.

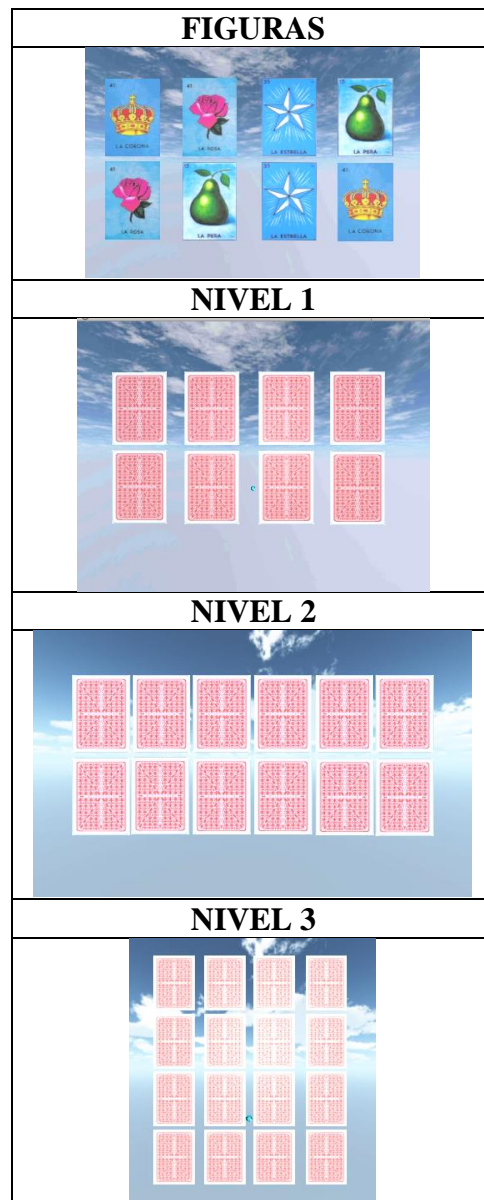


Figura 24. Niveles del juego de emparejamiento.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento completo de esta interfaz se puede observar en la Fig.25.

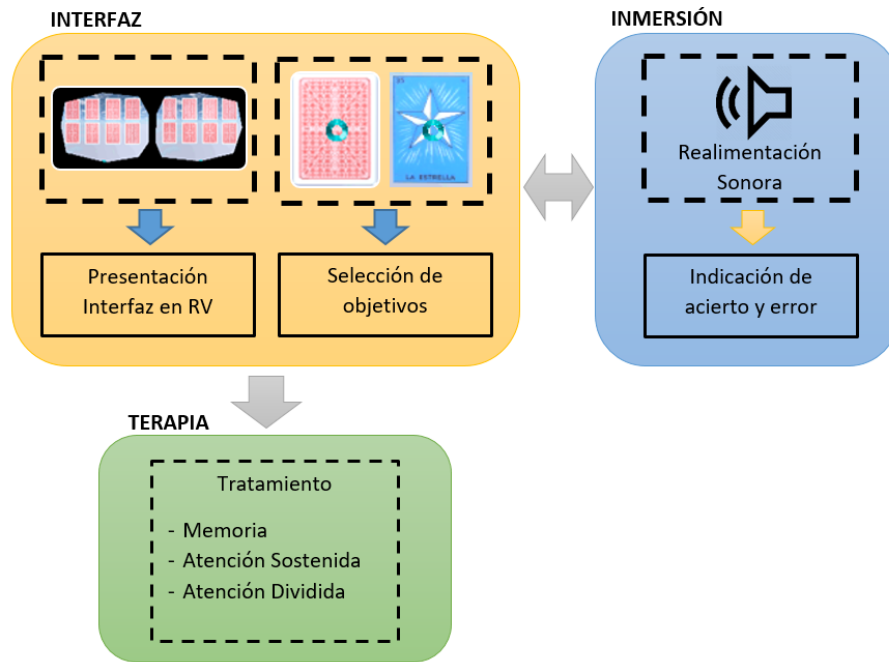


Figura 25. Diagrama de bloques del juego de emparejamiento.

Elaborado por: Investigador.

De acuerdo al diagrama de bloques se muestra como el usuario visualiza la aplicación de RV. Las cartas se encuentran en el centro de la pantalla y el usuario mediante el movimiento de su cabeza coloca el cursor sobre el objetivo que desea, así se voltea cada una de las cartas. La acción de selección se puede hacer solo dos veces, en el caso de mostrar figuras iguales en los objetivos seleccionados se genera una realimentación sonora que indica acierto y de tener un resultado contrario el usuario recibe un sonido que le indica su error y los objetivos se voltean nuevamente ocultando su contenido. La interacción se termina en el momento de haber encontrado todos los pares posibles. Esta aplicación es dedicada para la evaluación de la memoria, atención sostenida y dividida, pues la aplicación requiere de concentración prolongada y de seguir las instrucciones de guía que provee la aplicación o el terapeuta. Además de la recolección de datos relevantes como el tiempo de ejecución, número de aciertos y errores.

Juego de Reconocimiento

El objetivo de esta aplicación es observar el primer objeto mostrado, reconocerlo y recordarlo, el cual debe ser reconocido de un conjunto de objetos que se disponen en una siguiente escena. Para esta aplicación se desarrolla 3 niveles de dificultad, en cada uno se coloca objetos que presentan mayor detalle cómo se nota en Fig. 26.

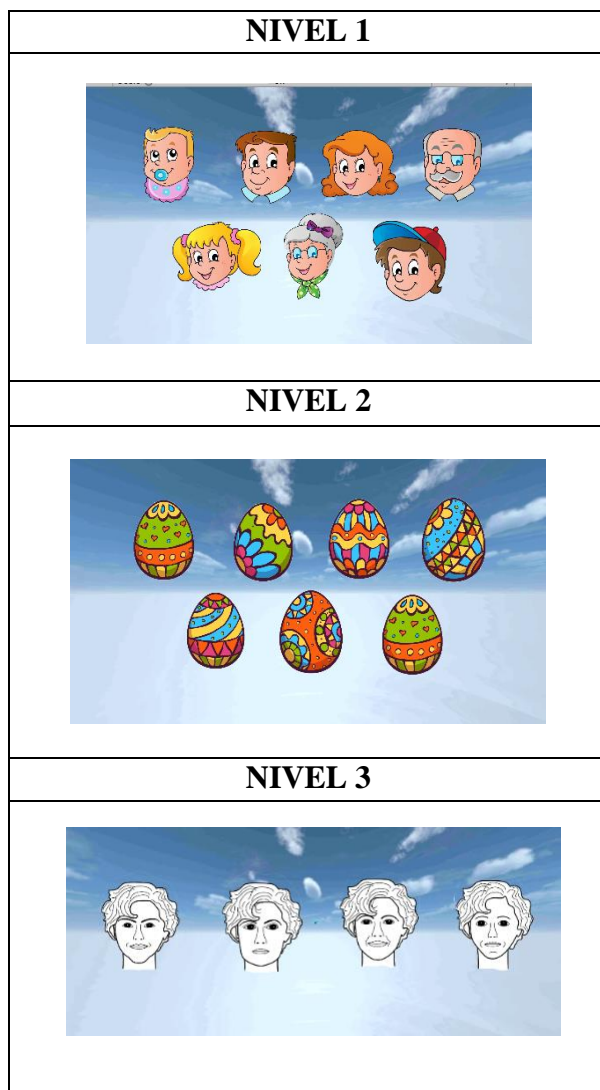


Figura 26. Niveles del juego de reconocimiento.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento completo del juego de reconocimiento se puede observar en la Fig. 27.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la aplicación de RV. En una primera escena se le muestra un único objeto durante 5 segundos, este ejemplo debe ser memorizado. Después en una segunda escena a través del movimiento de la cabeza se debe seleccionar el objeto memorizado de un conjunto de objetos. En el caso de seleccionar el objeto memorizado entre el conjunto, se emite una realimentación, con un sonido que indica acierto y de haber errado la respuesta otro sonido indicará un error. La interacción se repite para que sean memorizados cinco objetos y el juego termina en el momento de haber encontrado todos. Con el almacenamiento de datos

importantes como tiempo de ejecución, número de aciertos y errores; se evalúa memoria, atención sostenida y dividida.

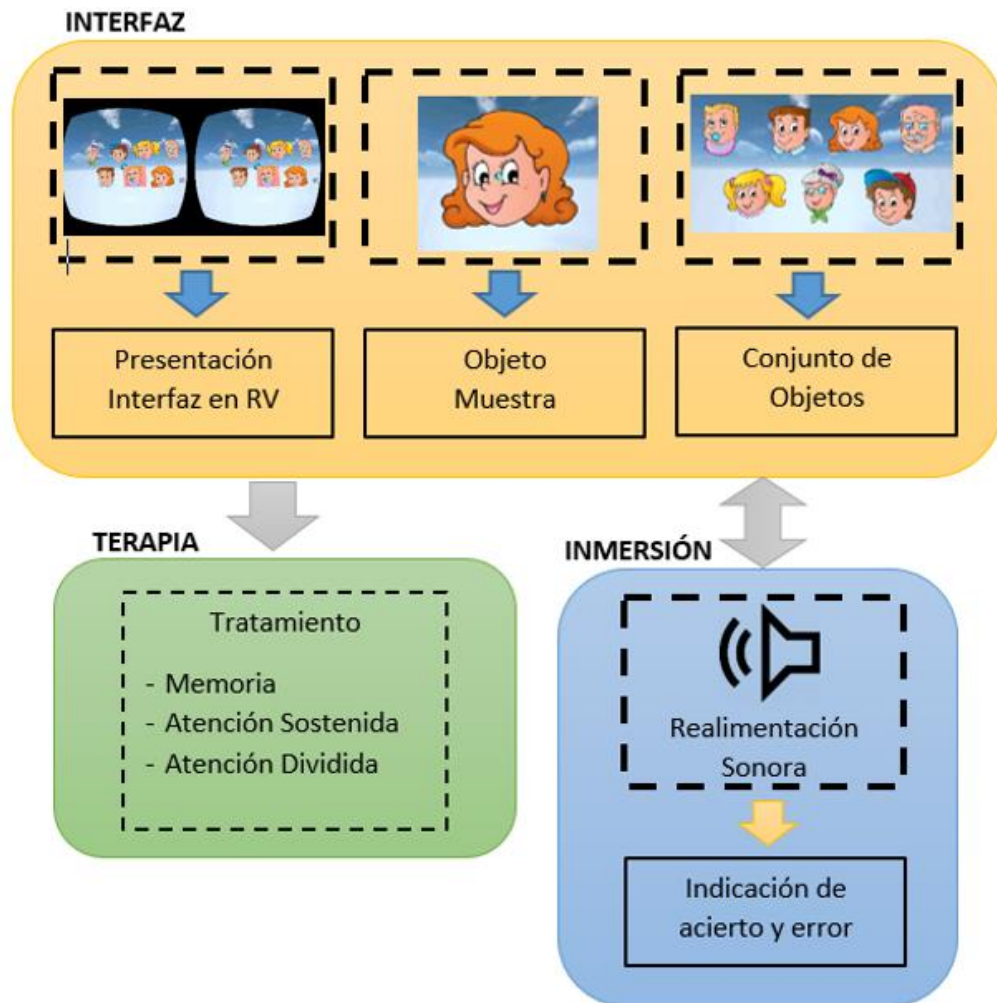


Figura 27. Diagrama de bloques del juego de reconocimiento.

Elaborado por: Investigador.

Juego de Secuencias

La dinámica del juego consiste en observar y memorizar el orden en el que aparecen los objetos y en una segunda escena se debe responder la pregunta mostrada. Para esta interfaz se implementa 3 niveles de dificultad, en cada uno se incrementa el número de objetos en la secuencia y el número de objetos de para escoger en la respuesta como muestra Fig. 28.

NIVEL 1	
SECUENCIA	PREGUNTA
	<p>¿Cuál era el primer objeto que apareció?</p> 
NIVEL 2	
SECUENCIA	PREGUNTA
	<p>¿Cuál era el segundo objeto que apareció?</p> 
NIVEL 3	
SECUENCIA	PREGUNTA
	<p>¿Cuál era el segundo objeto que apareció?</p> 

Figura 28. Niveles del juego de secuencias.

Elaborado por: Investigador.

La funcionalidad del juego de secuencias se puede observar en el siguiente diagrama de bloques de la Fig. 29.

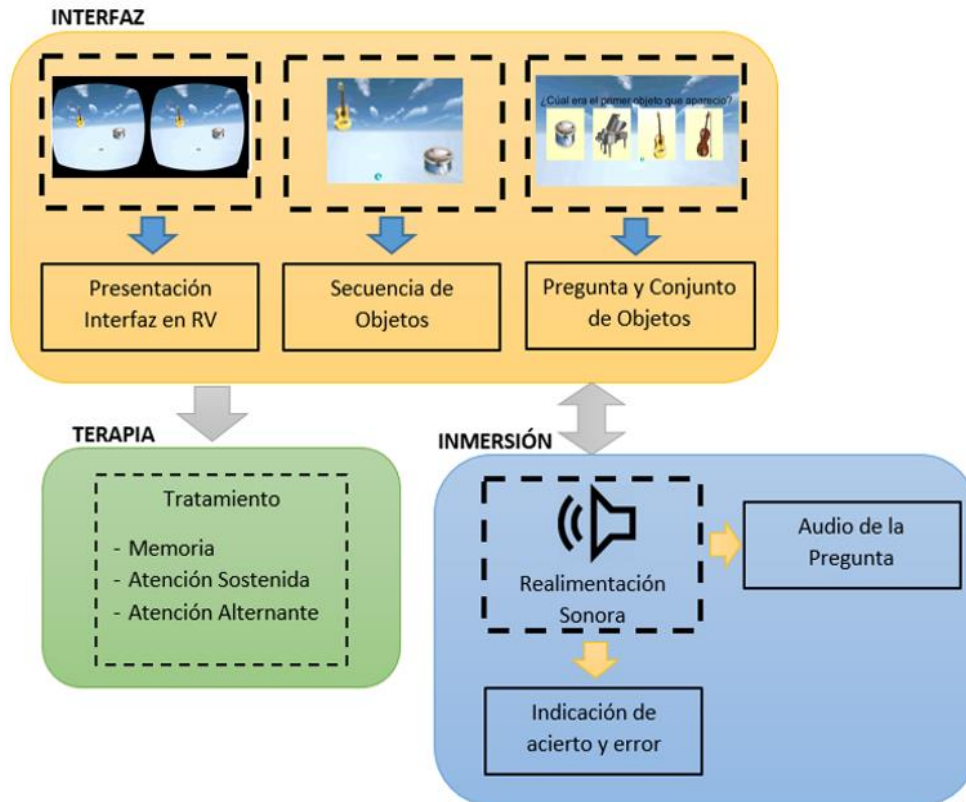


Figura 29. Diagrama de bloques del juego de secuencias.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la aplicación de RV. En una primera escena se colocan diferentes objetos en secuencia, el orden en que aparecen los objetos debe ser memorizado. En la siguiente escena se reproduce una pregunta con audio, además esta se coloca escrita en la parte superior de la pantalla. Debajo de la pregunta se coloca un conjunto de objetos, de entre estos se debe señalar la respuesta correcta. Para escoger la respuesta se debe colocar el cursor sobre el objeto deseado, mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite una realimentación con un sonido que indica acierto y de haber errado la respuesta otro sonido indicará un error. La interacción se repite para que sean recordadas tres secuencias por cada nivel. El juego de secuencias es diseñado para la evaluar memoria, atención sostenida y atención alternante. Mediante el registro datos importantes como tiempo de ejecución, número de aciertos y errores.

Juego de Historia

El objetivo del juego es recordar la información del relato, pues en las siguientes escenas se debe contestar preguntas sobre el contenido de la historia. Para esta interfaz

se implementa 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la complejidad de información del relato y la cantidad de opciones en las preguntas. La interfaz se puede ver en Fig. 30.

NIVEL 1	
HISTORIA	PREGUNTA
<p>Antonio Rodríguez salía de su casa todas las mañanas para ir a trabajar. El martes, Antonio debía llegar antes a su empresa para acudir a la reunión de trabajadores. Sin embargo, el lunes por la noche olvidó cambiar el despertador y se quedó dormido a la mañana siguiente. Cuando llegó a la empresa, la reunión ya había terminado.</p>	<p>¿Cómo se llama el protagonista de la historia?</p> <p>Antonio Ramos ✓</p> <p>Ángel Rodríguez ✓</p> <p>Antonio Rodríguez ✓</p>
NIVEL 2	
HISTORIA	PREGUNTA
<p>Mateo se mudó a una casa nueva. El no conocía a nadie en su vecindario nuevo. Salíó afuera a jugar. Empezó a jugar al baloncesto. Un niño que se llamaba Tomás se acercó a jugar con él. Ellos jugaron al baloncesto juntos. Una niña que se llamaba Isabel fue a jugar también. Ella jugó al baloncesto con ellos. Ahora Mateo tiene dos amigos nuevos.</p>	<p>¿Qué hizo Mateo al salir afuera de su casa?</p> <p>Fue a la casa de Tomás ✓</p> <p>Jugó al baloncesto ✓</p> <p>Se paseó en su bicicleta ✓</p>
NIVEL 3	
HISTORIA	PREGUNTA
<p>El corazón</p> <p>El corazón es un músculo bastante pequeño, más o menos del tamaño de tu puño. Se encuentra situado dentro del tórax y entre dos órganos que nos permiten respirar que se llaman pulmones.</p> <p>El corazón cumple una misión importante: bombea la sangre para que circule por todo el cuerpo. Cada vez que late la impulsa por las arterias y las venas.</p> <p>El corazón es algo así como un motor que trabaja día y noche sin descanso para que la sangre siempre esté en movimiento.</p>	<p>¿En qué parte del cuerpo humano se encuentra el corazón?</p> <p>Dentro del Tórax ✓</p> <p>Junto a la Nuca ✓</p> <p>En la parte trasera de la cadera ✓</p> <p>Los Humanos, como las medusas, no tenemos corazón ✓</p>

Figura 30. Niveles del juego de historia.

Elaborado por: Investigador.

El proceso que sigue esta aplicación se puede observar en el siguiente diagrama de bloques de la Fig. 31.

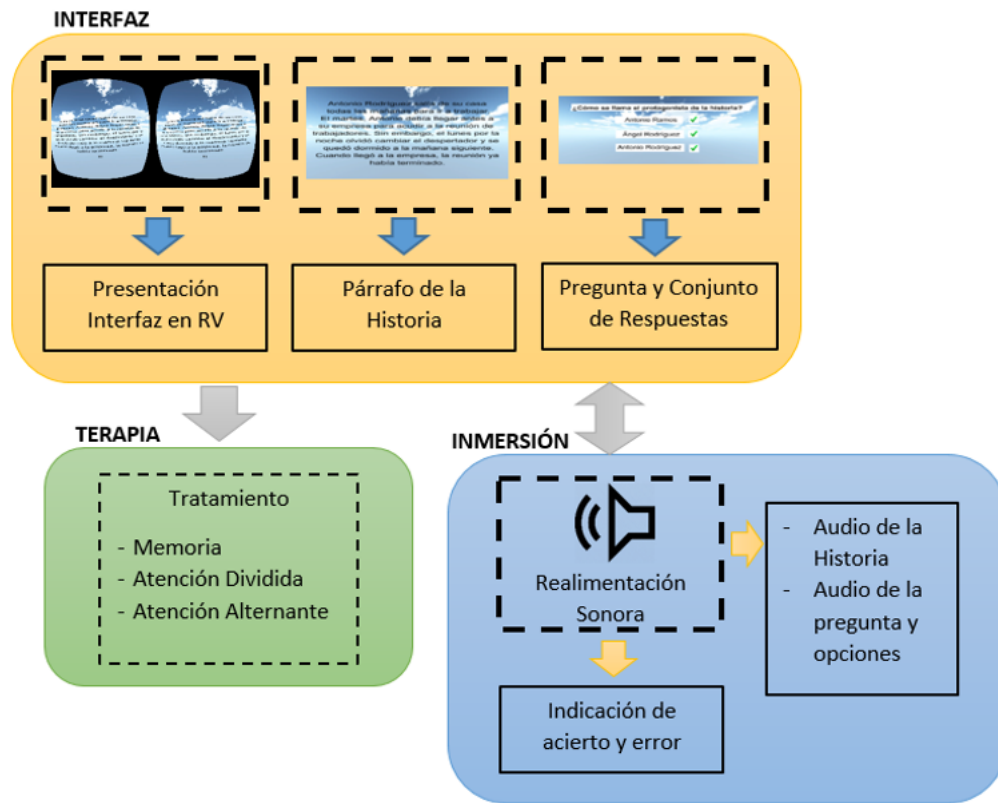


Figura 31. Diagrama de bloques del juego de historia.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la aplicación de RV. En una primera se emite el relato de la historia en audio y texto, el usuario debe recordar la mayor cantidad de información de la misma. En la siguiente escena se reproduce una pregunta con audio, además esta se coloca escrita en la parte superior de la pantalla. Debajo de la pregunta se coloca un conjunto de diferentes opciones en texto y audio, de entre estos se debe señalar la respuesta correcta. Para escoger la respuesta se debe colocar el cursor sobre el objeto a la derecha de la opción deseada. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite una realimentación con un sonido que indica acierto y de haberse equivocado se emite un sonido indicando error. Esta actividad se repite para responder 3 preguntas por cada nivel. Con la información almacenada en el sistema, como tiempo de ejecución, número de aciertos y errores. se evalúa memoria, atención dividida y alternante.

Juegos de Percepción

Las aplicaciones diseñadas para evaluar las capacidades de percepción son 3. Las principales características y detalle de cada una de las interfaces se describen a continuación.

Juego de Figuras

El objetivo del juego es reconocer que objetos se encuentran mezclados en la parte superior y buscarlos entre las opciones que se encuentra en la parte inferior. Para esta aplicación se desarrolla 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la cantidad de objetos mezclados y las opciones de la parte inferior, como se observa en Fig. 32.



Figura 32. Niveles juego de figuras.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 33.

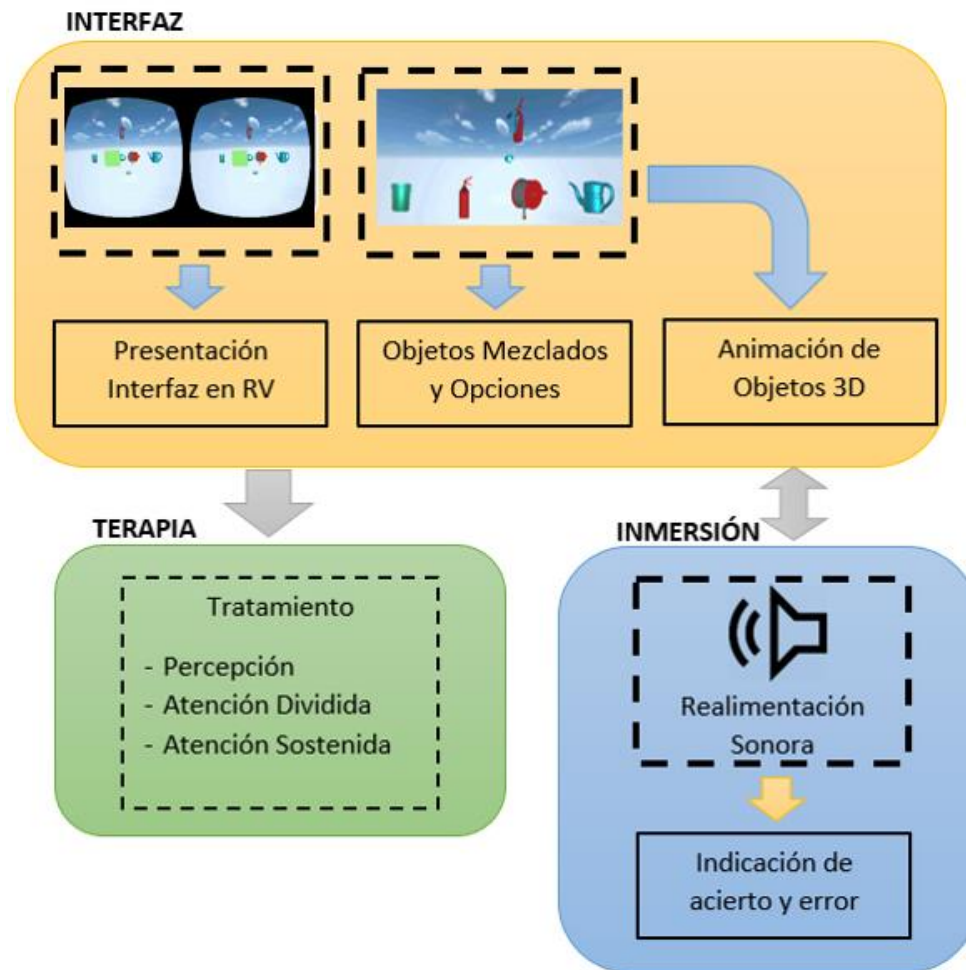


Figura 33. Diagrama de bloques del juego de figuras.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz presenta en la parte superior de la pantalla figuras 3D interpuestas en un mismo lugar. Estas figuras 3D se encuentra animadas y el usuario las observa girando en su propio eje. De este modo se puede mirar con mayor detalle los objetos mezclados. Luego se debe seleccionar las repuestas correctas del conjunto de objetos que se encuentran en la parte inferior. Para escoger las opciones correctas se debe colocar el cursor sobre el objeto deseado. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite una realimentación con un sonido que indica acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. Esta actividad se repite para seleccionar objetos en tres escenas diferentes para cada nivel. Con la información obtenida por el sistema, como

tiempo de ejecución, número de aciertos y errores; se evalúa percepción, atención dividida y sostenida.

Juego de Laberinto

El propósito del juego es guiar la pelota hasta que llegue a la meta. Para este juego se desarrolla 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la complejidad del laberinto, como se observa en Fig. 34.

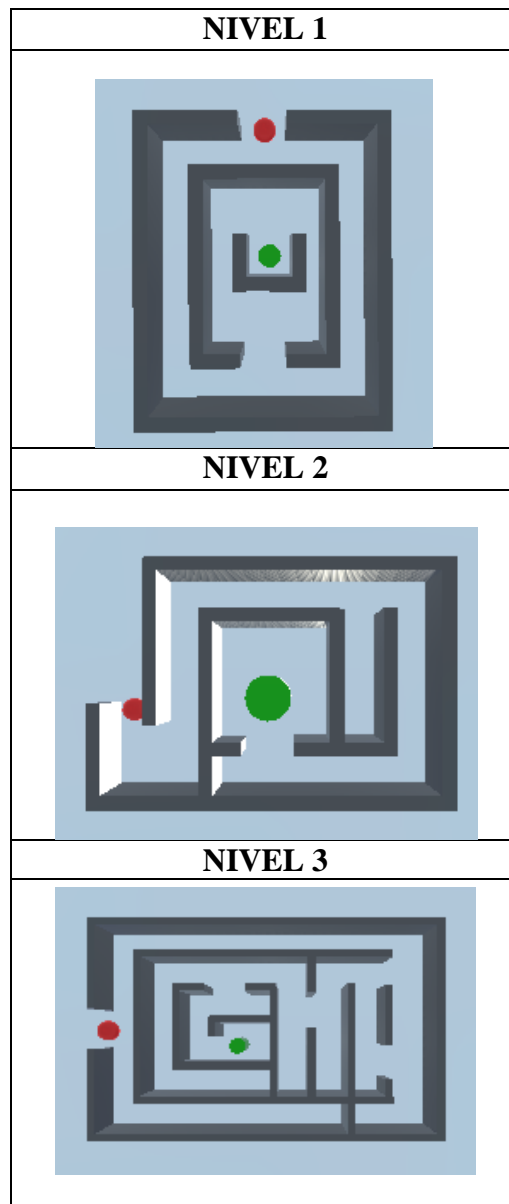


Figura 34. Niveles del juego laberinto.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 35.

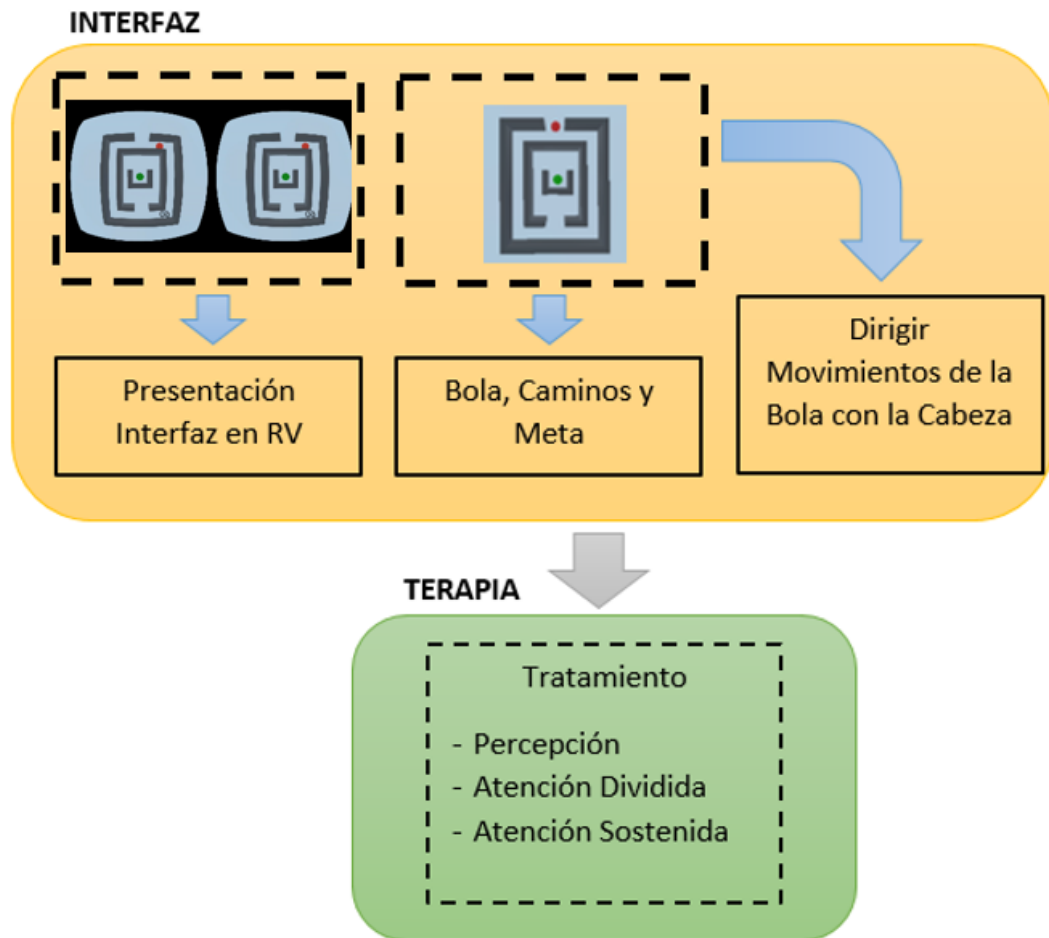


Figura 35. Diagrama de bloques del juego laberinto.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques indica como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La aplicación presenta una bola roja que funciona como jugador. El usuario mediante el movimiento de su cabeza debe dirigir la bola roja a través de los caminos del laberinto hasta dar con la meta verde. En el caso de esta aplicación el dato relevante para evaluar la actividad del usuario es el tiempo de ejecución, con este se evalúa percepción, atención dividida y sostenida.

Juego de Lugares

El objetivo de esta aplicación es observar el entorno y relacionarlo escogiendo una de las imágenes que se encuentran en el centro. Para esta interfaz se implementa 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la cantidad de elementos que se puede seleccionar, como se observa en Fig. 36.



Figura 36. Niveles del juego de lugares.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 37.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. El juego presenta un entorno compuesto de imágenes 360 que muestran diferentes tipos de lugares. En el centro de la pantalla se dispone de varias imágenes, de entre las cuales el usuario debe hacer la selección correcta, relacionando estas imágenes con lo observado en el ambiente 360. Para seleccionar la opción correcta se debe colocar el cursor sobre el objeto deseado. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite una

realimentación con un sonido que indica acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. Esta actividad se repite en dos escenas con diferentes entornos 360 para cada nivel. Con la información almacenada por el sistema, como tiempo de ejecución, número de aciertos y errores; se evalúa percepción, atención dividida y alternante.

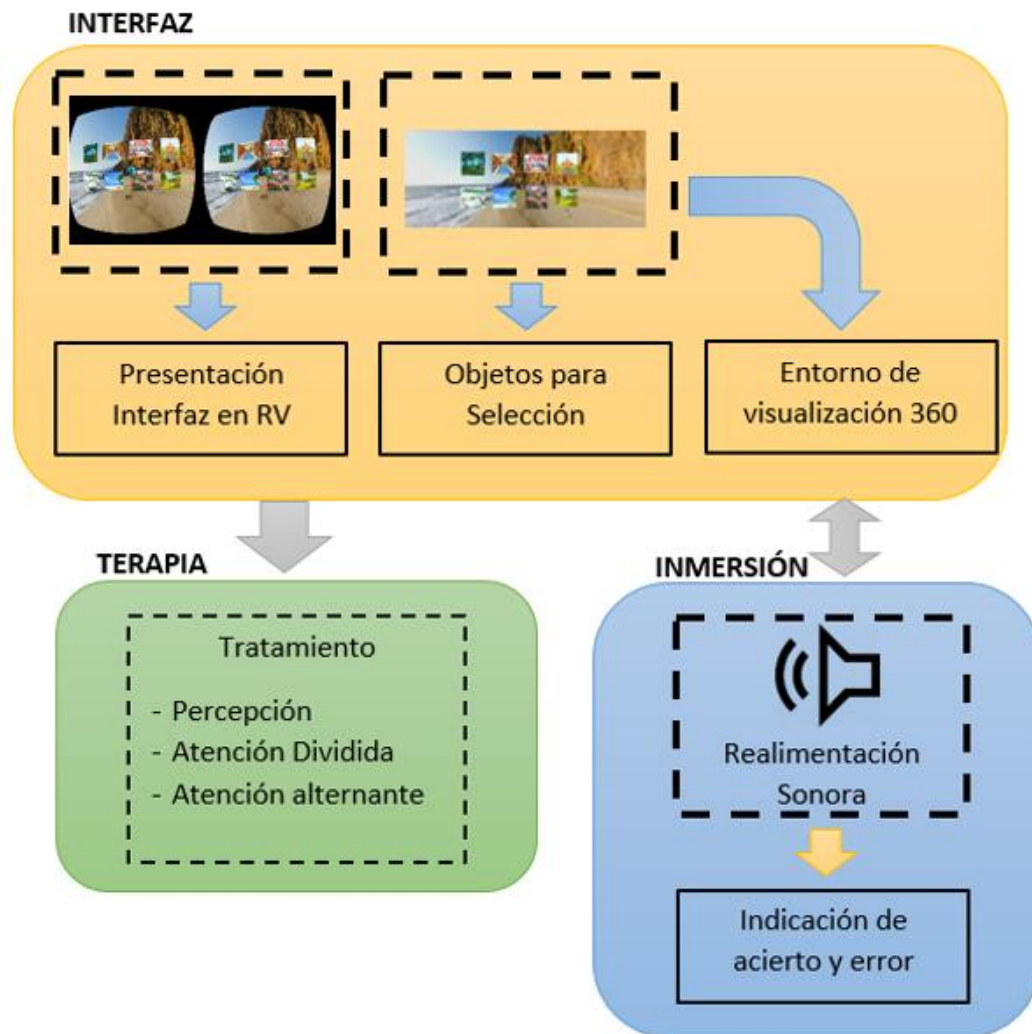


Figura 37. Diagrama de bloques del juego de lugares.

Elaborado por: Investigador.

Juegos de Lenguaje

Las aplicaciones diseñadas para evaluar las capacidades de lenguaje son 4. Las características se describen a continuación.

Juego de Afirmaciones

El objetivo de este juego es decidir si la afirmación dicha el usuario la considera verdadera o falsa. Esta aplicación tiene un nivel único como se muestra en la Fig. 38.



Figura 38. Nivel único del juego de afirmaciones.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en el siguiente diagrama de bloques de la Fig. 39.

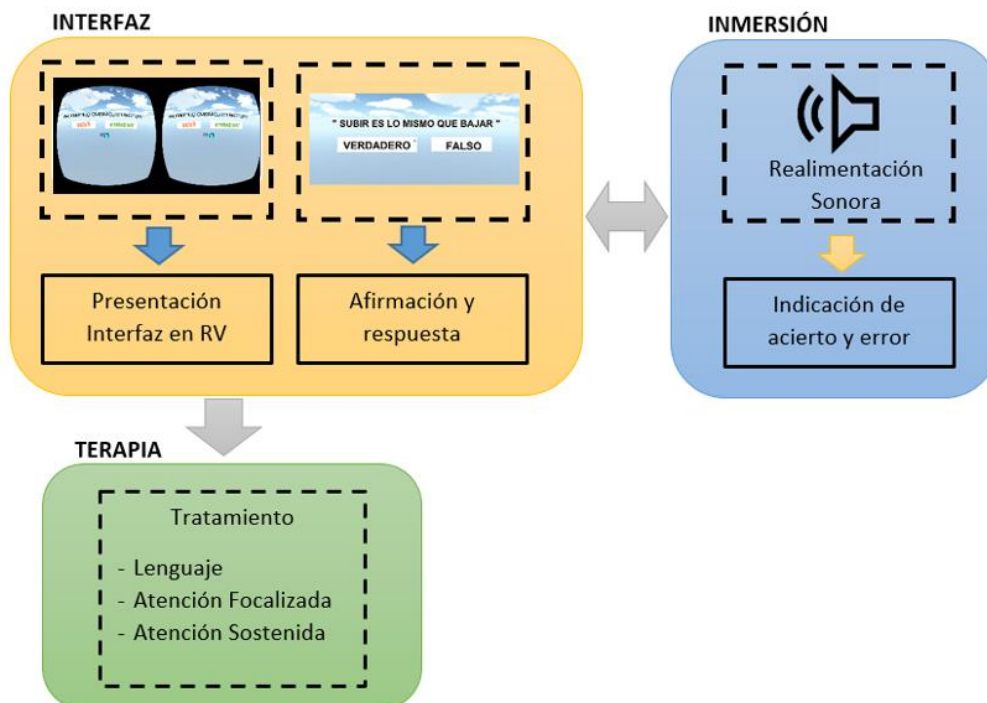


Figura 39. Diagrama de bloques del juego de afirmaciones.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz presenta en el centro de la pantalla una afirmación en texto 3D. Luego se debe seleccionar si la afirmación es verdadera o falsa. Para escoger la opción correcta se debe colocar el cursor sobre el cuadro de verdadero o falso. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el cuadro correcto, este se indica con un sonido que de acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. Con la información obtenida por el sistema, como número de aciertos, errores y tiempo de ejecución; se evalúa lenguaje, atención focalizada y sostenida.

Juego de Antónimos

El objetivo de este juego es encontrar el antónimo u opuesto de la figura grande. La aplicación cuenta con un solo nivel como se observa en la Fig. 40.



Figura 40. Nivel único del juego de antónimos.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 41.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz presenta en el lado izquierdo de la pantalla un objeto 2D grande y en la parte derecha de la pantalla varios objetos, entre los cuales uno es el opuesto del objeto grande. Para escoger la opción correcta se debe colocar el cursor sobre el objeto que considera es el opuesto. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite un sonido de acierto y de haber errado la respuesta un sonido indicando el error. Con la información

obtenida por el sistema, como número de aciertos, errores y tiempo de ejecución; se evalúa lenguaje, atención focalizada y sostenida.

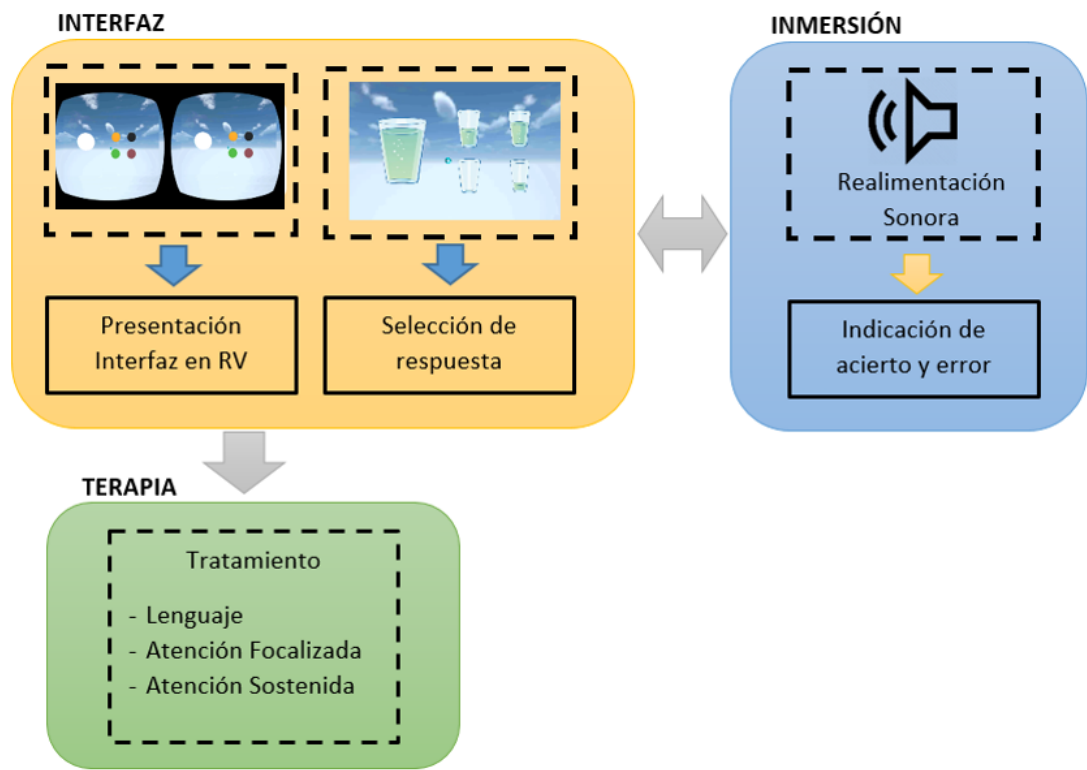


Figura 41. Diagrama de bloques del juego de antónimos.

Elaborado por: Investigador.

Juego de lugar y objetos

El objetivo de este juego es encontrar todos los objetos que perteneces al lugar que se menciona. La aplicación cuenta con un solo nivel como se observa en la Fig. 42.



Figura 42. Nivel único del juego de lugar y objetos.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 43.

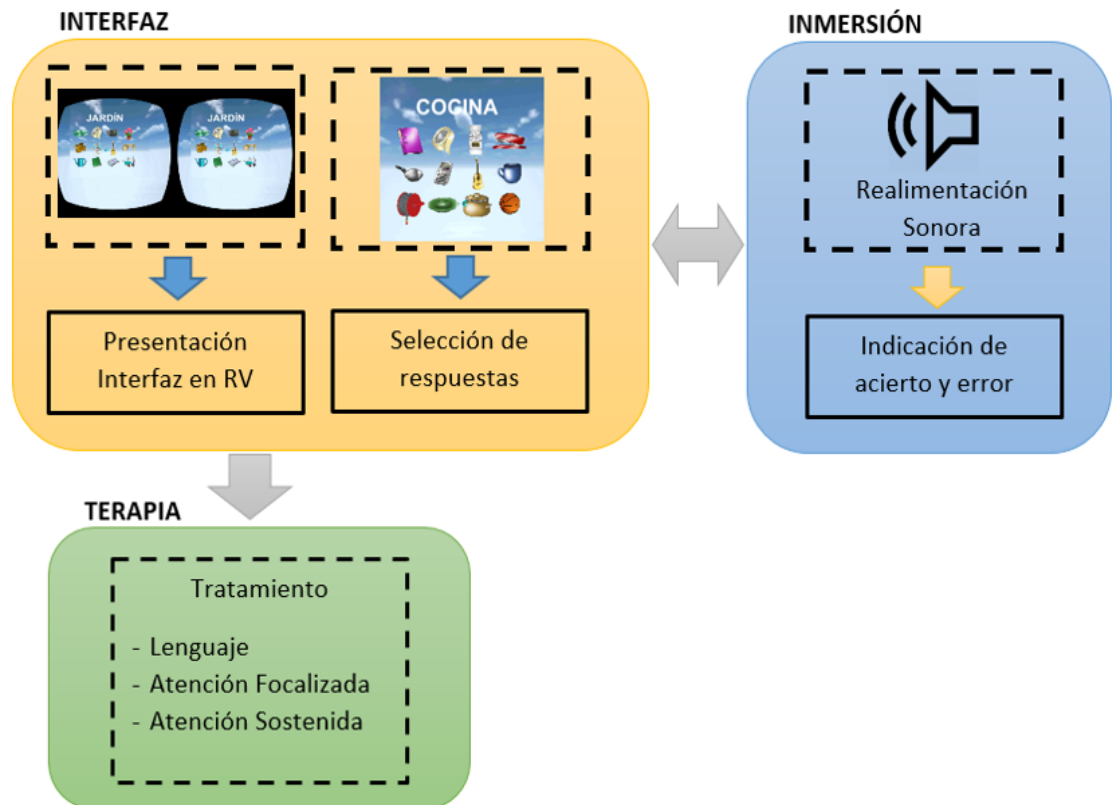


Figura 43. Diagrama de bloques del juego de lugar y objeto.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz presenta diferentes objetos que pertenecen a diferentes lugares de una casa. En la parte superior se encuentra un texto que indica el lugar que es la referencia para la selección de los objetos. Para escoger las opciones correctas se debe colocar el cursor sobre el objeto que considera pertenecen a ese lugar. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite un sonido de acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. El juego termina en el momento que se ha seleccionado todos los objetos referentes al lugar mencionado. Con la información obtenida por el sistema, como numero de aciertos, errores y tiempo de ejecución; se evalúa lenguaje, atención focalizada y sostenida.

Juego de Selección con Audio

El objetivo de esta aplicación es encontrar el objeto mencionado en el audio en la primera escena del juego. La aplicación cuenta con tres niveles como se observa en la Fig. 44.







NIVEL 1	
ESCUCHAR	ESCOGER
	
NIVEL 2	
ESCUCHAR	ESCOGER
	
NIVEL 3	
ESCUCHAR	ESCOGER
	

Figura 44. Niveles del juego selección con audio.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en el siguiente diagrama de bloques de la Fig. 45.

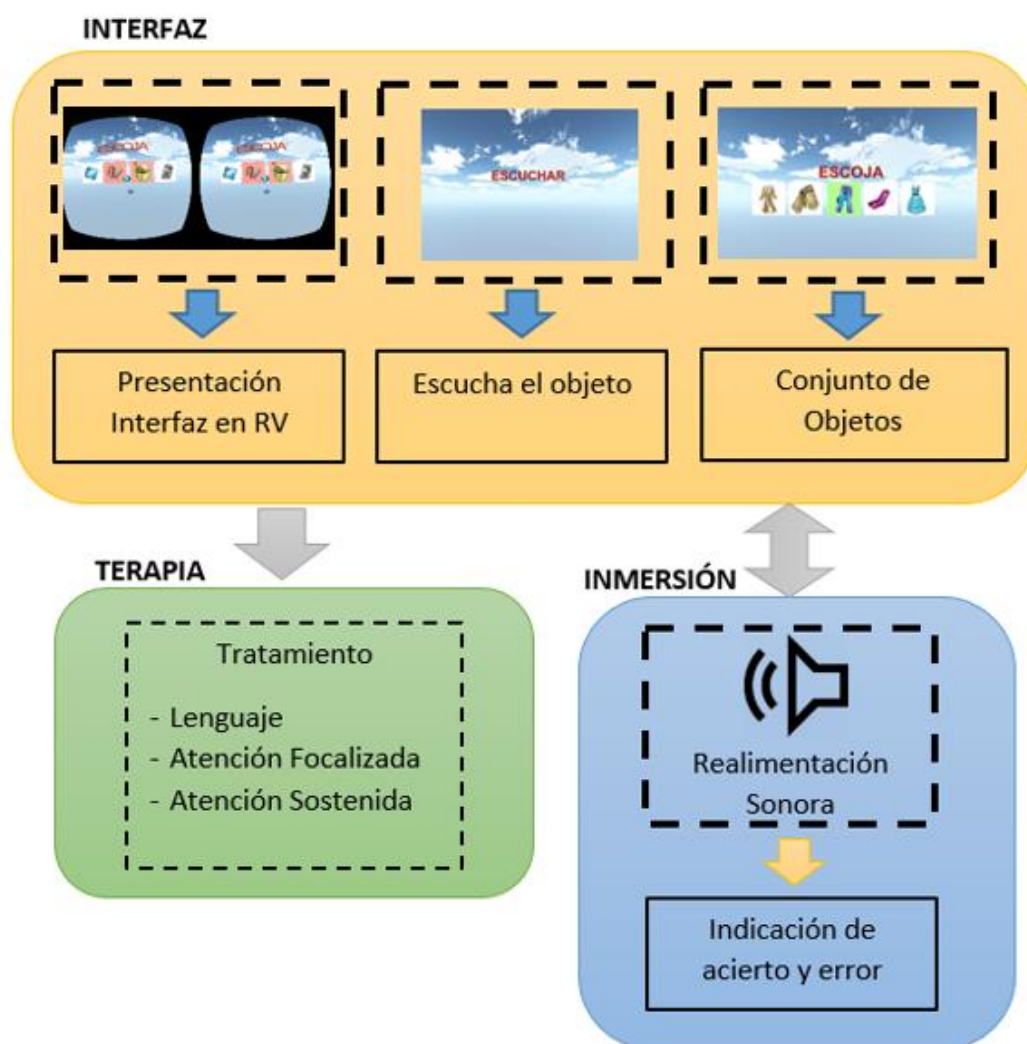


Figura 45. Diagrama de bloques del juego selección con audio.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz de la primera escena tiene un texto 2D el cual dice escuche, además se escucha el sonido del objeto a seleccionar en la siguiente escena. En la segunda escena se muestran los objetos para su selección. Para escoger las opciones correctas se debe colocar el cursor sobre el objeto que considera pertenecen a ese lugar. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite un sonido de acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. Con la información obtenida por el sistema, como número de aciertos, errores y tiempo de ejecución; se evalúa lenguaje, atención focalizada y sostenida.

Juegos de Funciones Ejecutivas

Las aplicaciones diseñadas para evaluar las funciones ejecutivas son 3. Las características de cada uno se describen a continuación.

Juego de climas

El objetivo de esta aplicación es observar el entorno y relacionarlo escogiendo varias imágenes que consideran que pertenecen a ese lugar o vestimenta que utilizaría en el mismo. Para esta interfaz se implementa 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la cantidad de elementos a seleccionar, como se observa en Fig. 46.



Figura 46. Niveles del juego de climas.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 47.

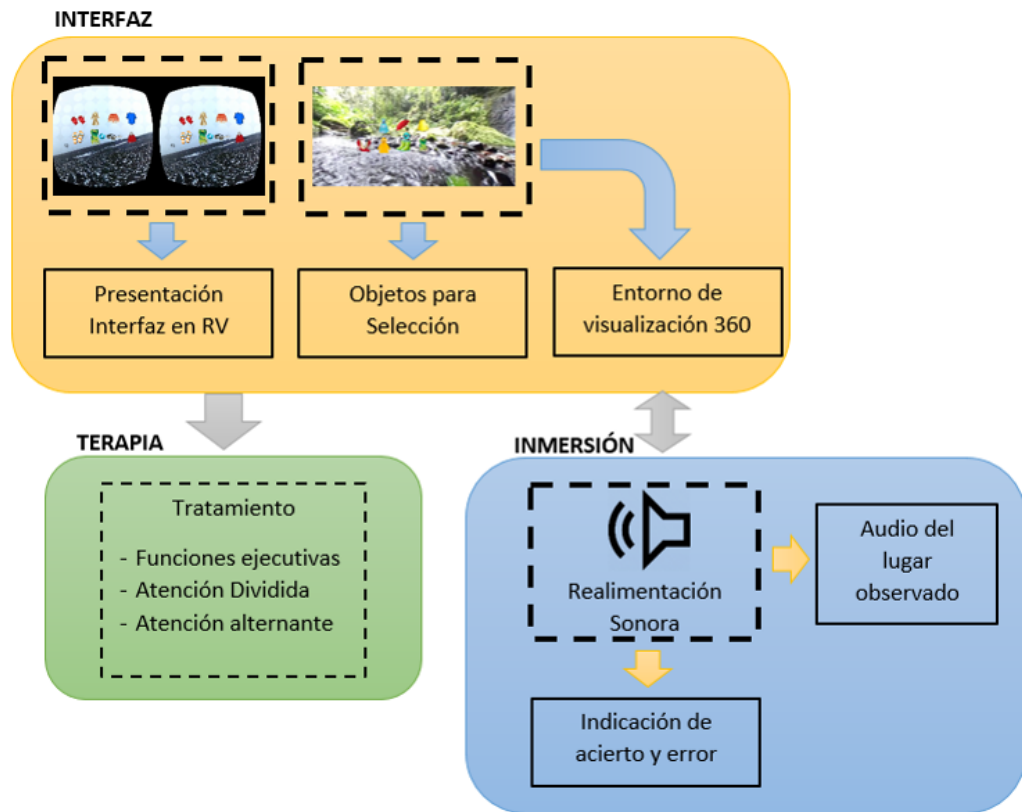


Figura 47. Diagrama de bloques del juego de climas.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. El juego presenta un entorno compuesto de un video 360 que muestran diferentes tipos de lugares y climas. En el centro de la pantalla se muestran imágenes de objetos que pertenecen a ese lugar, de entre las cuales el usuario debe hacer la selección correcta, relacionando las imágenes con lo observado en el ambiente 360. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite un sonido que indica acierto y de haber errado la respuesta un sonido indicando el error. Esta actividad se repite en dos escenas con diferentes videos 360 para cada nivel. Con la información almacenada por el sistema, como tiempo de ejecución, número de aciertos y errores; se evalúa percepción, atención dividida y alternante.

Juego pasos

El objetivo de esta aplicación es observar cada imagen y ordenarla como el usuario considera que es lo correcto para realizar una actividad determinada. Para esta interfaz se implementa 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la cantidad de elementos a seleccionar, como se observa en Fig. 48.



Figura 48. Niveles del juego de pasos.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 49.

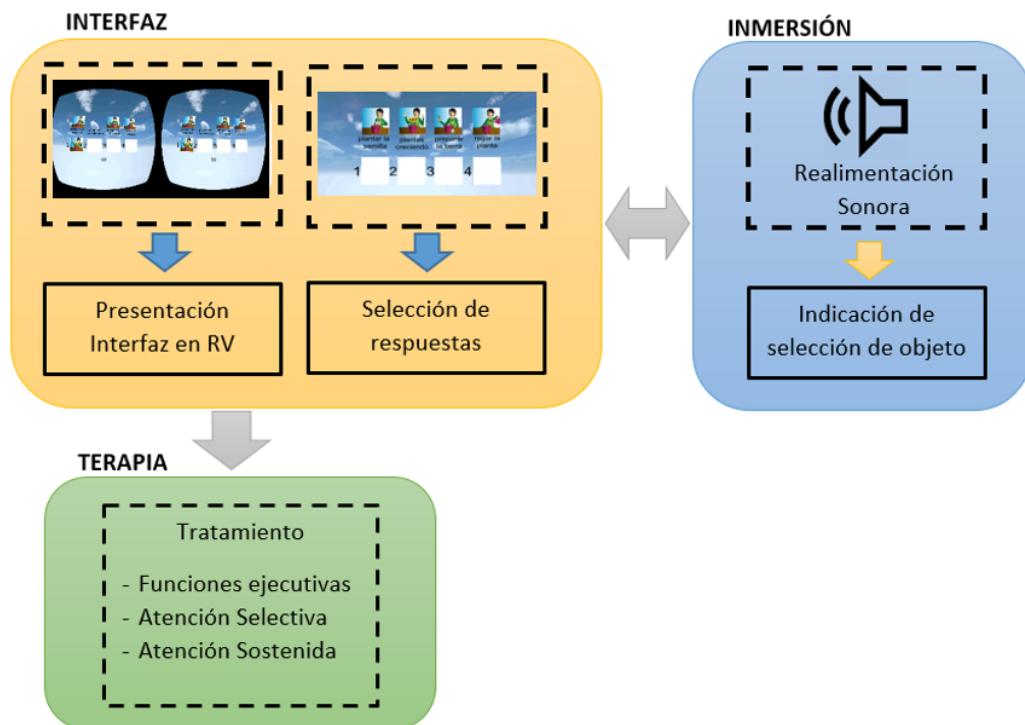


Figura 49. Diagrama de bloques del juego de pasos.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz de la primera escena tiene un conjunto de imágenes que realizan una actividad. Se emite un sonido de selección cada que una imagen es seleccionada. Para escoger las opciones correctas se debe colocar el cursor sobre el objeto que considera pertenecen a ese lugar. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite un sonido de acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. Con la información obtenida por el sistema, como número de aciertos, errores y tiempo de ejecución; se evalúa funciones ejecutivas, atención selectiva y atención sostenida.

Juego de planificación.

El objeto de esta aplicación es escuchar la indicación dada, observar el objeto 3D y decidir a qué parte del estante va cada objeto. Para esta interfaz se implementa 3 niveles de dificultad, en cada uno se aumenta la cantidad de objetos y la indicación es más extensa, como se observa en Fig. 50.

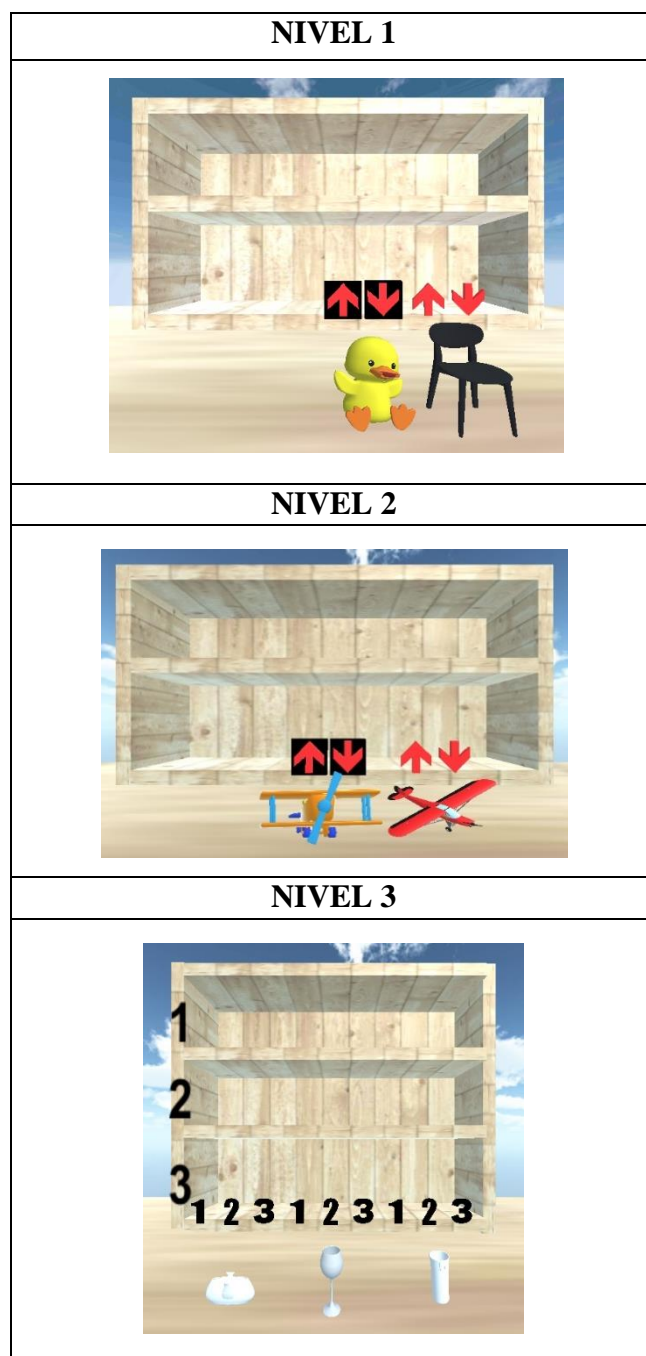


Figura 50. Niveles del juego de planificación.

Elaborado por: Investigador.

El funcionamiento de este juego se puede ver en la Fig. 51.

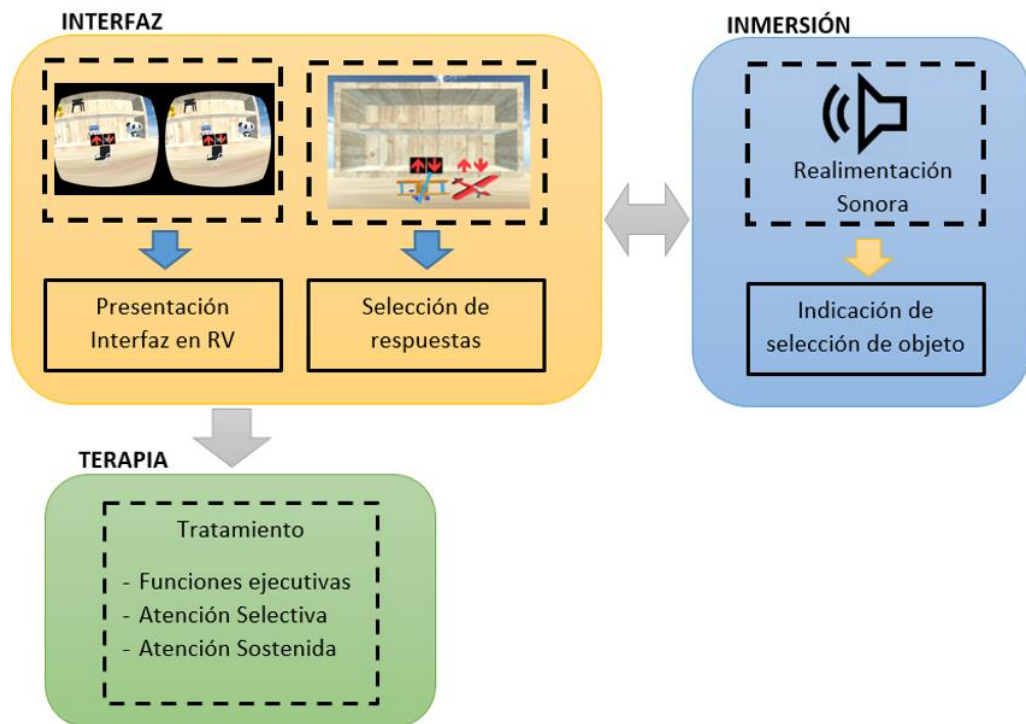


Figura 51. Diagrama de bloques del juego de planificación.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de bloques muestra como el usuario visualiza la interfaz del juego en RV. La interfaz en la primera escena se muestra un estante con dos niveles. En la parte inferior de la pantalla se muestra un objeto en 3D el cual tiene dos flechas una hacia arriba y una hacia abajo. El usuario decide hacia que parte moverá el objeto y al hacerlo se emite un sonido de selección. Para escoger las opciones correctas se debe colocar el cursor sobre el objeto que considera pertenecen a ese lugar. Esta selección se realiza mediante el movimiento de la cabeza del usuario. En el caso de seleccionar el objeto correcto, se emite un sonido de acierto y de haber errado la respuesta se emite un sonido indicando el error. Con la información obtenida por el sistema, como número de aciertos, errores y tiempo de ejecución; se evalúa funciones ejecutivas, atención selectiva y atención sostenida.

4.7. Diseño del Sistema de Registro

Es necesario almacenar la información más relevante de cada sesión de terapia virtual, para ello se ha incluido en los componentes de script, que incluyen librerías que le permite al sistema trabajar en forma paralela y guardar las variables de aciertos, errores

y tiempo; estas variables son de gran utilidad al momento de evaluar el desempeño del usuario en cada sesión.

El comportamiento del sistema de registro se puede ver en el siguiente diagrama de flujo de la Fig. 52.

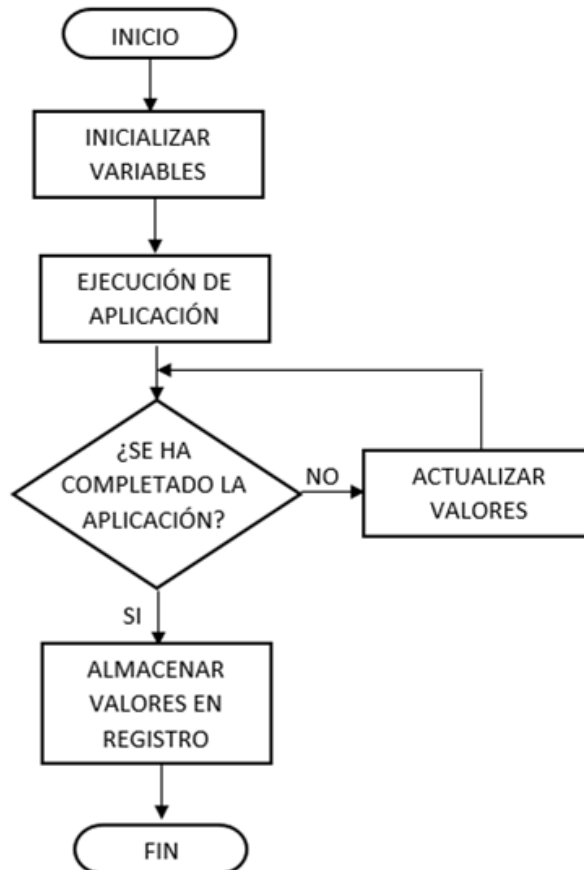


Figura 52. Diagrama de flujo del registro de datos.

Elaborado por: Investigador.

De esta forma primero se inicializan las variables que se requiere almacenar, después se hace la ejecución de cualquier aplicación. En todo momento que el juego se está ejecutando las variables se actualizan y en el instante que termina cada interfaz se hace le almacenamiento de datos relevantes como tiempo de ejecución, número de aciertos y errores.

4.8. Implantación del sistema multisensorial

En el siguiente diagrama de bloques de la Fig. 53 se muestra el funcionamiento del STVEA y la descripción de cada dispositivo utilizado dentro del sistema multisensorial

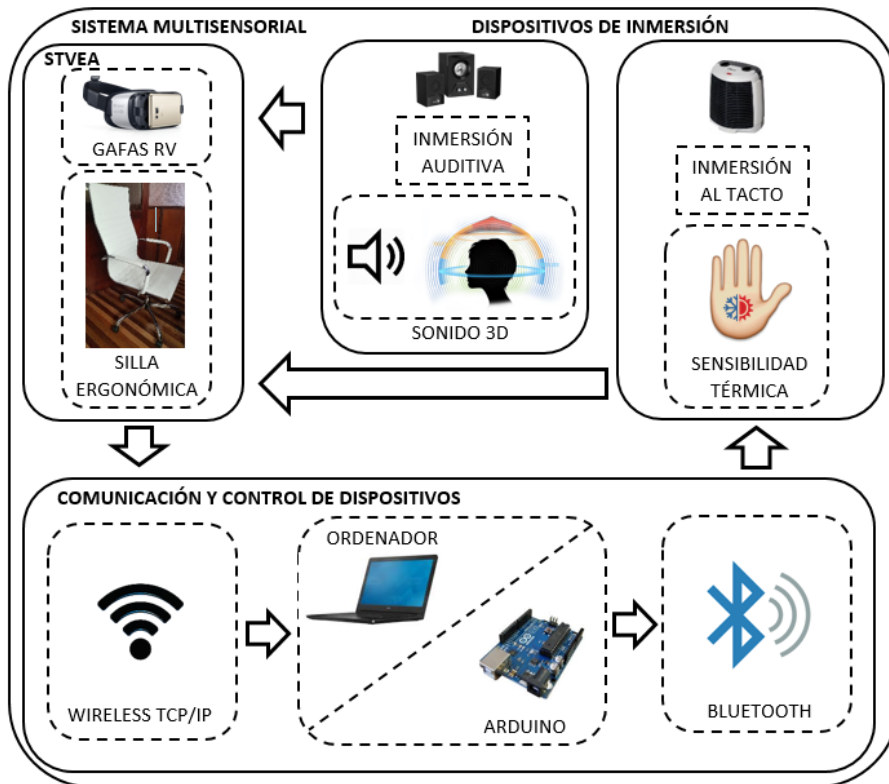


Figura 53. Diagrama de bloques del funcionamiento de STEVA.

Elaborado por: Investigador.

Para el diseño de STVEA se utiliza una silla ergonómica para la implementación de un sistema que se adapte a las necesidades de un paciente con EA, considerando que las personas a las cuales se les aplica la terapia son adultos mayores y necesitan mayor comodidad para evitar cansancio o molestia durante la aplicación de la terapia.

El sonido 3D es una tecnología que permite generar audio en las posiciones X, Y, Z sobre nuestras cabezas, permitiéndonos creer que una onda sonora proviene de un lugar específico. Este tipo de sonido se encuentra dentro del STVEA, ya que involucra el sentido del oído, provocando así que el paciente con EA tenga una mejor concentración dentro de cada uno de los juegos aplicados en la terapia y una mejor inmersión dentro del video 360 de relajación. El calefactor eléctrico es utilizado dentro del video 360 de relajación ya que el paciente con EA puede sentir tanto un aire frío o caliente dependiendo del lugar que se encuentra en el video. Tanto el sonido 3D como el calefactor ayudan a tener una mejor inmersión dentro de la terapia ya que al tener más sentidos involucrados mayor es la inmersión que experimenta el paciente.

Las comunicaciones tanto entre las gafas, el ordenador y el control de los dispositivos se utilizó las siguientes tecnologías:

- **Wifi.** utilizada como medio de comunicación entre el sistema virtual y el ordenador.
- **Bluetooth.** Utilizado para la comunicación entre el ordenador y la placa de Arduino, para el control de la parte de potencia del sistema.

Se utilizó un Arduino mega para el control del sistema de potencia estableciendo así la comunicación entre la parte virtual y el control de los dispositivos de potencia, utilizados para la estimulación del sentido del tacto.

4.9. Criterios inclusión de terapia virtual para pacientes con Alzheimer

Para la inclusión de pacientes con EA se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Persona diagnosticada con la EA en su fase inicial.
- Personas predispuestas para la realización de la terapia.
- Personas que tengan conciencia, atención y orientación dentro de los parámetros aceptables.
- Personas que no tengan dificultades físicas que les impidan ser aplicados la terapia por ejemplo pérdida casi total de la vista, pérdida considerable del sentido de audición o algún impedimento que impida al paciente sentarse en la silla para la aplicación de la terapia.
- Un paciente con EA en fase inicial entre las edades de 65 a 75 años.

4.10. Criterios de exclusión de terapia virtual para pacientes con Alzheimer

Para la exclusión de pacientes con EA se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Personas diagnosticadas con la EA en su fase media o avanzada.
- Adultos mayores con EA en edad superior a 80 años.
- Paciente con algún tipo de trastorno psicológico o emocional.
- Enfermedad orgánica
- Personas que tengan alterados los sentidos de percepción y sensación.
- Personas no aptas para la toma de decisiones propias.
- Un paciente con EA pero que además tenga comorbilidad con otro tipo de trastorno.

- Si el paciente consume algún tipo de sustancia químicas o psicotrópicas.
- Dificultades físicas como perdida casi total de la vista y el sentido de la audición, además de un impedimento físico para sentarse en la silla.

4.11. Pruebas

Para las pruebas realizadas dentro del sistema de terapia virtual para la Enfermedad de Alzheimer se analizan los datos mediante promedios y la desviación de cada prueba obtenida.

Para el promedio se utiliza la siguiente ecuación 1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1+a_2+a_3+\dots+a_n}{n} \quad (1)$$

Donde:

a = valor de un dato

n = numero total de datos

Para la desviación de los datos se utiliza la ecuación 2:

$$D.E = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Donde:

x = valor de un dato

\bar{x} = media aritmetica

Las dos fórmulas anteriores se utilizan para el análisis de los resultados obtenidos por el STVEA.

4.11.1. Pruebas técnicas del STVEA

Pruebas de tiempos de Funcionamiento del STVEA

Esta prueba técnica se hizo con el motivo de verificar la fluidez y velocidad de trabajo de cada ambiente virtual. Para esto se midieron los fotogramas por segundo (FPS) en la ejecución de cada una de las aplicaciones. Para poder medir los FPS se colocó un contador de fotogramas por medio de un script. Los resultados se hacían visibles en la

pantalla como se ve en la Fig. 54, los valores para cada juego se exponen en la siguiente tabla.



Figura 54. Visualización de Resultados de FPS.

Elaborado por: Investigador.

Tabla 3. Valores FPS de cada juego

APLICACIÓN	FPS
EMPAREJAR	70
RECONOCER	71
SECUENCIA	69
HISTORIA	69
AFIRMACIONES	72
ANTONIMOS	70
OBJETOS	68
AUDIO	68
FIGURAS	59
LABERINTO	65
LUGARES	60
CLIMAS	59
PASOS	64
PLAN	62
VIDEOS	60
PROMEDIO	65,73
DES. EST.	4,5

Elaborado por: Investigador.

Pruebas de confiabilidad de los dispositivos

Para la toma de los siguientes datos se realizó utilizando la aplicación llamada Acelerometer Analyzer que es un software gratuito de la subcategoría Mantenimiento del sistema, ya que es utilizado como una herramienta de medición de vibraciones. Tiene una característica importante, guarda los datos obtenidos en una hoja de texto la cual al ser pasada a Excel obtenemos la siguiente información:



Figura 55. Movimiento de cabeza en sentido vertical

Elaborado por: Investigador.

Tabla 4. Datos acelerómetro sin gafas en sentido vertical

Eje X	Eje Y	Eje Z
9.852	0.055	-0.725
9.787	0.045	-0.687
9.842	0.035	-0.699
9.83	0.052	-0.684
9.864	0.076	-0.672
9.833	0.064	-0.646
9.897	0.028	-0.708
9.814	0	-0.696
9.771	0.033	-0.696
9.775	0.007	-0.699
9.804	0	-0.735
9.833	-0.019	-0.78
9.83	-0.014	-0.78

Elaborado por: Investigador.

Tabla 5. Datos acelerómetro con gafas sentido vertical

Eje X	Eje Y	Eje Z
4.343	0.586	9.653
4.386	0.644	9.639
4.527	0.426	9.754
4.546	0.409	9.797
4.733	0.469	9.804
4.501	0.526	9.917
4.336	0.464	9.89
4.285	0.447	9.859
4.194	0.5	9.823
4.304	0.471	9.62
4.304	0.457	9.51
4.051	0.44	9.332
4.067	0.447	9.318
4.295	0.366	9.306

Elaborado por: Investigador.



Figura 56. Movimiento de cabeza en sentido vertical

Elaborado por: Investigador.

Tabla 6. Datos acelerómetro sin gafas sentido horizontal

Eje X	Eje Y	Eje Z
8.566	-2.303	-1.398
8.628	-2.542	-1.573
8.722	-2.42	-1.549
9.617	-1.113	-1.599
9.794	-0.797	-1.479
9.701	-0.505	-1.063
9.589	-0.44	-1.043
9.708	-0.263	-1.041
9.648	0.28	-0.663
9.871	0.639	-1
10.043	0.454	-1.022
10.099	0.253	-1.067

Elaborado por: Investigador.

Tabla 7. Datos acelerómetro con gafas sentido horizontal

Eje X	Eje Y	Eje Z
10.024	0.94	-0.416
10.185	0.651	-0.694
9.45	-0.122	-0.991
9.344	-0.66	-1.532
9.62	-0.368	-1.702
9.34	-0.169	-1.613
9.572	0.067	-1.877
9.953	0.045	-1.778
9.984	0.045	-1.525
9.668	-0.1	-1.915
9.471	-0.356	-2.006
9.179	0.043	-2.138

Elaborado por: Investigador.

4.11.2. Pruebas test T@M

El test T@M es un test cognitivo breve (TCB) que ayuda a la detección del deterioro cognitivo. Se considera un TCB ya que tiene una duración de menos de 20 minutos. Este test puede ser aplicado por médicos generales o enfermeras. El test T@M discrimina de forma eficaz entre las características de la EA y DCL en las primeras fases clínicas.

La aplicación del test T@M a personas sin diagnóstico de una enfermedad de demencia cognitiva, se utilizó para evaluar si las personas a aplicarle los juegos están en capacidad o aptitud de utilizar el STVEA.

Tabla 8. Resultados test T@M

PREGUNTA	PROMEDIO
MEMORIA INMEDIATA	
1. Le he dicho una fruta, ¿cuál era?	1
2. Le he dicho una herramienta, ¿cuál era?	1
3. Le he dicho un animal, ¿cuál	0.83
4. Le he dicho un instrumento musical, ¿cuál?	0.83
5. Le he dicho un color, ¿cuál?	0.67
6. ¿Cuántos gatos había?	1
7. ¿De qué color eran?	1
8. ¿Qué se comieron?	1
9. ¿Cómo se llamaba el niño?	1
10. ¿Con qué jugaba?	1
MEMORIA DE ORIENTACIÓN TEMPORAL	
11. Día semana	1
12. Mes	1
13. Día de mes	0.83
14. Año	1
15. Estación	1
MEMORIA REMOTA SEMÁNTICA	
16. ¿Cuál es su fecha de nacimiento?	1
17. ¿Cómo se llama el profesional que arregla coches?	1
18. ¿Cómo se llamaba el anterior presidente del gobierno?	1
19. ¿Cuál es el último día del año?	1
20. ¿Cuántos días tiene un año que no sea bisiesto?	1
21. ¿Cuántos gramos hay en un cuarto de kilo?	1

22. ¿Cuál es el octavo mes del año?	0.83
23. ¿Qué día se celebra la Navidad?	1
24. Si el reloj marca las 11 en punto, ¿en qué número se sitúa la aguja larga?	0.67
25. ¿Qué estación del año empieza en septiembre después del verano?	0.83
26. ¿Qué animal bíblico engañó a Eva con una manzana?	1
27. ¿De qué fruta se obtiene el mosto (vino)?	1
28. ¿A partir de qué fruto se obtiene el chocolate?	1
29. ¿Cuánto es el triple de 1?	0.83
30. ¿Cuántas horas hay en dos días?	1
MEMORIA DE EVOCACIÓN LIBRE	
31. De las palabras que dije al principio, ¿cuáles podría recordar?	3.83
32. ¿Se acuerda de la frase de los gatos?	2.83
33. ¿Se acuerda de la frase del niño?	1.67
MEMORIA DE EVOCACIÓN CON PISTAS	
34. Le dije una fruta, ¿cuál era?	1
35. Le dije una herramienta, ¿cuál?	1
36. Le dije un animal ¿cuál era?	0.5
37. Un instrumento musical, ¿cuál?	1
38. Le dije un color, ¿cuál?	1
39. ¿Cuántos gatos había?	0.83
40. ¿De qué color eran?	1
41. ¿Qué comían?	1
42. ¿Cómo se llamaba?	1
43. ¿Con qué estaba jugando?	1

Elaborado por: Investigador, Anexo A.

Tabla 9. Puntuaciones globales test T@M

USUARIO	PUNTUACION
PERSONA 1	48
PERSONA 2	46
PERSONA 3	46
PERSONA 4	46
PERSONA 5	45
PERSONA 6	45
PERSONA 7	44
PERSONA 8	42
PERSONA 9	42

Elaborado por: Investigador.

Las tablas 8 y 9 muestran las puntuaciones obtenidas por personas sanas, comprendidas en edades entre los 55 y 70 años. Obteniendo así valores verdaderos de los juegos de la terapia aplicada a personas sin EA, siendo estos los valores de tiempo, aciertos y errores de cada juego. Estos valores fueron utilizados para en la comparación de los valores de personas sin EA y con EA.

4.11.3. Test usabilidad

Para este experimento se hizo uso del Test SEQ, el cual evalúa la usabilidad de aplicaciones de realidad virtual. En este caso la prueba se hizo sobre los pacientes del centro de reposo, con el fin de conocer si el sistema les resultó de agrado y utilidad para su terapia. Los resultados de este test se pueden ver en la tabla 10.

Tabla 10. Test de Usabilidad aplicados a pacientes con EA

PREGUNTA	PROMEDIO	DES. EST.
P1. ¿Cuánto disfrutó de su experiencia con el sistema?	5	0
P2. ¿Cuánto sintió estar en el entorno del sistema?	4	0
P3. ¿Qué tan exitoso fue el sistema?	4	0
P4. ¿En qué medida era usted capaz de controlar el sistema?	5	0
P5. ¿Qué tan real es el entorno virtual del sistema?	4	0
P6. Es la información proporcionada por el sistema clara?	5	0
P7. ¿Sintió molestias durante su experiencia con el sistema?	4	0
P8. ¿Usted siente mareos o náuseas durante su práctica con el sistema?	4,5	0,5
P9. ¿Experimentó una molestia ocular durante su práctica con el sistema?	4,5	0,5
P10. ¿Se sintió confundido o desorientado durante su experiencia con el sistema?	5	0
P11. ¿Cree que este sistema será útil para su terapia?	4	0
P12. ¿Le ha resultado difícil la tarea?	4,5	0,5
P13. ¿Encontró los dispositivos del sistema difíciles de usar?	4,5	0,5
TOTAL	58	0,15

Elaborado por: Investigador basado en Suitability Evaluation Questionnaire for Virtual Rehabilitation Systems. Application in a Virtual Rehabilitation System for Balance Rehabilitation, Anexo B [23].

4.11.4. Pruebas preliminares para criterios de exclusión de usuarios sin EA

Las aplicaciones diseñadas para la evaluación de personas con Alzheimer fueron probadas en un primer plano por 9 usuarios que poseían todas sus facultades. Este experimento se hizo con el motivo de determinar las características y limitaciones máximas y mínimas de las variables relevantes como son aciertos errores y tiempo para cada uno de los juegos. Los resultados obtenidos por los usuarios sin anomalías se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 11. Resultados obtenidos por usuarios sin EA

APLICACIÓN	PROMEDIO ACIERTOS	PROMEDIO ERRORES	PROMEDIO TIEMPO
EMPAREJAR	4,0	5,8	113,3
RECONOCER	5,0	4,8	91,5
SECUENCIA	3,0	0,8	28,3
HISTORIA	3,0	3,0	43,7
AFIRMACIONES	4,0	1,3	53,0
ANTONIMOS	5,0	1,8	45,8
OBJETOS	16,0	5,0	113,0
AUDIO	5,0	0,5	35,5
FIGURAS	6,0	1,8	64,0
LABERINTO	No se evalúa	No se evalúa	197,0
LUGARES	2,0	6,2	51,0
CLIMAS	8,0	4,3	84,5
PASOS	1,0	3,0	32,2
PLAN	3,7	1,3	31,2

Elaborado por: Investigador.

4.11.5. Pruebas de terapia virtual para la Enfermedad de Alzheimer

La terapia multisensorial para pacientes con EA se aplicó a dos pacientes del centro de reposo que tienen diagnóstico de demencia tipo Alzheimer en fase inicial.

Las características de los pacientes se detallan a continuación

Paciente A

- Sexo Femenino
- Edad 74 años
- Diagnóstico de demencia tipo Alzheimer fase inicial.
- Estado emocional estable.
- Utiliza lentes.
- Conciencia, atención y orientación dentro de los parámetros aceptables.
- Áreas afectadas por la EA son memoria, lenguaje y percepción.

Paciente B

- Sexo masculino
- Edad 68 años
- Diagnóstico de demencia tipo Alzheimer fase inicial.
- Estado emocional estable.
- Sin ningún tipo de dificultad física.
- Conciencia, atención y orientación dentro de los parámetros aceptables.
- Áreas afectadas por la EA son memoria, lenguaje y percepción.

Para la terapia multisensorial de los dos pacientes con EA se utilizó los mismos juegos dentro de la aplicación, trabajando en las 4 áreas principales tratadas dentro del STVEA. Los juegos utilizados son:

- Juego de emparejamiento
- Juego de reconocimiento
- Juego de secuencia
- Juego de selección con audio.
- Juego de laberinto
- Juego de lugares
- Juego de climas
- Juego de pasos
- Juego de planificación

En las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos tanto por el paciente A y B en las sesiones que se realizó.

En la tabla 12 se detallan los puntajes obtenidos por el paciente A durante las 3 primeras sesiones realizadas.

Tabla 12. Resultados obtenidos del paciente A en las 3 primeras sesiones.

PACIENTE A			
SESION 1	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N1	4	14	476
SECUE N2	3	7	52
LUGAR N1	2	9	114
OBJ_VOZ N1	5	7	58
PLAN N1	3	2	64
PROMEDIO	3.4	7.8	152.8
SESION 2	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N2	6	36	638
SECUE N3	3	4	36
OBJ_VOZ N2	5	8	73
CLINA N1	8	15	496
PLAN N2	3	2	26
PROMEDIO	5	13	253.8
SESION 3	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N3	8	56	790
CARAS N3	5	14	121
LABERINTO N2	No evaluado	No evaluado	383
LUGAR N3	2	34	607
PASOS N1	2	2	177
PLAN N3	4	5	103
PROMEDIO	4.2	22.2	363.5

Elaborado por: Investigador.

En la tabla 13 se detallan los puntajes obtenidos por el paciente A durante las 3 últimas sesiones.

Tabla 13. Resultados obtenidos del paciente A en las últimas 3 sesiones.

PACIENTE A			
SESION 4	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N1	4	10	238
SECUE N2	3	7	156
LUGAR N1	2	8	130
OBJ_VOZ N1	5	2	42
PLAN N1	3	2	62
PROMEDIO	3.4	5.8	125.6
SESION 5	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N2	6	14	244
SECUE N3	3	4	37
OBJ_VOZ N2	5	1	38
CLINA N1	8	4	135
PLAN N2	3	2	46
PROMEDIO	5	5	100
SESION 6	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N3	8	48	678
CARAS N3	5	12	115
LABERINTO N2	No evaluado	No evaluado	374
LUGAR N3	2	15	247
PASOS N1	2	2	175
PLAN N3	4	5	110
PROMEDIO	4.20	16.40	283.17

Elaborado por: Investigador.

En la tabla 14 se detallan los puntajes obtenidos por el paciente B durante las 3 primeras sesiones.

Tabla 14. Resultados obtenidos del paciente B en las 3 primeras sesiones.

PACIENTE B			
SESION 1	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N1	4	3	92
SECUE N2	3	6	66
LUGAR N1	2	2	45
OBJ_VOZ N1	5	3	190
PLAN N1	2	3	69
PROMEDIO	3.2	3.4	92.4
SESION 2	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N2	6	13	156
SECUE N3	3	2	29
OBJ_VOZ N2	5	0	32
CLIMA N1	8	0	34
PLAN N2	4	1	23
PROMEDIO	5.2	3.2	54.8
SESION 3	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N3	8	20	280
CARAS N3	5	3	103
LABERINTO N2	No evaluado	No evaluado	114
LUGAR N3	2	3	57
PASOS N1	4	0	68
PLAN N3	6	3	83
PROMEDIO	5	5.8	117.5

Elaborado por: Investigador.

En la tabla 15 se detallan los puntajes obtenidos por el paciente B durante las 3 últimas sesiones.

Tabla 15. Resultados obtenidos del paciente A en las últimas 3 sesiones.

PACIENTE B			
SESION 4	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N1	4	2	83
SECUE N2	3	4	54
LUGAR N1	2	2	50
OBJ_VOZ N1	5	2	157
PLAN N1	3	2	72
PROMEDIO	3.4	2.4	83.2
SESION 5	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N2	6	9	132
SECUE N3	3	2	27
OBJ_VOZ N2	5	0	34
CLIMA N1	8	0	31
PLAN N2	4	1	25
PROMEDIO	5.2	2.4	49.8
SESION 6	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
CARTAS N3	8	17	268
CARAS N3	5	2	96
LABERINTO N2	No evaluado	No evaluado	119
LUGAR N3	2	1	46
PASOS N1	4	0	63
PLAN N3	7	2	78
PROMEDIO	5.2	4.4	111.67

Elaborado por: Investigador.

En la tabla 16 se detallan los puntajes obtenidos por los dos pacientes en promedio de cada juego aplicado.

Tabla 16. Resultados obtenidos por usuarios con EA

JUEGOS	ACIERTO PROMEDIO	ERROR PROMEDIO	TIEMPO PROMEDIO
CARTAS N1	4	7.25	222.25
SECUE N2	3	6	82
LUGAR N1	2	5.25	84.75
OBJ_VOZ N1	5	3.5	111.75
PLAN N1	2.75	2.25	66.75
CARTAS N2	6	18	292.5
SECUE N3	3	3	32.25
OBJ_VOZ N2	5	2.25	44.25
CLIMA N1	8	4.75	174
PLAN N2	3.5	1.5	30
CARTAS N3	8	35.25	504
CARAS N3	5	7.75	108.75
LABERINTO N2	No se evalúa	No se evalúa	247.5
LUGAR N3	2	13.25	239.25
PASOS N1	3	1	120.75
PLAN N3	5.25	3.75	93.5

Elaborado por: Investigador.

En la tabla 17 se realiza una comparación entre los valores obtenidos en cada uno de los juegos por los pacientes con EA y las personas sin EA.

Tabla 17. Cuadro comparativo entre personas sanas y con EA

JUEGOS	USUARIOS SIN EA			PACIENTES CON EA		
	ACIERTO	ERROR	TIEMPO	ACIERTO	ERROR	TIEMPO
EMPAREJAR	4,0	5.8	113.3	4	7.25	222.25
RECONOCER	5,0	4.8	91.5	5	7.75	108.75
SECUENCIA	3,0	0.8	28.3	3	4.5	57.125
AUDIO	5,0	0.5	35.5	5	2.875	78
LABERINTO	No evaluado	No evaluado	197	No evaluado	No evaluado	247.5
LUGARES	2,0	6.2	51	2	9.25	162
CLIMAS	8,0	4.3	84.5	8	4.75	174
PASOS	1,0	3	32.3	3	1	120.75
PLAN	3,7	1.3	31.2	2.75	2.25	66.75

Elaborado por: Investigador.

4.12. Resultados

4.12.1. Análisis de resultado de pruebas técnicas

Los resultados obtenidos de haber medido los FPS en cada aplicación se pueden analizar de acuerdo a las siguientes gráficas.

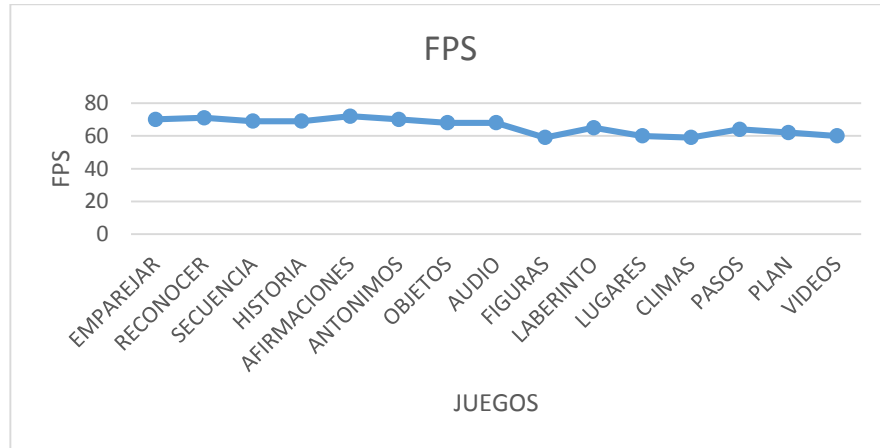


Figura 57. Gráfica del promedio de FPS.

Elaborado por: Investigador.

El promedio de FPS de entre todos los juegos es de 65.73 con una desviación estándar de 4.5, esto quiere decir que los valores de FPS individuales de cada aplicación guardan una distancia aceptable con relación al valor promedio y asegura que el sistema funciona con una fluidez más que adecuada. Considerando que el valor normal de FPS en un videojuego de consola es de 60, las aplicaciones desarrolladas para el STVEA funcionan normalmente y sin retardos.

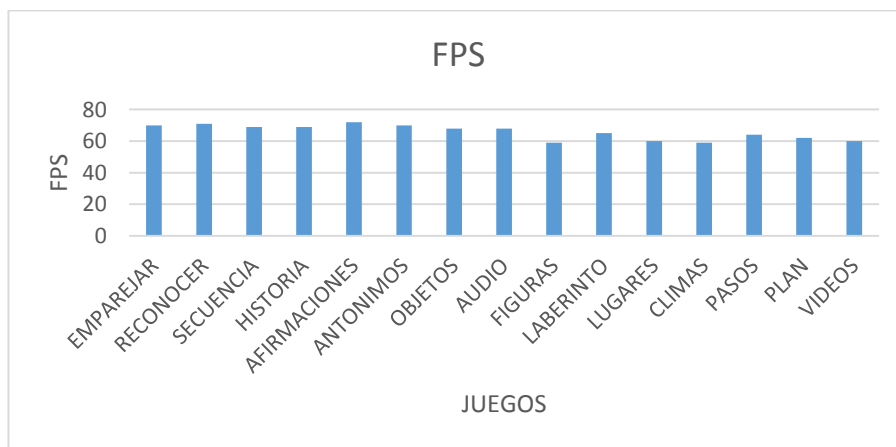


Figura 58. Diagrama de barras de FPS.

Elaborado por: Investigador.

El diagrama de barras nos indica que las aplicaciones con contenidos 2D, tienden a funcionar con mayor fluidez que aquellas que contienen objetos virtuales 3D. Además, se observa que cuando una aplicación contiene videos o escenarios en 360° su valor de FPS también se ve reducido. A pesar de que algunos juegos funcionen con menos velocidad que otros, todos tienen una fluidez aceptable y se puede interactuar con estos entornos virtuales en tiempo real sin problema alguno.

Resultados de pruebas de confiabilidad de los dispositivos

Los resultados obtenidos por la aplicación Accelerometer Analyzer muestran una variación en el sensor al momento de utilizarlo sin gafas y con gafas como se muestran en las siguientes figuras.

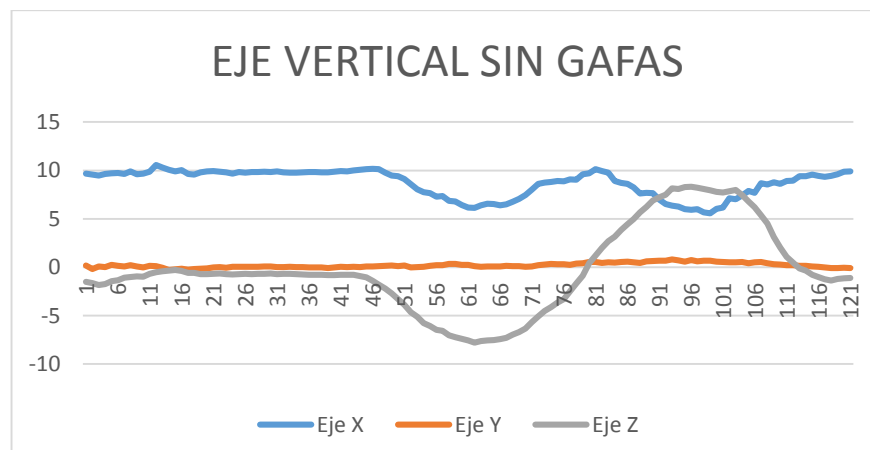


Figura 59. Gráfica del eje vertical sin gafas.

Elaborado por: Investigador.

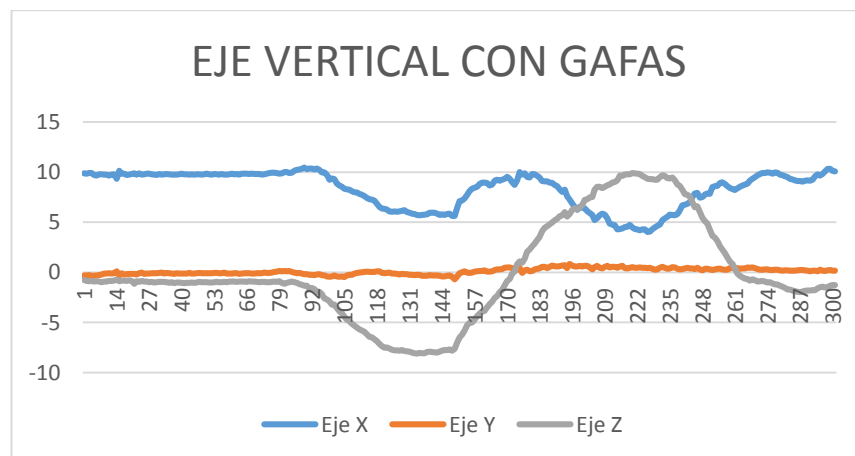


Figura 60. Gráfica del eje vertical con gafas.

Elaborado por: Investigador.

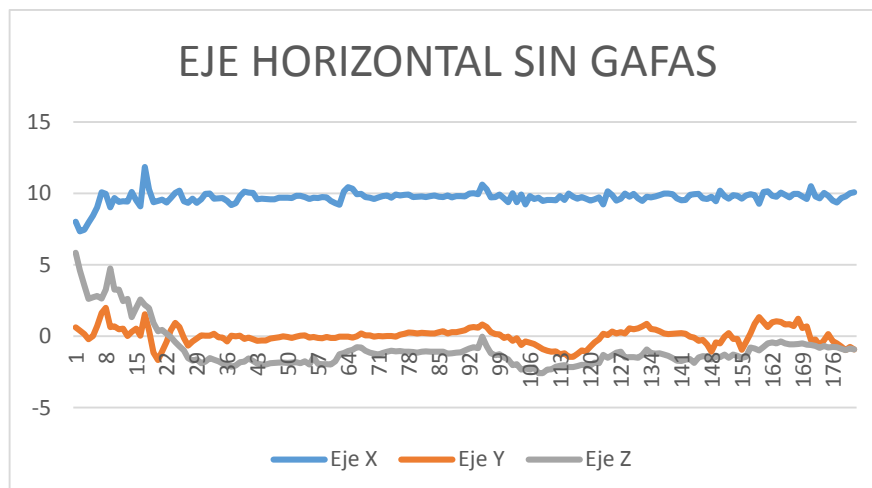


Figura 61. Gráfica del eje horizontal sin gafas.

Elaborado por: Investigador.

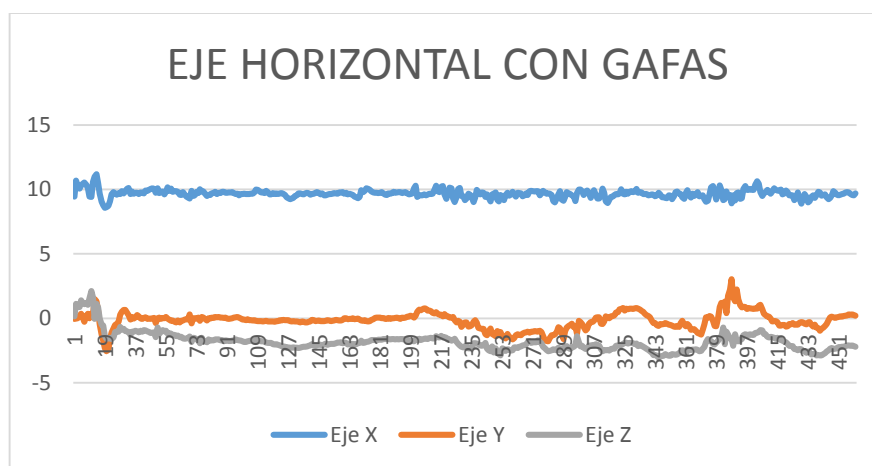


Figura 62. Gráfica del eje horizontal con gafas.

Elaborado por: Investigador.

Como se observa en las figuras anteriores cuando utilizamos el celular sin las gafas tenemos una aceleración más lenta por lo tanto tenemos menos muestras hasta realizar una trayectoria, ya sea vertical u horizontal, mientras que cuando utilizamos el celular con las gafas tenemos mayores muestras hasta realizar la misma trayectoria que sin las gafas. Es decir que el sensor tiene una mejor estabilidad sin las gafas que con estas. Debemos tener en cuenta que las unidades en las que se mide este sensor son m/s^2 . A pesar de que la estabilidad del dispositivo es menor cuando se utiliza las gafas, esto no quiere decir que el sistema no tenga un control óptimo en la ejecución de las aplicaciones para terapia, al contrario, funciona con la fluidez necesaria para que el sistema trabaje con la mejor manera.

4.12.2. Resultados pruebas test T@M

Los resultados del test T@M se analizan en la Fig. 63.

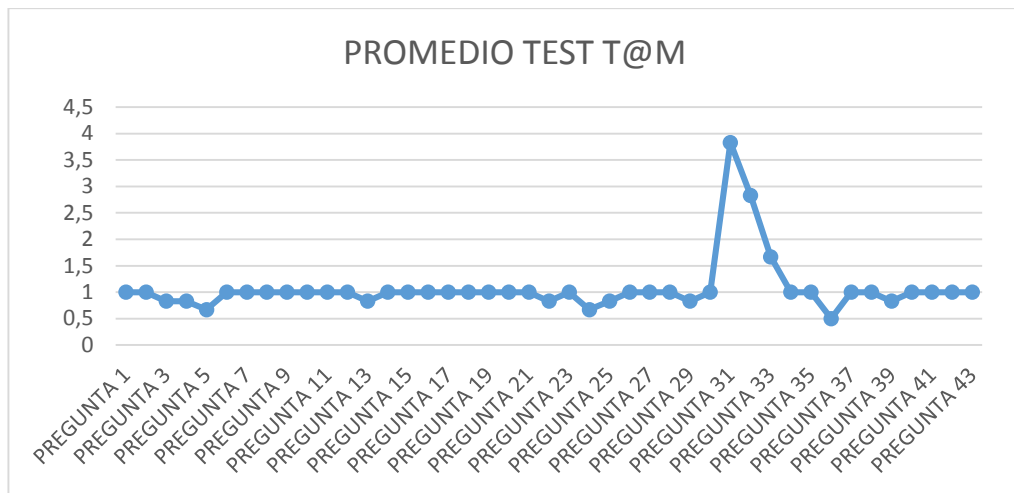


Figura 63. Gráfica del promedio del test T@M en personas sin demencia.

Elaborado por: Investigador.

Según los datos obtenidos por el test T@M las personas que utilizaron el STVEA son personas capaces de utilizar y resolver todos los juegos aplicados dentro de la terapia, con una puntuación basada en los análisis del test donde una persona con un puntaje entre 40 y 50 es una persona sin ningún indicio de demencia cognitiva.

La Fig. 64 muestra los puntajes obtenidos por las 9 personas a las cuales se les aplicó el STVEA.

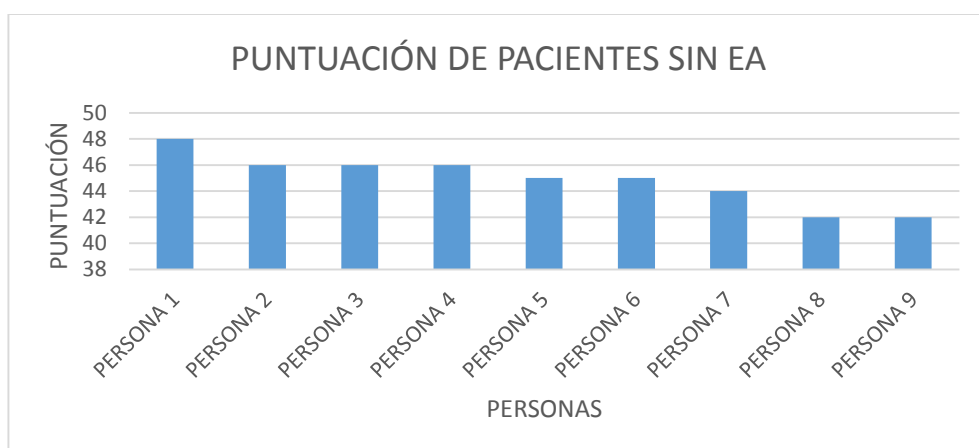


Figura 64. Gráfica de la puntuación obtenida en el test T@M en personas sin demencia.

Elaborado por: Investigador.

4.12.3. Resultados pruebas preliminares de usuarios sin EA

Los resultados obtenidos después de haber utilizado el STVEA con personas que poseen todas sus facultades pueden analizar de acuerdo a las siguientes gráficas.



Figura 65. Gráfica de resultados del promedio de aciertos en juegos a personas sin EA.

Elaborado por: Investigador.



Figura 66. Gráfica de resultados del promedio de errores en juegos a personas sin EA.

Elaborado por: Investigador.

La gráfica de la Fig. 65 muestra que una de las aplicaciones con más probabilidad de error es la aplicación de objetos ya tiene más objetos verdaderos. En la Fig. 66 Los valores de errores más elevados se dieron en las aplicaciones de emparejamientos y de lugares, aunque en relación a los demás juegos, todos los usuarios obtuvieron un número muy bajo de equivocaciones. Relacionando ambas graficas se puede decir que las aplicaciones de secuencias y audios son las más intuitivas y fáciles de resolver del sistema.

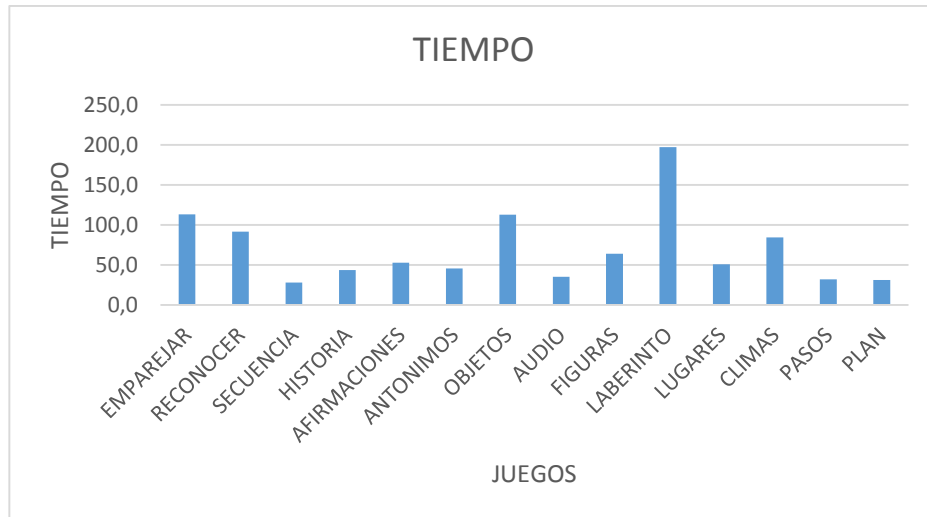


Figura 67. Gráfica de resultados del promedio del tiempo en juegos a personas sin EA.

Elaborado por: Investigador.

Según la Fig. 67 se puede observar que el juego del laberinto resultó ser el más complejo y demoroso. A excepción de los juegos de emparejar, reconocer, elegir objetos según el lugar, clima y laberinto; los demás entornos tienen un tiempo de ejecución cercano a un promedio de 40 segundos, de esto se puede decir que son similares en su dificultad, además se reafirma que las aplicaciones de audio y secuencia resultan ser las más rápidas de resolver.

Los resultados de este estudio ayudaron a seleccionar el valor óptimo de las variables de evaluación que son número de aciertos, número de errores y tiempo de ejecución. También con base en estos datos se eligió el nivel de dificultad de cada aplicación y la mayoría de entornos dispone de tres niveles.

4.12.4. Resultado test de usabilidad

Los resultados que revela el test de usabilidad SEQ, nos dice que es útil y eficaz para la evaluación de personas con Alzheimer, pues como se ve en la Fig. 68 de la gráfica de dispersión hay concordancia entre las respuestas de los usuarios y se encuentran todas dentro de un promedio aceptable.

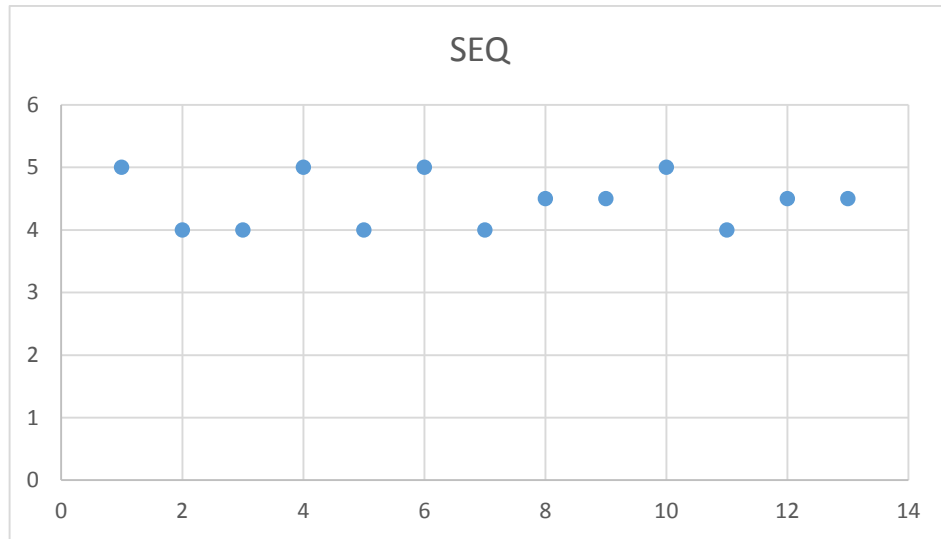


Figura 68. Gráfica del test de Usabilidad.

Elaborado por: Investigador.

De acuerdo a los parámetros establecidos por este test, se dice que un sistema es eficiente si está en el rango de 40-65, y según la tabla 10 se comprobó que el resultado de 58 indica que el sistema es aceptable para ser usado con personas con EA.

4.12.5. Resultados de terapia virtual para Alzheimer

Tanto el paciente A como el paciente B tienen demencia tipo Alzheimer en su fase inicial, un estado emocional estable y la atención, conciencia y orientación se encuentran dentro de los parámetros aceptables. Las áreas afectadas por la EA son memoria, lenguaje y percepción, por lo que la selección de los juegos para la terapia multisensorial de los dos pacientes fueron los mismos.

La terapia virtual tuvo una duración de 3 semanas con un total de 6 sesiones. Se realizó 2 sesiones por semana los días martes y jueves, cada sesión tuvo una duración aproximadamente de 30 minutos. Para el análisis de los resultados de las siguientes figuras se debe tener en cuenta que la sesión 1 es igual a la sesión 4, la sesión 2 es igual a la sesión 5 y la sesión 3 es igual a la sesión 6.

Los resultados del paciente A se detallan en las siguientes figuras

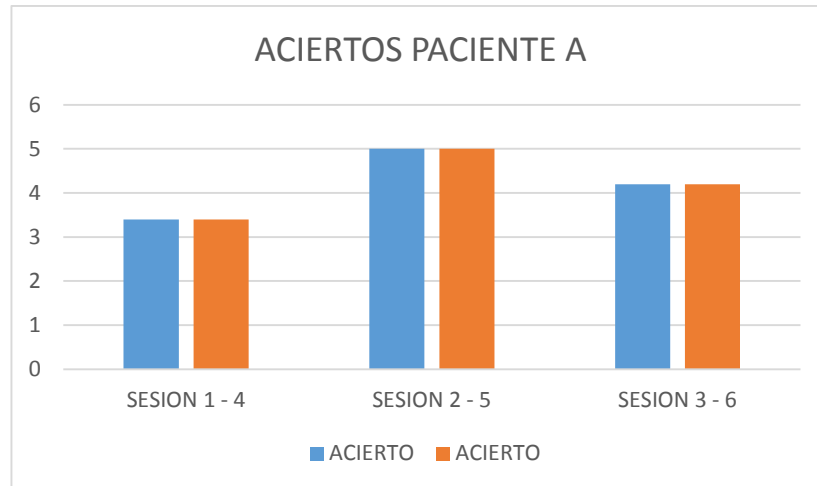


Figura 69. Gráfica de aciertos paciente A

Elaborado por: Investigador.

En la Fig. 69 se observan que los aciertos no cambian en las sesiones iguales es decir es la misma cantidad de aciertos para la sesión 1 como para la 4, la sesión 2 con la sesión 5 y la sesión 3 con la sesión 6.

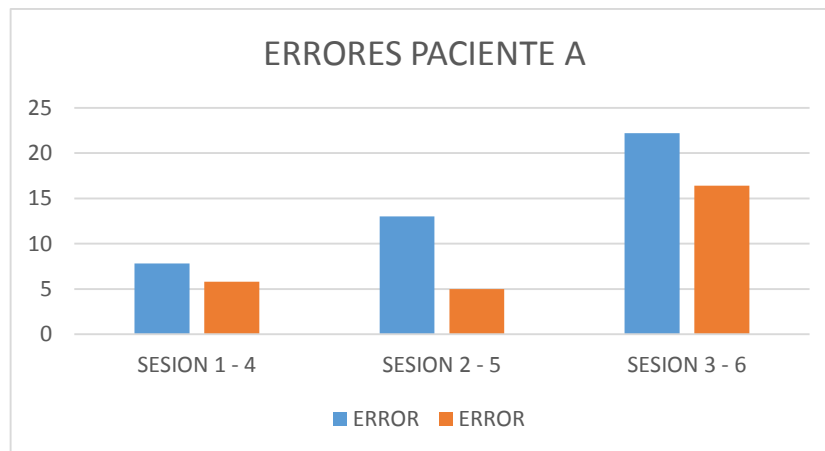


Figura 70. Gráfica de errores paciente A

Elaborado por: Investigador.

En los errores del paciente A detallados en la Fig. 70 se nota una clara disminución en los errores cometidos la segunda vez que se realizó las sesiones. Si comparamos la sesión 1 y 4 que tienen los mismos juegos vemos que el número de errores disminuyo en uno y si observamos los valores de la sesión 3 con la sesión 6 observamos una notable disminución en los errores de 22 a 16.

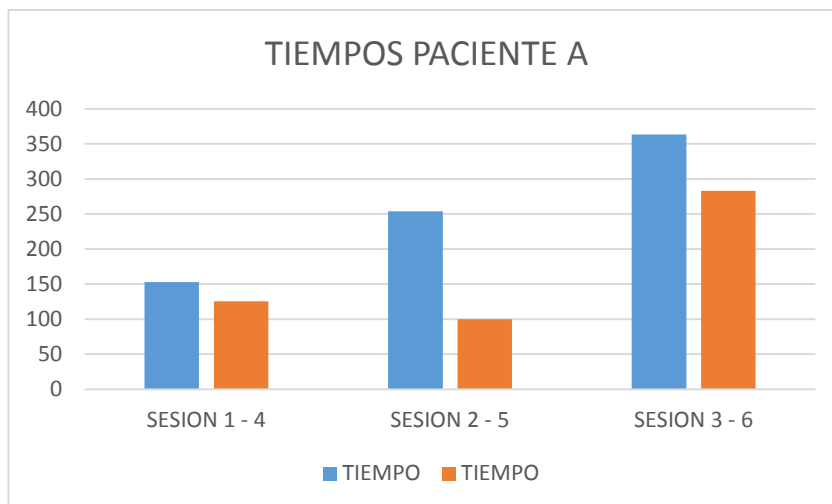


Figura 71. Gráfica de tiempos paciente A

Elaborado por: Investigador.

En la Fig. 71 se observa que el tiempo disminuye en los juegos realizados por segunda vez en un porcentaje bastante notorio entre cada sesión igual.

Como se observa en las figuras anteriores de aciertos, errores y tiempos del paciente A los valores obtenidos la segunda vez que se aplicó la terapia, se muestra que los valores de aciertos no cambian, pero si existe una disminución en los errores y tiempo que tarda el paciente en realizar los juegos.

En las siguientes figuras se detalla los resultados del paciente B.

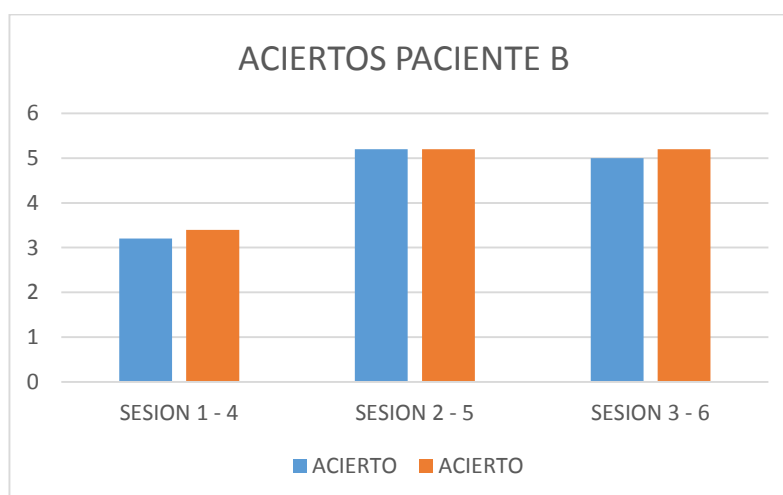


Figura 72. Gráfica de aciertos paciente B

Elaborado por: Investigador.

En la Fig. 72 se observa que, en el caso del paciente B existe una variación en los aciertos es decir que el paciente B tuvo una mejora en el número de acierto obtenidos durante la segunda vez que realizó los juegos.

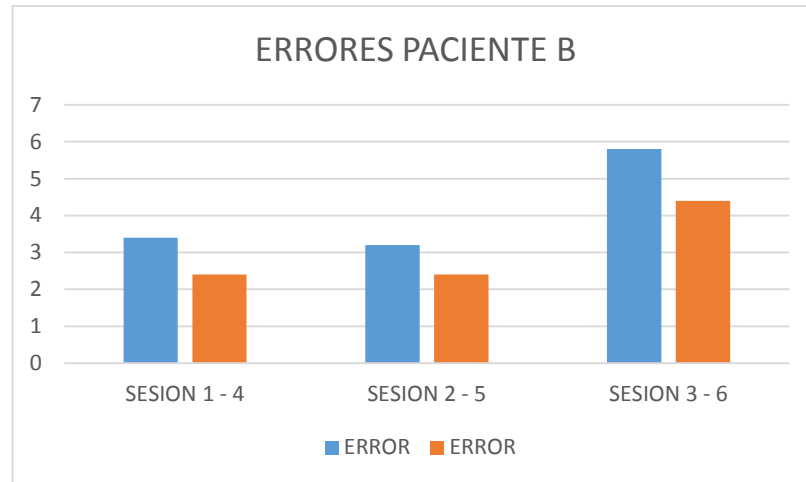


Figura 73. Gráfica de errores paciente B

Elaborado por: Investigador.

Para los errores obtenidos por el paciente B como se muestra en la Fig. 73 existe una disminución notoria entre las sesiones realizadas por primera vez con las sesiones realizadas por segunda vez. Por ejemplo, en la sesión 3 el paciente B tuvo un promedio de 6 errores y en la sesión 6, que es la misma obtuvo 4 errores.

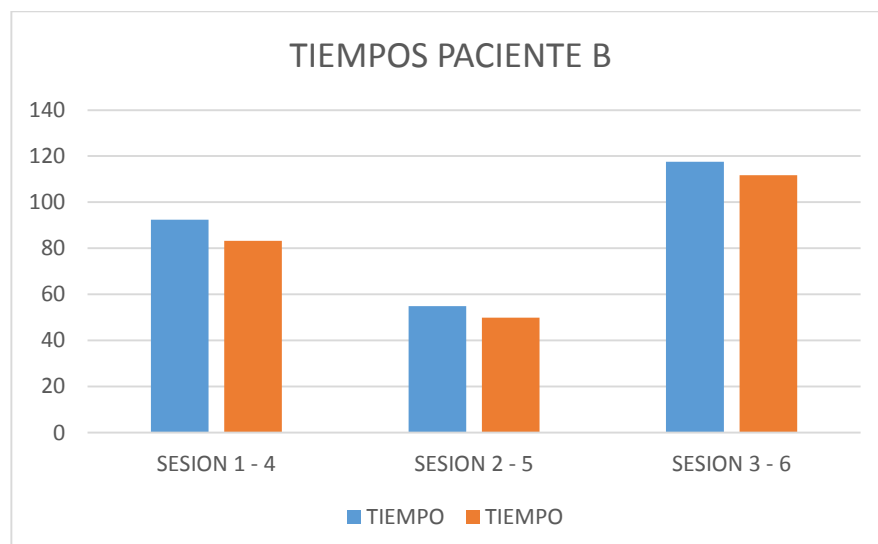


Figura 74. Gráfica de tiempos paciente B

Elaborado por: Investigador.

En la Fig. 74 se observa que tiene una disminución en el tiempo de ejecución de los juegos realizados por segunda vez.

Como se observa en las figuras del paciente B de aciertos, errores y tiempos los valores obtenidos la segunda vez que se aplicó la terapia, se muestra un aumento en los aciertos obtenidos, así como una disminución en los errores y tiempo que tarda el paciente en realizar los juegos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de haber aplicado el STVEA en los dos pacientes con demencia tipo Alzheimer en fase inicial detallados en las siguientes gráficas.

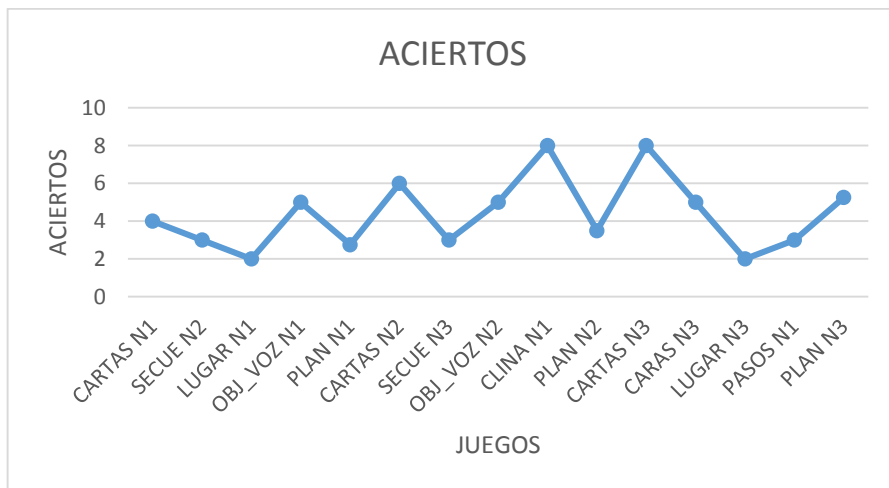


Figura 75. Gráfica de resultados del promedio de aciertos en juegos a personas con EA.

Elaborado por: Investigador.

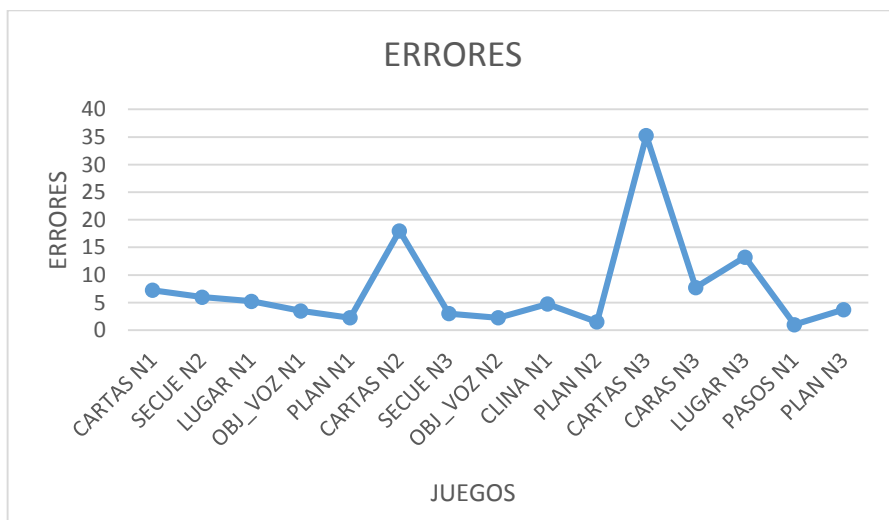


Figura 76. Gráfica de resultados del promedio de errores en juegos a personas con EA.

Elaborado por: Investigador.

Según las gráficas de la Fig. 75 y Fig. 76 se muestra que las posibilidades de acierto más alta se dan en las aplicaciones donde el paciente debe seleccionar varios objetos y no solo uno, siendo una de las aplicaciones más complejas la de selección de pares de cartas y objetos que perteneces a un lugar. Los valores de errores más elevados se dieron en las aplicaciones de emparejamientos de cartas y lugares, ya que en los pacientes una de las áreas más afectadas son la memoria y percepción. Relacionando tanto las gráficas de aciertos y errores se puede decir que las aplicaciones de secuencias y audios son las más intuitivas y fáciles de resolver de la terapia.

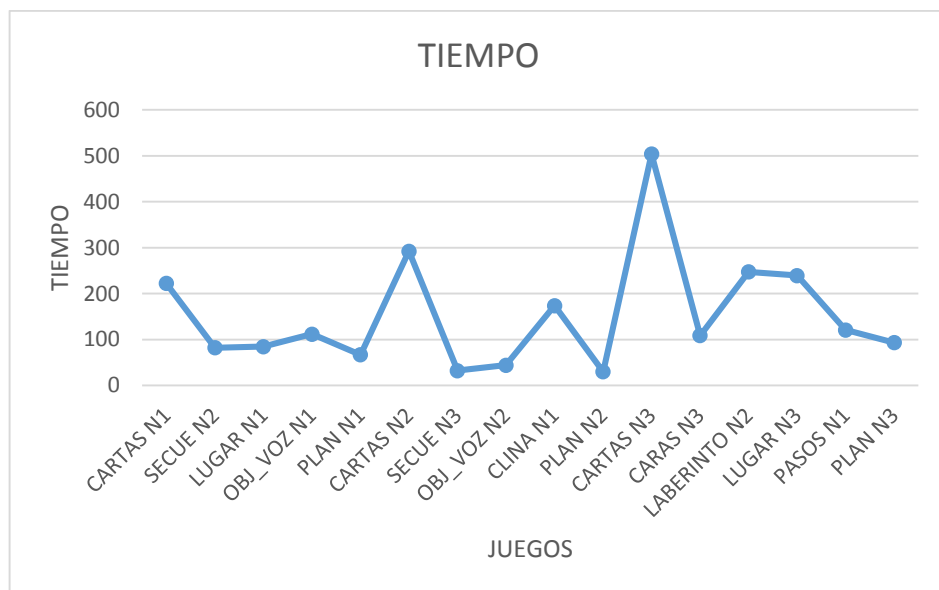


Figura 77. Gráfica de resultados del promedio del tiempo en juegos a personas con EA.

Elaborado por: Investigador.

En la Fig. 77 se observa que las aplicaciones donde los pacientes tardan más tiempo en realizarlas son los juegos de emparejamiento y laberinto, donde influye mucho la concentración que el paciente debe tener para poder realizar dichos juegos.

Como se observa en las gráficas de aciertos, errores y tiempo de los dos pacientes se demuestra que en las primeras sesiones los dos pacientes tienen más errores y el tiempo de duración al realizar los juegos es más alto. Mientras que en las 3 últimas sesiones los errores disminuyeron y el tiempo de culminación de los juegos se reduce. En base a los resultados obtenidos se analizó el efecto que causa en los pacientes el realizar por primera vez la aplicación que realizarla por segunda vez, obteniendo un mejor manejo del sistema de terapia, recordar cómo realizar los juegos ayudando al paciente a utilizar su memoria a largo plazo.

Resultados entre los estudios de personas sin EA y con EA

En las siguientes tablas se muestra la comparación realizada entre las variables medidas tanto en pacientes con y pacientes sin la enfermedad de Alzheimer

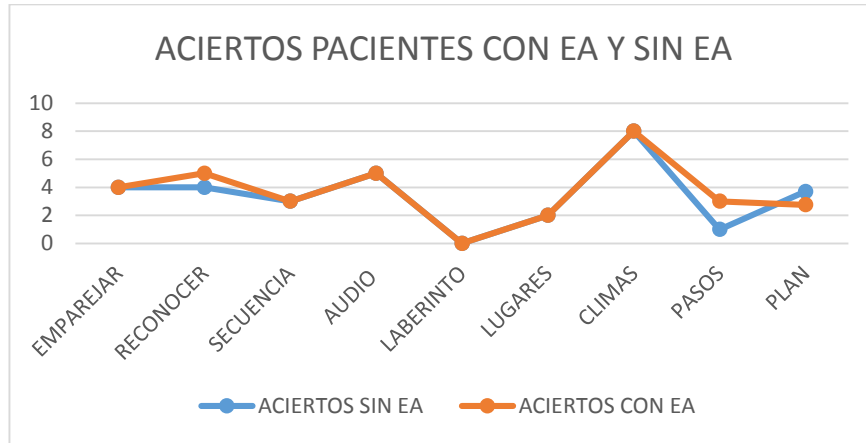


Figura 78. Gráfica de aciertos para pacientes con EA y sin EA.

Elaborado por: Investigador

Como se observa en la Fig. 78 existe una diferencia en los aciertos obtenidos en juego de reconocimiento, juego de pasos y juego de plan ya que estos no tienen aciertos fijos como los demás juegos.

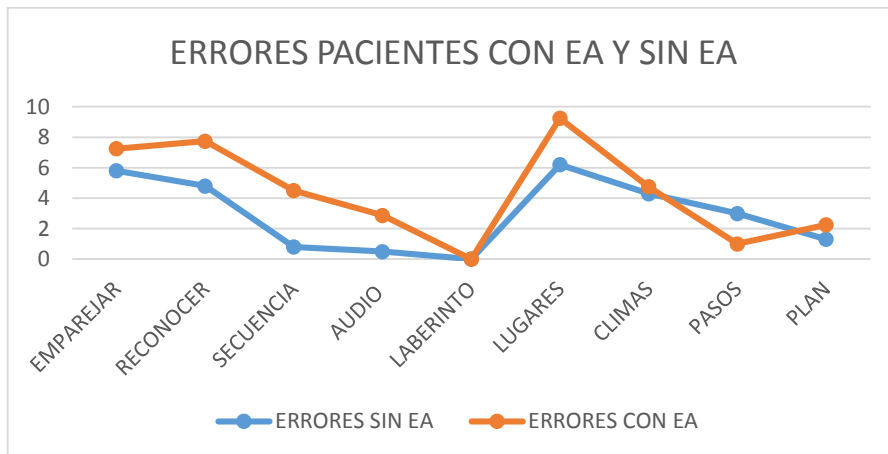


Figura 79. Gráfica de errores para pacientes con EA y sin EA.

Elaborado por: Investigador

En la gráfica de la Fig. 79 se observa una gran diferencia entre el número de errores de pacientes sin EA con los pacientes con EA. De los cuales los juegos con más diferencia son los juegos de secuencia, reconocimiento y lugares.

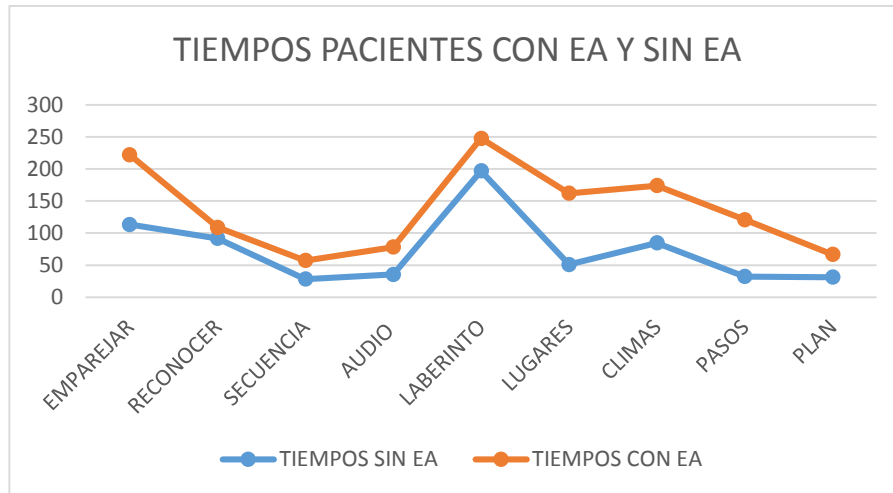


Figura 80. Gráfica de tiempos para pacientes con EA y sin EA.

Elaborado por: Investigador

En la Fig. 80 se observan los tiempos que tardan en realizar una aplicación o juego los pacientes con EA y sin EA. Donde los juegos de emparejamiento, lugares, climas y pasos son los juegos donde los pacientes tardan mucho más tiempo para finalizarlas.

En las figuras anteriores se observan los valores de los aciertos, errores y tiempos de los usuarios sin diagnóstico de demencia y los pacientes con EA respectivamente. Se demuestra que existe una variación alta en comparación al número de errores y el tiempo que tardan en realizar las aplicaciones como se muestran en las figuras 79 y 80. Además, se observa que los pacientes tanto con y sin EA desarrollan de mejor manera las aplicaciones de reconocimiento de objetos con voz.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las características de los pacientes con EA son diferentes para cada uno, puede presentar síntomas en edades tempranas, pero la mayor parte del tiempo aparecen desde los 65 años, los síntomas aparecen en desorden, es decir no existe un orden establecido para decir que una persona padece o no demencia tipo Alzheimer, esto solo puede ser evaluado por un especialista a través de varios exámenes para descartar otros tipos de demencia y confirmar si es Alzheimer. Para el STVEA se evaluó algunos de las principales áreas que pierde un paciente con EA a lo largo de su enfermedad como son la memoria, el lenguaje, percepción y funciones ejecutivas.

Se comprobó que la utilización de la terapia multisensorial con gafas de realidad virtual, para pacientes con EA ayuda a mejorar la concentración de una persona al realizar la terapia de juegos ya que al estar inmersos evita distracciones innecesarias del entorno, brindando al paciente más tranquilidad al momento de elegir que hacer dentro de cada aplicación.

Para evaluar como la terapia multisensorial mejora la concentración de un paciente al momento de realizar un juego, se determinó comparando los tiempos que tardaban en realizar el mismo juego tanto de forma física como de forma virtual, siendo el tiempo uno de los principales factores para medir como el paciente se concentraba en un juego, ya que el paciente tarda mucho más tiempo en realizar el juego de forma física que de forma virtual. En la forma física el paciente se encuentra rodeado de varias distracciones como por ejemplo los demás pacientes que conviven en el mismo centro de reposo, sonidos externos e incluso la misma infraestructura del lugar, mientras que en la forma virtual el paciente se encuentra sumergido en la tarea que está realizando sin distracción alguna lo que le permite concentrarse en una sola tarea, esta afirmación

se la realiza en comparaciones al tiempo que tarda el mismo paciente en realizar el mismo juego de forma virtual y física.

La terapia multisensorial para pacientes con EA en comparación con la musicoterapia, ambas terapias alternativas al tratamiento de EA. Se comprueba que el paciente experimenta un mejor estado de relajación en el STVEA que en la musicoterapia ya que al involucrar más de un sentido la hace mucho más inmersiva que la terapia con música tradicional, dejando al paciente con una sensación de tranquilidad por más tiempo, además que experimenta emociones de paz, alegría o incluso recuerdos, pasándolo de un estado de encierro a uno más relajado.

El STVEA permite establecer ciertas características de cada paciente con EA, ya que al contar con una variedad de aplicaciones que evalúan diferentes áreas del cerebro, permite establecer que facultades tiene mayor deficiencia y elaborar una aplicación orientada a dichas áreas de trabajo en las cuales el paciente necesita ayuda; como se muestra en las tablas y gráficas de las pruebas y resultados de los pacientes con la Enfermedad de Alzheimer, los dos reaccionaron de mejor manera a los juegos en los cuales deben reconocer objetos haciendo uso de su memoria a largo plazo, mientras que en las aplicaciones donde tienen que hacer uso de su memoria a corto plazo les resulta difícil realizarlas.

En el diseño del STVEA se comprobó que las interfaces virtuales que poseen en una sola escena contenidos pesados como objetos 3D, videos e imágenes 360 operan con menor fluidez que aquellas que tienen objetos 2D y audios.

Este tipo de sistema multisensorial tiende a abaratar costos en relación a otros existentes, en los cuales se implementa toda una habitación multisensorial y se colocan gran cantidad de pantallas costosas alrededor de un cuarto. Además, este sistema ofrece una mejor experiencia de usuario y resulta ser flexible, amigable y portable. La eficiencia de la terapia virtual mejoró en el momento de implementar aplicaciones personalizadas, según las deficiencias notables de cada paciente. Esto reitera que el STVEA es un sistema muy flexible para el tratamiento y evaluación de diferentes deficiencias cognitivas.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar el STVEA de forma regular junto a la terapia farmacológica, ya que no se puede remplazar el uso de medicamentos con el uso de una terapia alternativa, pero se ha demostrado que el uso de estas terapias ayuda en el mejoramiento de las habilidades cognitivas de los pacientes.

Es recomendable no sobrecargar una sola escena de juegos con demasiado contenido pesado, se debe distribuir todo su contenido en varias escenas para mejorar el rendimiento de la aplicación.

Se recomienda en lo posible utilizar el sistema con personas que se encuentren dentro de los criterios de inclusión, de este modo se asegura tener información clara sobre el tratamiento del paciente que utilice este sistema.

Para trabajos futuros los especialistas a cargo del centro del reposo, luego de observar los resultados del sistema y sus características, han sugerido que las aplicaciones y los entornos de relajación, sean utilizados en el tratamiento de personas con otras afectaciones como la demencia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alzheimer's Association Spanish Portal. ¿Qué es la Enfermedad de Alzheimer? 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.alz.org/espanol/about/que_es_la_enfermedad_de_alzheimer.asp.
- [2] Alzheimer's Australia | Alzheimer's disease, Fightdementia.org.au. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.fightdementia.org.au/about-dementia/types-of-dementia/alzheimers-disease>.
- [3] Organización Mundial de la Salud. Demencia. 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs362/es/>.
- [4] T. Morales, "Alzheimer: 7 terapias para mejorar la calidad de vida", Muy Saludable. 2016. [En línea]. Disponible en: <http://muysaludable.sanitas.es/salud/envejecimiento/alzheimer-7-terapias-mejorar-la-calidad-vida/>.
- [5] Ministerio de Inclusión Económica y Social. Agenda de igualdad para Adultos mayores. 2013. [En línea]. Disponible en: http://fiapam.org/wp-content/uploads/2013/06/Agendas_ADULTOS1.pdf.
- [6] Salud, Bienestar y envejecimiento 2009. Ecuadorencifras.gob.ec, 2009. [En línea]. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/estadisticas_adulto_mayor.pdf.
- [7] Fundación TASE - Ayuda a personas con Alzheimer. "Fundación TASE - Ayuda a personas con Alzheimer". 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.fundaciontase.org/centro-del-dia>.
- [8] Organización Panamericana de la Salud PAHO. Indicadores Básicos de Salud Ecuador 2010. 2011. [En línea]. Disponible en: http://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=sala-de-situacion-ecu&alias=325-indicadores-basicos-ecuador-2010&Itemid=599.
- [9] Cuidadores y Alzheimer. "El Alzheimer en cifras. Informes y estadísticas - Cuidadores y Alzheimer". 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ortoweb.com/podcast/19-el-alzheimer-en-cifras-informes-y-estadisticas/>.

- [10] M. Walter, B. Hänni, M. Haug, I. Amrhein, E. Krebs-Roubicek, F. Müller-Spahn and E. Savaskan, "Humour therapy in patients with late-life depression or Alzheimer's disease: a pilot study". 2006. [En línea]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gps.1658/full>.
- [11] R. García-Betances, M. Arredondo Waldmeyer, G. Fico and M. Cabrera-Umpiérrez, "A Succinct Overview of Virtual Reality Technology Use in Alzheimer's Disease". 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4428215/>
- [12] P. Allain, D. Foloppe, J. Besnard and P. Richard. "Detecting Everyday Action Deficits in Alzheimer's Disease Using a Nonimmersive Virtual Reality Kitchen". 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280990585_Detecting_Everyday_Action_Deficits_in_Alzheimer_'s_Disease_Using_a_Nonimmersive_Virtual_Reality_Kitchen
- [13] P. White and Z. Moussavi, "Neurocognitive Treatment for a Patient with Alzheimer's Disease Using a Virtual Reality Navigational Environment", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5102253/>.
- [14] S. Kober, G. Wood, D. Hofer, W. Kreuzig, M. Kiefer and C. Neuper, "Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation", 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3583670/>.
- [15] Alzheimer-europe.org. "Alzheimer Europe - Dementia - Alzheimer's disease". 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.alzheimer-europe.org/Dementia/Alzheimer-s-disease>.
- [16] Alzheimer's Association Spanish Portal "Tratamientos". 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.alz.org/espanol/treatment/tratamientos.asp>.
- [17] Alzheimer's Association Spanish Portal. "Las 10 Señales | Alzheimer's Association Spanish Portal", Las 10 Señales. 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.alz.org/espanol/signs_and_symptoms/las_10_senales.asp.

- [18] Valls-Pedret C, Molinuevo JL, Rami L. "Diagnóstico precoz de la enfermedad de Alzheimer: fase prodrómica y preclínica". 2010. [En línea]. Disponible en: <https://cdn-61ba.kxcdn.com/wp-content/uploads/2012/11/diagnostico-temprano-alzheimer.pdf>
- [19] T. Morales, "Alzheimer: 7 terapias para mejorar la calidad de vida", Muy Saludable. 2016. [En línea]. Disponible en: <http://muysaludable.sanitas.es/salud/envejecimiento/alzheimer-7-terapias-mejorar-la-calidad-vida/>.
- [20] Cvirtual.org. "Estimulación multisensorial y Alzheimer: SnoezelenCentro Virtual sobre el Envejecimiento", 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.cvirtual.org/blog-post/estimulacion-multisensorial-y-alzheimer-snoezelen>.
- [21] Eneso, "Las salas multisensoriales en la mejora del Alzheimer - Eneso", 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.eneso.es/blog/las-salas-multisensoriales-en-la-mejora-del-alzheimer/>.
- [22]"Aplicación práctica de los test cognitivos breves Practical application of brief cognitive tests", ScienceDirect, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021348531500184X>.
- [23] "Validez discriminativa y asociación del test minimental y el test de alteración de memoria con una batería neuropsicológica en pacientes con DCL y EA", Scribd, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/136536697/Validez-discriminativa-y-asociacion-del-test-minimental-y-el-test-de-alteracion-de-memoria-con-una-bateria-neuropsicologica-en-pacientes-con-DCL-y-EA>.
- [24]J. Gil, S. Albiol, P. Manzano and J. Lozano, "SEQ: Suitability Evaluation Questionnaire for Virtual Rehabilitation Systems. Application in a Virtual Rehabilitation System for Balance Rehabilitation.", Rehab-workshop.org, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://rehab-workshop.org/2013/papers/136696629493160.pdf>.
- [25] Introducción a la Realidad virtual. 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.lsi.upc.edu/~pere/SGI/guions/ArquitecturaRV.pdf>.

- [26] Teseo.es. "Aplicaciones y usos de la Realidad Virtual | Teseo Noticias". 2015. [En línea]. Disponible en: <http://teseo.es/noticias/aplicaciones-y-usos-de-la-realidad-virtual/>.
- [27] Daniel A. Martínez, "Inmersión, Interfaz y Objetos Liminares", CIC. Cuadernos de Información y Comunicación, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/CIYC/article/viewFile/55971/50704>.
- [28] L. Jluishs, "Factores que intervienen en la inmersión sensorial", Realidad Virtual, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://revirtblog.wordpress.com/2016/05/07/factores-que-intervienen-en-la-inmersion-sensorial/>.
- [29]"How Do Virtual Reality Glasses Work? - Virtual Reality Society", Virtual Reality Society, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/glasses/how-do-they-work.html>.
- [30] F. Palazuelos, "Qué son los motores gráficos y cuáles son los más populares", Blogthinkbig.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/motores-graficos>.
- [31]"Top Game Engines In 2018", Blog.instabug.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://blog.instabug.com/2017/12/game-engines/>.
- [32]"3D Modeling Software for 3D Printing", Sculpteo.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.sculpteo.com/en/glossary/3d-modeling-software-definition/>.
- [33]C. Staff, "The best 3D modelling software 2018", Creative Bloq, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.creativebloq.com/features/best-3d-modelling-software>.
- [34]V. Code, "Documentation for Visual Studio Code", Code.visualstudio.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://code.visualstudio.com/docs>.
- [35]"Dispositivos móviles", Isa.uniovi.es, 2018. [En línea]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf.

[36] Á. Jurado Luque, M. Mataró Serra and R. Pueyo Benito, *Neuropsicología de las enfermedades neurodegenerativas*. España: EDITORIAL SÍNTESIS, S. A., 2013, pp. 55 - 62.

[37] A. Rodríguez Penin, *Sistemas SCADA*, 2nd ed. México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. 2007, pp. 77-100.

ANEXOS

ANEXO A

TEST T@M

T@M (Test de Alteración de Memoria)

Rami L, Molinuevo JL, Bosch B, Sanchez-Valle R, Villar A (*Int J Geriatr Psychiatry, 2007;22:294-7*)
Unidad Memoria-Alzheimer. Hospital Clinic i Universitari de Barcelona

MEMORIA INMEDIATA "Intente memorizar estas palabras. Es importante que este atento/a"

Repita: **cereza (R) hacha (R) elefante (R) piano (R) verde (R)**

- | | | |
|---|-------|-------------------|
| 1. Le he dicho una fruta, ¿cuál era? | 0 - 1 | (Si 0, repetirla) |
| 2. Le he dicho una herramienta, ¿cuál era? | 0 - 1 | " |
| 3. Le he dicho un animal, ¿cuál? | 0 - 1 | " |
| 4. Le he dicho un instrumento musical, ¿cuál? | 0 - 1 | " |
| 5. Le he dicho un color, ¿cual? | 0 - 1 | " |

"Después le pediré que recuerde estas palabras"

"Este atento/a a estas frases e intente memorizarlas" (máximo 2 intentos de repetición):

Repita: **TREINTA GATOS GRISES SE COMIERON TODOS LOS QUESOS (R)**

6. ¿Cuántos gatos había? **0 - 1**; 7. ¿De qué color eran? **0 - 1**; 8. ¿Qué se comieron? **0 - 1**

(Si 0 decirle la respuesta correcta)

Repita: **UN NIÑO LLAMADO LUIS JUGABA CON SU BICICLETA (R)** (máximo 2 intentos):

9. ¿Cómo se llamaba el niño? **0 - 1**; 10. ¿Con qué jugaba? **0 - 1**

(Si 0 decirle la respuesta correcta)

MEMORIA DE ORIENTACIÓN TEMPORAL

11. Día semana **0 - 1**; 12. Mes **0 - 1**; 13. Día de mes **0 - 1**; 14. Año **0 - 1**; 15. Estación **0 - 1**

MEMORIA REMOTA SEMÁNTICA (2 intentos; si error: repetir de nuevo la pregunta)

- | | |
|--|-------|
| 16. ¿Cuál es su fecha de nacimiento? | 0 - 1 |
| 17. ¿Cómo se llama el profesional que arregla coches? | 0 - 1 |
| 18. ¿Cómo se llamaba el anterior presidente del gobierno? | 0 - 1 |
| 19. ¿Cuál es el último día del año? | 0 - 1 |
| 20. ¿Cuántos días tiene un año que no sea bisiesto? | 0 - 1 |
| 21. ¿Cuántos gramos hay en un cuarto de kilo? | 0 - 1 |
| 22. ¿Cuál es el octavo mes del año? | 0 - 1 |
| 23. ¿Qué día se celebra la Navidad? | 0 - 1 |
| 24. Si el reloj marca las 11 en punto, ¿en qué número se sitúa la aguja larga? | 0 - 1 |
| 25. ¿Qué estación del año empieza en septiembre después del verano? | 0 - 1 |
| 26. ¿Qué animal bíblico engañó a Eva con una manzana? | 0 - 1 |
| 27. ¿De qué fruta se obtiene el mosto? | 0 - 1 |
| 28. ¿A partir de qué fruto se obtiene el chocolate? | 0 - 1 |
| 29. ¿Cuánto es el triple de 1? | 0 - 1 |
| 30. ¿Cuántas horas hay en dos días? | 0 - 1 |

MEMORIA DE EVOCACIÓN LIBRE

31. De las palabras que dije al principio, ¿cuales podría recordar? **0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5**

(esperar la respuesta mínimo 20 segundos)

32. ¿Se acuerda de la frase de los gatos? **0 - 1 - 2 - 3** (un punto por idea: 30 -grises -quesos)

33. ¿Se acuerda de la frase del niño? **0 - 1 - 2** (un punto por idea: Luis -bicicleta)

MEMORIA DE EVOCACIÓN CON PISTAS

- | | | | |
|--|-------|---------------------------------------|-------|
| 34. Le dije una fruta, ¿cuál era? | 0 - 1 | ¿Se acuerda de la frase de los gatos? | |
| 35. Le dije una herramienta, ¿cuál? | 0 - 1 | 39. ¿Cuántos gatos había? | 0 - 1 |
| 36. Le dije un animal ¿cuál era? | 0 - 1 | 40. ¿De qué color eran? | 0 - 1 |
| 37. Un instrumento musical, ¿cuál? | 0 - 1 | 41. ¿Qué comían? | 0 - 1 |
| 38. Le dije un color, ¿cuál? | 0 - 1 | ¿Se acuerda de la frase del niño? | |
| (Puntuar 1 en las ideas evocadas de forma libre) | | 42. ¿Cómo se llamaba? | 0 - 1 |
| | | 43. ¿Con qué estaba jugando? | 0 - 1 |

ANEXO B

Test de usabilidad para evaluación de sistemas de realidad virtual.

TABULACIÓN SEC

PREGUNTA	PUNTUACIÓN
Q1. ¿Cuánto disfrutó de su experiencia con el sistema?	
Q2. ¿Cuánto sintió estar en el entorno del sistema?	
Q3. ¿Qué tan exitoso fue el sistema?	
Q4. ¿En qué medida era usted capaz de controlar el sistema?	
Q5. ¿Qué tan real es el entorno virtual del sistema?	
Q6. Es la información proporcionada por el sistema clara?	
Q7. ¿Sintió molestias durante su experiencia con el sistema?	
Q8. ¿Usted siente mareos o náuseas durante su práctica con el sistema?	
Q9. ¿Experimentó una molestia ocular durante su práctica con el sistema?	
Q10. ¿Se sintió confundido o desorientado durante su experiencia con el sistema?	
Q11. ¿Cree que este sistema será útil para su rehabilitación?	
Q12. ¿Le ha resultado difícil la tarea?	
P13. ¿Encontró los dispositivos del sistema difíciles de usar?	
Punctuation global (total)	

ANEXO C

SCRIPTS DE JUEGOS DE JUEGOS

JUEGO DE CARTAS

```
public class volteo2 : MonoBehaviour
{
    public Animation Up1, Up2, Up3, Down1, Down2, Down3;
    public GameObject felicitaciones, pr1, pr2, pc1;
    public int volteo1, voltear2, count = 0, cr, cp, cc, ce, b=0;
    public int sr1 = 0, sr2 = 0, sc1 = 0;
    public int aux = 0, fr1 = 0, fr2 = 0, fe1 = 0;
    public int c_errores = 0, c_aciertos = 0;
    public float tr1, tr2, tc1;
    public AudioSource vuelta, acierto, final, final2, mal;
    public string tc, ec, ac;

    void Start()
    {
        ec = "ecartas"+PlayerPrefs.GetString("nu");
        ac = "acartas" + PlayerPrefs.GetString("nu");
        tc = "tcartas" + PlayerPrefs.GetString("nu");

        pr1.SetActive(false);
        pr2.SetActive(false);
        pc1.SetActive(false);
        volteo1 = 0;
        voltear2 = 0;
        felicitaciones.SetActive(false);
        tr1 = 2.0f;
        tr2 = 2.0f;
        tc1 = 2.0f;
        cp = 0;
        cr = 0;
        ce = 0;
        cc = 0;
        contr1 = 0;
        contr2 = 0;
        contp1 = 0;
    }
    void Update()
    {
        aux = contr1 + contr2 + contp1;
        count = ce + cc + cp + cr;
        t += Time.deltaTime;
        if (fc1== 1 && !Down1.isPlaying && !Down2.isPlaying && !Down5.isPlaying)
        {
            tc1 -= Time.deltaTime;
        }
        if (fr1 == 1 && !Down1.isPlaying && !Down2.isPlaying && !Down5.isPlaying)
        {
            tr1 -= Time.deltaTime;
        }
        if (fc2 == 1 && !Down1.isPlaying && !Down2.isPlaying && !Down5.isPlaying)
        {
            tc2 -= Time.deltaTime;
        }
    }
}
```

```

if (tc1 <= 0 && sc1 == 0)
{
    Up1.Play();
    vuelta.Play();
    contc1 = 1;
    sc1 = 1;
    if (volteo1 == 1)
    {
        voltear2 = 1;
    }
    volteo1 = 1;
}
if (tr1 <= 0 && sr1 == 0)
{
    Up2.Play();
    vuelta.Play();
    contr1 = 1;
    sr1 = 1;
    if (volteo1 == 1)
    {
        voltear2 = 1;
    }
    volteo1 = 1;
}
if (tr2 <= 0 && sr2 == 0)
{
    Up8.Play();
    vuelta.Play();
    contr2 = 1;
    sr2 = 1;
    if (volteo1 == 1)
    {
        voltear2 = 1;
    }
    volteo1 = 1;
}
if (volteo1 == 1 && voltear2 == 1 && aux == 2 && !Up1.isPlaying && !Up2.isPlaying)
{
    if (contr1 == 1 && contr2 == 0)
    {
        carta2Down();
        volteo1 = 0;
        voltear2 = 0;
        sr1 = 0;
        contr1 = 0;
        mal.Play();
        c_errores++;
    }
    if (contr1 == 0 && contr2 == 1)
    {
        carta8Down();
        volteo1 = 0;
        voltear2 = 0;
        sr2 = 0;
        contr2 = 0;
        mal.Play();
        c_errores++;
    }
    if (contr1 == 1 && contr2 == 1)

```

```

        {
            volteo1 = 0;
            voltear2 = 0;
            cr = 1;
            contr1 = 0;
            contr2 = 0;
            acierto.Play();
            pr1.SetActive(true);
            pr2.SetActive(true);
            c_aciertos++;
        }
        aux = 0;
    }
    if (count == 4)
    {
        count = 0;
        cc = 0;
        b = 1;
    }
    if (b == 1)
    {
        if (f == 0 && c_errores != 0)
        {
            c_errores = c_errores / 2;
            f = 1;
        }
        PlayerPrefs.SetString(tc, t.ToString("f0"));
        PlayerPrefs.SetString(ec, c_errores.ToString());
        PlayerPrefs.SetString(ac, c_aciertos.ToString());
        Application.LoadLevel("caras1");
    }
}
public void carta1Up()
{
    tc1 = 2.0f;
    if (sc1 == 0)
    {
        fc1 = 1;
    }
}
public void carta2Up()
{
    tr1 = 2.0f;
    if (sr1 == 0)
    {
        fr1 = 1;
    }
}
public void carta3Up()
{
    te1 = 2.0f;
    if (se1 == 0)
    {
        fe1 = 1;
    }
}
public void carta1Down()
{
    Down1.Play("FlipDown");
}

```

```

    }
    public void carta2Down()
    {
        Down2.Play("FlipDown");
    }
    public void carta3Down()
    {
        Down3.Play("FlipDown");
    }
}

```

JUEGO DE VOZ

```

public class voz : MonoBehaviour
{
    public AudioSource subj1,subj2;
    public float t1, tiempo, t2, t3, t4,tiempo2,tiempo3,tiempo4,tiempo5;
    public float t5, t6, t7 ,t=0.0f;
    public GameObject visto, mal,objs1,objs2,objs3,objs4,objs5;
    public GameObject bie1, bien2, mal1, mal2;
    public int f, fv, bien, bien1, a = 0, cont = 0, fin2 = 0, next=0,s=0;
    public TextMesh instruccion;
    public int c_errores = 0, c_aciertos = 0;
    public string tc, ec, ac;
    public Material inicio, goodm, badm;
    public AudioSource sgood, sbad;

    void Start()
    {
        ec = "evoz1" + PlayerPrefs.GetString("nu");
        ac = "avoz1" + PlayerPrefs.GetString("nu");
        tc = "tvoz1" + PlayerPrefs.GetString("nu");
        t1 = 2.0f;
        t2 = 2.0f;
        bie1.GetComponent<MeshRenderer>().material = inicio;
        bien2.GetComponent<MeshRenderer>().material = inicio;
        mal1.GetComponent<MeshRenderer>().material = inicio;
        mal2.GetComponent<MeshRenderer>().material = inicio;
        tiempo = 2.0f;
        tiempo2 = 2.0f;
        f = 0;
        fv = 0;
        instruccion.text = "ESCUCHAR";
        objs1.SetActive(false);
        objs2.SetActive(false);
        bien = 0;
        bien1 = 0;
    }
    void Update()
    {
        tiempo -= Time.deltaTime;
        t += Time.deltaTime;
        if (fv == 1)
        {
            t1 -= Time.deltaTime;
        }
        if (fv == 2)
        {
            t2 -= Time.deltaTime;
        }
    }
}

```

```

}
if (t1 < 0)
{
    bien1 = 1;
}
if (t2 < 0)
{
    bien1 = 2;
}
if (tiempo < 0)
{
    f = 1;
}

if (f == 1 && a == 0)
{
    subj1.Play();
    bien = 1;
    a = 1;
}
if (a == 1 && !subj1.isPlaying)
{
    objs1.SetActive(true);
    instruccion.text = "ESCOJA";
    //empezar1.Play();
    a = 2;
    bien = 1;
}
if (f == 1 && a == 2 && next == 1)
{
    tiempo2 -= Time.deltaTime;
    if (tiempo2 < 0)
    {
        objs1.SetActive(false);
        instruccion.text = "ESCUCHE";
        bien = 7;
        subj2.Play();
        a = 3;
        s = 0;
        fv = 0;
        bien1 = 0;
        t1 = 2.0f;
        t2 = 2.0f;
    }
}
if (tiempo < 0 && !subj1.isPlaying && !subj2.isPlaying)
{
    if (t1 < 0 || t2 < 0)
    {
        if (bien1 == bien)
        {
            if (bien1 == 1)
            {
                next = 1;
                bie1.GetComponent<MeshRenderer>().material = goodm;
                if (s == 0)
                {
                    sgood.Play();
                    s = 1;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        s = 0;
        fv = 0;
        bien1 = 0;
        t1 = 2.0f;
        t2 = 2.0f;
        f = 0;
        c_aciertos++;
    }
    if (bien1 == 2)
    {
        if (s == 0)
        {
            sbad.Play();
            s = 1;
        }
        mal1.GetComponent<MeshRenderer>().material = badm;

        s = 0;
        fv = 0;
        bien1 = 0;
        t1 = 2.0f;
        t2 = 2.0f;
        f = 0;
        c_errores++;
    }
}
if (fin2 == 1 && !sobj5.isPlaying)
{
    PlayerPrefs.SetString(tc, t.ToString("f0"));
    PlayerPrefs.SetString(ec, c_errores.ToString());
    PlayerPrefs.SetString(ac, c_aciertos.ToString());
    Application.LoadLevel("Figuras_1");
}
}
public void objeto1()
{
    if (f == 1 && !sobj1.isPlaying && !sobj2.isPlaying && !sobj3.isPlaying && !sobj4.isPlaying
    && !sobj5.isPlaying)
    {
        fv = 1;
    }
}
public void objeto2()
{
    if (f == 1 && !sobj1.isPlaying && !sobj2.isPlaying && !sobj3.isPlaying && !sobj4.isPlaying
    && !sobj5.isPlaying)
    {
        fv = 2;
    } } }

```

ANEXO D

SISTEMA DE INMERSIÓN

COMUNICACIÓN BLUETOOTH

MAESTRO

```
#include<SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX
int rLed = 12;
char myCol[20];
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  mySerial.begin(9600);
  pinMode(rLed, OUTPUT);
  digitalWrite(rLed, LOW);
}
void loop() {
  int lf = 10;
  Serial.readBytesUntil(lf, myCol, 1);
  if(strcmp(myCol,"0")==0){
    mySerial.write('0');
    digitalWrite(rLed, HIGH);
    /*digitalWrite(yLed, LOW);
    digitalWrite(gLed, LOW);
    digitalWrite(tLed, LOW);*/
  }
  if(strcmp(myCol,"1")==0){
    mySerial.write('1');
    digitalWrite(rLed, HIGH);
  }
  if(strcmp(myCol,"2")==0){
    mySerial.write('2');
    digitalWrite(rLed, HIGH);
  }
  if(strcmp(myCol,"3")==0){
    mySerial.write('3');
    digitalWrite(rLed, LOW);
  }
  if(strcmp(myCol,"4")==0){
    mySerial.write('4');
    digitalWrite(rLed, HIGH);
  }
  if(strcmp(myCol,"5")==0){
    mySerial.write('5');
    digitalWrite(rLed, LOW);
  }
}
```


ESCLAVO

```
char c;
int v1 = 5;
int cf = 11;
int control = 22;
int pwm1 = 0;
int pwm2 = 127;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(cf, OUTPUT);
  pinMode(control, OUTPUT);
  digitalWrite(cf, LOW);
  digitalWrite(control, LOW);
}
void loop() {
  if(Serial.available()){
    c = Serial.read();
    if(c=='0') {
      analogWrite (v1, pwm1);
      digitalWrite (cf, LOW);
      digitalWrite (control, HIGH);
    }
    if(c=='1') {
      analogWrite (v1, pwm1);
      digitalWrite (cf, LOW);
      digitalWrite (control, LOW);
    }
    if(c=='2') {
      analogWrite (v1, pwm2);
      digitalWrite (cf, LOW);
      digitalWrite (control, HIGH);
    }
    if(c=='3') {
      analogWrite (v1, pwm2);
      digitalWrite (cf, HIGH);
      digitalWrite (control, LOW);
    }
    if(c=='4') {
      analogWrite (v1, pwm1);
      digitalWrite (cf, HIGH);
      digitalWrite (control, HIGH);
    }
    if(c=='5') {
      analogWrite (v1, pwm2);
      digitalWrite (cf, HIGH);
      digitalWrite (control, LOW);
    }
  }
}
```

COMUNICACIÓN WIFI SMARTPHONE - PC SMARTPHONE

```
using UnityEngine.Networking;
using UnityEngine.Networking.NetworkSystem;
using UnityEngine;

public class cliente : MonoBehaviour {

    static NetworkClient client1;
    public GameObject Button;

    void OnGUI() {

        string ipaddress = Network.player.ipAddress;
        GUI.Box(new Rect(10, Screen.height - 50, 100, 50), ipaddress);
        GUI.Label(new Rect(20, Screen.height - 30, 100, 20), "Status:" +
client1.isConnected);

        if (!client1.isConnected)
        {
            Button.SetActive(true);
        }
        else
        {
            Button.SetActive(false);
        }
    }
    void Start()
    {
        Button.SetActive(false);
        client1 = new NetworkClient();
    }
    public void Connect()
    {
        client1.Connect("192.168.43.121", 8080);
    }
    static public void bandera(int flag)
    {
        if (client1.isConnected)
        {
            StringMessage msg = new StringMessage();
            msg.value = flag.ToString();
            client1.Send(888, msg);
        }
    }
    void Update()
    {
        }
    }
}

public class tiempo : MonoBehaviour
{
    private float timer;
    public TextMesh label;
    public int f, f2, f3, f4;

    void Start()
    {
        timer = 0.0f;
        f = 0;
    }
}
```

```

void Update()
{
    timer += Time.deltaTime;
    label.text = timer.ToString("0");
    if (timer >= 8 && timer < 28)
    {
        f = 1;
    }
    if (timer >= 28 && timer < 53)
    {
        f = 2;
    }
    if (timer >= 53 && timer < 69)
    {
        f = 3;
    }
    if (timer >= 69 && timer < 94)
    {
        f = 4;
    }
    if (timer >= 94 && timer < 116)
    {
        f = 5;
    }
    if (timer > 350)
        f = 0;
    }
    cliente.bandera(f);
} }

```

PC

```

using UnityEngine.Networking;
using UnityEngine.Networking.NetworkSystem;
using UnityEngine;

public class server : MonoBehaviour
{
    public TextMesh aviso, Tiempo;
    public string f1, f2;
    public float t1;
    public int f3 = 0;

    void OnGUI()
    {
        string ipaddress = Network.player.ipAddress;
        GUI.Box(new Rect(10, Screen.height - 50, 100, 50), ipaddress);
        GUI.Label(new Rect(20, Screen.height - 35, 100, 20), "Status:" +
NetworkServer.active);
        GUI.Label(new Rect(20, Screen.height - 20, 100, 20), "Connected:" +
NetworkServer.connections.Count);
    }
    void Start()
    {
        f1 = "0";
        f2 = "9";
        t1 = 0.0f;

        NetworkServer.Listen(8080);
        NetworkServer.RegisterHandler(888, ServerReceiveMessage);
    }
}

```

```

private void ServerReceiveMessage(NetworkMessage message)
{
    StringMessage msg = new StringMessage();
    msg.value = message.ReadMessage<StringMessage>().value;
    string f = msg.value;
    f1 = f;
    aviso.text = f1;
}
void Update()
{
    f2 = f1;

    if(f2 == "1")
    {
        f3 = 1;
    }
    if (f3 == 1)
    {
        t1 += Time.deltaTime;
        Tiempo.text = t1.ToString("f0");
    }

    if (f1 == "0")
    {
        sendArd.sendApagado();
    }
    if (f1 == "1")
    {
        sendArd.sendUno();
    }
    if (f1 == "2")
    {
        sendArd.sendDos();
    }
    if (f1 == "3")
    {
        sendArd.sendTres();
    }
    if (f1 == "4")
    {
        sendArd.sendCuatro();
    }
    if (f1 == "5")
    {
        sendArd.sendCinco();
    }
} }

using System.IO.Ports;
using System.Threading;

public class sendArd : MonoBehaviour {
    public static SerialPort sp = new SerialPort("COM9", 9600);
    public string message2;
    float timePassed = 0.0f;
    void Start()
    {
        OpenConnection();
    }
    void Update()
    {
        message2 = sp.ReadLine();
    }
}

```

```

        print(message2);
    }

    public void OpenConnection()
    {
        if (sp != null)
        {
            if (sp.IsOpen)
            {
                sp.Close();
                print("Closing port, because it was already open!");
            }
            else
            {
                sp.Open(); // opens the connection
                sp.ReadTimeout = 16; // sets the timeout value before
reporting error
                print("Port Opened!");
                // message = "Port Opened!";
            }
        }
        else
        {
            if (sp.IsOpen)
            {
                print("Port is already open");
            }
            else
            {
                print("Port == null");
            }
        }
    }

    void OnApplicationQuit()
    {
        sp.Close();
    }

    public static void sendApagado()
    {
        sp.Write("0");
    }

    public static void sendUno()
    {
        sp.Write("1");
    }

    public static void sendDos()
    {
        sp.Write("2");
    }

    public static void sendTres()
    {
        sp.Write("3");
    }

    public static void sendCuatro()
    {
        sp.Write("4");
    }

    public static void sendCinco()
    {
        sp.Write("5");
    }
}

```