



**Aplicación para el apoyo de procesos de rehabilitación en pacientes con daño
cerebral utilizando realidad virtual**

Jesús David Montero Corzo

11161725928

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería de Sistemas y Computación

Facultad de Ingeniería de Sistemas

Bogotá, Colombia

2022

**Aplicación para el apoyo de procesos de rehabilitación en pacientes con daño
cerebral utilizando realidad virtual**

Jesús David Montero Corzo

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero de Sistemas y Computación

Director:
PhD. César Augusto Rodríguez Suárez

Línea de Investigación:
Realidad Virtual
Grupo de Investigación:
Necesidades Psicosociales y Violencia

Universidad Antonio Nariño
Programa Ingeniería de Sistemas y Computación
Facultad de Ingeniería de Sistemas
Bogotá, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Contenido

Resumen	9
Introducción	10
1. Planteamiento del problema	12
1.1. Descripción del problema.....	12
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo general	16
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. Alcance y limitaciones del proyecto	17
1.5.1. Alcance.....	17
1.5.2. Limitaciones	18
2. Marco de referencia.....	20
2.1. Marco Teórico	20
2.2. Antecedentes	37
2.3. Marco Legal	41
3. Metodología	43
3.1. SCRUM.....	43
3.1.1. Roles es SCRUM	43
3.1.2. Eventos en SCRUM	44
3.1.3. Artefactos de Scrum	45

3.2	Aplicación de la metodología.....	46
3.2.1.	Sprint 1 – Contextualización e Investigación.....	46
3.2.2.	Sprint 2 – Desarrollo del Escenario Virtual y Actividades	47
3.2.3.	Sprint 3 – Implementar actividades.....	47
3.2.4.	Sprint 4 – Esquema de Autorización.....	48
4.	Desarrollo del proyecto	49
4.1.	Sprint 1	49
4.1.1.	Historias de Usuario	50
4.2.	Sprint 2	59
4.3.	Sprint 3	63
4.3.1.	Modelo Entidad Relación.....	63
4.4.	Sprint 4	65
5.	Resultados Obtenidos	70
5.1.	Procesos y herramientas	70
5.2.	Aplicación	70
6.	Conclusiones	72
7.	Bibliografía.....	74

Dedicatoria

Mi trabajo de grado está dedicado a mis padres Jesús y Yolanda, quienes son el motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia y buenos valores, ayudan a trazar mi camino. Gracias a mis padres pude cumplir una de mis metas.

También agradezco a cada una de las personas que me brindaron ayuda durante mi proceso de formación.

Agradecimientos

Agradezco al profesor César Augusto Rodríguez Suárez, quien con su experiencia me guió, orientó y ayudó para la investigación y el desarrollo de este trabajo de grado, aportándome conocimiento y diferentes puntos de vista de las tecnologías inmersivas.

Por otra parte, agradezco a la profesora Rosalba Cruz por ayudar con los temas de redacción presentación del documento. Al profesor Jhonatan Rico por acompañarme en el inicio de este proyecto con su experiencia y dedicación.

Por último, quiero agradecer a todos los profesores y directivos de la Universidad que hicieron parte de este crecimiento profesional, y que me aportaron conocimientos para llegar a ser lo que soy hoy en día.

Resumen

Después de realizar una investigación del funcionamiento cognitivo y alteraciones psicopatológicas en relación con la calidad de vida en personas que se encuentran en tratamiento médico por accidente cerebrovascular seis y doce meses después del alta hospitalaria, investigadores de la UAN han concluido que este afecta los procesos cognitivos en la mayoría de las personas. Esto no les permite realizar las actividades que antes desarrollaban con normalidad, disminuyendo su calidad de vida. Con el propósito de mitigar el problema, se desarrolló una aplicación de Realidad Virtual, donde el paciente puede realizar actividades relacionadas al proceso cognitivo que se quiera tratar.

Cabe resaltar que esta aplicación ayuda a los pacientes en su proceso de rehabilitación, pero no resuelve las afecciones adquiridas después del accidente cerebrovascular. El desarrollo de esta aplicación se realizó mediante la metodología de desarrollo ágil SCRUM por medio de 4 *Sprints*, cada uno de estos con una duración de 3 semanas.

Introducción

El grupo de Necesidades Psicosociales y Violencia de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, en su proyecto de investigación llamado “Funcionamiento cognitivo y alteraciones psicopatológicas en relación con la calidad de vida, en personas que se encuentran en tratamiento médico por accidente cerebrovascular seis y doce meses después del alta hospitalaria de la ciudad de Ibagué” permite dimensionar la problemática de personas que han sido víctimas de accidente cerebrovascular.

La mayoría de las personas que sufren accidente cerebrovascular quedan con problemas en sus procesos cognitivos y algunos de ellos no pueden acceder a un programa de rehabilitación neuropsicológico completo. Algunos de los pacientes no logran recuperar el nivel de vida que llevaban antes de sufrir el accidente cerebrovascular debido a la falta de conocimiento de los familiares acerca de cómo actuar para ayudarlos a volver a la normalidad y también, porque no se les presta un correcto proceso de rehabilitación con acompañamiento continuo.

Para intentar ayudar en ese proceso de rehabilitación se propuso una aplicación de Realidad Virtual enfocada en la restauración y reorganización de sus procesos cognitivos, por medio de actividades previamente elegidas por el grupo de investigación, diseñadas para estimular procesos cognitivos específicos.

La metodología que se utilizó para este proyecto fue SCRUM, la cual es una metodología de desarrollo ágil, donde su principal característica son los *Sprints*. El *Sprint* es un ciclo de tiempo (no más de un mes) donde se desarrolla y se revisan los requerimientos y funcionalidades con el fin de conseguir un incremento del producto final al momento de terminar este. Esta metodología es útil para equipos de desarrollo pequeños ya que permite tener un mejor control en aspectos como los requerimientos.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: el capítulo 1 muestra la descripción del problema con los objetivos, justificación y alcance del proyecto. El capítulo 2 contiene el marco teórico, marco legal y antecedentes. El capítulo 3 presenta la explicación de la metodología usada. El capítulo 4 contiene el desarrollo del proyecto. El capítulo 5 presenta los resultados obtenidos. El capítulo 6 muestra las conclusiones; y en el capítulo 7 aparece la bibliografía.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Investigadores del grupo de Necesidades Psicosociales y Violencia de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, han venido realizando un proyecto de investigación llamado “Funcionamiento cognitivo y alteraciones psicopatológicas en relación con la calidad de vida, en personas que se encuentran en tratamiento médico por accidente cerebrovascular seis y doce meses después del alta hospitalaria de la ciudad de Ibagué”, en adelante denominado en el documento “el proyecto de investigación”. Los avances en dicho proyecto han permitido dimensionar la problemática y quiere conocerse el impacto que pueden tener las tecnologías en el apoyo a la rehabilitación de personas víctimas de un accidente cerebrovascular.

El daño cerebral adquirido (DCA) se refiere a una lesión en la estructura del cerebro de personas que nacieron sin ningún tipo de daño cerebral y que es producido como consecuencia de un accidente o enfermedad (Neuron, n,d). Ejemplo de esto son los Accidentes Cerebro Vasculares (ACV), que ocurren cuando el suministro de sangre a una parte del cerebro se ve interrumpida o se ve reducida, impidiendo que el tejido cerebral reciba el oxígeno y nutrientes necesarios. Consecuencia de esto, las células cerebrales comienzan a morir en minutos (MayoClinic, 2021).

Las personas que sufren DCA quedan con secuelas que afectan el normal funcionamiento de sus procesos cognitivos. Estos tipos de accidentes se convierten en un problema de salud pública preocupante, porque requieren de cuidadores integrales y de grandes inversiones para el paciente y su familia, convirtiéndolo así en una gran carga social, sanitaria y económica (Domínguez Mejías & López-Espuela, 2017).

Los pacientes que presentan DCA, en la mayoría de los casos, no tienen la posibilidad de acceder a un programa de rehabilitación neuropsicológico, debido a la falta de conocimiento por parte de los familiares y el poco apoyo que se les brinda. En algunos casos no se les presta el acompañamiento continuo en su rehabilitación o se les brinda el apoyo incompleto, lo que no contribuye con el progreso en la calidad de vida de esta población; generando de esta manera, a gran escala, que los pacientes no tengan una recuperación satisfactoria que les permita manejar su nuevo nivel funcional, cognitivo y psicológico, luego de presentar el DCA (Calderón-Chagualá et al.).

Idealmente los pacientes con DCA deberían tener un programa de rehabilitación completo, digno, con herramientas suficientes y con apoyo para tratar su condición; garantizando su recuperación y la calidad de vida post ACV. En caso de que la persona no pueda ser trasladada a un centro de rehabilitación, sería deseable poder tratarlo desde casa. El proceso de rehabilitación se puede entender como el cuidado que una persona recibe para recuperar, mantener o mejorar las capacidades que necesita para la vida diaria (MedlinePlus, 2021).

El avance de la tecnología cambia la forma de realizar las cosas de manera positiva en muchos ámbitos, uno de los avances más interesantes es la tecnología inmersiva. Tal como lo indica Mandeep et al. (2012), la tecnología inmersiva es una simulación de la realidad generada por computadora con dimensiones físicas, espaciales y visuales. Dentro de esta, se encuentra la Realidad Virtual - RV, que puede definirse como cualquiera en la que el usuario se sumerja completamente y de manera efectiva en un mundo virtual receptivo aislado de la realidad. Otros ejemplos de tecnología inmersiva puede ser la Realidad Aumentada y Realidad Mixta.

El área de salud ha sido beneficiada por la tecnología en los últimos años y el uso de las tecnologías inmersivas puede ser aplicada de forma diversa en este campo; por ejemplo, se puede usar RV para la enseñanza, representando virtualmente la anatomía del cuerpo humano y así

permitirles a los estudiantes obtener conocimiento y entender mejor el cuerpo humano interactuando con este en un entorno virtual (Falah et al., 2014).

Otro ejemplo de aplicación de tecnologías inmersivas en el área de la salud es su uso en distintos tipos de pacientes, como terapia para reducir o aliviar los dolores producto de una determinada enfermedad, ya sea alzhéimer, fobias, trastornos de ansiedad o psicológicos, etc. (Botella et al., 2007). Lo anterior se evidencia en *Nesplora Suite*, la cual es una herramienta en Realidad Virtual desarrollada por *Nesplora Technology and Behaviour* que se centra en valorar los procesos de la memoria, haciendo que el paciente entre en una tienda de muebles donde se deben atender pedidos y memorizar las listas de estos (Virtual Reality for Better Diagnosis of Mental Disorders, 2018).

Por lo anterior, se propone realizar una aplicación de Realidad Virtual que disponga del material y las actividades necesarias formuladas por el equipo del proyecto de investigación para apoyar la restauración, reorganización o en estrategias compensatorias, encaminadas a mejorar la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes mediante procesos de rehabilitación o actividades que normalmente se tendrían que desarrollar en un centro de rehabilitación.

De acuerdo con el estado en el que se encuentre el paciente o qué lesiones tenga, así van a ser los procesos de rehabilitación que se le van a aplicar. Estos van encaminados en que el paciente los desarrolle en un corto periodo de tiempo, en algún dispositivo que soporte la tecnología propuesta y se arroje el resultado de si fue completado con éxito o no. De esta manera, se permite trabajar con el paciente de una forma en que el cuidador o familiares también entiendan de forma sencilla y dinámica cómo realizar el proceso de rehabilitación. Las actividades que se van a realizar en el proceso de rehabilitación ya fueron diseñadas en el proyecto de investigación mencionado al principio.

1.2. Formulación del problema

El proyecto se basará en la siguiente hipótesis:

Con la implementación de actividades de recuperación apoyadas en Realidad Virtual, se podría ayudar en el proceso de rehabilitación de pacientes con accidente cerebrovascular, aportando concentración al paciente y generando los datos que permitan determinar si las actividades ayudaron de manera efectiva al paciente que las realizó.

1.3. Justificación

Los ACV pueden llegar a considerarse como una de las mayores causas de incapacidad y generar una gran carga social, sanitaria y económica; convirtiéndose así, en un preocupante problema de salud pública, pues genera una demanda importante de cuidadores integrales y de inversiones tanto para el paciente, como para su familia en las instituciones de salud. Es importante que problemas como estos sean mitigados y combatidos, por ejemplo, haciendo uso de las tecnologías se puede proporcionar ayuda en sus procesos de rehabilitación (Moyano, 2010).

Las personas que sufren este tipo de daños requieren una rehabilitación que puede llegar a ser más costosa de lo previsto, debido a que hay que transportar al paciente hasta el centro de rehabilitación cada vez que se vayan a realizar sus tratamientos y, muchas veces, los métodos tradicionales requieren inversiones de dinero para que funcionen. Esto no sería el caso si la forma de tratar con el paciente fuese por medio de Realidad Virtual, ya que se puede hacer desde la casa y requiere poca inversión para su accesibilidad.

Esto ayudaría principalmente a los pacientes que son quienes quieren recuperar nuevamente su funcionalidad y la calidad de vida que tenían antes del ACV. Pero también ayudaría a las personas que deben tratar con el paciente, como familiares, cuidadores y personal que dirige la

rehabilitación, ya que los procesos serán más fáciles de realizar, y para estas personas será más sencillo entender, hacer seguimiento y trabajar en conjunto con el paciente.

Aplicar RV ayudaría al paciente especialmente en la concentración, ya que, usando métodos tradicionales u otras tecnologías no inmersivas, el paciente fácilmente puede distraerse con los objetos que tiene a su alrededor, desviando su atención de la actividad que está realizando (Oh et al., 2019). La inmersión y el aislamiento de la realidad permite que el paciente no tenga esos elementos distractores que lo desconcentren de la actividad de recuperación que está realizando.

Además, se ha comprobado que la Realidad Virtual proporciona un único medio dónde la terapia se puede proporcionar dentro de una fusión de contexto racional y motivador permitiendo extraer fácilmente los datos para su calificación y documentación (Pinzón, 2020). La integración de los avances tecnológicos y científicos permiten que se tenga un mejor enfoque en la lesión y, por ende, en la mayoría de los casos los resultados se dan a corto plazo y con menos costos (Calderón-Chagualá et al.).

Adicionalmente, este proyecto contribuye conocimiento y experiencia a nivel profesional aplicado nuevas tecnologías, y también a conocer cómo personas con daño cerebral adquirido recuperan sus funcionalidades cognitivas por medio de procesos de rehabilitación que no conocía antes. Además, permite plantear un proyecto de desarrollo desde su concepción hasta su finalización, poniendo en práctica conocimientos adquiridos a través de la carrera.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación que sirva de apoyo en los procesos de rehabilitación para pacientes que sufren de DCA por medio de actividades en Realidad Virtual.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar las herramientas y el proceso más adecuado para el desarrollo del escenario virtual y la construcción de la aplicación por medio de reuniones con el director de proyecto y el grupo de investigación.
2. Desplegar el escenario virtual para soportar las actividades que se implementarán usando Unity.
3. Implementar en Realidad Virtual actividades inhibitorias y de memoria junto con su temporización, con el propósito de contribuir al proceso de rehabilitación del paciente usando Unity.
4. Desplegar las actividades de rehabilitación de acuerdo con datos de configuración (tiempo) previamente almacenados en una base de datos para su realización usando C#.

1.5. Alcance y limitaciones del proyecto

1.5.1. Alcance

En la aplicación propuesta se implementarán los siguientes componentes:

- Componente para acceder a los procesos de rehabilitación: en este se visualizará la lista de procesos de rehabilitación que se pueden realizar como actividad.
- Componente para realizar un proceso de rehabilitación: en este componente el paciente tendrá acceso a las actividades de rehabilitación de acuerdo con el proceso seleccionado.
- Componente para mostrar progreso del proceso de rehabilitación: Esta sección permitirá mostrar el progreso de las actividades que ha desarrollado el paciente por cada proceso de rehabilitación.

Las tecnologías apropiadas para el desarrollo de este proyecto son:

- **Base de datos:** MySQL / SQLite
- **Lenguaje de programación:** C#, Kotlin
- **Framework:** Unity, Android Studio

1.5.2. Limitaciones

- Con el uso de esta herramienta no se espera una recuperación total de todos los procesos cognitivos o del daño cerebral que presente el paciente; más bien, brindará ayuda para hacer el proceso de rehabilitación más cómodo y económico de realizar por parte de los encargados del cuidado de la persona afectada.
- Las actividades por desarrollar ya fueron diseñadas como parte del proyecto de investigación. En este proyecto se hará la implementación de esas actividades en Realidad Virtual.
- Los elementos contenidos en un proceso de rehabilitación específico, tales como imágenes o número de elementos, no serán modificables, dado que son las diseñadas como resultado del proyecto de investigación.
- El tiempo de ejecución de una prueba es estático y de momento no será posible modificarlo desde la aplicación de Realidad Virtual.
- El acceso a las gafas de Realidad Virtual no será costado por el estudiante. En su defecto el funcionamiento de la aplicación podrá ser evidenciado a través de dispositivos como el teléfono móvil o un emulador instalado en un computador.

- Aunque la app toma información de las actividades desde una base de datos, en este proyecto no se considera implementar alguna funcionalidad que permita realizar cambios a las actividades desde la aplicación.
- Las pruebas con el paciente están fuera del alcance del proyecto ya que el grupo de investigación no consiguió los permisos.
- La gestión de usuarios no se realiza desde la aplicación.

2. Marco de referencia

2.1. Marco Teórico

2.1.1. *Daño Cerebral Adquirido*

El término Daño Cerebral Adquirido (DCA) se refiere a una lesión que se produce en la estructura del cerebro después del nacimiento; puede ser de origen traumático, como: accidentes de tráfico, caídas, golpes, entre otras, o pueden ser no traumáticas, como: accidentes vasculares, tumores cerebrales, infecciones, intoxicaciones, etc.

A pesar del gran número de patologías derivadas de un DCA, no se considera que tales patologías sean trastornos degenerativos, pero sí provoca una alteración a la vida normal del paciente tanto en aspectos físicos, sensoriales, emocionales y cognitivos. (Rios-Lago et al., n.d.)

- *Procesos cognitivos*

La psicología cognitiva ha sido descrita como el estudio de los procesos mentales, es decir, el estudio sobre cómo el cerebro procesa la información. Eso incluye la forma en cómo capturamos información de nuestro alrededor a través de nuestros sentidos, qué interpretación y qué uso le damos a esa información. Claro está que, la cognición involucra diversos tipos de procesamiento de información que ocurren en diferentes etapas. Son estos procesamientos a los que se les llama procesos cognitivos, los cuales permiten procesar la información que llega a través de los sentidos, para que las personas la almacenen, la recuperen, la manipulen y finalmente interactúen con el mundo (Groome & Dewart, 1999).

Los principales procesos cognitivos son: la percepción, la atención, la memoria, el pensamiento y el lenguaje. Cualquier actividad que se realice como: leer, ir de compras, lavar platos o andar en bicicleta, lleva consigo un proceso cognitivo. La información captada por los sentidos

pasa por una primera etapa de percepción que implica el análisis de la información que le llega a la persona. Incluso en esta etapa temprana de procesamiento, el cerebro ya está extrayendo significado de la entrada en un esfuerzo por darle sentido a la información que contiene. Por ejemplo, cuando alguien toca un sartén caliente a través de la percepción se entera que el sartén quema porque la información que llegó a través del tacto fue percibida. Esa información que se recibe al tocar el sartén caliente es almacenada en el cerebro para luego ser recordada si se llegara a necesitar. Ese proceso es conocido como memoria, con esa información la persona recuerda que si se toca un sartén caliente se quemará (Fuenmayor et al., 2008).

La **atención** implica: seleccionar, concentrar y mantener sus recursos mentales sobre determinados estímulos mientras se ignoran los otros. Otros procesos como el **pensamiento** integran la información y es capaz de: elaborar juicios, deducciones, generar ideas, solucionar problemas, tomar decisiones, entre otros. El **lenguaje** es fundamental en la comunicación y este implica conocer y usar un sistema de signos y sonidos compartidos por otras muchas personas (Fuenmayor et al., 2008).

Los procesos cognitivos pueden o no desarrollarse adecuadamente, un ejemplo de esto son los casos infantiles con parálisis cerebral, también pueden verse afectados debido a lesiones cerebrales producto de diferentes causas: tumores, lesiones o ictus como el accidente cerebrovascular.

- **Accidente cerebrovascular (ACV)**

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), el accidente cerebrovascular es el desarrollo rápido de signos clínicos de disturbios de la función cerebral o global debido a una ruptura u obstrucción de un vaso sanguíneo del cerebro o pérdida de una función focal y que dura más de 24 horas (Velázquez, 2017).

Existen dos tipos de accidentes cerebrales: el isquémico y el hemorrágico. El primero sucede cuando el suministro de sangre se detiene debido a un coágulo de sangre, esto ocurre en el 85% de los casos. El segundo sucede cuando un vaso sanguíneo que se dirige al cerebro estalla, lo que provoca daños cerebrales (National Health Service (NHS), 2015).

Si bien los ACV pueden ocurrir a cualquier edad, aproximadamente tres cuartos de ellos ocurren entre mayores de 65 años. De acuerdo con la información que presenta la OMS, 15 millones de personas sufren al año de ACV. De estos, 5 millones fallecen, 5 millones se recuperan totalmente y otros 5 quedan con discapacidad permanente, convirtiéndose así en la tercera causa de muerte y la primera de discapacidad a nivel mundial. El ACV representa un problema cotidiano, médico, social y económico, más allá de ser una enorme carga tanto para el paciente, como para la familia y la sociedad (Velázquez, 2017).

Desde el punto de vista de la rehabilitación, el ACV es un gran generador de discapacidades tanto físicas como cognitivas. De las personas que sufren ACV, un 15 a 30% resulta con un deterioro funcional severo a largo plazo, lo que provoca que estos tengan un alto grado de dependencia de terceros (Moyano, 2010).

2.1.2. Rehabilitación ACV

La rehabilitación es un proceso complejo que está orientado por unos objetivos a alcanzar y limitado por el tiempo, dirigido a personas discapacitadas que tengan un nivel funcional óptimo (mental, físico y social), con el fin de conseguir en la persona una situación funcional familiar y social parecida a la que tenía previa al ACV. Para ello, en la rehabilitación se ofrecen herramientas necesarias, incluyendo las medidas dirigidas a compensar pérdidas o limitaciones funcionales. Todas las medidas que se decidan hacer para tratar al paciente se deben estructurar dentro de un

programa de rehabilitación específico e individualizado (Moyano, 2010). La rehabilitación comienza en una fase aguda, continua en el periodo de fase subaguda.

La fase aguda se desarrolla generalmente en unidades especializadas, en donde las intervenciones terapéuticas pueden modificar el curso evolutivo del infarto cerebral y lograr una reactivación neuronal, por lo que es beneficioso iniciarla tan pronto el paciente esté listo y pueda tolerarla con una intensidad suficiente (combinación de las terapias > 3 horas al día) (Alessandro et al., 2020).

La fase subaguda se realiza a los pacientes que sobrevivieron a la fase aguda del ACV. El sitio y la modalidad donde realizar la rehabilitación deberá ser acorde a la complejidad y grado de dependencia del caso en particular. De los pacientes que superan la fase aguda: 10% quedan sin secuelas por lo que no es necesaria una rehabilitación funcional, 10% quedan severamente dañados, por lo que el manejo consiste en prevenir complicaciones y entrenamiento familiar y el 80% restante queda con algún grado de déficit neurológico que se beneficiará de un proceso de rehabilitación activo. Para los pacientes que ingresan en esta fase, el objetivo principal es obtener el mayor grado de funcionalidad posible al recuperar las capacidades perdidas (Moyano, 2010).

Lo anterior se puede lograr mediante terapias realizadas en un centro de rehabilitación, o si su capacidad lo dispone, desde casa. En ambos casos debe asegurarse que la terapia de cada una de las funcionalidades a recuperar se desarrolle durante 2-5 días de la semana de acuerdo con la necesidad del paciente durante por lo menos 2 meses (Alessandro et al., 2020).

- **Rehabilitación procesos cognitivos**

Los sobrevivientes de un ACV tienden a desarrollar deterioro de los procesos cognitivos de forma progresiva. La rehabilitación cognitiva es parte importante y fundamental en el proceso de tratamientos para personas víctimas del ACV y en cualquier programa de rehabilitación neurológica. Estos programas deben basarse en modelos teóricos de referencia realizando tareas de

forma jerárquica y repetitiva. Los trastornos de atención, memoria y velocidad de procesamiento son prioritarios y debe ser tratados en primer lugar para que la rehabilitación tenga éxito (Alessandro et al., 2020).

Las técnicas y estrategias que se usan en los procesos de rehabilitación cognitiva se pueden agrupar en tres niveles:

1. **Restauración:** se estimulan y mejoran las funciones cognitivas alteradas actuando directamente sobre ellas.
2. **Compensación:** se asume que la función alterada no puede ser restaurada; por ello se intenta potenciar el empleo de diferentes mecanismos alternativos.
3. **Sustitución:** el aspecto central de la intervención se basa en enseñar al paciente diferentes estrategias que ayuden a minimizar los problemas resultantes de las disfunciones cognitivas (Jorge et al., 2001).

Uno de los procesos que más se suele tratar es el de la atención, ya que ésta es una capacidad multifactorial que está relacionada con otras áreas del funcionamiento cognitivo; por ejemplo, un déficit de atención impide seguir una conversación o la trama de una película. Estas habilidades podrían fortalecerse mediante el ejercicio y la práctica repetida de tareas asociadas a esa funcionalidad (Mateer, 2003).

El estado en el que quedan los procesos cognitivos puede ser tratado con actividades que estimulen ese proceso cognitivo con el que se quiere trabajar. Este tipo de actividades o ejercicios están destinados a mejorar las capacidades mentales de la persona a lo largo del tiempo (Artero et al., 2015).

Así como existen diferentes procesos cognitivos, también existen diferentes actividades que estimulan procesos diferentes, tales como: de atención, memoria, anticipación, planificación, inhibición, lenguaje, etc. Estas actividades las realiza el paciente en un periodo de tiempo y, de

acuerdo con los resultados, el profesional encargado de la rehabilitación tomará decisiones para futuros procesos. El tiempo es esencial en este tipo de actividades, porque es un factor en el cual podrá decidirse si realmente hay avances con el paciente o no.

Las actividades pueden ser como las siguientes:

- **Actividad 1 – El Infiltrado**

Esta actividad tiene el objetivo de optimizar el funcionamiento de la inhibición y la atención como se muestra en la Figura 1. Se inicia mostrando una plantilla frente al paciente, indicándosele que por cada línea hay tres palabras, dos de ellas son iguales, pero hay una tercera infiltrada. El trabajo será señalar la palabra que no pertenece en cada línea lo más rápido posible. Se dispondrá de 3 minutos para señalar las 42 palabras.

Figura 1

Ejemplo del Infiltrado

SOL	SOL	<u>SAL</u>	El examinador realiza la primera línea como ejemplo.
VEN	VAN	VEN	

Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 2- Colores Invertidos**

Esta actividad tiene como objetivo proveer herramientas para trabajar la inhibición, velocidad de procesamiento, atención y flexibilidad. Como se puede observar en la Figura 2, se inicia mostrando la plantilla frente al paciente con un círculo de color y el nombre del color escrito dentro del círculo. Posteriormente, se le pregunta de qué color es el círculo, luego se le pregunta qué palabra está escrita dentro del círculo y finalmente en qué color está escrita. Esta actividad no tiene un tiempo límite, pero deberá realizarse lo más rápido posible.

Figura 2

Ejemplo de Colores Invertidos

Circulo	Palabra	Color de palabra
	Rojo	Naranja
	Verde	Blanco

Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 3 – Alfabeto**

Esta actividad tiene como objetivo causar el trabajo de las habilidades cognitivas: retención, velocidad de procesamiento y lenguaje fonológico. Consiste en preguntarle al paciente la primera letra del abecedario; cuando este responda “A” se le preguntará por una palabra que inicie con esa letra. Después de que el paciente haya entendido la mecánica del ejercicio se ubica frente a la plantilla de aplicación y se le da instrucción de hacer lo mismo con cada letra del abecedario en orden A-B-C-D...X-Y-Z como se observa en la Figura 3. Esta actividad no tiene límite de tiempo.

Figura 3

Plantilla Alfabeto



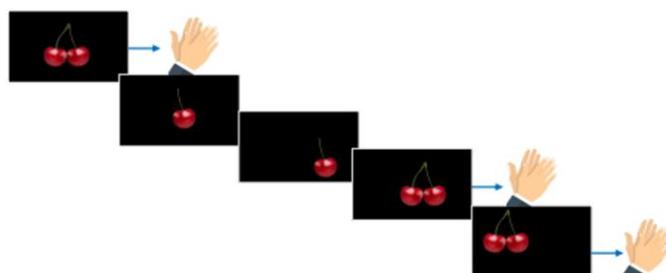
Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 4 – ClapToCherry**

Esta actividad tiene como objetivo generar estimulación de la atención selectiva y la velocidad del procesamiento. Al paciente se le mostrará la imagen de unas cerezas en diferentes posiciones, algunas están solas, otras están en parejas. Cada vez que aparezcan dos se deberá aplaudir como se muestra en la Figura 4. Para este proyecto en vez de aplaudir se puede tomar una entrada de los mandos que traen las gafas de Realidad Virtual. El tiempo para toda la actividad está estimado en 1 minuto y 7 segundos.

Figura 4

Ejemplo ClapToCherry



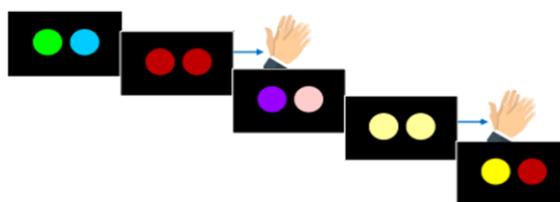
Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 5 – Círculos Duales**

Esta actividad tiene como objetivo promover el trabajo de la inhibición, la atención y la velocidad de procesamiento. Al paciente se le mostrarán dos círculos de colores, algunas veces aparecerán cada uno con un color diferente, pero otras veces tendrán el mismo. El ejercicio será aplaudir cada vez que aparezcan dos círculos con el mismo color como se muestra en la Figura 5. Para este proyecto, en vez de aplaudir, se puede tomar una entrada de los mandos que traen las gafas de Realidad Virtual. El tiempo para toda la actividad está estimado en 1 minuto y 7 segundos.

Figura 5

Ejemplo de Círculos Duales



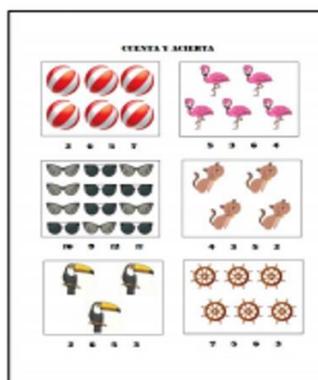
Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 6 – Cuenta y acierta**

El objetivo de esta actividad es beneficiar el correcto funcionamiento del cálculo numérico y la velocidad de procesamiento. Se inicia mostrando al paciente la plantilla de aplicación. Se debe ubicar justo frente a él. Cada cuadro contiene un conjunto de objetos, y en la parte inferior se encuentra la cantidad exacta de objetos, acompañada de posibles respuestas. Un ejemplo de esta actividad se muestra en la Figura 6. El paciente debe contar los objetos y seleccionar el número correcto. Esta actividad no tiene límite de tiempo, pero debe hacerse lo más rápido posible.

Figura 6

Plantilla Cuenta y Acierta



Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 7 – Cuadro Mnésico**

Esta actividad tiene como objetivo fomentar la mejora de memoria a corto plazo y la atención. Se inicia mostrando la primera plantilla como la de la Figura 7 y se indica que debe observar atentamente cada una de las prendas de vestir que se encuentran allí, pues, posteriormente se le entregará otra lámina como la de la ilustración 8 donde harán falta algunas. Luego, se retira la primera plantilla y se coloca la segunda junto a la pregunta: ¿Cuáles prendas hacen falta?

Figura 7

Plantilla Uno - Cuadro Mnésico



Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

Figura 8

Plantilla Dos - Cuadro Mnésico



Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

De un conjunto de opciones deberá seleccionar las que hacen falta. El tiempo para observar la primera plantilla es de 20 segundos. La segunda plantilla no tiene un tiempo límite fijo, pero se espera que no supere 1 minuto.

- **Actividad 8 – Inter Dos**

Esta actividad tiene como objetivo trabajar las habilidades cognitivas: inhibición, atención, memoria y flexibilidad. Se inicia mostrando al paciente palitos de colores y se le pide que nombre los colores de los palitos (azul, amarillo, naranja, rosado, verde y rojo). Posteriormente se le explicará que el examinador leerá un listado con los colores anteriormente mencionados. El paciente debe estar atento al llamado, dado que, cada vez que nombra un color tendrá que seleccionar un palito de ese color.

Los colores amarillo, naranja, verde y rojo mantendrán su misma tonalidad, pero el azul y rosado no, pues cuando se nombre el color azul, el paciente deberá seleccionar el color rosado y cuando se nombre el color rosado seleccionará el azul como se muestra en la Figura 9.

Para este proyecto no se tendrán que agarrar palitos, sino que tendrá que seleccionar los palitos en el mando de las gafas de Realidad Virtual. Esta actividad no tiene límite de tiempo.

Figura 9

Seleccionar Colores en Inter Dos



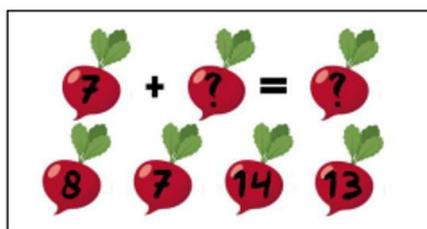
Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 9 – Aritmética Vegetales**

Esta actividad tiene como objetivo mejorar el cálculo matemático, atención y memoria. Se le mostrará al paciente un grupo de vegetales o frutas con un número asignado. Cada plantilla en la parte superior mostrará un problema aritmético (suma y resta). Dos de los vegetales estarán en interrogantes, por ello, el paciente deberá seleccionar uno de los números que se encuentran en la parte inferior para que reemplace los interrogantes y la operación sea resuelta como se muestra en la Figura 10. Esta actividad no tiene límite de tiempo.

Figura 10

Ejemplo de Aritmética Vegetales



Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

- **Actividad 10 – Plagio**

Esta actividad tiene como objetivo efectuar estimulación de la atención, memoria y la velocidad de procesamiento. Se inicia mostrándole al paciente la plantilla y se le indica que en la parte izquierda de la plantilla encontrará una imagen o ilustración. Su tarea consistirá en buscar esa misma, en el conjunto de imágenes de la derecha y seleccionarla como se muestra en la Figura 11. Esta actividad no tiene límite de tiempo.

Figura 11

Ejemplo de Plagio



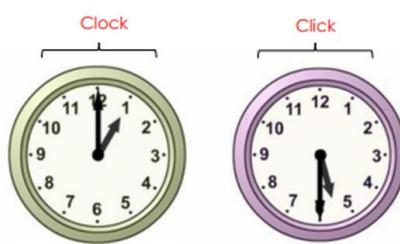
Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

• Actividad 11 – Reloj

Esta actividad tiene como objetivo estimular a través de la actividad reloj las habilidades de toma de decisiones. Se le indicará al paciente que verá un reloj, algunos con la hora exacta (1:00) y otros con minutos (5:30) como los de la Figura 12. El ejercicio será seleccionar “Click” cuando el reloj aparezca con minutos y “Clock” cada vez que reloj aparezca con hora exacta. El tiempo de esta actividad es de 40 segundos.

Figura 12

Ejemplo de Reloj



Fuente: Programa de Estimulación PSICONIT

2.1.3. Tecnología inmersiva

Cuando se habla de inmersión se refiere al estado en el que la conciencia de la persona inmersa pierde o reduce su conexión con el mundo físico al estar rodeado de un entorno virtual. La

definición de inmersión puede ser amplia, pero aquí se asume que significa simplemente que el usuario siente que es parte del “universo” simulado (Mandeep et al., 2012).

La tecnología inmersiva es aquella que ofrece al usuario una alta calidad o cantidad de información sensorial como puede ser la Realidad Aumentada, Realidad Mixta o Realidad Virtual (Suh & Prophet, 2018).

- **Realidad Aumentada**

La Realidad Aumentada (AR) puede ser definida como la vista en tiempo real de un entorno físico del mundo real que ha sido mejorado o aumentado al agregarle información virtual generada por computadora, la cual suele ser interactiva y registrada en 3D, además de combinar objetos reales y virtuales. Esta tiene como objetivo traer información virtual al entorno inmediato del usuario. (Carmigniani et al., 2011).

Como menciona De la Hora Villacé (2017), la Realidad Aumentada puede ser clasificada en diferentes niveles dependiendo al tipo de interactividad:

- **Nivel 0 – Códigos QR:** son hiperenlaces que proporcionan al usuario información en forma de: texto, sonido, video, etc. También pueden llevar a una página web.
- **Nivel 1 – Realidad Aumentada con marcadores:** un marcador es un elemento de enlace para obtener el elemento aumentado, como: una imagen, un logo, una revista, etc. Una vez que el marcador sea reconocido, el contenido puede ser colocado encima.
- **Nivel 2 – Realidad Aumentada Geolocalizada:** esta se basa en la localización geográfica mediante el uso del GPS, por lo que no necesita un marcador. Ejemplo: *Pokémon Go*.
- **Nivel 3:** En este nivel se encuentra el uso de Realidad Aumentada con dispositivos como los HoloLens.

- **Realidad Virtual**

La Realidad Virtual es una rama de los gráficos por computadora y puede ser definida como aquella donde el usuario se ve inmerso en un mundo virtual receptivo, esto implica que el usuario tenga un control dinámico del punto de vista. El objetivo es hacer sentir al usuario que se encuentra en un lugar diferente, reemplazando las entradas sensoriales recibidas por información generada por computadora y que el usuario pueda tomar esa información como real. (Mandeep et al., 2012).

Cuando la persona se encuentra sumergida en Realidad Virtual, lo que percibe dentro de ese mundo es conocido como el entorno virtual. Este sitio digital en el que se encuentra el usuario y sus alrededores se irán renderizando a medida que se rastreen los movimientos del usuario y se irán mostrando de acuerdo con esos movimientos (Mandeep et al., 2012).

Figura 13

Persona Usando Gafas de Realidad Virtual



(<https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/telefonica-desarrolla-una-nueva-forma-de-ver-espectaculos-en-tiempo-real-con-realidad-virtual-y-5g-con-un-piloto-en-malaga/>)

Las tres características fundamentales que tiene la Realidad Virtual es que ésta contiene la posibilidad de tiempo real, interacción e inmersión. Cuando se dice *tiempo real*, se refiere a la posibilidad de poder elegir hacia dónde moverse o hacia dónde dirigir la mirada dentro del entorno

virtual. *Inmersión*, como su término indica, se refiere a la inmersión total dentro del entorno virtual, percibiendo únicamente los estímulos que se generan en el mundo virtual, perdiendo contacto con el exterior. *Interacción* se refiere a poder interactuar con los elementos del mundo virtual a través de dispositivos de entrada como joysticks (Pérez Martínez, 2011).

Un sistema puede ser considerado de Realidad Virtual si es capaz de generar digitalmente un entorno tridimensional en el que el usuario se sienta presente y pueda interactuar con los objetos que tiene a su alrededor en tiempo real (Levis, 2006).

Como menciona Levis D. (2006), en la Realidad Virtual se pueden distinguir tres fases:

- **Pasivo:** son entornos inmersivos no interactivos, suelen llamarlo también pseudo-Realidad Virtual. Es un entorno virtual en el que podemos ver y oír lo que sucede, puede incluso moverse dando la sensación de movimiento, pero no es posible controlar el movimiento.
- **Exploratorio:** son sistemas en los que se permite desplazarse por el entorno virtual para explorarlo.
- **Interactivo:** permite experimentar y explorar el entorno y modificarlo.

Figura 14

Ejemplo de Realidad Virtual Pasiva para tratar aracnofobia



(<https://cosaspracticas.lasprovincias.es/salud/noticias/201608/03/realidad-virtual-podria-curar-20160803131641.html>)

- **Uso de la Realidad Virtual**

Debido al crecimiento que ha tenido esta tecnología en los últimos años, muchas áreas se han visto beneficiada gracias a la implementación de la Realidad Virtual. La educación es un ámbito donde puede ser aplicada la Realidad Virtual de muchas formas, debido a su capacidad de visualizar los procesos en estudio. Los estudiantes pueden sumergirse en escenarios virtuales mostrando procesos de estudios que de otra forma sería inaccesible. La utilización de modelos virtuales permite obtener un sentido del espacio 3D del que carece cualquier otro sistema de representación gráfica (Ocete et al., 2003).

En la psicología se está empleando para tratar fobias, claustrofobia, trastornos e incluso el miedo a hablar en público mediante técnicas de exposición, sumergiendo al usuario en un ambiente donde tenga que enfrentar su trastorno o fobia. También existen numerosas aplicaciones de la Realidad Virtual para la rehabilitación psíquica y psicomotora (Maldonado, 2002).

En el campo de medicina se usa la Realidad Virtual como entrenamiento de cirugías o procedimiento quirúrgicos que físicamente no sería posible realizar. Por ejemplo, para cirugías del cuerpo humano puede ser usado en un ambiente virtual para enseñar técnicas o practicarlas pudiéndose repetir las veces que sean necesarias (Falah et al., 2014). Realizar un procedimiento quirúrgico en un entorno digital controlado permite la aplicación de habilidades, técnicas o habilidades recién adquiridas (Thomas & Singh, 2021).

La simulación de situaciones es muy común en la Realidad Virtual. El ejército de los Estados Unidos hace uso de la Realidad Virtual para realizar entrenamientos que les permita mejorar sus habilidades respondiendo ante diversas situaciones de combate en un entorno artificial sin arriesgar sus vidas. Esto les permite preparar cadetes bien entrenados en un menor tiempo sin gastar tantos recursos (Jiménez, 2014).

En la industria del entretenimiento la Realidad Virtual se ve en varias aplicaciones como el cine, pero la que más resalta es en videojuegos donde a través de unos cascos o gafas de Realidad Virtual se sumerge en un mundo donde creamos un personaje y nos podemos mover con él y viajar por ese mundo (Jiménez, 2014).

Debido al amplio uso que se le está dando a la Realidad Virtual, ha crecido también la demanda de profesionales que sean capaces de programar en Realidad Virtual. Los lenguajes más populares para trabajar en Realidad Virtual son C#, C/C++, Java, JavaScript, Python.

Para trabajar con Realidad Virtual uno de los motores más conocidos y usados es Unity.

- **Unity**

Unity es un motor de desarrollo de videojuegos diseñado para facilitar el proceso de construcción de estos en sus distintos aspectos, tales como los gráficos, las físicas, las animaciones, entre otras. Tiene buena aceptación por parte de empresas y profesionales debido a las características como: licencia gratuita, multiplataforma (permite crear juegos para Windows, Mac OS, Android, iOS, entre otros), extensible mediante *plugins* y tienda de recursos. (Castro González et al., 2017).

2.2. Antecedentes

Los ACV afectan a los procesos cognitivos menoscabando fuertemente no solo la calidad de vida del paciente sino de sus familiares. Esto ha hecho necesario que se adopten estrategias compensatorias que ayuden a superar las secuelas de estas. Muchos estudios han sugerido que el uso de Tecnología de Asistencia (AT), ayuda cognitiva para respaldar sus procesos cognitivos, podría ser beneficioso (de Joode et al., 2012). La Tecnología de Asistencia puede incluir

dispositivos de movilidad como caminadoras, así como hardware y software. Una definición formal y legal de tecnología de asistencia se publicó por primera vez en la Ley de Asistencia Relacionada con la Tecnología para Personas con Discapacidades de 1988 (The Tech Act) (University of Washington, n.d).

Los métodos tradicionales para la evaluación cognitiva, su rehabilitación suele incluir técnicas de lápiz y papel, tareas de tiempo de reacción motora en respuesta a diversos estímulos de señalización y programas informáticos de pantalla plana. Dentro de un entorno de Realidad Virtual, una persona podría ser probada y capacitada en tareas de atención que incorporen entornos y requisitos de respuesta que podrían simular entornos funcionales del mundo real más allá de lo que existe actualmente. Los entornos funcionales de Realidad Virtual pueden incluir fábricas, oficinas, entornos domésticos y están limitados solo por el conocimiento de lo que es relevante para la evaluación de la persona y las necesidades de rehabilitación (Rizzo & Galen Buckwalter, 1997).

La Realidad Virtual no solo ofrece un mayor control sobre la actividad que el paciente realiza de acuerdo con sus necesidades. Si se usa la plataforma de rehabilitación virtual correcta, también recogerá información clínica durante las sesiones, de forma automática. Esta información le permite al equipo clínico tener una visión global más clara y objetiva de cada paciente. Además, también permite tener una visión compartida entre las distintas áreas de rehabilitación. La capacidad de compartir la información sobre cómo el paciente realiza los ejercicios de rehabilitación, ya sean físicos, cognitivos o de lenguaje con los distintos profesionales de la rehabilitación facilita la comunicación y, por lo tanto, la colaboración, permitiendo así conseguir mejores resultados (Rehametrics, n.d).

Existen informes donde se indican el éxito del entrenamiento de Realidad Virtual en las áreas de: operación de consolas, navegación de edificios, operación de equipos de fabricación, habilidades de procedimiento de entrenamiento para la reparación del telescopio Hubble, conocimiento del terreno militar y procedimientos quirúrgicos. También se puede conjeturar que estas actividades funcionales aprendidas mediante Realidad Virtual utilizarían procesos cognitivos subyacentes, como: la atención, la memoria, las habilidades visuoespaciales y el funcionamiento ejecutivo, que pueden haberse visto afectados positivamente por este modo de entrenamiento (Rizzo & Galen Buckwalter, 1997).

Con el avance y la llegada de nuevas tecnologías, las rehabilitaciones cognitivas han sido beneficiadas, especialmente con el aumento del uso del internet, haciendo posible el desarrollo de técnicas de tele-rehabilitación cognitiva. La tele-rehabilitación hace referencia al uso de los servicios de rehabilitación extrahospitalarios que se apoyan con las tecnologías de la información y la comunicación (Burns, Crislip, Davious, Temkin, Vesmarovich et al., 1998).

Servicios Neuropsicológicos del Caribe (SNC), ubicado en la Ciudad de Cartagena, nace de la necesidad de poder brindar no sólo evaluación, sino también rehabilitación a personas con daño cerebral, estén estos en la infancia o en la edad adulta mayor fundamentalmente. Uno de los muchos equipos de tecnología que usa SNC es NeuronUp, una herramienta web que ofrece miles de actividades diseñada por y para profesionales para tratar con pacientes que presenten daños cognitivos (NeuronUp, 2020).

Aunque este aplicativo sea funcional, se diferencia de la aquí planteada en que NeuronUp no cuenta con inmersión; las actividades planteadas se realizan a través de una pantalla y el paciente puede distraerse de la pantalla con elementos distractores que se encuentren a su alrededor.

Otro de los ejemplos de utilización de Realidad Virtual para la rehabilitación es el centro de rehabilitación neurológica Lescer, pionero en España en el tratamiento del Daño Cerebral Adquirido (Lesceer, n.d).

La Realidad Virtual puede ser aplicada en otros ámbitos psicológicos, como en el proyecto titulado “Uso de la distracción con Realidad Virtual para el manejo de los procedimientos médicos dolorosos” conducido mediante trabajo colaborativo entre la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, Universidad de Barcelona, Universidad Pontificia Bolivariana, Montería y la Fundación Médica Sur, donde se realizó una aplicación de Realidad Virtual para la distracción y reducción del dolor en pacientes quirúrgicos (Cabas Hoyos et al., 2015).

La Realidad Virtual es utilizada en la rehabilitación vestibular. El sistema vestibular se encuentra ubicado en el oído interno humano y es el encargado del equilibrio y control espacial del cuerpo (James Cunningha, 2009). Una lesión vestibular puede influenciar en los sistemas visuales humanos y a través de la rehabilitación se pretende recalibrarlo (Álvarez Otero, 2019). La información que llega originario de los canales sensoriales visuales, vestibular y propioceptivo y la interacción entre estos a nivel del sistema nervioso central da como resultado el equilibrio corporal. De igual manera los modelos de seguimiento de Realidad Virtual, también conocido como *tracking* se basan en la integración de lo que vemos, de nuestra inclinación y del desplazamiento por el espacio. Por lo que para el tratamiento de la lesión vestibular se hace un paralelismo entre estos sistemas de seguimiento y los órganos de los sentidos humanos. El giroscopio sería el sistema vestibular y el acelerómetro electrónico sería el utrículo y el sáculo. Este es un proceso más lúdico para este tipo de terapias y facilita la adherencia al tratamiento. Se necesitan más ensayos clínicos que analicen la eficacia terapéutica de estas tecnologías en relación con la terapia física tradicional (Álvarez Otero, 2019).

Otra aplicación es en el tratamiento de la función motora, donde por medio de la Realidad Virtual se trabaja con pacientes con problemas motores, con el objetivo de mejorar la función motora del miembro superior; aunque también hay otros con objetivo de mejorar el inferior, así como mejorar el equilibrio estático-dinámico (Viñas-Diz & Sobrido-Prieto, 2016).

Una aplicación similar es la que presentó Miller Gómez Mora en su artículo “Aplicación de Realidad virtual en la rehabilitación cognitiva”. En ésta se muestra cómo Miller aborda el problema de la rehabilitación cognitiva a través de un juego de Realidad Virtual para poder reforzar las conexiones que se quieren volver a establecer, para aplicarlo en la estimulación cognitiva en procesos de afecciones neurológicas como los accidentes cerebro vasculares y la enfermedad de Alzheimer (Gómez Mora, 2013).

A diferencia de este proyecto, lo presentado por Miller Gómez es un solo juego con muchos niveles de dificultad. El propuesto en este documento quiere incluir más de una actividad con tiempo incluido para que el terapeuta pueda hacer un seguimiento de acuerdo a su tiempo de reacción.

2.3. Marco Legal

Este proyecto tendrá en cuenta las siguientes normas:

1. **Decreto 1360 de 1989:** este decreto menciona la inscripción del soporte lógico (software) en el Registro Nacional de Derechos de Autor con lo previsto en la Ley 23 de 1982 considerando el software como una creación propia de dominio literario, por lo que se protegerá mediante Derecho de Autor (Presidencia de la República de Colombia, 1989).
2. **Ley 23 de 1982:** esta ley protege las obras de los autores mediante derechos de autor. Esta Ley protege exclusivamente la forma literaria, plástica o sonora, como las ideas del autor

son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas en las obras literarias, científicas y artísticas (Congreso de la República de Colombia, 1982).

3. **Ley 1581 de 2012:** esta ley desarrolla el derecho constitucional que tienen las personas a: conocer, actualizar y rectificar las informaciones que se hayan recogido sobre ellas en base de datos o archivos, así como el derecho a la información (Congreso de la República de Colombia, 2012).

3. Metodología

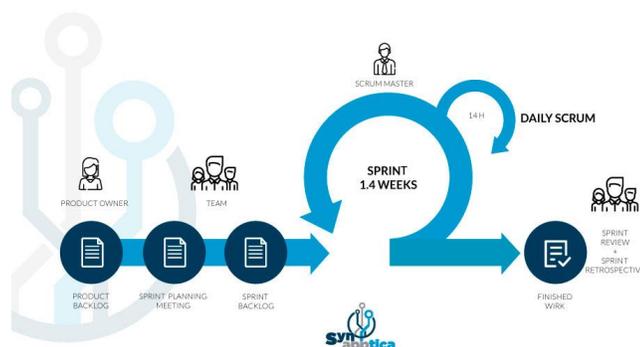
3.1. SCRUM

Es un marco de trabajo para desarrollo ágil por el cual las personas pueden abordar problemas complejos adaptativos y entregar productos del máximo valor posible (Schwaber & Sutherland, 2016).

Scrum al ser una metodología de desarrollo ágil tiene como base la idea de creación de ciclos breves para el desarrollo comúnmente llamados iteraciones, pero en *Scrum* se llaman *Sprint*. Esta metodología suele ser implementada en equipos pequeños en donde cada uno de los integrantes tiene un rol y unas responsabilidades que cumplir (Roche, n.d).

Figura 15

Ciclo de Trabajo de Scrum



Fuente: <https://synapptica.net/metodologia-scrum.html>

3.1.1. Roles es SCRUM

- **Product Owner:** el dueño del producto o *Product Owner* es una única persona que conoce el negocio del cliente y su visión del producto. Es el encargado de registrar las ideas del cliente en unas historias de usuario, priorizarlas, colocarlas en el *Product Backlog* y gestionar este mismo ordenando los elementos para alcanzar los objetivos y misiones de la

mejor manera posible. Al ser el responsable de maximizar el valor del producto debe asegurarse que el equipo de desarrollo entiende los elementos del *Product Backlog* (Schwaber & Sutherland, 2016). El *Product Owner* en este proyecto es José Calderón, el líder del grupo de investigación de necesidades psicosociales y violencia de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué.

- ***Scrum Máster:*** es el encargado de comprobar que el modelo y la metodología funciona y es responsable de asegurar que *Scrum* se entienda y se adopte. Es un líder que está al servicio del Equipo *Scrum* asegurándose de que trabajan ajustándose a la teoría y práctica de *Scrum*. También ayuda al *Product Owner* en sus tareas relacionadas al *Product Backlog* o *Sprint Backlog* para maximizar el valor (Schwaber & Sutherland, 2016). El *Scrum Máster* en este proyecto será el profesor líder del semillero de tecnologías inmersivas de la UAN Cesar Augusto Rodríguez Suárez.
- ***Development Team:*** Es un equipo pequeño de profesionales con autoridad para autoorganizarse y tomar decisiones para conseguir su objetivo. Estos realizan el trabajo para entregar un incremento del producto terminado al final de cada *Sprint*. Es equipo generalmente está conformado entre 3 y 9 personas para permanecer ágil y completar una cantidad de trabajo significativa (Schwaber & Sutherland, 2016). El equipo de desarrolló lo conformaron el estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación Jesús David Montero Corzo y el profesor César Augusto Rodríguez quien se encargó de la base de datos.

3.1.2 ***Eventos en SCRUM***

En *Scrum* existen eventos ya predefinidos para crear regularidad y consistencia, estos eventos son bloques de tiempo con una duración máxima, cuyo propósito es no desperdiciar tiempo

en el proceso. El evento más importante de *Scrum* y que es considerado como el corazón de este mismo es el *Sprint* (Schwaber & Sutherland, 2016).

- ***Sprint***: el *Sprint* es un bloque de tiempo durante el cual el equipo trabaja para hacer un incremento del producto final o producto terminado. El tiempo establecido son de 2 a 4 semanas, es el tiempo más apropiado para que el *stakeholder* no pierda el interés. Durante estos *Sprint* se realizan reuniones diarias de máximo 15 minutos llamadas *Scrum Daily Meeting*, en dónde se comparte información relevante al proyecto y al desarrollo de este y se hacen las adaptaciones necesarias para aumentar la productividad (Gallego, 2012).

Debido a la disponibilidad de los implicados en el equipo de *Scrum*, los *Daily Meeting* se realizaron 2 veces a la semana. Como los *Sprint* son de tiempo limitado hay que conocer muy bien que se va a hacer durante ese *Sprint*. En este proyecto se realizaron 4 *Sprints* con un tiempo de 3 semana para cada *Sprint*.

- ***Sprint Planning***: todo el trabajo que se realizó durante el *Sprint* fue planificado aquí. Este plan se creó mediante el trabajo colaborativo de todo el equipo de *Scrum*. El tiempo establecido para el *Sprint Planning* es de 8 horas para un *Sprint* de 4 semanas. Durante la planificación se respondieron a las preguntas ¿Qué puede entregarse en el Incremento resultante del *Sprint* que comienza? ¿Cómo se conseguirá hacer el trabajo necesario para entregar el Incremento? (Schwaber & Sutherland, 2016). El *Sprint Planning* se realizó el primer día de cada *Sprint*.

3.1.3 *Artefactos de Scrum*

Aquellos elementos que garantizan la transparencia y el registro de la información del proceso de *Scrum* son considerados como artefactos, algunos de estos son:

- **Product Backlog:** es una lista donde se almacenan todas las funcionalidades o requisitos de forma priorizada, estos requisitos son los mismos que tendrá el producto. Esta lista es creada por el *Product Owner* con ayuda del cliente y el *Scrum Máster*. En la lista también se indica en cada requisito el valor que le da el cliente y el coste estimado. Las funcionalidades son almacenadas como historias de usuario. Las historias de usuario son las descripciones de las funcionalidades del software (Gallego, 2012). El *Product Backlog* se realizó en Excel y sus historias de usuario en Word.
- **Sprint Backlog:** es la lista de tareas específicas a realizar durante un *Sprint*, estas tareas son asignadas a diferentes personas con el tiempo para terminarlas dentro del *Sprint*, ese tiempo suele ser entre 4 y 16 horas. Igual que en el producto backlog, las tareas se ordenan por prioridad para el cliente (Gallego, 2012). El *Sprint backlog* se realizó en Excel.
- **Incremento:** es la suma de todos los elementos del *Sprint* backlog que fueron completados durante un *Sprint* y que son perfectamente operativos (Schwaber & Sutherland, 2016). Este incremento fue presentado en formato de Excel, Word, o aplicación de Realidad Virtual dependiendo al *Sprint*.

3.2 Aplicación de la metodología

La aplicación de la metodología se dividió en 4 *Sprint*, cada *Sprint* con una duración de 3 semanas en donde se realizaron las siguientes tareas:

3.2.1. *Sprint 1 – Contextualización e Investigación*

Esta fase completó la realización de las siguientes tareas:

- Reunión con el equipo de investigación
- Levantamiento de Requerimientos

- Establecer tecnología a usar
- Creación de las historias de usuario

Este *Sprint* tuvo como resultado los siguientes productos:

- Product backlog
- Historias de Usuario

3.2.2. *Sprint 2 – Desarrollo del Escenario Virtual y Actividades*

Este *Sprint* contempló la realización de las siguientes tareas:

- Maquetación del escenario virtual
- Desarrollo del escenario virtual
- Realizar pruebas del escenario virtual
- Desarrollo de las primeras actividades

Este *Sprint* tuvo como resultado los siguientes productos:

- El escenario virtual donde se mostrarán las actividades

3.2.3. *Sprint 3 – Implementar actividades*

Este *Sprint* contempló la realización de las siguientes tareas:

- Desarrollo de las actividades
- Conectar las actividades con la base de datos
- Pruebas de las actividades
- Implementar las actividades al escenario virtual.

Este *Sprint* tuvo como resultado los siguientes productos:

- Las actividades funcionando en el escenario virtual

3.2.4. *Sprint 4 – Esquema de Autorización*

Este *Sprint* contempló la realización de las siguientes tareas:

- Crear un escenario virtual para el ingreso de usuario
- Desarrollo del *login* al sistema
- Pruebas al escenario del *login* funcionando
- Pruebas al producto final completo

Este *Sprint* tuvo como resultado el siguiente producto:

- La aplicación funcional

4. Desarrollo del proyecto

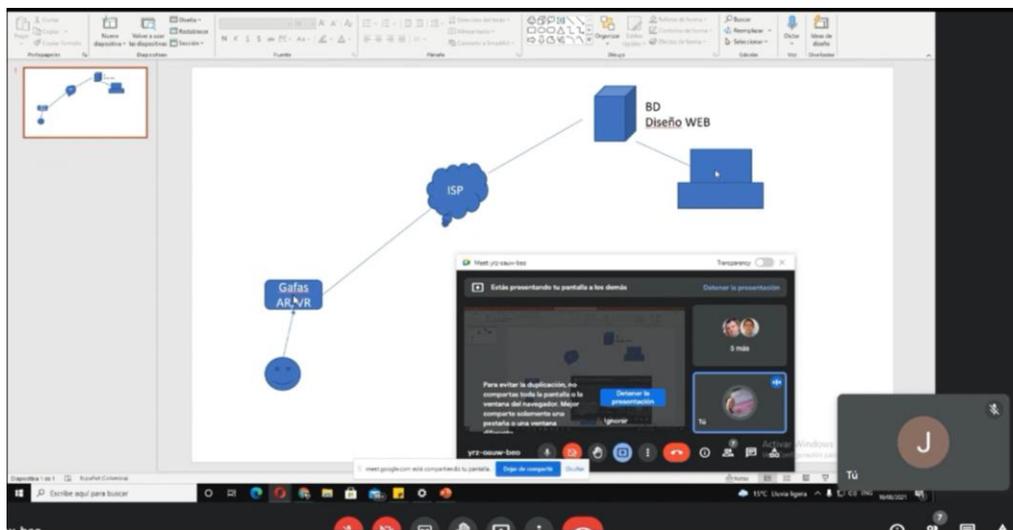
La aplicación está dirigida a personas con daños cognitivos para que realicen las actividades que en esta se encuentran y que el médico terapeuta dé la orden. Fue desarrollada con Unity y C# usando MySQL como base de datos y PHP para conectar la base de datos con la aplicación.

4.1. Sprint 1

Durante el *Sprint 1* se realizaron reuniones periódicas con el grupo de investigación para contextualizar más el proyecto y decidir la estructura de este. Estas reuniones fueron de manera remota como se observa en la Figura 16. También se usaron como parte del levantamiento de requerimientos.

Figura 16

Reunión con el grupo de investigación por Google Meet



Fuente: elaboración propia

Se desarrollaron reuniones con el *Product Owner* para complementar el proceso de levantamiento de requerimientos. Con la información recogida se realizó el *Product Backlog* y las

historias de usuarios correspondientes. Posteriormente, se socializaron estas con el líder del grupo de investigación para que se decidiera si estaba de acuerdo con los requerimientos planteados o si se modificaba algo.

Durante las dos últimas semanas del *Sprint 1* se llevaron a cabo reuniones con el director de proyecto y el grupo de investigación para decidir qué tecnologías se iban a utilizar para el desarrollo de este proyecto. Las tecnologías seleccionadas fueron: MySQL para la base de datos y Unity junto a C# para el desarrollo de la aplicación.

4.1.1. Historias de Usuario

En la Tabla 1 se muestra la historia de usuario para la realización de las actividades.

Tabla 1

Historia de usuario para la realización de actividades

Nº 1	Nombre: Realizar Actividades
Descripción	
Como usuario quiero la opción de realizar las actividades de estimulación cognitiva esto con el fin de llevar a cabo el proceso de rehabilitación del paciente.	
Criterios de Aceptación	
<ul style="list-style-type: none"> • Las actividades de un usuario deben mostrarse en lista o en mosaico para ser elegidas. • Las actividades deben mostrar el nombre y una breve descripción de cómo funciona y para qué sirve. • Las actividades antes de iniciar deben mostrar su objetivo. • Las actividades antes de iniciar deben tener un botón de iniciar. 	

Fuente: Elaboración propia

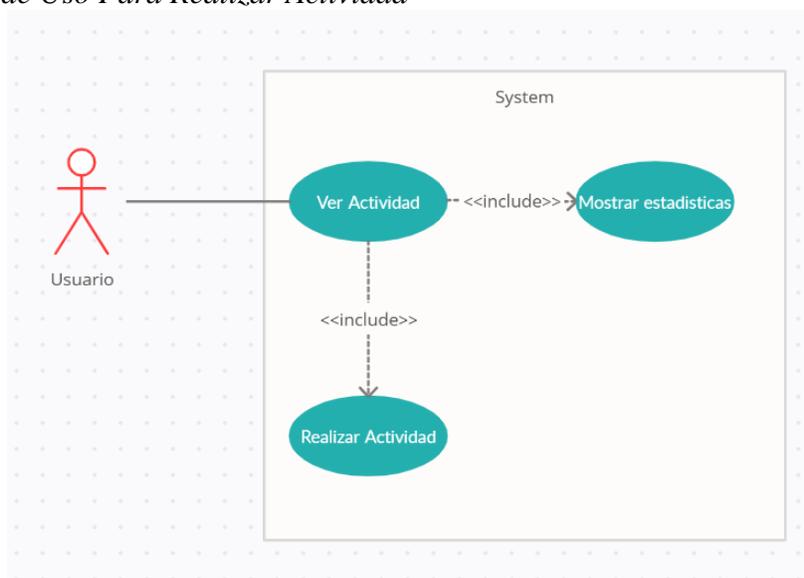
- **Diagramas**

A continuación, se muestran los diagramas que corresponden a la historia de usuario 1 para la realización de actividades.

En la Figura 17 se muestra el diagrama de caso de uso “Realizar Actividades”, donde el usuario selecciona una actividad y la desarrolla.

Figura 17

Diagrama Caso de Uso Para Realizar Actividad

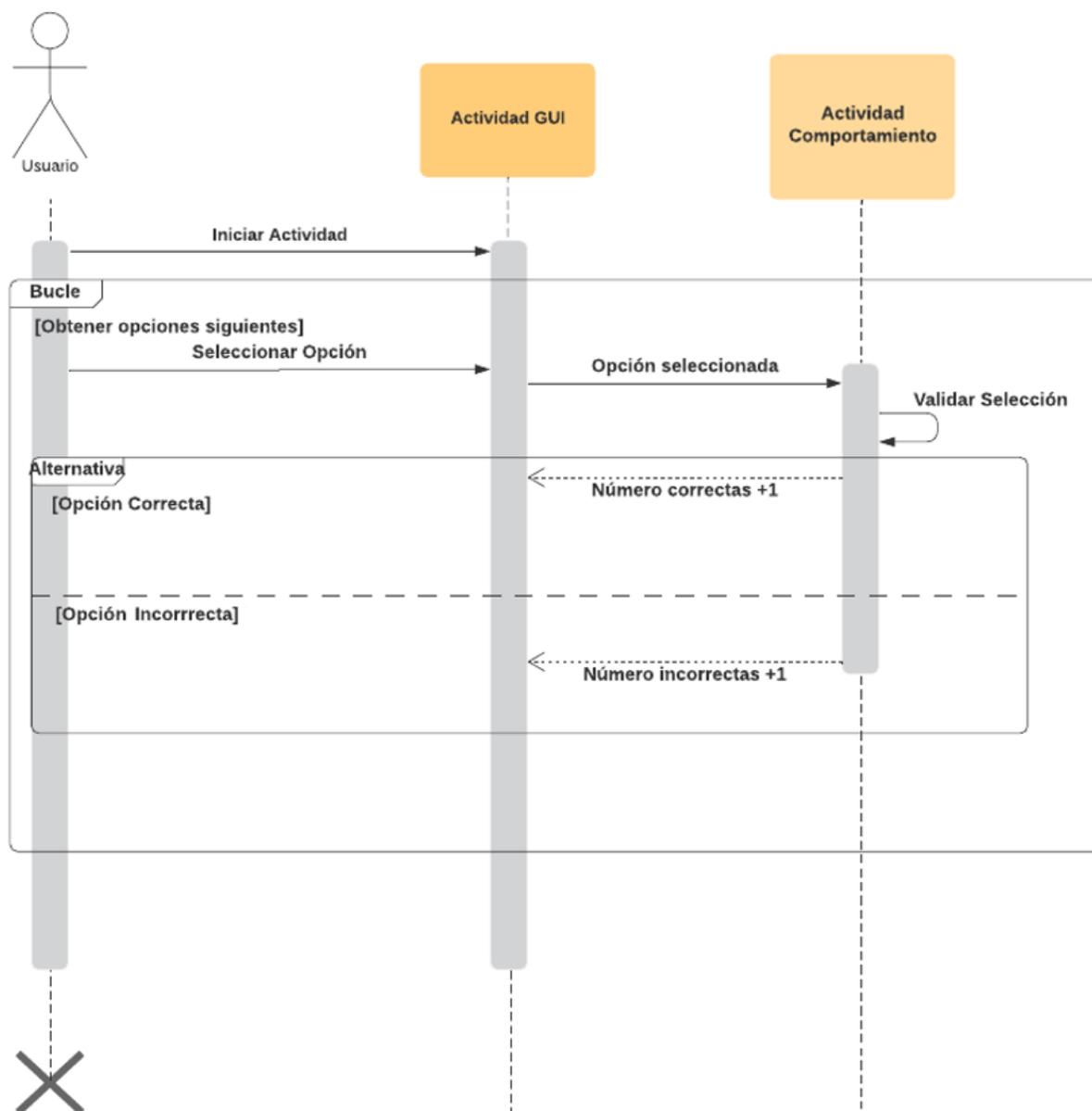


Fuente: elaboración propia

En la Figura 18 se observa el diagrama de secuencias al momento de realizar una actividad, permitiendo visualizar la interacción del usuario con la aplicación cuando se realiza esta.

Figura 18

Diagrama de Secuencia para la Realización de Actividades



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 2 se hace referencia a la historia de usuario “mostrar los resultados”. Los resultados obtenidos son mostrados en pantalla una vez la actividad haya sido finalizada.

Tabla 2*Historia de usuario para la muestra de resultados*

N° 2	Nombre: mostrar resultado
Descripción	
Como usuario quiero la opción de mostrar el resultado de la actividad después de finalizada, esto con el fin de estudiar y determinar el avance del paciente en su recuperación a partir de los datos mostrados.	
Criterios de Aceptación	
<ul style="list-style-type: none"> • Deberá mostrarse la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo empleado. • Número de imágenes • Número de aciertos. • Número de errores. • Debe mostrarse después de terminada la actividad. 	

Fuente: elaboración propia

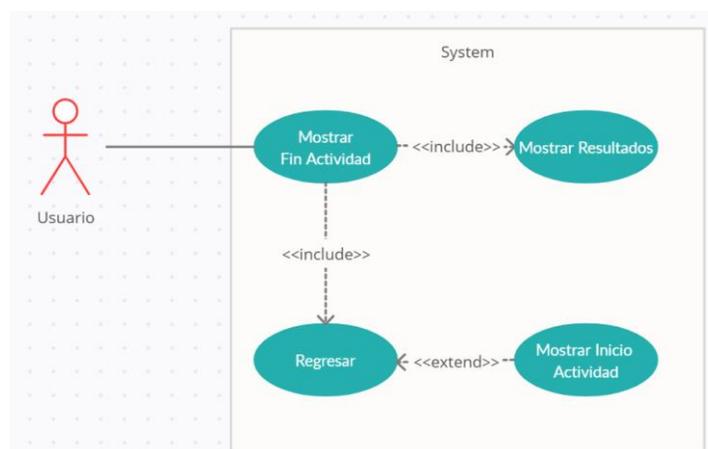
- **Diagramas**

A continuación, se muestran los diagramas que corresponden a la historia de usuario 2 para mostrar los resultados de la actividad.

En la Figura 19 se muestra el diagrama de caso de uso “Mostrar Resultados”, donde al usuario se le presenta su resultado y la opción de regresar.

Figura 19

Caso de Uso Mostrar Resultados

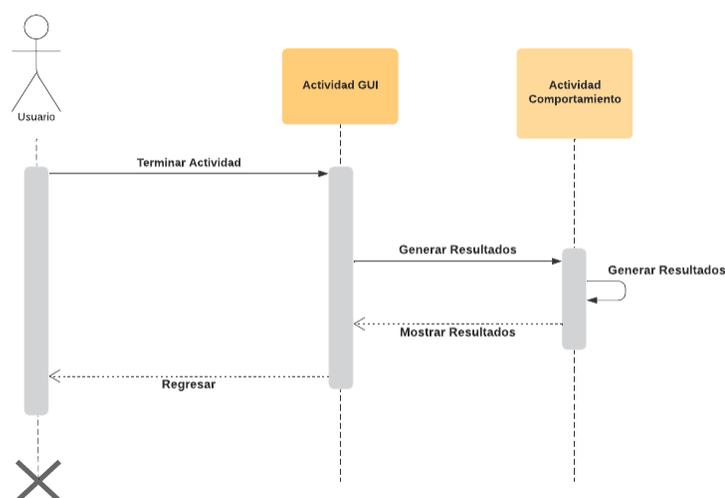


Fuente: elaboración propia

En la Figura 20 se observa el diagrama de secuencias de mostrar resultados permitiendo visualizar la manera en que se presentan los resultados una vez terminada la actividad.

Figura 20

Diagrama de Secuencia Mostrar Resultados



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se muestra la historia de usuario para guardar en la base de datos los resultados una vez termine la actividad.

Tabla 3

Historia de usuario para guardar los datos

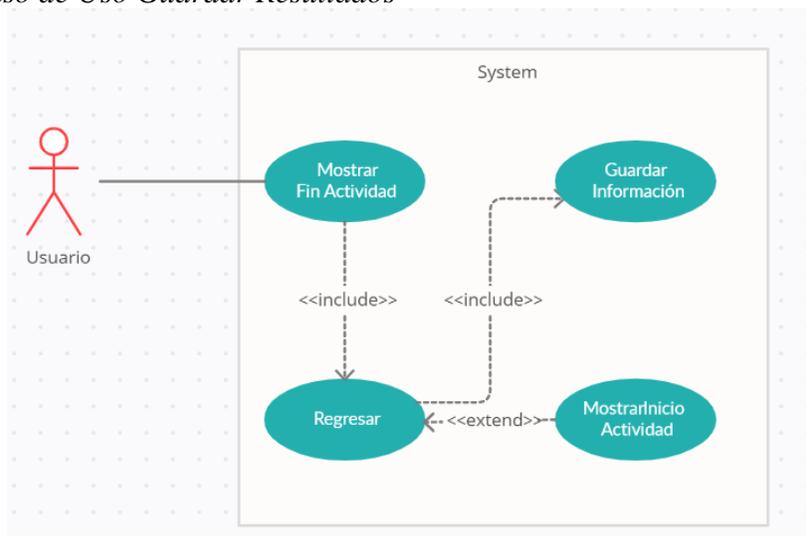
N° 3	Nombre: Guardar Resultado
Descripción	
Como usuario quiero que la información que se obtiene después de realizar la actividad se almacene, esto con el fin de llevar un registro en la evolución del paciente en esa actividad.	
Criterios de Aceptación	
<ul style="list-style-type: none"> • La información que se guardará será: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo empleado. • Número de aciertos. • Número de errores por atención. • Número de errores por tiempo. • Número de imágenes visualizadas. 	

Fuente: elaboración propia

- **Diagramas**

A continuación, se muestran los diagramas que corresponden a la historia de usuario 3 para guardar los resultados de la actividad.

En la Figura 21 se muestra el diagrama de caso de uso “Guardar Resultados”, dónde se guardan los resultados mostrados en la base de datos.

Figura 21*Diagrama de Caso de Uso Guardar Resultados*

Fuente: elaboración propia

La historia de usuario para el ingreso de usuarios se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4*Historia de usuario para el ingreso de usuarios*

Nº 4 **Nombre:** Ingreso de Usuario

Descripción

Como usuario quiero poder ingresar a la aplicación para poder hacer uso de las funcionalidades de esta.

Criterios de Aceptación

- Se deberá llenar los campos usuario y contraseña.
- Si el ingreso del usuario y contraseña son correctos entonces se permitirá el ingreso al sistema.
- Si el ingreso del usuario y contraseña son incorrectos entonces no se permitirá el ingreso al sistema y se mostrará el mensaje “Usuario y/o contraseña no válida”.

Fuente: elaboración propia

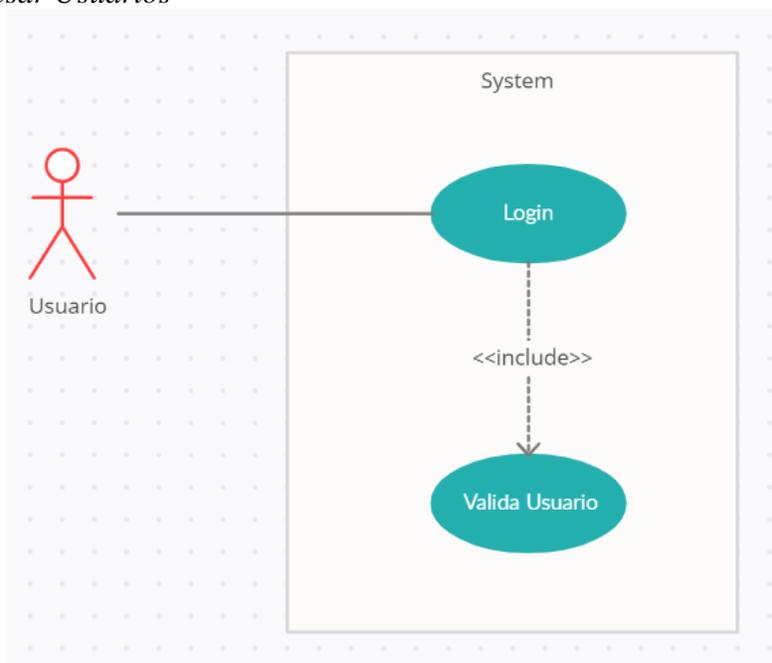
- **Diagramas**

A continuación, se muestran los diagramas que corresponden a la historia de usuario 4 para el ingreso de usuarios.

En la Figura 22 se muestra el diagrama de caso de uso “Ingresar Usuario”; el usuario realiza el ingreso a la aplicación y el sistema se encarga de validar la información que se ingresa. La gestión de usuarios no se realiza en esta aplicación.

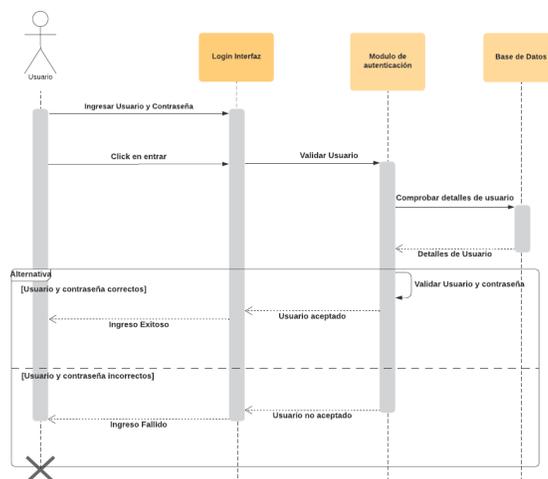
Figura 22

Caso de uso Ingresar Usuarios



Fuente: elaboración propia

En la Figura 23 se puede observar el diagrama de secuencia, permitiendo visualizar la interacción entre los objetos dentro del *login*.

Figura 23*Diagrama de Secuencia del Login*

Fuente: elaboración propia

Otro documento realizado durante el *Sprint* es el *Producto Backlog* donde se listan las funcionalidades por orden de prioridad como se visualiza en la Tabla 5.

Tabla 5*Product Backlog*

Id	Historia de Usuario	Prioridad (1-5)	Estado	Tiempo Estimado (días)	Condición de Aprobación
1	Realizar Actividades	5	Completado	35	Realizar una actividad
2	Mostrar resultado	4	Completado	2	Visualizar tiempo, número de aciertos, número de errores, número de imágenes visualizadas
3	Guardar resultado	4	Completado	7	Guardar en la base de datos con éxito
4	Ingreso de Usuario	3	Completado	2	Poder ingresar al sistema con un usuario creado

Fuente: Elaboración propia

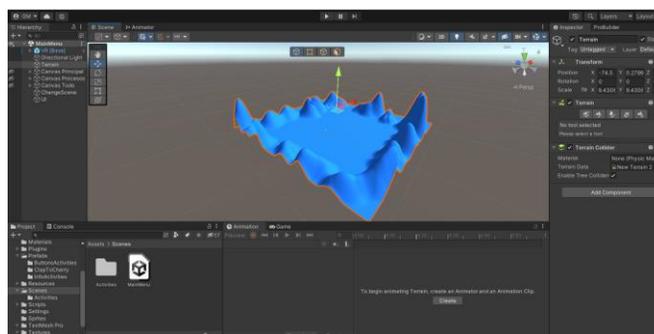
4.2. Sprint 2

Durante el desarrollo del segundo *Sprint* se tomó la información recogida durante las reuniones para desarrollar el escenario virtual. Este debe ser un lugar sin mucha distracción para que haya una mejor concentración del paciente. Para el menú inicialmente se pensó un espacio abierto de un solo color no tan llamativo, y para el desarrollo de las actividades un espacio cerrado de color negro.

Para el desarrollo del escenario virtual se usó Unity. Se hizo un espacio plano unicolor con elevaciones de superficie alrededor para delimitar la zona como se observa en la Figura 24. En esta se observa el menú de la aplicación dónde se puede visualizar y seleccionar las actividades de rehabilitación.

Figura 24

Escenario virtual para el menú de la aplicación en Unity



Fuente: Elaboración propia

Se determinó que la visualización de las actividades podía ser en 2 formas: la primera es mostrar todas las actividades en forma de mosaico, donde se puede pasar de página para ver más actividades y seleccionarlas. La segunda es mostrar en mosaico los procesos cognitivos y dentro de estos encontrar las actividades de rehabilitación que pertenecen a dicho proceso. La Figura 25 muestra la posición de dichos menús.

Figura 25

Menú completamente desplegado



Fuente: Elaboración propia

La Figura 26 muestra como al seleccionar una actividad, la aplicación presenta un panel con el título de la actividad, una descripción y los botones de Empezar y Salir. En total son 11 actividades y 8 procesos cognitivos que se incluyeron en la aplicación.

Figura 26

Información de la actividad ClapToCherry



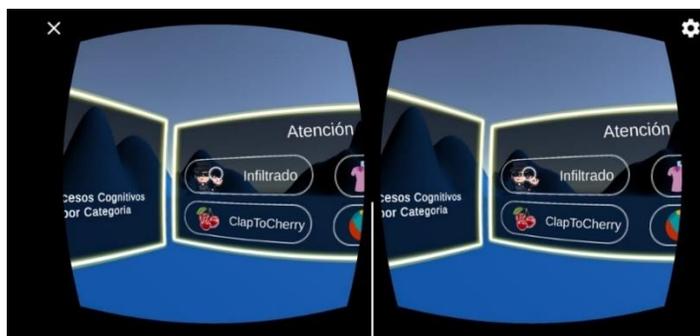
Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del escenario virtual y su respectivo menú en Unity se hicieron durante las tres semanas del *Sprint* de forma paralela con otras actividades. Las pruebas del escenario virtual fueron desarrolladas durante la última semana, como parte de las actividades del *Sprint*.

Para la prueba del escenario virtual se ajustaron las configuraciones del proyecto en Unity para que la aplicación corriera en dispositivos móviles y puedan ser visualizados a través del celular, colocándolo en un dispositivo que se monta en la cabeza y simula unas gafas de Realidad Virtual. El escenario virtual corrió con normalidad en el celular como se muestra en la Figura 27. Cabe destacar que está configurado para correr en dispositivos Android 6.0 o superior.

Figura 27

Menú de actividades visto desde un celular



Fuente: elaboración propia

Con el menú listo se desarrollaron las primeras actividades en la última semana del *Sprint*. La primera actividad desarrollada fue *ClapToCherry* en un escenario virtual diferente al del menú. Para ingresar a ella se puede acceder manteniendo la vista en el botón de empezar la actividad durante tres segundos si no se cuenta con un joystick. Las actividades inicialmente se pusieron con fondo negro para evitar las distracciones al máximo y concentrarse en la actividad como se ve en la Figura 28. Las actividades fueron desarrolladas en C#.

Figura 28

Pantalla de Inicio de la actividad ClapToCherry

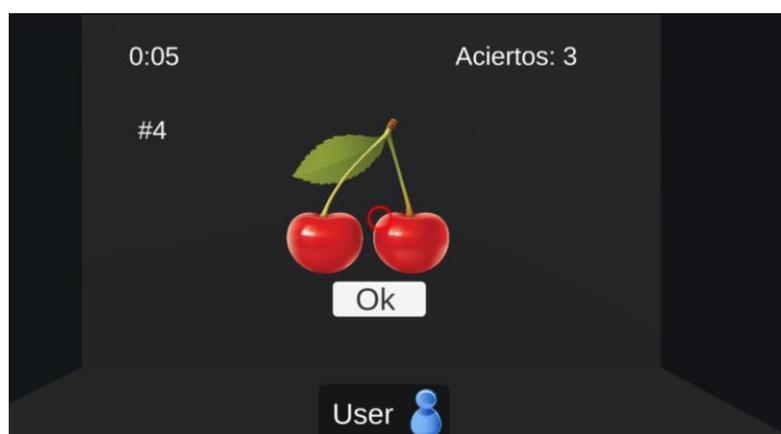


Fuente: Elaboración propia

Durante la ejecución de la actividad se muestra un contador de tiempo y aciertos, los cuales van aumentando a medida se desarrolle dicha actividad. La pantalla de una actividad corriendo se muestra en la Figura 29.

Figura 29

Actividad ClapToCherry en ejecución



Fuente: Elaboración propia

Para la pantalla final de la actividad se muestra una pantalla con información como: tiempo empleado para terminar la actividad, correctas, incorrectas y total de imágenes mostradas. Se puede repetir la actividad si es necesario por medio del botón Regresar, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Pantalla Final de la actividad ClapToCherry



Fuente: elaboración propia

4.3. Sprint 3

Durante el *Sprint 3* se realizó el resto de las actividades de manera similar que *ClapToCherry*. También se conectaron las actividades a la base de datos. Esto con la finalidad de que los resultados obtenidos en una actividad se almacenen en ella y el profesional de rehabilitación pueda mirar los resultados de las actividades que ha realizado el paciente para determinar si existe o no avances en la rehabilitación y así pueda tomar una decisión acorde a su proceso de rehabilitación. La conexión con la base de datos se hizo con PHP.

4.3.1. *Modelo Entidad Relación*

En la Figura 31 se puede observar el modelo Entidad Relación de la base de datos usada que es dónde se hizo el almacenamiento de los datos recogidos por las actividades.

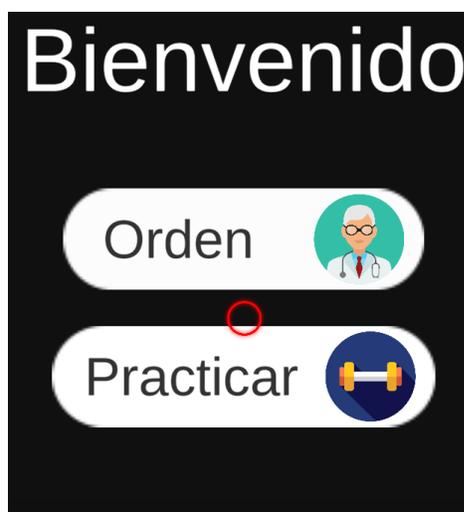
4.4. Sprint 4

Para el *Sprint 4* se hizo el escenario virtual dónde se realiza el ingreso de usuario para realizar las actividades.

Aparte del ingreso de usuario se agregó una pantalla previa dónde se decide si se quiere realizar actividades para practicar o actividades ordenadas por el profesional médico como lo muestra la Figura 33. La diferencia es que en la primera no envía información a la base de datos, solo es de práctica y se puede realizar cualquiera. La segunda si envía la información a la base de datos, además muestra solo las actividades que el médico ha prescrito para el paciente.

Figura 33

Pantalla para decidir entrar con una orden o solo práctica



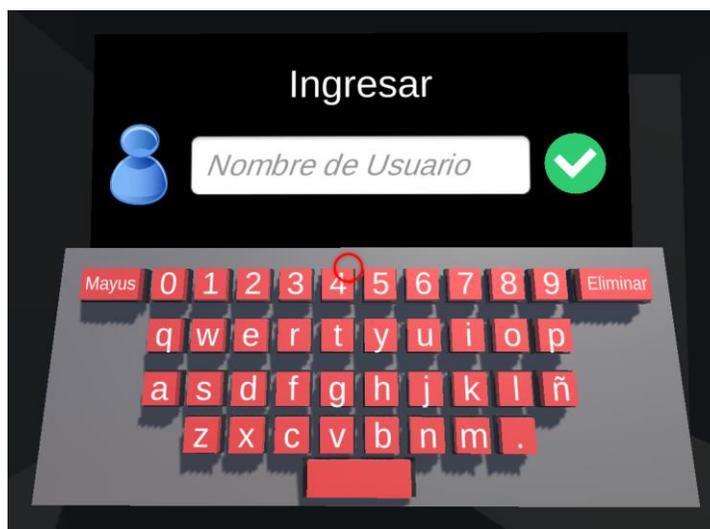
Fuente: elaboración propia

Para ingresar a la opción de actividades enviadas por el médico se deberá realizar el ingreso de usuario respectivo. Para esto, se realizó un teclado virtual que funcionaría usando un joystick con el cual el paciente puede seleccionar las letras. Se deberá ingresar el usuario y la contraseña asignada por el profesional médico como se observa en la Figura 34. Primero se ingresará el usuario

y posteriormente la contraseña. Si el usuario existe se dará acceso a las actividades asignadas por el profesional médico.

Figura 34

Login de Usuario



Fuente: Elaboración propia

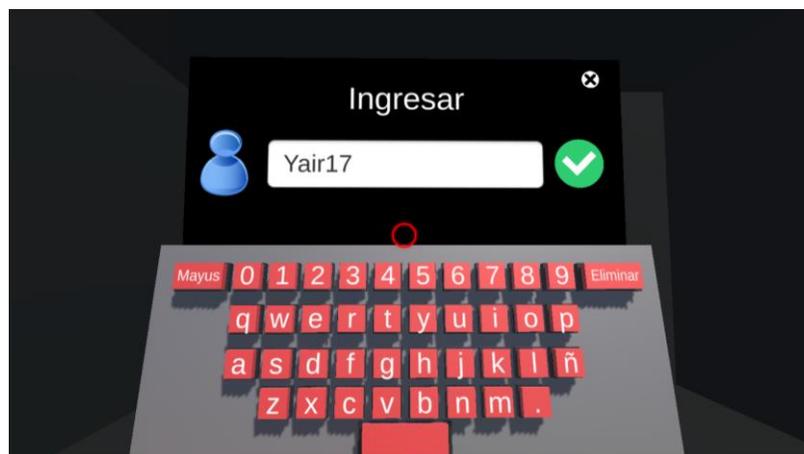
4.4.1. Pruebas Funcionales

Para este proyecto se realizaron pruebas funcionales de ejecución manual ya que estas pruebas permiten que un *téster* simule los pasos que debe seguir el usuario final guiándose por los escenarios plasmados en las historias de usuario.

Para esta prueba se muestra la pantalla de *login*. Con el fin de que la prueba del acceso a la aplicación sea exitosa se usó el usuario “Yair17” y la contraseña “tierraSanta2001” como se muestra en la Figura 35 y 36. Posteriormente se dirige la mirada hacia el símbolo de verificación al lado derecho y se presiona el botón de salto del joystick para validar los datos ingresados.

Figura 35

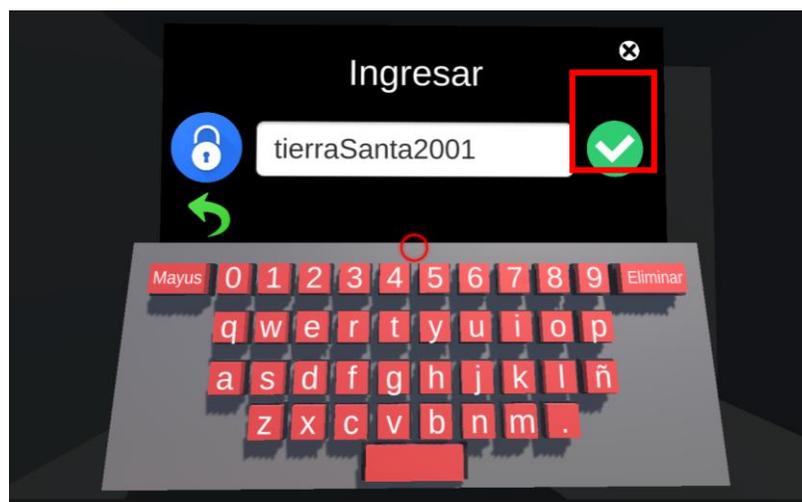
Login con Usuario



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Login con contraseña



Fuente: Elaboración propia

Si el usuario y contraseña es correcto accederá al siguiente escenario virtual con el nombre de usuario accedido como en la Figura 37. Al momento de escribir la contraseña, esta no se muestra en oculto para que al paciente con daño cerebral no se le dificulte escribir su contraseña.

Figura 37

Menú con usuario en uso

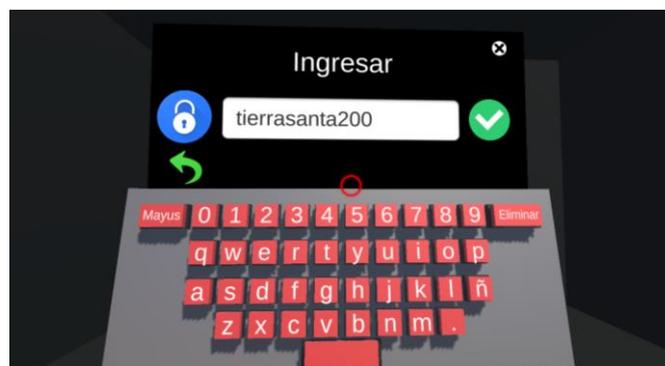


Fuente: Elaboración propia

En caso de que la contraseña o el usuario sea incorrecto se muestra un mensaje de “Usuario y/o contraseña incorrecta” como se muestra en la Figura 38 y 39.

Figura 38

Login con Contraseña Incorrecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

Mensaje de Usuario y/o Contraseña Incorrecta



Fuente: Elaboración propia

5. Resultados Obtenidos

5.1. Procesos y herramientas

Se decidió que el mejor proceso para el desarrollo de la aplicación es por medio de la metodología Scrum, al ser un proyecto donde el equipo de trabajo era pequeño y no estaban bien definidos los requerimientos, se podrían ir cambiando en el transcurso del proyecto. Con esta metodología se pudo avanzar rápidamente en el desarrollo de la aplicación.

La herramienta escogida fue Unity debido a que es fácil e intuitiva de utilizar al momento de crear y realizar ajustes de objetos y escenarios virtuales. Para la elaboración de diagramas UML las herramientas online Lucidchart y Creately mostraron ser eficientes e intuitivas al momento de crear estos diagramas. Para las tablas y documentación en general se utilizó Word y Excel debido a que ya había conocimientos para manejar estas herramientas.

5.2. Aplicación

- Se crearon y desplegaron los escenarios virtuales que contendría la aplicación para el menú, *login*, pantalla inicial y actividades usando Unity.
- Las actividades fueron desarrolladas en Unity y C#, implementadas en el escenario virtual y probadas verificando su correcta funcionalidad. Los procesos cognitivos que se abarcaron con dichas actividades fueron: inhibición, atención, velocidad de procesamiento, lenguaje, retención, cálculo numérico, memoria y toma de decisiones.
- Las actividades implementadas fueron colocadas con tiempo límite o con tiempo indefinido dependiendo de qué actividad se realice. Para algunas actividades que incluyen imágenes se estableció también un límite de imágenes a mostrar antes de que acaben.

- Se implementó un componente para la visualización de las actividades, y otro para la realización de estas actividades en escenarios virtuales separados para diferenciar un componente de otro.
- Se implementó un componente para visualizar los resultados de las actividades y de esta manera tener un registro de su progreso en el proceso de rehabilitación.

6. Conclusiones y recomendaciones

- Los entornos virtuales que ofrece la Realidad Virtual pueden proporcionar diversas ventajas en el campo del aprendizaje y su aplicabilidad clínica se ha visto en aumento en los últimos años a tal punto de que es usada en tratamientos psicológicos. Esto hace que la Realidad Virtual se convierta en una valiosa herramienta de estudio.
- La Realidad Virtual en los tratamientos de daños cerebrales puede ser útil, debido a que le brinda al paciente una concentración mayor que la que tendría en otros métodos tradicionales, esto debido a la inmersión que se ofrece.
- Los procesos cognitivos atrofiados necesitan un proceso de rehabilitación largo para volverlos a la normalidad, realizar actividades para fortalecer estos procesos cognitivos hace parte de la rehabilitación. El hecho de realizar una actividad de estas no determina que el paciente haya recuperado sus procesos cognitivos o se haya curado el daño cerebral.
- Al momento de desarrollar en Realidad Virtual hay que tener en cuenta el uso de los colores, ya que la gama e intensidad de colores puede afectar la concentración del paciente, también la mala elección de colores puede hacer que la aplicación se vuelva molesta para la vista.
- El desarrollo de este proyecto fue de gran aporte para mi carrera ya que me permitió adquirir conocimientos en el lenguaje de programación C# y el manejo de Unity para la construcción de aplicaciones de Realidad Virtual y aplicaciones 3D.
- El presente proyecto se realizó usando el color negro como fondo de las actividades, pero se puede utilizar gamas de colores diferente al negro que puedan ser más beneficiosos para los procesos cognitivos del paciente.

- Para el buen uso de la aplicación se debe usar el visor de realidad virtual y el joystick para escoger opciones dentro de esta.

7. Bibliografía

- Alessandro, L., Olmos, L. E., Bonamico, L., Muzio, D. M., Ahumada, M. H., Russo, M. J., Allegri, R. F., Gianella, M. G., Campora, H., Delorme, R., Vescovo, M. E., Lado, V., Mastroberti, L. R., Butus, A., Galluzzi, H. D., Décima, G., & Ameriso, S. F. (2020). *REHABILITACIÓN MULTIDISCIPLINARIA PARA PACIENTES ADULTOS CON ACCIDENTE CEREBROVASCULAR*.
- Álvarez Otero, R. (2019). Revisión sobre la aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación vestibular. *Revista ORL*, *11*(1), 97. <https://doi.org/10.14201/orl.21215>
- Artero, L. A., Bayés, I., Fátima, M., Beltran, G., Giné, A., Carlos Nuez Hernández, R., & Torrea Araiz, I. (2015). *Cuaderno de ejercicios de estimulación cognitiva para reforzar la memoria*.
- Botella, C., Garcia-Palacios, A., Baños, R. M., & Quero, S. (2007). *Realidad virtual y tratamientos psicológicos A mindfulness-based intervention in patients with intestinal inflammatory disease View project ICare-Integrating Technology into Mental Health Care in Europe View project*.
- Cabas Hoyos, K., Cárdenas López, G., Gutiérrez Maldonado, J., & Torres Villalobos, G. (2015). *Uso clínico de la realidad virtual para la distracción y reducción del dolor post-operatorio en pacientes adultos*.
- Calderón-Chagualá, J. A., Montilla-García, M., Gómez, M., Ospina-Viña, J. E., Triana-Martínez, J. C., & Vargas-Martínez, L. C. (2022). Rehabilitación neuropsicológica en daño cerebral: uso de herramientas tradicionales y realidad virtual. *Revista Mexicana de Neurociencia*, *20*(1). <https://doi.org/10.24875/rmn.m22000089>

- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- colaboradores de Wikipedia. (2021, 30 noviembre). Tecnología inmersiva. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_inmersiva
- de Joode, E. A., van Boxtel, M. P. J., Verhey, F. R., & van Heugten, C. M. (2012). Use of assistive technology in cognitive rehabilitation: Exploratory studies of the opinions and expectations of healthcare professionals and potential users. *Brain Injury*, 26(10), 1257–1266. <https://doi.org/10.3109/02699052.2012.667590>
- de la Horra Villacé, G. I. (2017). *Realidad Aumentada, una revolución educativa*.
- Domínguez Díaz, A., Navarro Pulido, F., & Castro González, J. (2017). Unity 2017.X. Paracuellos de Jarama, Madrid: Ra-Ma.
- Domínguez Mejías, S., & López-Espuela, F. (2017). Calidad de vida y sobrecarga del cuidador de personas con Daño Cerebral Adquirido. Una revisión sistemática. *Archives of Nursing Research*, 1(2), 99. <https://doi.org/10.24253/anr.1.99>
- Falah, J., Khan, S., Alfalah, T., Alfalah, S. F. M., Chan, W., Harrison, D. K., & Charissis, V. (2014). Virtual Reality medical training system for anatomy education. *Proceedings of 2014 Science and Information Conference, SAI 2014*, 752–758. <https://doi.org/10.1109/SAI.2014.6918271>
- Fuenmayor, G., Villasmil, Y., & Gregario Henández, U. J. (2008). *La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual*.

- Gómez Mora, M. (2013). *Aplicación de realidad virtual en la rehabilitación cognitiva*.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/vinculos/article/view/4682/6397>
- Groome, D., & Dewart, H. (1999). *An Introduction to Cognitive Psychology*.
- Jiménez, R. (2014). *Realidad Virtual, su Presente y Futuro*.
- Jorge, D., Otero, L., & Scheitler, L. F. (2001). Rehabilitación de los trastornos cognitivos. In *Rev Med Uruguay* (Vol. 17).
- Levis, D. (2006). *¿Qué es la realidad virtual?*
- Maldonado, J. G. (2002). *Aplicaciones de la realidad virtual en psicología clínica* (Vol. 4, Issue 2). <http://www.ub.edu/personal/jgutierrez/realidadvirtual.pdf>
- Mandeep, H., Er. Gagandeep, A., & Shelja, B. (2012). *Immersive Technology – Uses, challenges and opportunities*.
- Mateer, C. A. (2003). *Avances en Psicología Clínica Latinoamericana* (Vol. 21).
- *Medlineplus*. (s. f.). Accidente cerebrovascular.
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000726.htm>
- *MedlinePlus*. (2021). Rehabilitación.
<https://medlineplus.gov/spanish/rehabilitation.html#:~:text=La%20rehabilitaci%C3%B3n%20es%20el%20cuidado,secundario%20de%20un%20tratamiento%20m%C3%A9dico>.
- Moyano, Á. (2010). *El accidente cerebrovascular desde la mirada del rehabilitador*.
- Ocete, G. V., Antonio, J., Carrillo, O., Ángeles, M., & González, B. (2003). *La realidad virtual y sus posibilidades didácticas*.
<http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/index.htm>

- Oh, C., Herrera, F., & Bailenson, J. (2019). The Effects of Immersion and Real-World Distractions on Virtual Social Interactions. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(6), 365–372. <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0404>
- Pérez Martínez, F. J. (2011). *Presente y Futuro de la Realidad Virtual*.
- Qué es el DCA. (s. f.). Rehabilitación Neurológica Lescer. <https://www.centrolescer.org/el-dano-cerebral-adquirido/que-es-el-dca/>
- Ríos-Lago, M., Benito-León, J., & Paúl, N. (n.d.). *Neuropsicología del daño cerebral adquirido Primary Care View project OCD and Gamma Knife View project*. <https://www.researchgate.net/publication/276420314>
- Rizzo, A. A., & Galen Buckwalter, J. (1997). Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: The state of the art. *Studies in Health Technology and Informatics*, 44, 123–145. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-888-5-123>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2016). La guía de Scrum.
- Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- Thomas, D. J., & Singh, D. (2021). Letter to the editor: Virtual reality in surgical training. In *International Journal of Surgery* (Vol. 89). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021.105935>
- Velázquez, S. (2017). *Accidente Cerebrovascular*.
- *Virtual reality for better diagnosis of mental disorders*. (2018). CORDIS | European Commission. <https://cordis.europa.eu/article/id/124021-virtual-reality-for-better-diagnosis-of-mental-disorders>

- Viñas-Diz, S., & Sobrido-Prieto, M. (2016). Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: Revisión sistemática. In *Neurología* (Vol. 31, Issue 4, pp. 255–277). Spanish Society of Neurology. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2015.06.012>