

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

Proyecto Final de Carrera [16.30]

---

**Diseño de aplicativo mobile para la  
mejora y/o recuperación de las  
capacidades cognitivas**

---

*Tutor*

Bioing. Rohleder, Matías

*Alumno*

Gil Garbagnoli, Francisco

*Colaborador*

Dr. Arizaga, Raúl

4 de junio de 2021



# Índice

<b>1. Resumen</b>	<b>4</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>5</b>
2.1. Objetivos . . . . .	5
2.2. Motivación . . . . .	6
2.3. Enfermedades neurocognitivas . . . . .	6
2.3.1. Alzheimer . . . . .	7
2.3.2. Parkinson . . . . .	8
2.3.3. Ictus . . . . .	10
2.4. Abordaje del problema . . . . .	12
<b>3. Planificación</b>	<b>14</b>
3.1. Identificación de Necesidad . . . . .	14
3.2. Prospectiva y Oportunidad . . . . .	15
3.3. Capacidades Básicas Requeridas . . . . .	16
<b>4. Requerimientos</b>	<b>17</b>
4.1. Requerimientos para el diseño y desarrollo de la aplicación . . . . .	17
4.2. Requerimientos para el almacenamiento y manejo de datos . . . . .	18
<b>5. Dominios Cognitivos</b>	<b>22</b>
5.1. Memoria . . . . .	23
5.2. Deducción (Razonamiento Deductivo) . . . . .	23
5.3. Lenguaje . . . . .	24
5.4. Agilidad mental (Velocidad de procesamiento) . . . . .	25
5.5. Coordinación Motora (Motricidad Fina) . . . . .	25
5.6. Atención . . . . .	26
5.7. Pensamiento lateral . . . . .	26
5.8. Orientación Visuoespacial . . . . .	27
5.9. Emoción . . . . .	27

<b>6. Juegos y Métricas</b>	<b>29</b>
6.1. Juegos . . . . .	29
6.1.1. Pensamiento lateral . . . . .	29
6.1.2. Emoción . . . . .	30
6.1.3. Lenguaje . . . . .	32
6.1.4. Memoria . . . . .	33
6.1.5. Atención . . . . .	36
6.1.6. Deducción (Razonamiento Deductivo) . . . . .	37
6.1.7. Coordinación motora (Motricidad Fina) . . . . .	39
6.1.8. Orientación visuoespacial . . . . .	40
6.2. Cuantificación de Métricas . . . . .	42
6.3. Puntuación de Dominios . . . . .	43
<b>7. Diseño</b>	<b>45</b>
7.1. Diseño de Funcionamiento . . . . .	45
7.2. Diseño de App . . . . .	46
7.3. Accesibilidad . . . . .	46
7.4. Interfaz de Usuarios . . . . .	49
7.5. Interfaz de Profesionales de la Salud . . . . .	55
7.6. Sistema de notificaciones . . . . .	59
7.6.1. Notificaciones para los pacientes . . . . .	60
7.6.2. Notificaciones para lo médicos . . . . .	60
<b>8. Mockups</b>	<b>61</b>
8.1. Encuentra el camino . . . . .	61
8.2. Une los puntos . . . . .	62
8.3. Verdadero o Falso . . . . .	62
8.4. Son risas . . . . .	63
8.5. Describe la imagen . . . . .	64
8.6. Ordenalos . . . . .	65
8.7. Encuentra el diferente . . . . .	65

8.8. Rellena el Plato . . . . .	66
<b>9. Resultados</b>	<b>67</b>
<b>10. Comentarios finales</b>	<b>69</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>71</b>
<b>12. Anexo</b>	<b>76</b>

# 1. Resumen

Las tecnologías de telefonía móvil han crecido muchísimo en los últimos 20 años. Con el crecimiento de las funcionalidades y el abaratamiento de la producción, el teléfono móvil empezó a ser una herramienta de uso diario y fácil acceso por gran parte de la población mundial. Sin embargo, la medicina, ya sea por desconocimiento u otros factores, no suele aprovechar todas las ventajas de estos avances tecnológicos como sería deseable. Por lo tanto, la bioingeniería debe encontrar el nexo para poder aplicar de mejor manera esta tecnología.

Este proyecto diseña una forma de aprovechar la tecnología móvil en la rama de la ingeniería de la rehabilitación/estimulación. Un paciente es más propenso a adherirse a un tratamiento si este lo estimula de cierta manera, en este caso se optó por la vertiente lúdica. Mediante un celular o tablet, se podrán acceder a una aplicación con distintos juegos que le sirvan al médico para estimular al paciente a realizar ciertas acciones acordes a los déficits producidos por su afección. Al mismo tiempo que la repetición de estos juegos ayudan al paciente a mejorar su condición, el médico podrá medir la mejora o deterioro del paciente. El acceso a estas actividades no será exclusivamente en el centro de salud, sino que el paciente podrá acceder al programa de rehabilitación, elegido por su médico a cargo, en su dispositivo móvil desde cualquier lado y con frecuencia diaria. El médico podrá acceder a la información de sus pacientes en forma remota, ya sea desde una computadora o un dispositivo móvil. De esta manera, al médico le llegarán alertas cuando un paciente haya completado su entrenamiento diario o cuando no lo realice. Esto disminuirá la cantidad de visitas al centro médico, lo que incrementa la adherencia al tratamiento y a la realización de ejercicios, además de promover la no circulación del paciente, dado el contexto de pandemia mundial.

Para poder encontrar un “Gold-Standard” para puntuar el resultado de los pacientes en cada juego se diseñó un sistema de métricas. El sistema de métricas requiere testing en individuos normales de diferentes franjas etarias y niveles de educación formal. Para lograrlo se diseñaron “Mockups” o montajes de varios juegos. En los resultados se puede ver como estos factores (etarios y educacionales) afectan la puntuación alcanzada en los montajes.

## 2. Introducción

### 2.1. Objetivos

El objetivo del proyecto fue el diseño de una aplicación mobile para su utilización en tratamientos de rehabilitación/estimulación enfocada en pacientes con discapacidades cognitivas y/o motoras. La aplicación contempló un diseño universal que tuvo como eje principal a la accesibilidad de la *app* y que los pacientes tengan una experiencia de usuario positiva. Además, se consideraron distintos dominios cognitivos que el paciente puede estimular lúdicamente, así como un sistema de scoring donde, el profesional a cargo puede analizar el progreso del paciente. Por otro lado, se contemplaron las especificaciones técnicas a tener en cuenta para la implementación de la aplicación.

Así mismo, se realizaron “Mockups” de los juegos diseñados para los pacientes, que fueron validados por el Dr. Raúl Arizaga y luego testeados por voluntarios sin pérdidas en sus capacidades cognitivas.

## 2.2. Motivación

*“We become what we behold. We shape our tools and then our tools shape us”*

Father John Culkin. 1967

Actualmente, el mundo está desarrollando cada día más herramientas, donde cada una de estas abre una infinidad de posibilidades a su alrededor para trabajar y mejorar el ambiente y la sociedad de la cual somos partícipes. Con la llegada de las aplicaciones mobile, cambió el paradigma de la cantidad de cosas que cada uno puede hacer y que están al alcance de su mano, como puede ser trabajar, jugar, conectarse con gente, informarse, aprender nuevos idiomas o mejorar distintas habilidades propias; la diversidad de oportunidades es enorme. Además, las aplicaciones permiten realizar estas diversas actividades de una manera fácil y cómoda para la población general. Por esto, los dispositivos móviles están tomando cada vez más relevancia en los campos del aprendizaje, el trabajo, la rehabilitación y la mejora de las distintas capacidades de las personas. Es decir, las herramientas que creamos nos están impulsando a crecer como sociedad y en distintas características como individuos.

Pero, a pesar del gran impacto que estas aplicaciones tienen en una gran mayoría de la población, todavía hay varios segmentos de la sociedad que no pueden hacer uso de ellos o disfrutar de sus beneficios, dado que encuentran dificultades para su uso o estas no están diseñadas o preparadas para este tipo de usuarios. Tal es el caso de las aplicaciones que buscan mejorar las habilidades cognitivas de los usuarios, las cuales están enfocadas en el consumidor promedio, haciendo compleja su utilización por parte de posibles usuarios que las necesiten para realizar algún tipo de rehabilitación o terapia cognitiva para poder aumentar sus capacidades.

Por esta razón, la motivación de este proyecto es poder diseñar una herramienta puntual, como una aplicación mobile, que pueda ayudar a mejorar la funcionalidad y autonomía en la vida de las personas que la necesitan.

## 2.3. Enfermedades neurocognitivas

Según el DSM V[1], los trastornos neurocognitivos son aquellos que afectan a las funciones neurocognitivas, principalmente, la memoria, la percepción y la resolución de problemas.

Muchos de estos trastornos generalmente se deben a enfermedades neurodegenerativas, que atacan a las neuronas, y como estas no se regeneran, cuando son lesionadas o mueren, el cuerpo progresivamente pierde capacidades. Cuando los trastornos comienzan producen deterioro cognitivo que, por lo general, es progresivo. Cuando ese deterioro afecta la funcionalidad y la autonomía del paciente se denomina demencia. La enfermedad de Alzheimer es la más frecuente causa de demencia (70% de los casos).

Existen un gran número de trastornos y enfermedades que entran dentro de esta categoría de afecciones, pero el proyecto se enfocará en 3 de las más importantes debido al número de personas que las padecen mundialmente. Estas son: el Alzheimer, el Parkinson y los Ictus o Accidentes Cerebrovasculares.

### **2.3.1. Alzheimer**

Como fue mencionado anteriormente, el Alzheimer es la forma de demencia más prevalente en el mundo, representando alrededor el 70% [2] de los casos totales. Esta es una enfermedad neurodegenerativa, que, hasta el momento, no tiene cura, sino que existen medicamentos o fármacos que ayudan a retrasar el desarrollo de la enfermedad, además de distintas terapias físicas o ejercicios que tienen la misma finalidad.

La patogenia inicial de la enfermedad de Alzheimer no está aún dilucidada, pero en esencia se observan alteraciones de las proteínas cerebrales que se depositan en el cerebro y desencadenan una serie de eventos tóxicos. Las neuronas están dañadas, pierden conexiones entre sí y, con el tiempo, mueren.

El daño comienza con mayor frecuencia en la región del cerebro que controla la memoria, pero el proceso comienza años antes de que aparezcan los primeros síntomas. La pérdida de neuronas se disemina en un patrón algo predecible a otras regiones del cerebro. En la última etapa de la enfermedad, el cerebro se ha reducido significativamente.

Los investigadores se centran en la incidencia de dos proteínas que forman estructuras particulares [2]:

- Placas: La proteína beta-amiloide es un fragmento residual de 42 aminoácidos de una proteína más grande. Cuando estos fragmentos se agrupan, parecen tener un efecto

tóxico en las neuronas y alterar la comunicación entre las células. Estos grupos forman depósitos más grandes denominados placas amiloides, las cuales también incluyen otros desechos celulares.

- **Ovillos:** Las proteínas tau tienen incidencia en el soporte interno y el sistema de transporte de una neurona para llevar nutrientes y otros materiales esenciales. En la enfermedad de Alzheimer, las proteínas tau cambian de forma y se organizan en estructuras denominadas ovillos neurofibrilares. Los ovillos interrumpen el sistema de transporte y son tóxicos para las células generando la posterior muerte de las neuronas. Distintas investigaciones científicas sugieren que las placas amiloides y la proteína beta-amiloide son precursores de la proteína tau y de la formación de los ovillos.

En cuanto a los síntomas, en un principio, surgen pequeñas e imperceptibles pérdidas de memoria, pero con el paso del tiempo esta deficiencia se hace cada vez más notoria e incapacitante para el afectado, que tendrá problemas para realizar tareas cotidianas y simples, y también, otras más intelectuales, tales como hablar, comprender, leer o escribir. La enfermedad de Alzheimer afecta a la memoria en sus diferentes tipos. Dentro de los deterioros sufridos se pueden mencionar la pérdida de memoria a corto y largo plazo, alteración en la capacidad de razonamiento, afasia, ataxia, desorientación espacial, entre otros.

Por otro lado, la enfermedad se puede dividir en 3 etapas, inicial, media y final[3], diferenciándose por la magnitud de la pérdida de funcionalidades de la persona y la necesidad del paciente de tener asistencia para su vida diaria, yendo de menor a mayor en gravedad.

### **2.3.2. Parkinson**

En la enfermedad de Parkinson, descrita por primera vez en 1817, algunas células nerviosas en el cerebro se descomponen o mueren progresivamente. Muchos de los síntomas obedecen a una pérdida de las neuronas que producen dopamina, un neurotransmisor y una neuro-hormona producida en distintos lugares del sistema nervioso, particularmente en la sustancia negra y el hipotálamo. Cuando los niveles de dopamina disminuyen, a partir de la degeneración y muerte de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra, esto causa una actividad cerebral anormal, lo que lleva a un deterioro del movimiento y otros síntomas de

la enfermedad de Parkinson.

Los síntomas de la enfermedad de Parkinson comienzan progresivamente, incluso los primeros signos pueden ser leves y pasar desapercibidos. El síntoma más común son los temblores. Otros síntomas comunes asociados a esta enfermedad son la lentitud de los movimientos, rigidez muscular, alteración de la postura y el equilibrio, pérdida de los movimientos automáticos, cambio en el habla y cambios en la estructura. También existen subtipos de la enfermedad donde se manifiestan trastornos del estado de ánimo como la depresión, ansiedad y la apatía. La transición del deterioro de la enfermedad a la discapacidad ocurre generalmente entre tres y siete años después del inicio[4].

Se desconoce la causa de la enfermedad de Parkinson, pero varios factores parecen influir, como los siguientes:

- Genes. Los investigadores han identificado mutaciones genéticas específicas que pueden causar enfermedad de Parkinson. Sin embargo, estas son poco comunes, salvo algunos casos en que muchos miembros de la familia tienen enfermedad de Parkinson. Estas variaciones genéticas parecen aumentar el riesgo de tener la enfermedad cuando se encuentran en conjunto en una misma persona, pero el riesgo es significativamente menor cuando se tiene uno de estos marcadores genéticos por sí solo.
- Desencadenantes ambientales. La exposición a ciertas toxinas o factores ambientales puede aumentar el riesgo de tener la enfermedad de Parkinson en el futuro, pero el riesgo es relativamente menor.

Los investigadores también han observado que se producen muchos cambios en el cerebro de las personas con la enfermedad de Parkinson, aunque no resulta claro por qué ocurren estos cambios. Entre estos cambios se incluyen los siguientes:

- La presencia de cuerpos de Lewy. Las masas de sustancias específicas dentro de las neuronas cerebrales son marcadores microscópicos de la enfermedad de Parkinson. Estas masas se llaman cuerpos de Lewy, y los investigadores creen que estos cuerpos de Lewy contienen un indicio importante de la causa de la enfermedad de Parkinson.
- Alfa-sinucleína encontrada dentro de los cuerpos de Lewy. Si bien se encuentran muchas sustancias en los cuerpos de Lewy, los científicos creen que una sustancia importante es

la proteína natural y generalizada, llamada alfa-sinucleína (a-sinucleína). Se encuentra en todos los cuerpos de Lewy en forma de una masa que las células no pueden descomponer. Actualmente, esta sustancia es un foco importante entre los investigadores de la enfermedad de Parkinson[5].

La enfermedad de Parkinson afecta entre 100 y 200 personas cada 100.000 personas mayores a 40 años en todo el mundo. La edad media para el diagnóstico de la enfermedad son 70.5 años, siendo la edad el factor de riesgo principal de esta enfermedad[6]. En Argentina son aproximadamente 90 mil personas las que sufren esta patología[7]. Se estima que, para el 2030, el número de enfermos de Parkinson crecerá a 9 millones en todo el mundo[8].

La enfermedad de Parkinson no tiene cura ni existe ningún tratamiento que permita retardar su progresión. Hay seis tipos principales de medicamentos disponibles para tratar los síntomas de la enfermedad de Parkinson: levodopa, agonistas de la dopamina, inhibidores de las enzimas que inactivan la dopamina e inhibidores de la catecol-o-metiltransferasa, drogas anticolinérgicas y amantadina. A estos se le deben incluir las medicaciones utilizadas para tratar los trastornos del estado de ánimo. La levodopa es la droga más efectiva: actúa principalmente sobre los temblores y la rigidez producidos por la enfermedad. Entre sus efectos secundarios podemos encontrar las náuseas, el cansancio y el dolor de cabeza entre otros.

Aunque aún no ha sido demostrado, muchos estudios sugieren que el ejercicio puede disminuir la progresión de la enfermedad, ayudar a tener un mayor control sobre esta, disminuir los síntomas asociados al estado de ánimo e inclusive promover la reparación cerebral. Por otro lado se asocia la falta de actividad física como prodegenerativa[9].

### **2.3.3. Ictus**

Un ictus, o accidente cerebrovascular, ocurre cuando el suministro de sangre a una parte del cerebro se interrumpe o se reduce, impidiendo que el tejido cerebral reciba oxígeno y nutrientes, lo cual genera la muerte de células cerebrales en minutos. Este problema es considerado una emergencia médica, siendo el tratamiento oportuno crucial, donde la acción temprana puede reducir el daño cerebral y otras complicaciones. En la Argentina existen

entre 50.000 y 60.000 casos por año, siendo la segunda causa de muertes por año y la primera causa de discapacidad en el país[10].

Hay dos tipos de ictus: isquémico y hemorrágico. La mayor parte de los accidentes cerebrovasculares son isquémicos, que ocurre cuando los vasos sanguíneos del cerebro se estrechan o se bloquean, y causan una importante reducción del flujo sanguíneo (isquemia). Estos se bloquean o se estrechan debido a la acumulación de depósitos de grasa o de coágulos sanguíneos u otros desechos que viajan por el torrente sanguíneo y se alojan en los vasos sanguíneos del cerebro. También, existen casos de accidentes isquémico transitorios, a veces conocidos como mini accidentes cerebrovasculares, que generan un período temporal de síntomas similares a los que se presentan en un accidente cerebrovascular pero no causan daño permanente. Por otro lado, los accidentes cerebrovasculares hemorrágicos pueden subdividirse en dos tipos, aquellos en los cuales el sangrado ocurre dentro del cerebro (hemorragia intracerebral), y aquellos en los cuales el sangrado ocupa las finas envolturas cerebrales (hemorragia subaracnoidea). Alrededor de un 13 por ciento de todos los ACV son hemorrágicos[11].

Como el cerebro controla las funcionalidades de nuestro cuerpo, si debido a un ictus un área localizada del cerebro no recibe suficiente oxígeno, la parte del cuerpo controlada por esa área podría verse afectada. Por eso, los síntomas de estar sufriendo un ACV pueden incluir dificultad para hablar o entender lo que se dice, parálisis de distintas secciones del cuerpo, problemas de visión o para caminar, entre otros. Asimismo, dada la falta de oxigenación y posterior muerte celular, los ictus pueden causar problemas futuros en el paciente con el movimiento, la visión, el habla, la memoria, las emociones y su habilidad para interpretarlas, etc. Muchas estrategias de prevención de accidentes cerebrovasculares son las mismas que las estrategias de prevención de enfermedades cardíacas. En general, las recomendaciones para un estilo de vida saludable incluyen: controlar la presión arterial alta (hipertensión); reducir la cantidad de colesterol y grasas saturadas en tu dieta; no fumar o dejar de hacerlo; controlar la diabetes; mantener un peso saludable; consumir una dieta rica en frutas y verduras; hacer ejercicio en forma regular; entre otros. Por otro lado, existen algunos medicamentos recomendados, como antiplaquetarios o anticoagulantes, para pacientes que pueden ser susceptibles a padecer de un ictus dado su historial o su condición actual[12].

En cuanto a la rehabilitación de los pacientes que han padecido de un ictus, existen distintos tipos de terapia que se utilizan actualmente para recuperar las capacidades. Estas terapias se pueden dividir en tres grupos[13]:

- Terapia Física: La rehabilitación del paciente se enfoca en la realización de ejercicios o actividades físicas como ejercicios de destrezas motoras, de movilidad, ejercicios que fuerzan la utilización de la parte del cuerpo afectada restringiendo otros miembros y ejercicios de rango de movimiento para mejorar la espasticidad, entre otros.
- Terapia Física asistida por tecnología: La rehabilitación del paciente se enfoca en la utilización de tecnología como alternativa para mejorar la terapia del paciente. En estos casos se pueden utilizar estimuladores eléctricos funcionales, robótica o realidad virtual, por ejemplo, para complementar o mejorar la experiencia del paciente al realizar el trabajo.
- Terapia cognitiva o emocional: La rehabilitación del paciente busca enfocarse en mejorar problemas cognitivos, de comunicación, emocionales o psicológicos como la memoria, el razonamiento, la capacidad para resolver problemas, la atención, el habla, la lectoescritura, la depresión, ansiedad, entre otros. En general, se realiza terapia ocupacional, terapia del habla, counseling y se pueden recetar medicamentos como antidepresivos o que mejoren la atención, si es que se cree necesario para el caso del paciente.

## 2.4. Abordaje del problema

A la hora de la creación de una aplicación *mobile*, existen varias etapas, tales como la planificación, el análisis de requerimientos, el diseño, la implementación y la validación, entre otros. Dados los objetivos de este trabajo, se trabajó las 3 primeras etapas, principalmente en la etapa de diseño, donde se hizo foco en la experiencia de los usuarios objetivo de la *app*, teniendo en cuenta sus capacidades para desarrollar la aplicación de manera acorde a estas.

- Etapa de Planificación

Como etapa inicial del proyecto, es aquí dónde se realizó la identificación de necesidades de la población y se detalló la oportunidad particular que brinda la aplicación para agregar valor al segmento poblacional al cual se direccionó la aplicación. Al mismo tiempo, al efectuar la búsqueda de información que deriva en la motivación de generar la *app*, se encontraron las capacidades básicas necesarias que debe tener la misma para ser funcionales a los pacientes que se busca llegar.

- Etapa de Análisis de Requerimientos

En esta etapa se definieron que funciones y características deberá ofrecer el software, tanto en el diseño de la aplicación como en el almacenamiento y manejo de datos. Dicha caracterización de los requerimientos de la *app* se utilizaría como guía y referencia para elegir el entorno en el cual diseñar la aplicación, como los programas a utilizar y las funcionalidades y opciones que brindará la aplicación. Además, analizar los requerimientos de almacenamiento y manejo de datos, permitió tener mayor claridad sobre la disponibilidad de información que tendría el profesional de la salud que utilice la aplicación, así como mayor claridad del flujo de trabajo que realizaría el paciente.

- Etapa de Diseño

En esta etapa, se diseñará la interfaz de software, su flujo, entornos de trabajo y, de ser necesario, el guardado de datos. Se busca proyectar la *app* de manera que el usuario-paciente sea el centro de la misma, buscando que tenga la mejor experiencia posible a lo largo del uso de la misma. Así mismo, el proceso de diseño de la aplicación va en línea con uno llamado “User-Centered Design” (UCD, por sus siglas), el cual es un desarrollo iterativo donde a cada paso del proyecto se tiene como foco al usuario y el efecto que tendrá el diseño sobre este, para crear herramientas accesibles y con facilidad de uso para ellos[14]. Este desarrollo se realizará cumpliendo en la mayor extensión posible todos los requisitos y objetivos estipulados en las etapas anteriores.

## 3. Planificación

### 3.1. Identificación de Necesidad

En los últimos años estamos viviendo un auge en la creación de aplicaciones que tratan de estimular o mejorar las habilidades y capacidades cognitivas, tales como *Peak* (peak.net), *Elevate* (elevateapp.com), *Lumosity* (lumosity.com) o *BrainHQ* (brainhq.com). En su mayoría están dirigidas a la población general, y tratan de incorporar distintas opciones o soluciones de accesibilidad para beneficiar a las personas que tengan alguna discapacidad relacionada especialmente con la audición, la visión, el movimiento, etc. Sin embargo, son menos las que incluyen soluciones de accesibilidad y usabilidad para niños y adultos que tienen precisamente alguna discapacidad cognitiva.

Dominios \ Apps	Lumosity	Elevate	BrainHQ	Peak
Memoria	X		X	X
Atención	X		X	X
Agilidad Mental	X		X	X
Matemática	X	X		
Flexibilidad	X			
Lenguaje		X		X
Lectoescritura		X		
Emoción			X	X
Orientación			X	
Coordinación				X
Deducción				X

Tabla 1: Comparación de Dominios trabajados por las principales *apps* en el mercado.

Por otro lado, la sociedad actual tiene un aumento significativo en la esperanza de vida general, lo que conlleva a tener una mayor cantidad de población con deterioro cognitivo o problemas neurodegenerativos, como puede ser el Alzheimer, Parkinson, entre otros, más allá de las dificultades cognitivas propias de la vejez. Además, cada vez son más frecuentes los Ictus o accidentes cerebro vasculares, con todas las secuelas cognitivas que este puede dejar en la persona que lo sufre, como la ataxia, la afasia, la heminegligencia o los problemas de memoria, por nombrar algunos.

En la actualidad, el uso de los celulares, tabletas y otros dispositivos se ha vuelto coti-

diano en la mayor parte de la población mundial, incorporándose en casi todos los aspectos de las vidas de las personas. Uno de los lugares donde estos dispositivos están ganando mayor relevancia y están generando un gran impacto, es en la rehabilitación y en los trabajos de terapia con pacientes.

Por esto, es que se busca diseñar un aplicativo mobile para mejorar las capacidades cognitivas, enfocado en un grupo de población particular, pero con una solución que puede ser extendida para cualquier persona que desee trabajar dichas capacidades.

### **3.2. Prospectiva y Oportunidad**

Según la OMS, la demencia afecta actualmente a unas 50 millones de personas a nivel mundial, donde el 70 % de los afectados son enfermos de Alzheimer, y, además, cada año se registran alrededor de 10 millones de casos nuevos de pacientes con demencia[15].

Por otro lado, hay aproximadamente 8,5 millones de personas a nivel mundial enfermas de Parkinson, y se calcula que, 1 de cada 100 personas mayores a 60 años padece de este trastorno[16].

Luego, con respecto a los ictus, o accidentes cerebrovasculares, la Organización Mundial del Ictus (World Stroke Organization, en inglés) declaró que 17 millones de personas sufren de uno de estos episodios, con la posibilidad de morir o dejar secuelas de por vida[17].

Con lo cual, existen al menos 75 millones de personas alrededor del mundo, tomando únicamente las 3 poblaciones anteriormente mencionadas, que necesitan de rehabilitación o de herramientas para poder mejorar sus capacidades cognitivas dentro del alcance de lo posible en cada situación. A pesar de esto, las aplicaciones móviles nombradas previamente que buscan estimular estas habilidades a través de juegos, no están centradas en este tipo de usuario, sino que se centran en el público general. De esta manera, la accesibilidad y usabilidad para las personas que sufren de estos problemas cognitivos se vuelve compleja y dificultan su utilización, quitándole la posibilidad de mejorar sus capacidades con esta vía lúdica.

Por lo tanto, el diseño de una aplicación que pueda ser utilizada para ayudar, con un profesional mediante, en la mejora y/o rehabilitación cognitiva de este segmento poblacional de gran tamaño de manera amigable o entretenida, es una buena oportunidad tanto para

mejorar la calidad de vida de mucha gente como para, sí es deseable, generar una aplicación que pueda redituar beneficios económicos.

### 3.3. Capacidades Básicas Requeridas

Las aplicaciones móviles orientadas para la población anteriormente mencionada deben tener en cuenta algunas consideraciones técnicas para su mayor funcionalidad, de manera que la experiencia del usuario dentro de la *app* mejore. Dentro de las cuales se pueden nombrar:

- Las interfaces de la aplicación deben presentar elementos visuales de gran tamaño, tales como: texto, íconos, imágenes y botones.
- La paleta de colores que se elija para la interfaz debe mantener colores conservadores y con contraste en primer plano y el fondo, especialmente en los mensajes de texto.
- La estructura de cada pantalla debe mantener una buena organización y distribución entre sus elementos.
- Los diseños de interfaces demasiado complejos deben evitarse, por lo tanto, se debe minimizar la información irrelevante tanto en las pantallas generales como en las de los ejercicios.
- Optimizar la cantidad de clicks dentro de la aplicación, para facilitar su uso.
- Implementar tareas simples que no requieran mantener la atención durante un largo periodo de tiempo.

Además, como será una aplicación diseñada para ser monitoreada o utilizada a cargo de un profesional de la salud, esta deberá tener distintos menús donde el profesional pueda ingresar la información del paciente para que se le indiquen los juegos acordes al paciente y monitorear el progreso de este y la mejora de sus capacidades, en base al desempeño.

## 4. Requerimientos

Antes de realizar el diseño, se consideraron cuales son los aspectos fundamentales del desarrollo en el que se va a trabajar. Vale la pena recordar que la aplicación será diseñada para uso profesional, con lo cual existirán dos tipos de usuarios a utilizarla, el profesional de la salud y su paciente.

### 4.1. Requerimientos para el diseño y desarrollo de la aplicación

Actualmente, la población que utiliza smartphones está dividida entre consumidores de Apple y de Android, entonces para maximizar el alcance de la aplicación, esta debería funcionar en ambos sistemas. Según Apple [18], más del 94 % de sus usuarios utilizan iOS 12 o posterior, por lo tanto la aplicación debe ser compatible con esta versión del sistema operativo como mínimo. Por otro lado, los usuarios de Android que utilizan la versión Lollipop (Android 5.0) o posterior, representan también, más del 94 % del total, con lo cual, la aplicación debe poder utilizarse en esa versión[19].

Las aplicaciones deben ser programadas para permitir las notificaciones al celular, sea para promover su uso o para recordatorios de la actividad diaria. Dado que se busca que la aplicación se pueda utilizar en cualquiera de los dos sistemas operativos previamente mencionados, esta se va a programar en el *framework* de desarrollo multiplataforma WORA React Native, el cual fue especialmente diseñado para poder integrar aplicaciones en ambos sistemas[20]. Este entorno tiene su base en Nodes y NPM (Node Pack Manager), con lo cual parte de un core de Javascript pero permite escribir en otros lenguajes como Kotlin/Java o Swift/Objective-C, con lo que agrega funcionalidades y capacidades a lo que se diseña sin dejar de ser fácil de manipular. Dentro de las prioridades del *framework* según sus creadores, se destaca el mantenimiento de su aspecto y visualización nativo por sobre la consistencia entre plataformas, es decir, que buscan que sus elementos se mantengan lo más similares a lo que se programó inicialmente antes que adopten los cambios según la plataforma en la que se lo utilizan. Como un ejemplo de este principio y de las capacidades que React Native ofrece, este provee distintas herramientas fundamentales para que se utilicen a la hora de crear la aplicación. Dentro de estas se pueden encontrar[21]:

- Componentes básicos: Vistas de pantallas, Visores de texto, imágenes, *ScrollView*, etc.
- Herramientas de Interfaz de Usuario (UI, por sus siglas en inglés): Botones, Switches, entre otros,
- Vistas de Lista
- Componentes de Android
- Componentes de iOS.

Además, posee una gran cantidad de librerías hechas por desarrolladores que han usado el *framework* que permiten agregar más funcionalidades y conectar distintas interfaces que permiten acceder a otras aplicaciones (APIs).

## 4.2. Requerimientos para el almacenamiento y manejo de datos

Dado que la aplicación tiene como objetivo la mejora y/o rehabilitación de las habilidades cognitivas, se necesita tener indicadores que sigan el progreso de los usuarios así como ciertos datos puntuales de estos para que utilicen los juegos que estimulen las habilidades específicas a trabajar.

Por lo tanto, se necesitará una base de datos relacional que pueda, a partir de los datos ingresados del paciente, sugerir los trabajos a realizar y que pueda guardar los progresos en estos. Esta base de datos incluirá distintos campos, tanto del paciente, como de las habilidades a trabajar, las capacidades afectadas por su condición, entre otros. Un diagrama de relaciones que podría ejemplificar la base de datos de la aplicación ya implementada se puede ver en la Fig. 1.

Con respecto a la implementación de dicha base de datos, se utilizará una base de datos en PostgreSQL, dado que este servidor posee varios niveles de protección de datos para seguridad de los usuarios, además de ser robusto, personalizable, *Open-Source* (no tiene costos de licenciamiento), fácil de usar y tener el almacenamiento en la nube.

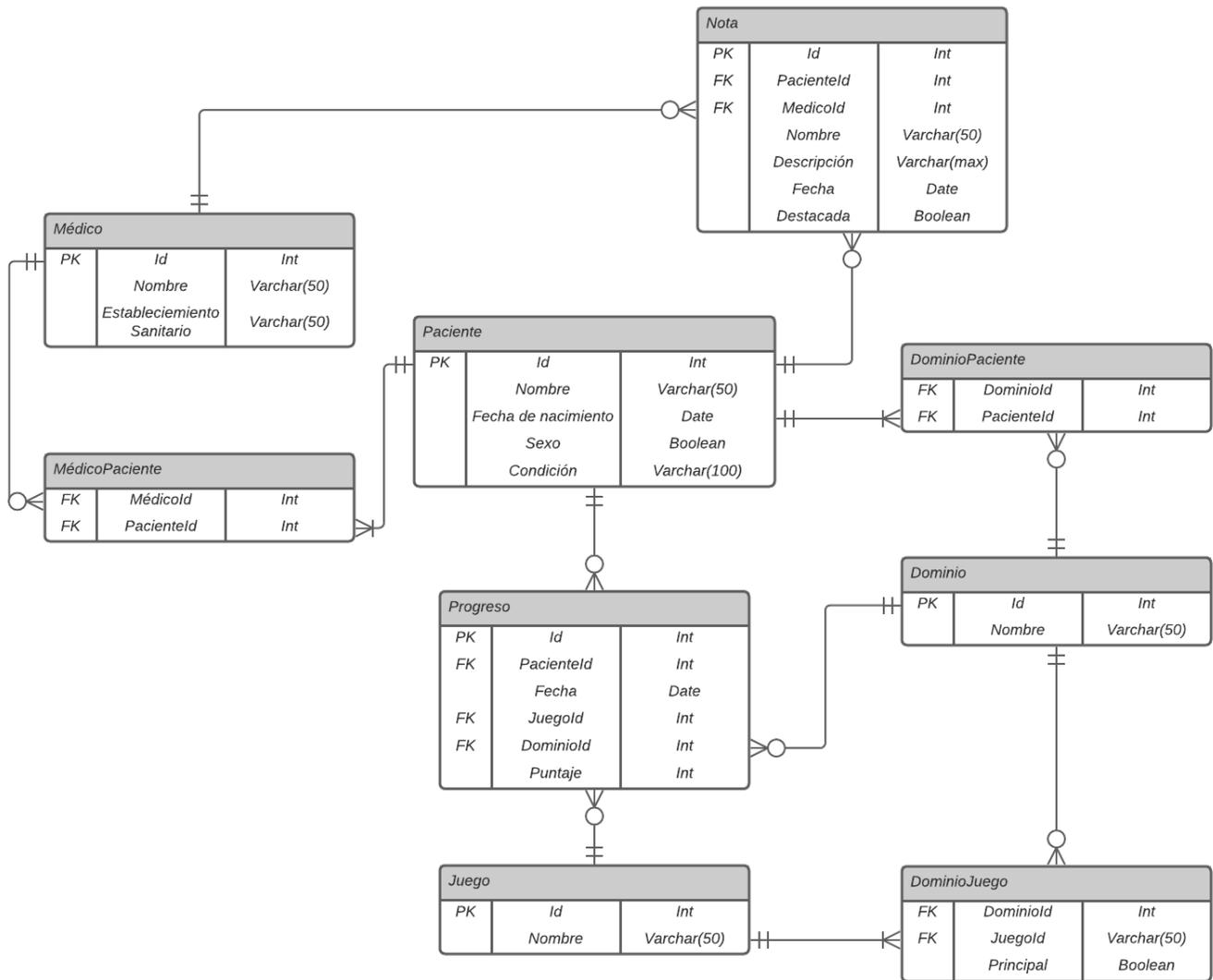


Figura 1: Tablas de la base de datos del aplicativo mobile.

Como se observa en la Fig. 1, la tabla central de la aplicación es **Paciente**. Los registros que posee esta tabla son *Id* (se utilizará un número entero para poder identificar los campos de manera secuencial), *Nombre*, *Fecha de Nacimiento*, *Sexo* y *Condición*.

Cada **Paciente** tendrá por lo menos un médico relacionado, pero puede tener varios. En cambio, un médico puede tener uno o varios pacientes o ninguno. La tabla **Médico** tendrá su *Identificador*, el *Nombre* del médico y su *Establecimiento de Salud*. Para lograr esta relación

se utilizó una tabla intermedia de **MedicoPaciente** que contiene que médico se relaciona con que paciente.

En el registro *Condición* de **Paciente**, el médico podrá escribir la condición por la que se inscribió al paciente. Sin embargo, es en la tabla **Nota** dónde el médico podrá escribir los avances y comentarios que quiera hacer sobre el paciente, por esta razón, esta tabla estará relacionada a un **Médico** y a un **Paciente**. Esta tabla tendrá el campo *Nombre* para poder escribir un breve título de la Nota y el campo *Descripción* dónde podrá explayarse más. También tendrá la *Fecha* en la que fue creada y un campo binario *Destacada*, dónde el médico podrá indicar si la nota es una nota importante.

Para saber a que **Dominio** o Dominios está relacionado el **Paciente** se diseña la tabla intermedia **DominioPaciente**. Esta tabla relaciona un **Dominio** con un **Paciente**. Un Paciente puede estar relacionado a uno o varios **Dominios**, mientras que un **Dominio** puede estar relacionado a uno, muchos o ningún **Paciente**.

La tabla **Dominio** incluye su *Identificador* y su *Nombre*. Esta tabla estará relacionada, mediante un tabla intermedia, a la tabla **Juego**. La tabla intermedia **DominioJuego**, tendrá un campo binario *Principal*. Un **Juego** que esté relacionado a un **Dominio** con el campo *Principal* en verdadero significará que ese juego apunta principalmente a mejorar las capacidades de ese **Dominio**, el funcionamiento de esto se explicará con detalle más adelante.

Por último, la tabla **Progreso**, indicará el resultado que ha tenido un **Paciente** al finalizar un **Juego**. Por esta razón estará relacionado a un *JuegoId* y un *PacienteId*, tendrá la *Fecha* en la cual se finalizó y el *Puntaje* obtenido. También estará relacionado a un *DominioId*. Esto se debe a que un juego puede estar relacionado a varios dominios, y su *Puntaje* estará ponderado acorde a que tan principal es ese juego para el dominio relacionado.

Luego, refiriéndose al manejo de la aplicación como de sus datos, se determinó una modalidad de trabajo donde se optimizarán recursos computacionales como de costo económico para hacer la aplicación más accesible a los usuarios. Esto se realizará dividiendo al sistema en 3 capas o niveles[22]:

1. **Capa de presentación o capa de usuario:** Este nivel refiere a la aplicación propiamente dicha que ve el usuario, es decir, donde correrán los juegos y medios de

estimulación para el paciente, que estará almacenada y disponible en el archivo .apk (aplicación de Android) o en el propio de Apple. Aquí se presenta el sistema al usuario, se le comunica y captura la información con un procesamiento mínimo, que realiza un filtrado previo para comprobar que no hay errores de formato, para luego comunicársela al siguiente nivel.

2. **Capa de Negocio o Capa Lógica:** En dicho nivel se realizarán las solicitudes y peticiones de información que realicen los usuarios para trasladarlas a la base de datos mediante una API. Como mencionamos anteriormente, una API es una interfaz que se programa de manera que conecte una aplicación o sistema, con otro[23].

En este caso, la API servirá de nexo entre la aplicación propiamente dicha (que se ejecuta en el dispositivo donde se haya instalado) y la base de datos donde se guarda el progreso e información del paciente, cuyo contenido es sensible y de carácter privado. Con lo cual, la interfaz también tiene como función ser una capa intermedia que provea mayor seguridad sobre la base de datos dado que aquí es donde se establecen todas las reglas que deben cumplirse para escribir sobre la base o para entregar datos de la misma. Esta capa será construida y ejecutada de manera serverless para eficientizar tanto recursos de computación como monetarios. Esta modalidad de trabajo (serverless, o sin servidor) es un modelo de ejecución en el que el proveedor en la nube (AWS Lambda, Azure o Google Cloud) es responsable de ejecutar un fragmento de código mediante la asignación dinámica de los recursos y solo se cobra por la cantidad de recursos utilizados para ejecutar el código durante un tiempo determinado (típicamente en el orden de segundos). De esta manera, se evita incurrir en gastos de un servidor fijo para esta capa.

3. **Capa de Base de Datos:** Será el nivel donde se encuentra la base de datos propiamente dicha, la cual sí tendrá servidores donde guardará la información y donde ejecutará las solicitudes de datos realizadas por los usuarios. Como se mencionó anteriormente, esta capa será implementada en PostgreSQL, dados los beneficios que otorga.

## 5. Dominios Cognitivos

Se considera que en la actualidad el deterioro cognitivo persiste como un concepto mal delimitado y poco consensuado, que refleja una disminución del rendimiento de, al menos, una de las capacidades mentales o intelectuales descritas previamente. Supone un nivel cognitivo superior al actual, es decir un declive respecto al nivel de funcionamiento previo, implicado en la pérdida parcial o global de las capacidades previamente adquiridas. Esto no siempre resulta demostrable[24].

Para poder cuantificar el éxito o fracaso del uso del aplicativo en la rehabilitación del paciente es necesario identificar los dominios cognitivos con los cuales vamos a trabajar y diseñar métricas acordes. Estas métricas también servirán al paciente y a su médico a cargo para medir el progreso. Incluso, estas mediciones cuantitativas, podrían utilizarse para hacer un análisis bioestadístico posterior. Se diferenciarán entre 9 distintos dominios cognitivos, los cuales servirán para tratar y comprender el tipo de deterioro cognitivo que causa una enfermedad. Para cada dominio se diseñarán distintos juegos con 4 tipos de dificultad. Las dificultades son:

1. Fácil
2. Intermedio
3. Avanzado
4. Difícil

Luego, los dominios cognitivos a considerar serán:

- Memoria
- Deducción
- Lenguaje
- Coordinación Motora
- Atención
- Pensamiento Lateral
- Orientación Visuoespacial
- Emoción
- Agilidad Mental (Velocidad de Procesamiento)

## 5.1. Memoria

La memoria es una función cerebral que permite almacenar y recuperar información del pasado. Específicamente, la memoria de trabajo refiere a la capacidad de retener información en un período corto de tiempo para poder realizar acciones a partir de ella. Este proceso es de vital importancia para una amplia variedad de tareas y acciones en la vida diaria, indistintamente si la persona se encuentra en un ámbito laboral, familiar o social[25]. Existen distintos modelos científicos de la memoria de trabajo donde se diferencian las experiencias sensoriales de las funciones de coordinación de control, dando una superposición entre la memoria y la atención[26][27]. Además, se ha observado que tanto la memoria de trabajo como la atención comparten actividad cerebral, dado que ambas activan la región parietal y la prefrontal del cerebro[28]. Así mismo, ambas funciones generalmente se encuentran activas en una misma tarea, por ejemplo, se necesita de control de la atención para poder retener información relevante[29]. Por otro lado, el razonamiento y las funciones inhibitorias están relacionadas con la memoria, dado que al recordar información pasada, las acciones de la persona se verán afectadas por su experiencia previa en ellas[30].

El entrenamiento de memoria ha demostrado resultados en la mejora de distintas capacidades de pacientes con problemas cognitivos. Por nombrar algunos, se disminuyeron significativamente los síntomas de ADHD en un estudio controlado de un grupo de niños que realizaron dicho entrenamiento; y, en otro estudio, se notaron mejoras en la capacidad cognitiva de pacientes que sufrieron de un ictus[31][32]. Por estas razones, se cree que la memoria es uno de los indicadores más importantes a trabajar y evaluar para monitorear el progreso del paciente, dado su relevancia en la vida cotidiana, tanto por sí sola como cuando se la combina con otras capacidades para la realización de tareas.

## 5.2. Deducción (Razonamiento Deductivo)

La deducción es la capacidad lógica de inferir un resultado a partir de axiomas o premisas. Para obtener una conclusión se sigue una serie de pasos lógicos, para esto es necesaria la capacidad de relacionar información entre sí y de diferenciar entre lo que es relevante y lo que no[33]. Este tipo de razonamiento es vital en el uso cotidiano dado que la toma de

decisiones o el accionar de las personas se basa generalmente en evaluar la situación que está ante ellos, para luego realizar inferencias y ejecutar a partir de ellas. Esto se puede observar en distintos ámbitos o con distintas capacidades cognitivas utilizadas en simultáneo, por ejemplo, a la hora de interpretar el estado emocional de una persona y sus causas; en la toma de decisiones sobre acciones laborales o el diseño de un plan, donde el accionar o lo que se planifica estará basado en suposiciones del organizador.

Dada la importancia de esta capacidad lógica para poder hilar una línea de pensamiento y generar un desenlace, junto con la variedad de capacidades con la que trabaja en complementariedad, se considera muy valioso la evaluación, seguimiento y mejora de dicha capacidad al utilizar la app. Por lo tanto, fue elegida como una de los dominios a trabajar con los distintos juegos de la aplicación.

### **5.3. Lenguaje**

El lenguaje es un sistema de comunicación estructurado, principalmente oral y escrito, que nos permite expresarnos. Se entienden como trastornos del lenguaje a la dificultad o ausencia en la comprensión, expresión o repetición del lenguaje. La aplicación se centrará en los pacientes que han tenido una pérdida de la habilidad y no en niños que todavía se encuentran en etapas de crecimiento y aprendizaje. El área de Wernicke es la principal área del cerebro relacionada a la comprensión del lenguaje, y el área de Broca proporciona los circuitos neuronales para su expresión[34].

Es importante la correcta comprensión y expresión del lenguaje dado que puede causar problemas con la interacción social y la capacidad de funcionar de forma independiente como adulto y por estas razones suele estar relacionada a depresión, ansiedad y otros problemas emocionales. Para la correcta evaluación de las capacidades del lenguaje es importante descartar los problemas auditivos. La forma idónea de evaluar estas habilidades es con métricas expresivas, receptivas y mixtas.

## 5.4. Agilidad mental (Velocidad de procesamiento)

La velocidad de procesamiento o agilidad mental es una habilidad cognitiva que se puede definir como el tiempo que le lleva a una persona hacer una tarea mental. Tiene que ver con la velocidad en la que una persona capta y reacciona a la información que recibe, ya sea por vía visual (letras y números), auditiva (lenguaje) o del movimiento. Es decir, la velocidad de procesamiento es el tiempo que se tarda entre que se recibe el estímulo y se emite una respuesta[35]. La velocidad de procesamiento implica la capacidad de realizar con fluidez las tareas fáciles o ya aprendidas. Se refiere a la capacidad de procesar información de forma automática y por lo tanto, rápidamente, sin pensar conscientemente en ella. Cuanta mayor velocidad de procesamiento más eficientemente se pensará y aprenderá.

Esta competencia cognitiva, como se puede deducir, tiene amplio impacto diariamente, afectando la rapidez con la que se resuelven distintas situaciones, sean quehaceres cotidianos o tareas imprevistas, donde se tiene que adaptar el conocimiento previo a la circunstancia actual. Por lo tanto, es que la aplicación trabajará la agilidad mental, a través de distintas actividades, para su mejora y monitoreo.

## 5.5. Coordinación Motora (Motricidad Fina)

La coordinación motora es la capacidad que tienen los músculos esqueléticos del cuerpo de sincronizarse bajo parámetros de trayectoria y movimiento[36]. Se puede categorizar entre la coordinación gruesa, que se refiere a los movimientos generales grandes, y la coordinación fina que compromete a los pequeños grupos musculares, huesos y nervios, especialmente a manos y dedos, en los que se va a enfocar la aplicación.

La motricidad fina es imprescindible para la realización de las actividades de la vida diaria. Varias enfermedades o accidentes mencionados previamente pueden causar una disminución en la capacidad motriz, incluso muchos pacientes pueden necesitar la ayuda de terceros para poder desarrollar sus actividades. Las terapias tradicionales para la recuperación o mejora de la motricidad fina incluyen la repetición de movimientos aislados realizados con cierta frecuencia diaria y por un determinado periodo de tiempo[37][38].

## 5.6. Atención

Es el proceso de concentración selectiva de la información, ya sea considerada subjetiva u objetiva, mientras que se ignoran otros aspectos perceptibles. La atención también puede definirse como la asignación de recursos de procesamiento limitados[39]. Esta capacidad puede considerarse una de las principales a la hora de realizar acciones en todos los aspectos de la vida cotidiana, dado que para la ejecución de cualquier tarea se necesita hacer foco en lo que se está efectuando para poder llegar a cierto nivel de compleción de esta que sea satisfactorio o necesario. Así mismo, la atención se puede reconocer como uno de los pilares fundamentales de las demás capacidades cognitivas ya que esta se encuentra en uso en casi todas las situaciones, como fue mencionado anteriormente.

Dentro de la atención, se pueden notar dos funciones básicas: la capacidad de filtrar información no relevante para la tarea que se realiza, manteniendo el foco de atención en la información pertinente y las acciones a efectuar; la vigilancia, o estado de alerta, donde se puede reaccionar de manera acorde a una señal del entorno, sea preparándose para la acción que se presentará o actuando consecuentemente[40].

Por otro lado, existen diversos estudios que indican que la atención se ve negativamente afectada por la edad, y es una de las principales afectadas por las enfermedades que generan problemas neurocognitivos[41][42]. Por estas razones es que se tomará como uno de los indicadores para evaluar y seguir la evolución de los distintos pacientes, a lo largo del uso de la aplicación.

## 5.7. Pensamiento lateral

El pensamiento lateral es un proceso de resolución de problemas que busca solucionarlos desde una perspectiva única, lo que se conoce hoy en día como “out of the box” (fuera de la caja) dónde la resolución no es lineal o directa, dónde se utiliza principalmente la lógica.

El hemisferio cerebral izquierdo está relacionado con nuestro comportamiento lógico mientras que el derecho se vincula con la creatividad y la audacia. Para los pacientes con un dominio cognitivo disminuido, es importante no menospreciar y estimular el cerebro en su totalidad.

## 5.8. Orientación Visuoespacial

La orientación visuoespacial es el dominio cognitivo referido a la representación, análisis y manipulación de objetos mentalmente. Esta habilidad puede dividirse en dos conceptos particulares: la relación espacial, la cual es la capacidad de representar y manejar mentalmente objetos en dos dimensiones; y, la visualización espacial, que se define como la habilidad para representar y manipular mentalmente objetos en tres dimensiones. Al igual que los demás dominios mencionados anteriormente, la orientación visuoespacial es utilizada constantemente en la vida diaria. En los ejemplos más cotidianos se encuentra el control de la distancia que puede haber entre dos objetos, la visualización de un sitio o dirección que se está mencionando o la visualización mental previa de la rotación o movimiento de objetos para anticipar su ubicación final.

Respecto a este dominio, existen diversos estudios y evaluaciones para reconocer el estado o nivel de desarrollo en el que se encuentra el paciente, y otros tantos, donde se demuestra la evolución de la orientación visuoespacial a través de la utilización de videojuegos[43]. Con lo cual, a partir de la evidencia encontrada, y de la relevancia de esta habilidad cognitiva en la rutina cotidiana, se considera fundamental que sea uno de los dominios a trabajar, evaluar y seguir en la aplicación a diseñar.

## 5.9. Emoción

Las emociones son respuestas a estímulos significativos que constan de tres componentes: neurofisiológico y bioquímico, motor o conductual y cognitivo. Estas respuestas condicionan el accionar en la vida diaria, y habiendo una variedad de factores que pueden generar distintas reacciones en una misma persona, es importante tener en cuenta el factor que juegan en la salud humana. Las emociones y el reconocimiento de las mismas en uno mismo u otros puede variar por condiciones cognitivas y biológicas, jugando un rol importante en la vida social de las personas y repercutiendo en su salud mental, entre otros.

La depresión es una enfermedad clínica severa. La OMS estima que es la cuarta enfermedad que más incapacidad provoca en el mundo, cerca del 20 % de las personas la padecen en algún momento de sus vidas. Se caracteriza por un estado de ánimo bajo y sentimientos

de tristeza, asociados a alteraciones del comportamiento, del grado de actividad y del pensamiento. Puede causar ansiedad, insomnio, pérdida de apetito y falta de interés o placer por realizar diferentes actividades, así como afectar a las actividades laborales, escolares y familiares. La depresión clínica es una de las enfermedades médicas más tratables, ocho de cada diez personas que la sufren mejoran con ayuda profesional. El tipo de tratamiento dependerá de los síntomas que sufre cada persona, de su gravedad y de las circunstancias del paciente, pero existen dos vías principales de tratamiento: la psicoterapia y el tratamiento con antidepresivos[44].

Es muy común que una discapacidad reciente o habitual esté relacionada a depresión o una disminución del estado de ánimo. Cuando un paciente tiene disminuidas sus capacidades suele quedar excluido de actividades, ya sea por no poder realizarlas como le gustaría o por inhibición propia y falta de interés. Por esta razón es importante detectar si el paciente mide los estados de ánimo del paciente para captar si hubo o está en aumento la disminución del estado de ánimo y en ese caso poder advertirle al médico a cargo para que tome las medidas necesarias. Incluso, esta falta de interés o disminución del estado de ánimo puede afectar el resultado de las otras métricas, por eso es importante no pasar esta métrica por alto.

## 6. Juegos y Métricas

### 6.1. Juegos

#### 6.1.1. Pensamiento lateral

*Resuelve creativamente*

- Intención del juego

Estimular la capacidad de resolver problemas de manera lógica y creativa, buscando soluciones alternativas a las regulares.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrarán diversos problemas de pensamiento lateral que el paciente deberá resolver a lo largo de 5 minutos. Estos juegos podrán ser similares a los mostrados en la figura 2. El puntaje será calculado a partir de la cantidad de problemas resueltos en el tiempo determinado.



Figura 2: Ejemplo de problema del juego Resuelve Creativamente.

- Habilidades Utilizadas

- Pensamiento Lateral
- Deducción
- Velocidad de Procesamiento

### 6.1.2. Emoción

#### *Detector de Sonrisas*

- Intención del juego

Estimular y evaluar la capacidad de detección de la demostración de emociones en otras personas, a partir de la observación de las caras de las mismas.

- Descripción de la tarea a realizar

Hay 6 caras de personas en la pantalla y el paciente tiene que hacer clic lo más rápido posible en la cara sonriente. Se sumará puntaje por la cantidad de respuestas correctas en X tiempo.

- Habilidades Utilizadas

- Emoción
  - Velocidad de Procesamiento
- 

#### *Quick Feeling*

- Intención del juego

Estimular y evaluar la capacidad de detección de la demostración de emociones en otras personas, a partir de la observación de las caras de las mismas.

- Descripción de la tarea a realizar

Hay 1 cara de una persona en la pantalla realizando la expresión de una emoción y abajo de ella se ven escritas 4 emociones. El paciente debe tocar en la palabra que representa a la emoción de la imagen. Se sumará puntaje por la cantidad de respuestas correctas en un período de tiempo de 120 segundos.

- Habilidades Utilizadas

- Emoción

- Lenguaje
  - Velocidad de Procesamiento
- 

### *Happy Path*

- Intención del juego

Evaluar la capacidad del paciente de distinguir emociones y poder relacionarlas con vocabulario.

- Descripción de la tarea a realizar

Irán pasando en la pantalla, distintas palabras que representan emociones y el paciente debe tocar solo aquellas que se consideren benévolas, felices, etc. a lo largo de 180 segundos. El puntaje será la cantidad de palabras “felices” que el paciente haya tocado en el intervalo de tiempo.

- Habilidades Utilizadas

- Emoción
- Lenguaje
- Velocidad de Procesamiento

### 6.1.3. Lenguaje

#### *Relaciones de Palabras*

- Intención del juego

Estimular la comprensión de palabras, procesando la información presentada y buscando relaciones entre sí.

- Descripción de la tarea a realizar

Hay entre 6 y 8 palabras escritas en la pantalla y en la parte de arriba dice “Similar/Contrario” y el paciente tiene que encontrar cuales de las dos palabras que están escritas cumplen el criterio. Por ejemplo: *Valiente, lindo, pacífico, fuerte, feo, alto, tranquilo*. En caso de que la consigna sea “Similar”, el paciente deberá tocar las palabras *pacífico* y *tranquilo*, y si hubiese sido “Contrario”, debería haber tocado *lindo* y *feo*. Se sumará puntaje por la cantidad de respuestas correctas en 3 minutos.

- Habilidades Utilizadas

- Lenguaje
- Velocidad de Procesamiento
- Atención

---

#### *¿Verdadero o Falso?*

- Intención del juego

Comprender y relacionar el lenguaje con conceptos tangibles, estimular el vocabulario. Se puede utilizar como herramienta para determinar los grados y tipos de afasia (de Wernicke o de Broca, por ejemplo).

- Descripción de la tarea a realizar

Una imagen de un objeto será representada en la pantalla junto con una palabra debajo del mismo y se le preguntará al paciente si el objeto y la palabra coinciden. Se sumará puntos por la cantidad de respuestas correctas en 180 segundos.

- Habilidades Utilizadas
    - Velocidad de Procesamiento
    - Lenguaje
- 

*Describe la imagen*

- Intención del juego

Comprensión visual de un objeto y representación de manera escrita, estimular el vocabulario.

- Descripción de la tarea a realizar

Se verá una imagen con una representación en el centro de la pantalla y en la parte inferior habrá un espacio donde el paciente deberá escribir el nombre del objeto/animal/etc que se muestra en la imagen. El puntaje será calculado a partir de la cantidad de respuestas correctas obtenidas en un tiempo determinado.

- Habilidades Utilizadas
  - Lenguaje
  - Velocidad de Procesamiento
  - Pensamiento lateral

#### **6.1.4. Memoria**

*Formas Cruzadas Nivel 1 y 2*

- Intención del juego

Estimular y evaluar la memoria de trabajo a partir de preguntas específicas sobre información previamente vista.

- Descripción de la tarea a realizar

Se observará en pantalla una forma geométrica con un color particular. Luego de 3 segundos esta desaparecerá e ingresará otra forma (o no) con otro color (o no) y se hará abajo alguna de las siguientes preguntas, donde el paciente responderá si/no:

- ¿La forma actual es igual a la anterior?
- ¿El color de la forma actual es igual a la anterior?

Se sumará puntos por la cantidad de respuestas correctas, luego de 4 minutos.

El siguiente nivel será con las mismas preguntas pero sobre la forma mostrada dos imágenes atrás.

- Habilidades Utilizadas

- Memoria
- Atención
- Velocidad de Procesamiento

---

*Encuentra el camino*

- Intención del juego

Trabajar la memoria a partir de recordar información relevante, tanto positiva como negativa, y ubicación espacial de la misma.

- Descripción de la tarea a realizar

Primero, se mostrará en pantalla una grilla de 3x3/4x4/5x5/6x6 con un cruces rojas sobre ciertos pixeles y 2 círculos azules sobre otros. Luego de cierto tiempo (x segundos), las cruces desaparecerán, quedando solo la grilla de pixeles con los círculos previamente mencionados, y el paciente deberá unirlos tocando cada cuadrado de la grilla que corresponda para generar el camino, evitando los que habían mostrado una cruz en la pantalla previa. El puntaje se hará a partir de la cantidad de caminos completados correctamente.

- Habilidades Utilizadas
    - Memoria
    - Atención
- 

#### *Ubica el símbolo*

- Intención del juego

Estimular la memoria de trabajo a partir de la ubicación espacial.
- Descripción de la tarea a realizar

Se mostrarán 4 cartas con 4 símbolos en cada lado de la pantalla (arriba, abajo, derecha e izquierda), dejando el centro vacío. Luego de 5 segundos, se darán vuelta las cartas y se pondrá en el centro una carta con uno de los símbolos. Entonces, el paciente deberá ubicarlo en su lugar correspondiente. Si el paciente logra ubicar los 4 símbolos antes de que acabe el tiempo preestablecido de 30 segundos, se repetirá la dinámica pero con menos tiempo para ver los símbolos y así hasta que se acabe el tiempo. El puntaje será la cantidad de símbolos colocados correctamente.
- Habilidades Utilizadas
  - Memoria
  - Atención

### 6.1.5. Atención

#### *Encuentra el diferente*

- Intención del juego

Mantener el foco de atención en la consigna mientras se examina la información presentada y se determina la respuesta.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se verán múltiples figuras geométricas con distintos colores, formas y patrones (rayado, punteado, etc). El objetivo será tocar la única figura que no tiene otra igual. Una vez que el paciente la toca, se muestran nuevas figuras y se repite el juego. La puntuación será la cantidad de figuras encontradas en 4 minutos.

- Habilidades Utilizadas

- Atención
  - Velocidad de Procesamiento
- 

#### *¿Dónde está el objeto?*

- Intención del juego

Mantener el foco de atención de la consigna mientras se filtra información irrelevante hasta llegar al objetivo.

- Descripción de la tarea a realizar

Se mostrarán en la pantalla un número significativo de objetos, animales u otras imágenes (nubes, estrellas, etc), y en la parte inferior de la pantalla aparecerá una palabra referida a uno de los objetos mostrados. El objetivo será que el paciente encuentre el objeto que menciona la palabra lo más rápido posible. La puntuación será la cantidad de figuras encontradas en un tiempo determinado.

- Habilidades Utilizadas
    - Atención
    - Lenguaje
    - Velocidad de Procesamiento
- 

#### *Tocalos todos*

- Intención del juego

Discernir sobre la información presentada a partir de una consigna dada, mientras el entorno varía.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrarán muchas cartas que irán desplazándose hacia abajo con figuras geométricas, de distintos colores, formas y fondos, y el paciente deberá tocar todas las cartas que presenten la particularidad que se menciona en la parte inferior de la pantalla (“todos los círculos/ las de fondo azul / las figuras verdes”). La consigna irá cambiando cada cierto tiempo. La puntuación será la cantidad de figuras tocadas correctamente en un tiempo determinado.

- Habilidades Utilizadas
  - Atención
  - Velocidad de Procesamiento

#### **6.1.6. Deducción (Razonamiento Deductivo)**

##### *Ordenalos*

- Intención del juego

Procesar la información presentada de manera que pueda formular la respuesta a la consigna mentalmente y luego ejecutarla, siguiendo un camino lógico.

- Descripción de la tarea a realizar

Se ven varios cuadrados con números (puede haber números negativos o de grandes cifras) y el paciente debe tocarlos en orden de menor a mayor. Si los completa correctamente o si se equivoca, aparece una nueva pantalla con otros números y el paciente inicia nuevamente la tarea. El puntaje es la cantidad de grupos de números ordenados correctamente en un tiempo determinado.

- Habilidades Utilizadas

- Deducción
  - Atención
  - Velocidad de Procesamiento
- 

*Ilustralo*

- Intención del juego

Utilizar el razonamiento lógico-deductivo para lograr una respuesta paso a paso a partir de las diferentes consignas presentadas.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrará un cuadrado de 4x4/5x5 pixels y en cada columna y fila se observarán números que representan el patrón de cuadrados que deben quedar pintados de manera consecutiva en esa fila o columna. El paciente deberá tocar en los cuadrados que desea pintar hasta lograr cumplir con los requisitos de todas las filas y columnas. El puntaje es la cantidad de grillas completadas correctamente en 3 minutos.

- Habilidades Utilizadas

- Deducción
- Atención

### 6.1.7. Coordinación motora (Motricidad Fina)

#### *Sigue el camino*

- Intención del juego

Realizar una tarea manteniendo el control motor fino, intentando evitar movimientos bruscos o desmesurados.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrará un laberinto y el paciente deberá seguir el camino con el dedo sin tocar las paredes de principio a fin. Se le otorgan 5 oportunidades para completar la máxima cantidad de laberintos posibles para registrar su puntuación.

- Habilidades Utilizadas

- Coordinación motora
  - Atención
- 

#### *Une los puntos*

- Intención del juego

Combinar la motricidad fina con una tarea donde se razone la respuesta previo a su ejecución.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se encontrarán un grupo de puntos enumerados y la tarea del pacientes será unirlos de menor a mayor en la menor cantidad de tiempo. Se le otorgarán 5 oportunidades para unir la máxima cantidad de grupo de puntos posibles y registrar su puntuación.

- Habilidades Utilizadas

- Coordinación motora
- Atención
- Velocidad de procesamiento

#### 6.1.8. Orientación visuoespacial

##### *Crea la figura*

##### ■ Intención del juego

Trabajar la relación espacial entre objetos, comparando y representando figuras y sus combinaciones mentalmente, para poder completar la consigna de manera efectiva.

##### ■ Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrará del lado derecho una figura hecha a partir de píxeles y, del lado izquierdo, habrá figuras más pequeñas o píxeles sueltos. El objetivo es que el paciente cree la figura que se muestra del lado derecho a partir de la combinación de figuras del lado izquierdo. La puntuación del juego será la cantidad de formas que se haya podido completar de manera correcta en 3 minutos.

##### ■ Habilidades Utilizadas

- Orientación Visuoespacial
- Deducción
- Atención

---

##### *Rellena el plato*

##### ■ Intención del juego

Utilizar el razonamiento deductivo para poder representar mentalmente una figura o imagen completa, a partir de la misma en estado incompleto.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrará un plato con una comida en particular incompleta, es decir, que tiene le falta una pieza. En el sector inferior de la pantalla se visualizarán varias piezas de esa comida con distintas formas, tamaños y orientaciones. El objetivo es que el paciente complete el “rompecabeza” uniendo la pieza correcta en el lugar del plato correspondiente. La puntuación del juego será la cantidad de comidas que se haya podido completar de manera correcta en un tiempo determinado.

- Habilidades Utilizadas

- Orientación Visuoespacial
  - Deducción
- 

*Volver a casa 2D/3D*

- Intención del juego

Poder procesar y retener mentalmente un plano/mapa en 2 dimensiones, luego de visualizarlo, para ejecutar una consigna en 3 dimensiones.

- Descripción de la tarea a realizar

En la pantalla se mostrará un mapa 2D de calles y se marcarán dos ubicaciones, una de inicio y otra de finalización. Luego, la pantalla se transformará en la vista propia de una persona de ese mapa (como Google Street View) y el paciente deberá ir moviéndose con flechas hacia adelante, atrás, izquierda y derecha hasta llegar a la ubicación de destino. La puntuación se medirá en la cantidad de rutas que el paciente pueda completar en 5 minutos.

- Habilidades Utilizadas

- Orientación Visuoespacial

- Deducción
- Atención
- Memoria

## 6.2. Cuantificación de Métricas

Para la cuantificación de métricas, es decir, para poder medir y tener una referencia del puntaje obtenido en un juego y/o capacidad, se realizarán dos series de pruebas con distintos grupos control que servirán de referencia inicial. Primero, un grupo conformado por 50 personas “saludables” o sin ningún tipo de problema cognitivo diagnosticado, utilizará la aplicación y realizará todos los juegos 2 veces, guardando el resultado de cada actividad. Luego, un segundo grupo, conformado por 50 personas con deterioro cognitivo de algún tipo (puede haber padecido un ACV, tener Parkinson, Alzheimer u otra enfermedad que origine el daño), llevará a cabo el mismo procedimiento para obtener los resultados de referencia de cada tarea. Una vez obtenidos los resultados de ambos grupos, se procederá a analizarlos, estudiando la media, mediana y desviación de cada grupo en cada juego para proceder a determinar cuál será el estándar de referencia a tomar. Se utilizará la media o la mediana de los puntajes de cada juego, dependiendo de la variabilidad de los resultados de cada grupo. En el caso del grupo de personas sin deterioro cognitivo, los resultados obtenidos se utilizarán de “Gold Standard” para observar el progreso de los pacientes y se considerará que un paciente rehabilitado de su deterioro cognitivo tendrá resultados similares a los de este grupo. Por este motivo, se establecerá que los resultados de dicho grupo obtendrán la calificación 90/100 en la escala de puntuación de la aplicación. Por otro lado, los resultados provenientes del grupo con deterioro cognitivo se utilizarán como métrica para obtener el puntaje promedio dentro de la aplicación, para no generar un golpe en la moral del paciente y no sentirse por debajo de la media o hacer énfasis en su déficit. Por lo tanto, estos parámetros serán registrados como 50/100 en la escala de puntuación de cada juego de la aplicación. Para poder relacionar el resto de los resultados posibles en los distintos juegos de la aplicación, se realizará una interpolación lineal entre los parámetros ya fijados. Por último, a partir de la utilización de la aplicación por parte de los pacientes, se guardarán los resultados de estos para agrandar la

muestra del grupo de personas con dificultades cognitivas y se hará un circuito de feedback sobre el parámetro tomado como puntuación 50/100, modificándolo según sea necesario lo que indique la nueva media o mediana (según se haya decidido) para los próximos resultados.

### 6.3. Puntuación de Dominios

Para determinar la calificación de un paciente en un dominio particular, primero se procederá a diferenciar al dominio de Agilidad Mental del resto de los dominios, dado que es la única capacidad cognitiva que no posee juegos específicos propios.

La agilidad mental es una capacidad que se puede encontrar en todas las tareas a realizar dado que, como se mencionó anteriormente, es la rapidez para procesar información y ejecutar consecuentemente que tiene un paciente. Por lo tanto, al ser una capacidad común a todas las actividades, se decidió no hacer un juego puntual para medir dicho dominio sino que la puntuación del paciente será un promedio ponderado de los resultados de todas las actividades.

Para realizar dicho promedio, primero se procederá a dividir a los juegos en tres categorías distintas, que otorgarán un menor o mayor peso al momento de calcular el puntaje final del paciente. Con lo cual, el puntaje quedará dado por la siguiente ecuación:

$$Agilidad\ Mental = \sum_{i=1}^n w_1 \cdot j_i + \sum_{j=1}^m w_2 \cdot j_j + \sum_{k=1}^p w_3 \cdot j_k$$

Donde los  $w_{1,2,3}$  serán los pesos asignados a cada categoría y los  $j_{i,j,k}$  los juegos que se encuentran en dicha clase. Con respecto a los pesos  $w_{1,2,3}$ , estos serán dados a partir de atribuir 10 puntos a los juegos en la primer categoría, 20 a los del segundo grupo y 30 a los del tercero. Luego, se sumarán todos los pesos, generando un total, por el que se dividirá a cada actividad, dando como resultado el peso final de cada uno. Por lo tanto,  $w_1$  será 0,0256;  $w_2$  tendrá un peso de 0,0513; y finalmente,  $w_3$  multiplicará a cada juego de la tercer categoría por 0,0769.

Continuando con la categorización de niveles de los juegos basados en la necesidad de la velocidad de procesamiento, estos se dividirán en las siguientes clases con sus ponderaciones correspondientes:

1. Clase 1 (menor agilidad necesaria): Resuelve creativamente, Ilustralo, Crea la figura, Rellena el plato, Volver a casa, Ubica el símbolo, Relaciones de palabras.
2. Clase 2: Sigue el camino, Une los puntos, Describe la imagen, Happy path, Encuentra el camino, Formas cruzadas, Ordenalos.
3. Clase 3 (mayor agilidad necesaria): Detector de sonrisas, Quick feeling, ¿Verdadero o falso?, Encuentra el diferente, ¿Dónde está el objeto?, Tocalos todos.

Luego, para el resto de los dominios, se procederá a realizar otro promedio ponderado donde predominarán los juegos que fueron diseñados para el dominio en particular, teniendo un peso del 70 % del total del puntaje del dominio. Por otro lado, el 30 % restante de la puntuación será calculado a partir del promedio de los resultados de todos los juegos que tengan como capacidad secundaria utilizada al dominio en cuestión. Por lo tanto, la puntuación de un dominio se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$Dominio = 0,7 * \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{n} + 0,3 * \sum_{j=1}^m \frac{k_j}{m}$$

Donde  $k_i$  será la puntuación de cada juego predominante del dominio y,  $k_j$  la puntuación de los juegos secundarios.

## 7. Diseño

### 7.1. Diseño de Funcionamiento

Antes de comenzar con el diseño propiamente dicho de la aplicación, se diagramó el funcionamiento de la misma para luego poder crear las pantallas pertinentes, evitando caer en repeticiones o ineficiencias en el flujo de actividades por parte de los distintos usuarios. La aplicación será diseñada para uso profesional, con lo cual se espera que diferentes procesos como la creación y registración de nuevos usuarios, sea realizada por profesionales de la salud, sea que refiera para crear usuarios para pacientes o para sí mismos. Esta decisión se tomó para facilitar dicho proceso, tanto en tiempo de realización, como en el diseño, dado que debido a las condiciones de los pacientes, estas pantallas pueden requerir de un nivel de dificultad demasiado elevado para sus capacidades, como por ejemplo la motricidad fina al escribir su nombre o memoria para recordar otra información relevante. Como se puede deducir de lo mencionado anteriormente, la aplicación contará con 2 actores principales: los profesionales de la salud y los pacientes. Los primeros tendrán un rol de supervisores y de monitoreo de la actividad y el progreso de los segundos, pudiendo realizar el seguimiento de varios pacientes con un solo usuario; es decir, los profesionales de la salud tendrán una relación de “uno a muchos” con sus pacientes, para poder observar y analizar el estado de cada uno de ellos en relación a sus actividades en la aplicación.

Con respecto a los pacientes, se plantea que su interacción con la aplicación será limitada a realizar los entrenamientos o tareas para su rehabilitación cognitiva, y a poder visualizar el progreso o estado actual de sus capacidades, medidas a partir del desempeño en las distintas actividades propuestas por la aplicación. En cuanto a la circulación de los mismos en la aplicación, se espera que una vez iniciada su sesión, por parte del profesional de la salud correspondiente, el paciente pueda elegir iniciar inmediatamente sus actividades o visualizar su progreso. Además, tendrá la posibilidad de leer una breve descripción de las capacidades que se ejercitan en la aplicación. Luego, una vez comenzada la ejercitación del día, antes de realizar cada tarea, se podrá visualizar un instructivo para comprender la actividad a hacer. Por último, cuando se haya terminado, el paciente observará en las métricas a partir de lo realizado en su entrenamiento.

## 7.2. Diseño de App

Para comenzar con el diseño de las pantallas de la aplicación, se realizó una búsqueda para determinar el programa que mejor cumpliera con las necesidades requeridas del proyecto, sin ser demasiado complejo o excederse en capacidades técnicas. Por esto, se tuvieron en cuenta 3 softwares distintos para desarrollar las pantallas no funcionales de la plataforma. Estas fueron:

- Adobe XD
- Sketch
- Proto.io

Luego de realizar pruebas en cada una de ellas, se decidió que el programa a utilizarse sería **Adobe XD** (versión 34.1.12.9) dado que es un software gratuito que posee una gran amplitud de herramientas de diseño sin dejar de ser simple y funcional para el manejo de un usuario principiante en el asunto de diseño de aplicaciones. Además, Adobe XD tiene la posibilidad de agregar *add-ons* o *plug-ins* para sumar algún tipo de funcionalidad particular, llegado el caso de necesitarla y que no se encuentre dentro del paquete inicial del programa. Por último, otro de los beneficios del software es que recomienda y precarga el tamaño de pantalla a utilizar, tomando como referencia de los celulares más novedosos o de mayor uso.

Por lo tanto, mediante este programa se diseñó el prototipo de interfaz donde se podrá visualizar el recorrido de los usuarios a lo largo de ella, tanto para el paciente como para el profesional de la salud, como se describirá a continuación.

## 7.3. Accesibilidad

La aplicación está enfocada en un conjunto de personas en particular, que son aquellos pacientes con las condiciones previamente mencionadas, sumado a aquellos pacientes que se crea que dada su situación podrían beneficiarse de realizar las tareas y actividades incluídas en la *app*.

Por otro lado, la accesibilidad, según ISO e IEC, es “la medida en que productos, sistemas, servicios, entornos e instalaciones pueden ser utilizados por personas de una población

con la gama más amplia de características y capacidades para lograr un objetivo específico en un contexto específico de uso” [45]. Al mismo tiempo, estas organizaciones también mencionan la superposición de este término junto con “usabilidad”, donde la accesibilidad es la ampliación de la usabilidad a la mayor cantidad de capacidades posibles.

Por lo tanto, comprendiendo y estudiando al usuario objetivo de la aplicación, se tuvo como motivación del diseño, maximizar la accesibilidad de la *app* para dichas personas.

Teniendo en cuenta esto, se encuentra que una limitante es el tamaño de los dispositivos y las pantallas sobre los que se usará la *app*[46]. Para contrarrestar dicho condicionamiento, se consideraron varios factores referidos a la visualización mientras se ejecutó el diseño de la aplicación, a saber:

- **Botones de mayor tamaño:** Todos los botones principales de la aplicación tienen como mínimo el tamaño recomendado para adultos mayores de 16mm[47]. Esto mejora la accesibilidad en los casos de pacientes con pérdida de motricidad fina debido a su condición.
- **Paleta de Colores:** Se eligió una tonalidad de gris para el fondo de la pantalla para que resalten los espacios en blanco donde se deba completar información. Además, se utilizó un tono lo suficientemente claro para poder remarcar los botones mediante el uso de sombras, para otorgarles un efecto de relieve sobre el fondo. Luego, se buscó utilizar una paleta de colores amplia para que el paciente pueda diferenciar los distintos dominios por su nombre y asociarlos con un color en particular. También, se utilizó el color verde a lo largo de la aplicación como color que de señal de continuidad del flujo principal de la misma. Por último, se comprobó que los colores utilizados no se superpongan en caso de que el paciente tenga algún tipo de daltonismo, algo que ocurre en el 8% de los hombres mundialmente[48]. Para esto, se efectuó una simulación de la aplicación con los distintos tipos de daltonismo con el programa *Color Oracle* (<https://colororacle.org/>), teniendo resultados positivos ya que ningún dominio comparte el mismo tono con otro.
- **Fuente y tamaño de letra:** Para facilitar la lectura por parte del paciente, se decidió que todos los textos estuviesen escritos en mayúscula. Además se utilizó la fuente

*Segoe UI*, la cual esta optimizada para la legibilidad del usuario[49]. Se usó un tamaño de fuente mayor a 20 con el mismo motivo.

- **Imágenes:** Para facilitar la comprensión y entendimiento de los distintos dominios y opciones dentro de las pantallas, se insertaron distintas imágenes que hagan referencia al texto que está en su misma línea. En el ordenamiento de la imagen y el texto, se determinó poner la imagen a la izquierda y el texto a la derecha ya que, según un estudio hecho por *Nielsen Norman Group*, los usuarios son 89% más propensos a recordar lo que se encuentra a la izquierda frente a los que está a la derecha de una pantalla, dado que los paneos rápidos los hacen de izquierda a derecha (este caso no aplica en la cultura árabe o hebrea)[50].

Además, siguiendo con la premisa mencionada anteriormente, se diseñó la aplicación de manera que se minimicen los clics/toques para facilitar la navegación de los usuarios, así como utilizar oraciones cortas o palabras puntuales para favorecer la comprensión de instrucciones y de posibilidades dentro de la *app*.



Figura 3: Ejemplo de Pantalla de la aplicación donde se encuentran realizados los conceptos de diseño.

#### 7.4. Interfaz de Usuarios

El usuario que ingresa a la aplicación es presentado con dos opciones en la primer pantalla: iniciar sesión o registrarse (Fig. 4). En el caso de presionar en Iniciar Sesión, en el flujo de pantallas se preguntará en primera instancia si el usuario que desea ingresar es un paciente o un profesional de la salud, para luego ingresar el nombre de usuario y la contraseña y así ingresar en la aplicación. Dicha circulación por las pantallas se realizó debido a que *Adobe XD* no distingue al usuario que inicia sesión por lo tanto se necesita realizar la bifurcación manualmente, pero si es que la aplicación se implementa, se va a tener en cuenta

esta distinción entre paciente y profesional de la salud cuando se busque el usuario en la base de datos y se ahorrará la pregunta al usuario, distinguiendo a uno u otro automáticamente.



Figura 4: Pantalla de Inicio de Inhancer



Figura 5: Pantalla de Registro de Paciente

Si el paciente desea Registrarse debe indicar primero que tipo de usuario desea crear, si paciente o prof. de la salud, y luego una serie de datos personales según sea necesario (Fig. 5). Los datos pedidos a los pacientes son:

- Nombre
- Fecha de Nacimiento
- Sexo
- Condición
- Profesional a cargo

Al tocar todos estos cuadros de ingreso de texto, y al igual que en el resto de la aplicación, se le abre el teclado correspondiente ya sea alfanumérico o solamente numérico.

Luego de completar las pantallas de Registración o de Inicio de Sesión, en el caso del paciente, se accede al Menú Principal (Fig. 7), donde el paciente puede elegir que acción realizar entre: Iniciar su Entrenamiento; Ver su Progreso; o hacer ajustes en la configuración. Se busca que como acción principal se inicie con las tareas del día, por eso es que dicho botón es verde y de mayor tamaño, mientras que las otras opciones son de flujos/acciones secundarias que pueden brindar información adicional.

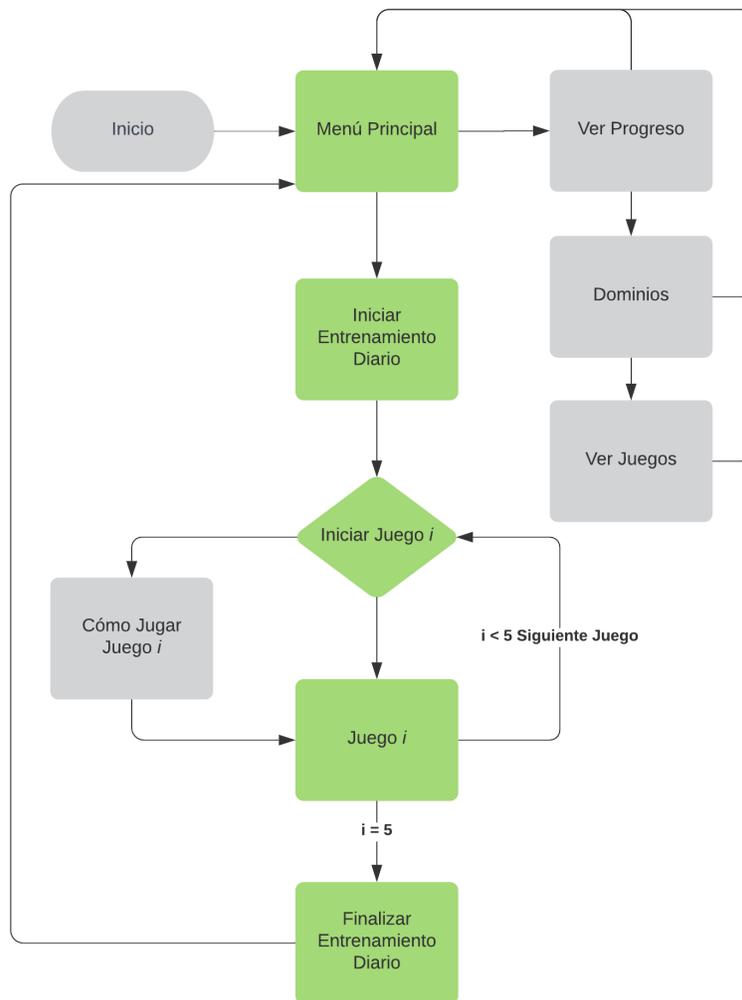


Figura 6: Flujo de trabajo de la aplicación Inhancer para los pacientes.

Seguindo con el flujo principal, una vez que se selecciona “Iniciar el Entrenamiento

Diario”, la aplicación se dirige a una pantalla donde se anticipa al paciente cuales son los dominios donde se enfocarán las tareas del día (Fig. 8). Al mostrarse dichos dominios, el paciente puede tocar en ellos para informarse con mayor detalle que representan y saber más de los mismo, o dirigirse a la primera actividad del día. Si busca informarse más, se lo redirigirá a las mismas pantallas de “Ver Progreso” que se describirán más adelante.



Figura 7: Menú Principal del Paciente.



Figura 8: Pantalla de Inicio de Entrenamiento del Paciente.

Una vez que el paciente está listo para comenzar con las tareas a realizar, se conducirá al primer juego de su sesión de estimulación. Cada sesión de entrenamiento de los pacientes constará de 5 actividades, con una duración aproximada de cada una de 5/7 minutos, donde 3/5 minutos son de la realización de la tarea y el resto de explicación del juego y preparación. Con lo cual, se estima que cada sesión durará entre 25 y 35 minutos, variando las tareas a completar (Fig. 6). De esta manera, el paciente trabaja durante un tiempo considerable, manteniendo el foco de concentración, y se busca que no caiga en el aburrimiento haciendo varias actividades de relativamente corta duración.

El flujo de entrenamiento del paciente está compuesto por una pantalla de inicio donde se muestra el título y una imagen de la actividad a realizar y dos botones, uno para iniciar el juego y otro para recibir las instrucciones de las tareas a realizar (Fig. 9). Si el paciente decide ver como realizar la actividad, observará dos pantallas sucesivas con las indicaciones de las acciones a cumplir (Fig. 10 y 11), para luego, iniciar el juego. Una vez finalizada la primera actividad, se mostrará la puntuación del paciente en dicha tarea (Fig. 12). Luego, se repetirá el mismo esquema de pantallas con otras 4 tareas a realizar hasta finalizar con el entrenamiento del paciente (Fig. 6). Después de completar las actividades, se visualizarán todos los dominios cognitivos del paciente con su puntaje actual y un símbolo + (más), - (menos) ó = (igual) dependiendo si, a partir de los resultados obtenidos en la sesión de trabajo recientemente finalizada, la condición del paciente mejoró, empeoró o se mantuvo igual en dicho dominio (Fig. 50). Por último, se volverá al menú principal del paciente, donde ahora solo podrá ver su progreso, hacer ajustes de configuración o salir de la aplicación.



Figura 9: Pantalla de Inicio de Juego.



Figura 10: Primer pantalla de instrucciones del juego.



Figura 11: Segunda pantalla de instrucciones del juego.



Figura 12: Pantalla de fin del juego.

Con respecto a la pantalla de Visualización de Progreso del Paciente (Fig. 49), esta es una pantalla deslizable que mostrará todos los dominios cognitivos previamente mencionados que serán tomados en cuenta para trabajar en la aplicación y se observará debajo de cada capacidad, una puntuación entre 0 y 100 que corresponderá al nivel del paciente en ese

dominio. Dicha puntuación esta calculada de la manera descrita previamente en 6.3.

Las pantallas que son deslizables, como en el caso de Ver Progreso y a lo largo de toda la aplicación, se suelen ayudar con la “Ley de Cierre” que implica dejar un texto o una imagen cortada en el borde por el cual se puede desplazar el usuario. Esta “ley” indica que se necesita un gesto de deslizamiento para avanzar.

Luego, si el paciente decide tocar en alguno de los dominios mostrados, accederá a una pantalla donde se le exhibirá más información acerca del dominio. En ella, leerá una explicación con mayor detalle acerca de la capacidad cognitiva que eligió (Fig. 13). Además, podrá acceder a visualizar en una siguiente pantalla, los juegos que fueron definidos como principales para dicho dominio y sus puntuaciones. Es decir, se mostrarán las actividades que requieran de manera fundamental al dominio en cuestión (Fig. 14).



Figura 13: Ejemplo de visualización de un Dominio.



Figura 14: Ejemplo de visualización de juegos de un dominio.

Por último, volviendo al menú principal, si el paciente entrá en la sección de “Ajustes” podrá elegir mantener o quitar el sonido de la aplicación, como también activar o desac-

tivar las notificaciones que pueden aparecer en pantalla (Fig. 48).

## **7.5. Interfaz de Profesionales de la Salud**

Al igual que los pacientes, cuando los profesionales de la salud ingresen en la aplicación podrán iniciar sesión en un usuario ya existente en el sistema o registrarse y crear uno nuevo. En caso de generar un nuevo usuario, la información requerida por el sistema será (Fig. 15):

1. Nombre
2. Establecimiento de Salud (Podrá buscar el suyo en una lista de ya haber sido registrado previamente)
3. Correo Electrónico
4. Nombre de Usuario
5. Contraseña

Una vez dentro de la aplicación con el usuario correspondiente, el profesional de la salud visualizará su Menú Principal (Fig. 16). En este, él podrá agregar un nuevo Paciente a su lista de Pacientes en Seguimiento; ver un paciente que se encuentra dentro de su lista; revisar los avisos o notificaciones del sistema; y, por último, ajustar la configuración de la aplicación.



Figura 15: Pantalla de registro de Profesional de la Salud.



Figura 16: Menú para los Profesionales de la Salud.

En caso de que desee agregar un nuevo paciente para su seguimiento, en la pantalla se le explicará que puede hacerlo de dos maneras: la primera será agregando a su lista, uno que ya esté en el sistema; y, la otra opción, será creando un nuevo paciente para luego agregarlo al seguimiento (Fig. 17).

Por otro lado, el usuario puede elegir ver y modificar detalles de alguno de sus pacientes en la lista de seguimiento. Allí, una vez elegido el paciente, al profesional de la salud se le presentará una pantalla donde encontrará: los datos del paciente, como fecha de nacimiento, sexo y condición; y botones, que le permitirán ver el progreso del paciente, ver la condición inicial del mismo en los distintos dominios, ver el orden de prioridades de los dominios a trabajar por ese paciente y, por último, ver los comentarios anotados sobre el paciente (Fig. 18).



Figura 17: Pantalla para agregar un paciente a la lista de seguimiento del Profesional de la Salud.



Figura 18: Menú de visualización de pacientes para los Profesionales de la Salud.

Si el usuario decide visualizar el progreso del paciente, observará una pantalla donde verá la evolución de cada dominio trabajado en un gráfico (Fig. 108). Además, se muestra el resultado de la última sesión de trabajo del paciente, dividido por dominios, mostrando con símbolos si es que hubo mejoras o pérdidas en cada capacidad. Análogamente, en la pantalla de “Condición Inicial”, el profesional de la salud contemplará las métricas del paciente en cada dominio cuando inició el uso de la aplicación(Fig. 107).

Continuando en la vista de un paciente, otra de las posibilidades que se le ofrecen al profesional de la salud, es la de ver y modificar las prioridades de trabajo del paciente. En esa pantalla, primero, podrá observar cual es el orden de prioridades actual de dominios a trabajar, enumerados del 1 al 9 con un orden de prioridad descendente, siendo el dominio con el número 1, el de mayor importancia (Fig. 109). Asimismo, el usuario puede modificar dicho orden de prioridades por el que crea conveniente según su criterio y la necesidad del paciente. Al modificarlo, puede reordenar los dominios del 1 al 9 o, también, puede dejar

dominios vacíos si es que quiere que se dejen de trabajar (Fig. 110). Una vez asignado un nuevo orden, se volverá al menú de vista del paciente.

Por último, respecto a la vista general de un paciente, el profesional de la salud podrá agregar y revisar comentarios hechos por el mismo u otros profesionales sobre el paciente actual (Fig. 112). En la pantalla de comentarios, podrá observar primero las observaciones que hayan sido marcadas como importantes, destacadas con una estrella en la parte derecha. Como segundo nivel de ordenamiento, los comentarios estarán ordenados cronológicamente de más reciente a más antiguo. Luego, para agregar una nueva observación, el profesional de la salud ingresará a otra pantalla donde completará con el título de la anotación, la describirá como lo crea conveniente y podrá definir si se marca como destacada o no (Fig. 19). Una vez creado el comentario, podrá visualizarse en la pantalla con el resto de los anteriores.

De esta manera, el usuario podrá informarse acerca del estado actual de sus pacientes, su evolución y tomar medidas si lo cree necesario.

Volviendo al menú principal del usuario, este podrá realizar otras acciones como revisar sus notificaciones (Fig. 20) o hacer ajustes en la configuración de la aplicación (Fig. 96).



Figura 19: Pantalla para agregar comentarios sobre un paciente por parte del Profesional de la Salud.



Figura 20: Pantalla de notificaciones emitidas por la aplicación para los Profesionales de la Salud.

## 7.6. Sistema de notificaciones

Las notificaciones en los teléfonos móviles alertan a los usuarios sobre nuevos mensajes, correos electrónicos, actualizaciones de redes sociales y otros eventos que pueden quedar desatendidos. Normalmente, no se espera que estas notificaciones sean tenidas en cuenta rápidamente, sin embargo el usuario promedio la ve en cuestión de minutos.

Desde que se establecieron la App Store (Apple) y la Play Store (Google) como plataformas principales de distribución de aplicaciones móviles, este mercado no ha parado de crecer. Está comprobado que este tipo de aplicaciones mejoran la retención de sus usuarios con el uso de notificaciones, de todas maneras, el uso desmedido de estas notificaciones provoca el efecto contrario, pudiendo fomentar la desinstalación de la aplicación[51].

Por las razones mencionadas anteriormente, la aplicación Inhancer contará con un servicio de notificaciones pero la cantidad emitida se mantendrá en las puramente esenciales.

De todas maneras, el usuario es capaz de modificar la frecuencia y el tipo de notificaciones que recibe desde la sección de ajustes, tanto para las notificaciones esenciales como para las no esenciales.

### **7.6.1. Notificaciones para los pacientes**

Las notificaciones esenciales que recibirán los pacientes por defecto son:

- El paciente no está realizando las actividades con la frecuencia que debería. Si el paciente toca sobre esta notificación, la aplicación se abre y comienza su entrenamiento.

Por otro lado, las notificaciones no esenciales que pueden recibir los pacientes son:

- Se ha creado un nuevo juego en algún dominio
- Avisos de mantenimiento de la aplicación

### **7.6.2. Notificaciones para lo médicos**

Todas las notificaciones apuntadas a los médicos serán por defecto de carácter no esencial. Si el médico las considera esenciales, puede modificarlo desde la sección de ajustes (Fig. 20).

- Un paciente específico ha terminado su rutina.
- Un paciente específico está superando ampliamente sus objetivos.
- Un paciente específico está muy por debajo de sus objetivos.
- Otro médico ha tomado un paciente propio.
- Avisos de mantenimiento de la aplicación.

## 8. Mockups

Para poder probar la aplicación y las actividades con los pacientes, se determinó que la forma más práctica de hacerlo sería mediante la utilización de “Mockups”, o montajes de los juegos, por la facilidad para implementarlos y poder obtener resultados confiables de manera rápida. También, por la menor complejidad para el usuario para entender y utilizar cada montaje. Así mismo, dichos montajes se utilizaron para poder resolver si el modelo de cuantificación de métricas es acertado y fácil de implementar, tanto para obtener el “Gold Standard” como el puntaje promedio de un paciente con deterioro cognitivo.

Implementando los distintos tipos de juegos, se realizaron 8 montajes funcionales que reflejan algunos de los juegos que se desarrollarán en la aplicación. De estos 8 juegos, se utilizaron 3 de ellos para realizar pruebas con un grupo control de personas sin ningún tipo de problema cognitivo diagnosticado.

A continuación se describirán los “Mockups” realizados, dentro de los cuales, los primeros tres mencionados son los que fueron utilizados para realizar las pruebas.

### 8.1. Encuentra el camino

Se realizó el “Mockup” de la actividad “Encuentra el camino” utilizando *Microsoft Powerpoint* (Versión 2102 compilación 13801.20360). El juego se realiza de la manera descrita en 6.1, teniendo un tiempo de 3 segundos para recordar los lugares donde se encuentran las cruces hasta que pasa de diapositiva/pantalla para que el usuario realice el recorrido pedido. Dicho procedimiento se realizará de manera repetitiva usuario complete los 15 caminos que posee el prototipo, siendo la puntuación final una combinación entre el tiempo que le requirió al usuario completar todos las tareas y la cantidad que realizó de manera correcta.

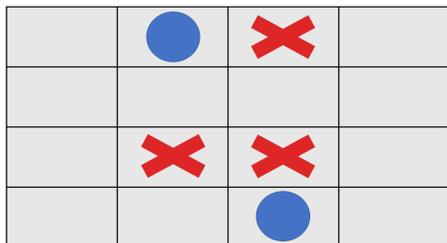


Figura 21: “Mockup” de Encuentra el Camino, pantalla que el usuario debe memorizar.

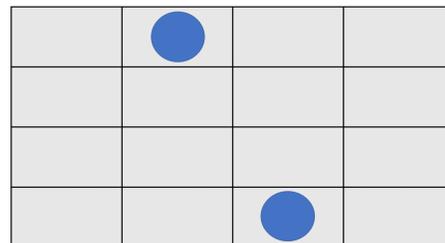


Figura 22: “Mockup” de Encuentra el Camino, donde el usuario debe completar el camino sin pasar por las celdas que tienen cruces vistas en la pantalla anterior.

## 8.2. Une los puntos

Para la actividad de “Une los Puntos”, se produjo el “Mockup” en *Microsoft Powerpoint*. En él, se crearon 30 escenarios diferentes donde el usuario deberá unir los puntos en orden de menor a mayor y, a medida que se avanza, se incrementa la cantidad de números y su complejidad para unirlos. Llegando a los últimos niveles de dificultad, los puntos se crearon con números y letras y las instrucciones dadas a los jugadores fue que estos se debían unir de la manera: 1-A-2-B y así sucesivamente. La puntuación final también se calculó al igual que en “Encuentra el camino”, siendo la combinación del tiempo para la finalización todos las pantallas y la cantidad de respuestas correctas.

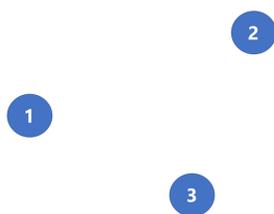


Figura 23: “Mockup” de Une los Puntos. Niveles iniciales.

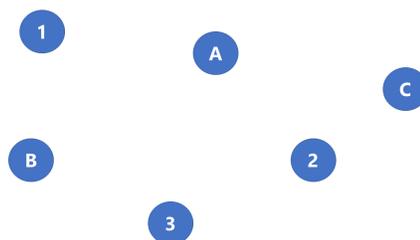


Figura 24: “Mockup” de Une los Puntos. Niveles de mayor dificultad.

## 8.3. Verdadero o Falso

El montaje del juego “Verdadero o Falso” se construyó utilizando el programa *iSpring Suite 9*, el cual permite construir *quizzes* y distintos tipos de exámenes mediante una

interfaz similar a la de *Microsoft Powerpoint*. Esta actividad se realizará como se puede observar en las Fig. 25 y 26, donde el usuario deberá determinar si la imagen y la palabra coinciden, a lo largo de 60 segundos y la puntuación final será la cantidad de respuestas correctas anotadas en ese lapso de tiempo. Para mantener la continuidad de la actividad, se crearon 50 preguntas para responder, de manera que el usuario no pudiese completar todas y su actuación se mida en lo más lejos que pudo alcanzar.

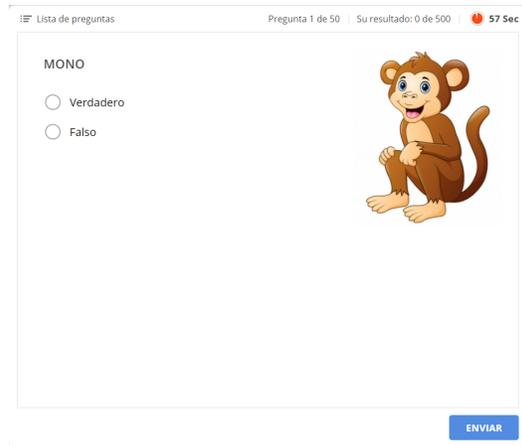


Figura 25: “Mockup” de Verdadero o Falso.

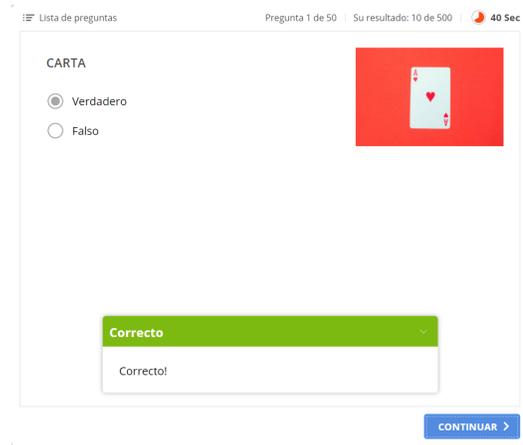


Figura 26: “Mockup” de Verdadero o Falso. Muestra de una respuesta correcta.

## 8.4. Son risas

Al igual que el “Mockup” de “Verdadero o Falso”, el juego “Son risas” se implementó utilizando *iSpring Suite 9* (Fig. 27 y 28), donde la elección de la persona correcta se hace a través del *Multiple Choice* que permite generar el software. El puntaje de los usuarios en el montaje se ve determinado por la cantidad de respuestas correctas en 60 segundos, donde el máximo de preguntas a responder es 50, buscando que el usuario termine la actividad por el tiempo y no por haber completado todas las pantallas.



Figura 27: “Mockup” de Son Risas.

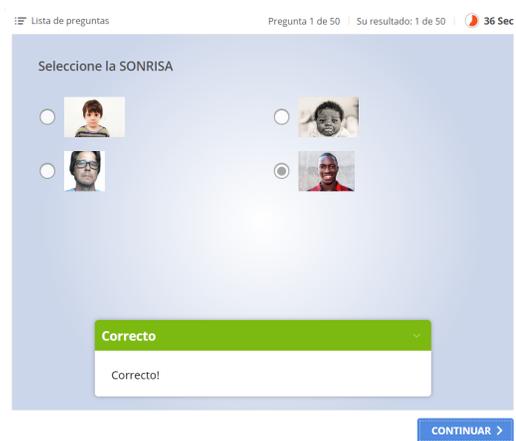


Figura 28: “Mockup” de Son Risas. Muestra de una respuesta correcta.

## 8.5. Describe la imagen

Para la actividad “Describe la imagen”, se siguió utilizando *iSpring Suite 9* dada la versatilidad del programa para poder insertar el cuadro donde se escribe el texto. En este montaje, existe la dificultad añadida de tener que escribir de manera ortográficamente correcta la respuesta, dado que el sistema utiliza como valida solo un conjunto de letras, y no es inteligente para relacionar si difieren por algún error de escritura por parte del usuario. Por otro lado, se mantuvieron los parámetros de tiempo, 60 segundos, y de cantidad de preguntas, 50, al igual que el criterio de puntuación.

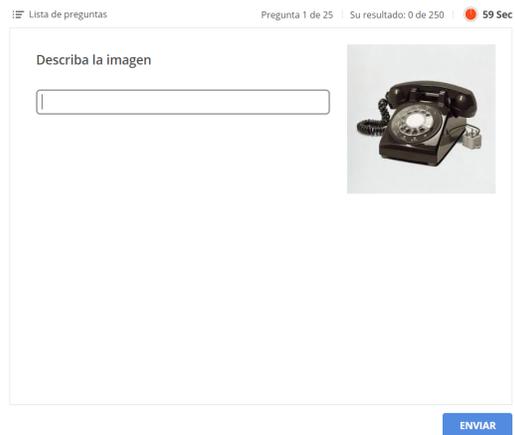


Figura 29: “Mockup” de Describe la imagen.

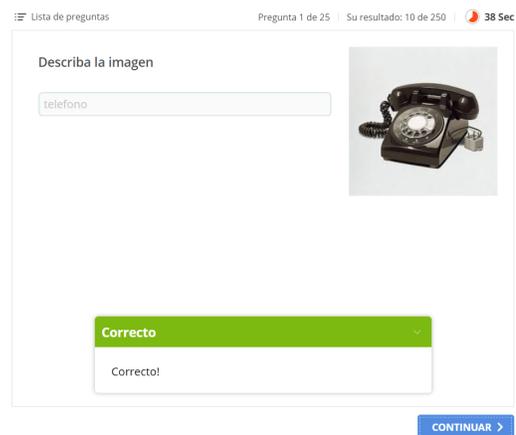
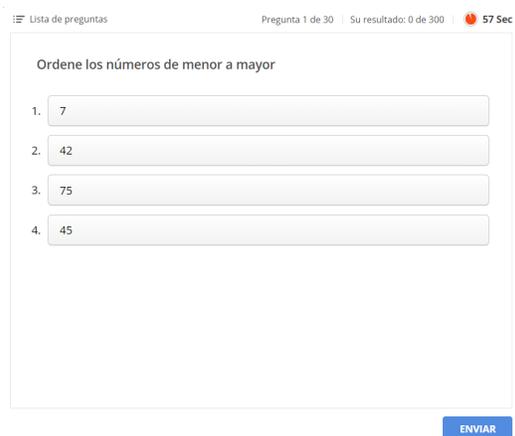


Figura 30: “Mockup” de Describe la imagen. Muestra de una respuesta correcta.

## 8.6. Ordenalos

Continuando con el “Mockup” de “Ordenalos”, se utilizó una funcionalidad de *iSpring Suite 9*, que permite reordenar las opciones presentadas y presentar el orden correcto. De esta manera, se generaron los conjuntos de números para ordenar, que luego son aleatoriamente mezclados por el sistema para quedar listos para que el usuario realice la actividad. Los criterios de puntuación se mantuvieron iguales a los de los montajes descritos previamente.



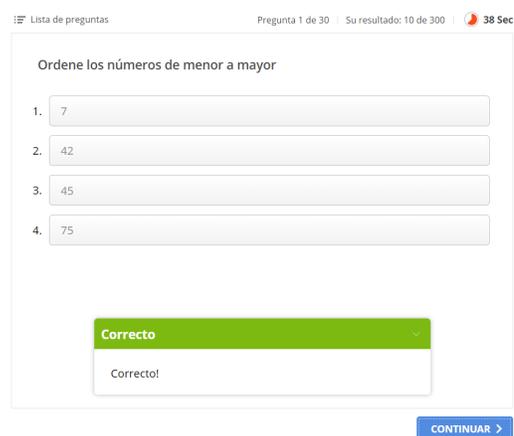
Lista de preguntas | Pregunta 1 de 30 | Su resultado: 0 de 300 | 57 Sec

Ordene los números de menor a mayor

1. 7
2. 42
3. 75
4. 45

ENVIAR

Figura 31: “Mockup” de Ordenalos.



Lista de preguntas | Pregunta 1 de 30 | Su resultado: 10 de 300 | 38 Sec

Ordene los números de menor a mayor

1. 7
2. 42
3. 45
4. 75

Correcto

Correcto!

CONTINUAR >

Figura 32: “Mockup” de Ordenalos. Muestra de una respuesta correcta.

## 8.7. Encuentra el diferente

El último montaje realizado con *iSpring Suite 9* fue el referido al juego “Encuentra el diferente”. Esta actividad se construyó utilizando un atributo del programa que permite marcar un área determinada como correcta mientras que el resto de la imagen queda como incorrecto. En cuanto a los criterios de tiempo y puntuación fueron 60 segundos para resolver 15 de estos problemas, siendo la puntuación final una combinación entre el tiempo en el que se realizó la actividad y las respuestas correctas.



Figura 33: “Mockup” de Encuentra el diferente.



Figura 34: “Mockup” de Encuentra el diferente. Muestra de una respuesta correcta.

## 8.8. Rellena el Plato

En cuanto al “Mockups” de “Rellena el plato”, se realizó utilizando *Microsoft Powerpoint*, donde los diferentes problemas para completar la imagen van elevando su dificultad. Esto se da a partir de que los niveles básicos tienen bloques para completar con orientaciones diferentes (Fig. 35), mientras que los niveles de mayor dificultad presentan las imágenes para completar con la misma orientación pero con diferentes patrones o comidas (Fig. 36). La puntuación se determina a partir de la cantidad de respuestas correctas sobre los 20 problemas y el tiempo que se necesitó para completarlo.



Figura 35: “Mockup” de Rellena el plato. Muestra de los niveles iniciales

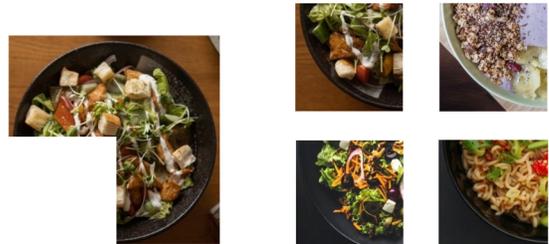


Figura 36: “Mockup” de Rellena el plato. Muestra de los niveles avanzados.

## 9. Resultados

Buscando alcanzar los objetivos de máxima del proyecto, cuya meta era realizar ensayos clínicos en pacientes utilizando la *app*, se ejecutaron distintas pruebas en grupos de personas sin deterioro cognitivo diagnosticado para establecer el “Gold Standard” mencionado previamente para luego continuar con ensayos en los pacientes del Dr. Raúl Arizaga (neurólogo), quien brindó su expertise y ayuda para la concreción de este proyecto. Debido al progresivo aumento de casos de Covid-19 en los meses de Marzo y Abril, se llegaron a realizar las exámenes en individuos sin problemas cognitivos, pero se decidió suspender las pruebas en pacientes dado el potencial riesgo de contagio que existe, agravado por las condiciones de dichos pacientes (en su mayoría, pacientes de riesgo).

	Entre 20 y 40 años	Entre 40 y 60 años	Más de 60 años
<i>Muestra (personas)</i>	36 (20 H y 16 M)	16 (8 H y 8 M)	13 (8 H y 5 M)
<i>Une los puntos</i>	461	407	276
<i>Encuentra el Camino</i>	231	213	164
<i>V o F</i>	223	190	133
<i>SAGE</i>	21	21	20

Tabla 2: Resultados promedio de las pruebas de los “Mockups” en individuos sin deterioro cognitivo. A los individuos se les realizó el test SAGE para validar su condición.

Al evaluar a los individuos para establecer el “Gold Standard”, estos realizaron las pruebas de los “Mockups” de “*Une los puntos*”, “*Encuentra el Camino*” y “*V o F*”, además del SAGE Test (Self-Administered Gerocognitive Test, por sus siglas en inglés) y preguntas históricas, tanto de ellos como familiares, para corroborar de manera rápida y efectiva que no presentaran algún leve problema cognitivo[52].

Continuando con los ensayos de los montajes, se les dio a los voluntarios un máximo de tiempo de 4 minutos para realizar el juego “*Une los puntos*” y la puntuación de cada uno resultó de la cantidad de respuestas correctas (donde cada una otorga 10 puntos) de cada individuo, multiplicado por el cociente entre el tiempo total de la actividad y el tiempo utilizado por el voluntario. Por ejemplo, un individuo puede haber contestado 20 respuestas correctas de 30 posibles en 2 minutos, obteniendo una puntuación final de 400 puntos, a partir

de la cuenta:  $Puntaje = 20correctas * 10puntos * 4minutos / 2minutos = 400puntos$ . Análogamente, se mantuvo el mismo lineamiento de puntuación para el prototipo de “*Encuentra el Camino*”, con un tiempo límite para completar la actividad de 3 minutos. En cuanto al “Mockup” de “*V o F*”, se buscó que el voluntario realice la mayor cantidad de respuestas correctas posibles en 1 minuto, siendo su puntuación la cantidad de respuestas correctas multiplicado por 10. Por otro lado, como mitigación de un posible efecto de “desconocimiento” o “novedad”, se hizo que los individuos que realizaron las pruebas de los montajes, hagan un *trial-run* de cada prototipo para familiarizarse con el modo de uso de cada uno de ellos. Por lo tanto, se tomó como puntuaciones válidas las correspondientes a los segundos intentos de cada individuo sobre los prototipos, para corroborar que hayan comprendido la manera correcta de realizar los ensayos.

Con respecto a los resultados, como se puede observar en la Tabla 2, el puntaje promedio de los voluntarios más de entre 20 y 40 años es significativamente superior en todos los prototipos en relación a los del siguiente rango etario, un patrón que se repite de la misma manera comparando los otros dos rangos de edad de los individuos. Como un primer análisis, se deduce que esto se debe a que las personas del menor rango de edad poseen una mayor velocidad de procesamiento, entre otros dominios cognitivos, dado que a medida que el ser humano envejece, este naturalmente pierde capacidades cognitivas, sin que esto repercuta de manera significativa en su vida diaria o se lo considere un deterioro que necesite asistencia.

Debido a esto, se comprendió la necesidad de realizar un “Gold Standard” para cada rango etario, ya que la edad es un factor a tener en cuenta a la hora de evaluar la capacidad cognitiva de un paciente, pues un paciente mayor de 60 años no podrá alcanzar las puntuaciones de un individuo de 25 años cognitivamente saludable por más que se rehabilite perfectamente, dado que existen factores naturales del envejecimiento que se lo impiden. Por ello, y para que la aplicación sea anímicamente estimulante (es decir, que no frustre al paciente con bajos puntajes), se debe medir, comparar y puntuar a cada usuario de la aplicación con métricas correspondientes a su edad.

## 10. Comentarios finales

Al finalizar la etapa de diseño de la aplicación, se llegó a la conclusión del proyecto, habiendo generado las pantallas de la *app* como así las métricas y juegos para el uso de la misma. Para continuar con este proyecto, el siguiente paso es el desarrollo y la implementación en los distintos sistemas operativos de *tablets* o celulares para que se comience con la utilización de la aplicación. Una vez implementado y previo al lanzamiento masivo, se deberán realizar las pruebas pertinentes para validar su correcto funcionamiento, así como generar las métricas necesarias, a partir de ensayos con individuos sin problemas cognitivos y pacientes con algún deterioro, para poder tener puntuaciones acordes. Asimismo, se deberá realizar la implementación de sistemas de seguridad para la protección de datos del paciente y la verificación del cumplimiento de las normas y regulaciones legales pertinentes a la aplicación; como también, se deberá definir e implementar el sistema de pricing de la *app*, sea que se la defina gratuita y de libre uso o paga, mediante una suscripción a pacientes o una venta/suscripción de la aplicación a establecimientos de salud que quieran agregarla como posibilidad de terapia de rehabilitación y ejercitación cognitiva.

Como potenciales mejoras a futuro, existen varias adiciones posibles o cambios para hacer. En mi opinión, existen diversas maneras de mejorar el sistema de puntuación y la recomendación/determinación de actividades para el paciente, por ejemplo, ampliar la población de “Gold Standard” y de pacientes con deterioros cognitivos, para poder segmentar las puntuaciones en base a edad, sexo u otros factores que se consideren relevantes, ya que una persona “normal” no posee la misma capacidad a los 25 años que a los 65. Por otro lado, a partir del uso de la aplicación en pacientes y los resultados que se obtengan, se puede generar un algoritmo que tome dichos resultados y que genere un aprendizaje sobre estos datos y las condiciones del paciente, para entregarle al profesional de la salud una recomendación de actividades para un paciente nuevo, optimizando la rehabilitación. Además, otra posibilidad de mejora es el agregado de nuevos juegos a cada dominio y la adición de nuevos dominios pertinentes según se crea conveniente.

Para la realización de este proyecto se utilizaron una amplia variedad de conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Bioingeniería, particularmente los aprendidos en

Informática Médica y en Ing. en Rehabilitación. A partir de las bases asentadas por dicho aprendizaje, se ahondó en las distintas prácticas y teoría para lograr los objetivos de dicho proyecto, produciendo una herramienta para la rehabilitación accesible para los pacientes a los cuales se busca ayudar. Por otro lado, se profundizó en el estado de distintas enfermedades y afecciones que generan deterioros cognitivos, tomando dimensión de la gravedad y de la cantidad de pacientes que se encuentran sufriendo por ellas en la actualidad.

Al mismo tiempo, al hacer este proyecto durante la pandemia de Covid-19, se tomó conciencia de la importancia y de la necesidad de generar herramientas para la rehabilitación que puedan ser utilizadas a distancia o en la casa del propio paciente sin realizar grandes esfuerzos o movimientos de equipamiento. Por eso, se considera que los avances en el área de *eHealth*, y a su vez en el subárea de *mHealth*, que está enfocada en las soluciones de salud en las tecnologías *mobile*, será de vital importancia, particularmente en todo lo que permita tener al paciente un mayor control y acción sobre su estado, sea preventivo o reactivo, a partir del nuevo paradigma en el que comienza a vivir el mundo.

## 11. Bibliografía

- [1] American Psychiatric Association. Dsm v - manual diagnóstico y estadístico de trastornos mentales, oct 2018.
- [2] Mayo Clinic. Enfermedad de alzheimer, dec 2020.
- [3] Alzheimer's Association. Etapas del alzheimer.
- [4] Lisa M. Shulman, Ann L. Gruber-Baldini, Karen E. Anderson, Christopher G. Vaughan, Stephen G. Reich, Paul S. Fishman, and William J. Weiner. The evolution of disability in parkinson disease. *Movement Disorders*, 23(6):790–796, mar 2008.
- [5] Mayo Clinic. Parkinson's disease, dec 2020.
- [6] S. K. Van Den Eeden. Incidence of parkinson's disease: Variation by age, gender, and race/ethnicity. *American Journal of Epidemiology*, 157(11):1015–1022, jun 2003.
- [7] Infobae. Parkinson: sin fármacos curativos, aumentan las terapias que mejoran los síntomas motores, apr 2019.
- [8] Anthony E. Lang and Andres M. Lozano. Parkinson's disease. *New England Journal of Medicine*, 339(15):1044–1053, oct 1998.
- [9] M. A. Hirsch and B. G. Farley. Exercise and neuroplasticity in persons living with parkinson's disease. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 45:215–229, June 2009.
- [10] Mayo Clinic. Accidente cerebrovascular, feb 2021.
- [11] American Heart Association. Qué es un accidente cerebrovascular?, may 2019.
- [12] Hospital Universitario Austral. El acv es la segunda causa de muerte en argentina, oct 2016.

- [13] Mayo Clinic. Stroke rehabilitation: What to expect as you recover, apr 2019.
- [14] Interaction Design Foundation. User centered design.
- [15] WHO Organización Mundial de la Salud. Demencia, oct 2020.
- [16] Spencer L James et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *The Lancet*, 392(10159):1789–1858, nov 2018.
- [17] WSO World Stroke Organization. Carta mundial de derechos de personas afectadas por ictus, oct 2014.
- [18] Apple. App store support, apr 2021.
- [19] XDA Developers. Android version distribution statistics will now only be available in android studio, apr 2020.
- [20] React Native Dev. React native. learn once, write anywhere.
- [21] React Native Dev. Components and apis. list views.
- [22] IBM Cloud Education. Three-tier architecture, oct 2020.
- [23] Bernardo Michel. Conectarse al mundo, con apis, apr 2021.
- [24] Víctor T. Pérez Martínez. El deterioro cognitivo: una mirada previsor. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 21, jan 2005.
- [25] Andrew R.A. Conway, Michael J. Kane, and Randall W. Engle. Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12):547–552, dec 2003.
- [26] Randall W. Engle, Michael J. Kane, and Stephen W. Tuholski. Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In *Models of Working Memory*, pages 102–134. Cambridge University Press, apr 1999.

- [27] Alan Baddeley. Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10):829–839, oct 2003.
- [28] Maurizio Corbetta and Gordon L. Shulman. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3):201–215, mar 2002.
- [29] Fiona McNab and Torkel Klingberg. Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nature Neuroscience*, 11(1):103–107, dec 2007.
- [30] Matthew C. Davidson, Dima Amso, Loren Cruess Anderson, and Adele Diamond. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11):2037–2078, jan 2006.
- [31] ALECIA D. SCHWEINSBURG, BONNIE J. NAGEL, and SUSAN F. TAPERT. fMRI reveals alteration of spatial working memory networks across adolescence. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(05), aug 2005.
- [32] Torkel Klingberg, Elisabeth Fernell, Pernille J. Olesen, Mats Johnson, Per Gustafsson, Kerstin Dahlström, Christopher G. Gillberg, Hans Forsberg, and Helena Westerberg. Computerized training of working memory in children with ADHD—a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2):177–186, feb 2005.
- [33] Robert Sternberg. *Cognitive psychology*. Cengage Learning/Wadsworth, Australia Belmont, CA, 2009.
- [34] NAA National Aphasia Association. Aphasia definitions.
- [35] David E. Vance. Speed of processing in older adults. *Journal of Neuroscience Nursing*, 41(6):290–297, dec 2009.
- [36] Kurt Meinel. *Teoria del movimiento - motricidad deportiva*. Editorial Stadium, Buenos Aires, Argentina, 2013.

- [37] Cathrin Bütetfisch, Horst Hummelsheim, Petra Denzler, and Karl-Heinz Mauritz. Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *Journal of the Neurological Sciences*, 130(1):59–68, may 1995.
- [38] J. A. Freeman, D. W. Langdon, J. C. Hobart, and A. J. Thompson. The impact of inpatient rehabilitation on progressive multiple sclerosis. *Annals of Neurology*, 42(2):236–244, aug 1997.
- [39] John Anderson. *Cognitive psychology and its implications*. Worth Publishers, New York, 2005.
- [40] Julia Mayas, Fabrice B. R. Parmentier, Pilar Andrés, and Soledad Ballesteros. Plasticity of attentional functions in older adults after non-action video game training: A randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 9(3):e92269, mar 2014.
- [41] P. Andres and M. Van der Linden. Age-related differences in supervisory attentional system functions. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(6):P373–P380, nov 2000.
- [42] Lynn Hasher and Rose T. Zacks. Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In *Psychology of Learning and Motivation*, pages 193–225. Elsevier, 1988.
- [43] C. Shawn Green and Daphne Bavelier. Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(6):1465–1478, 2006.
- [44] Cinfa Salud. Depresión, enfermedades psicológicas, otras enfermedades, October 2015.
- [45] ISO. Iso/iec guide 71:2014. guide for addressing accessibility in standards, dec 2012.
- [46] Stephen Brewster. Overcoming the lack of screen space on mobile computers. *Personal and Ubiquitous Computing*, 6(3):188–205, may 2002.

- [47] Zhao Xia Jin, Tom Plocher, and Liana Kiff. Touch screen user interfaces for older adults: Button size and spacing. In *Lecture Notes in Computer Science*, pages 933–941. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [48] Radka Nacheva. Color accessibility: Tools and techniques for better ui designs, may 2019.
- [49] Microsoft Docs. Windows developer, visuals, fonts, oct 2020.
- [50] Nielsen Norman Group. Website logo placement for maximum brand recall, feb 2020.
- [51] Martin Pielot, Karen Church, and Rodrigo de Oliveira. An in-situ study of mobile phone notifications. In *Proceedings of the 16th international conference on Human-computer interaction with mobile devices & services - MobileHCI '14*. ACM Press, 2014.
- [52] Dementia Care Central. Self-administered gerocognitive exam (sage): Accuracy, benefits, scoring and how to administer, apr 2020.

## 12. Anexo



Figura 37: Pantalla de Inicio de la aplicación Inhancer.



Figura 38: Pantalla de Inicio de Sesión.



Figura 39: Pantalla de Registro de Nuevos Usuarios.

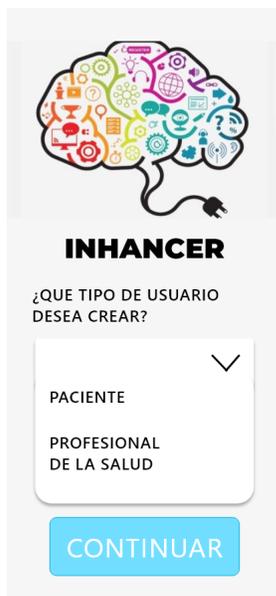


Figura 40: Registro de Nuevos Usuarios. Posibles tipos de Usuario.



Figura 41: Pantalla de Registro de Nuevos Pacientes.



Figura 42: Pantalla de Registro de Nuevos Prof. de la Salud.

**INHANCER**  
REGISTRO DE PACIENTE

NOMBRE

FECHA DE NACIMIENTO

SEXO

CONDICIÓN

PROFESIONAL A CARGO  
 🔍

**CONTINUAR**

Figura 43: Pantalla de Registro de Nuevos Pacientes.

**INHANCER**  
REGISTRO DE PACIENTE

NOMBRE DE USUARIO

CONTRASEÑA

**REGISTRAR**

Figura 44: Pantalla de Registro de Nuevos Pacientes.

**INHANCER**  
REGISTRO DE PROF. DE LA SALUD

NOMBRE

ESTABLECIMIENTO DE SALUD  
 🔍

CORREO ELECTRÓNICO

NOMBRE DE USUARIO

CONTRASEÑA

**REGISTRAR**

Figura 45: Pantalla de Registro de Nuevos Prof. de la Salud.

**INHANCER** 🧠  
¡HOLA PEPE!

**INICIA TU ENTRENAMIENTO DE HOY**

📊 **VER TU PROGRESO**

⚙️ **AJUSTES**

Figura 46: Menú Principal de Pacientes.

**INHANCER** 🧠  
🏠 VOLVER A INICIO

**INICIAR ENTRENAMIENTO**

HOY HAREMOS ACTIVIDADES DE:

📄 **MEMORIA**

⚠️ **ATENCIÓN**

🚗 **VELOCIDAD**

Figura 47: Pantalla de Inicio de Entrenamiento Diario.

**INHANCER** 🧠  
🏠 VOLVER A INICIO

**AJUSTES**

**ACTIVAR SONIDO**

**ACTIVAR NOTIFICACIONES**

Figura 48: Pantalla de Ajustes para Pacientes.



Figura 49: Pantalla de Ver Progreso del Paciente.



Figura 50: Pantalla de Final de Sesión del Paciente y muestra del Progreso en ella.

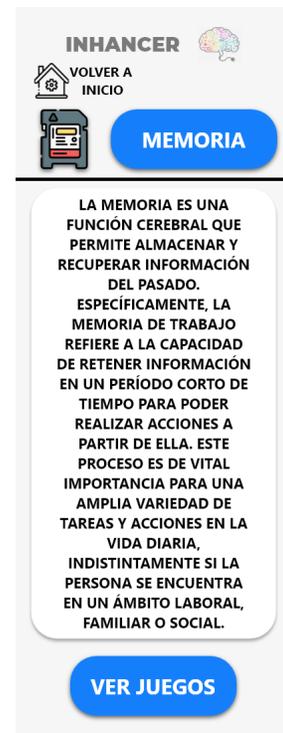


Figura 51: Pantalla de Dominio de Memoria.

**INHANCER** 

 VOLVER A INICIO

 **DEDUCCIÓN**

---

LA DEDUCCIÓN O RAZONAMIENTO DEDUCTIVO ES LA CAPACIDAD LÓGICA DE INFERIR UN RESULTADO A PARTIR DE AXIOMAS O PREMISAS. PARA OBTENER UNA CONCLUSIÓN SE SIGUE UNA SERIE DE PASOS LÓGICOS, PARA ESTO ES NECESARIA LA CAPACIDAD DE RELACIONAR INFORMACIÓN ENTRE SÍ Y DE DIFERENCIAR ENTRE LO QUE ES RELEVANTE Y LO QUE NO. ESTE TIPO DE RAZONAMIENTO ES VITAL EN EL USO COTIDIANO DADO QUE LA TOMA DE DECISIONES O EL ACCIONAR DE LAS PERSONAS SE BASA GENERALMENTE EN EVALUAR LA SITUACIÓN QUE ESTÁ ANTE ELLOS, PARA LUEGO REALIZAR INFERENCIAS Y EJECUTAR A PARTIR DE ELLAS.

**VER JUEGOS**

Figura 52: Pantalla de Dominio de Deducción.

**INHANCER** 

 VOLVER A INICIO

 **LENGUAJE**

---

EL LENGUAJE ES UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ESTRUCTURADO, PRINCIPALMENTE ORAL Y ESCRITO, QUE NOS PERMITE EXPRESARNOS. ES IMPORTANTE LA CORRECTA COMPRENSIÓN Y EXPRESIÓN DEL LENGUAJE DADO QUE PUEDE CAUSAR PROBLEMAS CON LA INTERACCIÓN SOCIAL Y LA CAPACIDAD DE FUNCIONAR DE FORMA INDEPENDIENTE COMO ADULTO Y POR ESTAS RAZONES SUELE ESTAR RELACIONADA A DEPRESIÓN, ANSIEDAD Y OTROS PROBLEMAS EMOCIONALES.

**VER JUEGOS**

Figura 53: Pantalla de Dominio de Lenguaje.

**INHANCER** 

 VOLVER A INICIO

 **VELOCIDAD**

---

LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO ES UNA HABILIDAD COGNITIVA QUE SE PUEDE DEFINIR COMO EL TIEMPO QUE LE LLEVA A UNA PERSONA HACER UNA TAREA MENTAL. TIENE QUE VER CON LA VELOCIDAD EN LA QUE UNA PERSONA CAPTA Y REACCIONA A LA INFORMACIÓN QUE RECIBE. ESTA CAPACIDAD ES EL TIEMPO QUE SE TARDA ENTRE QUE SE RECIBE EL ESTÍMULO Y SE EMITE UNA RESPUESTA. TAMBIÉN REFIERE A LA CAPACIDAD DE PROCESAR INFORMACIÓN DE FORMA AUTOMÁTICA Y SIN PENSAR CONSCIENTEMENTE EN ELLA.

**VER JUEGOS**

Figura 54: Pantalla de Dominio de Velocidad de Procesamiento.

**INHANCER** 

 VOLVER A INICIO

 **COORDINACIÓN**

---

LA COORDINACIÓN ES LA CAPACIDAD QUE TIENEN LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS DEL CUERPO DE SINCRONIZARSE BAJO PARÁMETROS DE TRAYECTORIA Y MOVIMIENTO. SE PUEDE CATEGORIZAR ENTRE LA COORDINACIÓN GRUESA, Y LA COORDINACIÓN FINA QUE COMPROMETE A LOS PEQUEÑOS GRUPOS MUSCULARES, HUESOS Y NERVIOS, ESPECIALMENTE A MANOS Y DEDOS, EN LOS QUE SE VA A ENFOCAR LA APLICACIÓN. LA MOTRICIDAD FINA ES IMPRESCINDIBLE PARA LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA.

**VER JUEGOS**

Figura 55: Pantalla de Dominio de Coordinación Motora.

**INHANCER** 

 VOLVER A INICIO

 **ATENCIÓN**

---

LA ATENCIÓN ES EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN SELECTIVA DE LA INFORMACIÓN. LA ATENCIÓN TAMBIÉN PUEDE DEFINIRSE COMO LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS DE PROCESAMIENTO LIMITADOS. ESTA CAPACIDAD PUEDE CONSIDERARSE UNA DE LAS PRINCIPALES A LA HORA DE REALIZAR ACCIONES EN LA VIDA COTIDIANA, DADO QUE PARA LA EJECUCIÓN DE CUALQUIER TAREA SE NECESITA HACER FOCO EN LO QUE SE ESTÁ EFECTUANDO PARA PODER COMPLETARLA DE MANERA SATISFACTORIA. DENTRO DE LA ATENCIÓN, SE PUEDEN NOTAR DOS FUNCIONES BÁSICAS: LA CAPACIDAD DE FILTRAR INFORMACIÓN, MANTENIENDO EL FOCO DE ATENCIÓN EN LA INFORMACIÓN PERTINENTE; LA VIGILANCIA, O ESTADO DE ALERTA, DONDE SE PUEDE REACCIONAR DE MANERA ACORDE A UNA SEÑAL DEL ENTORNO.

**VER JUEGOS**

Figura 56: Pantalla de Dominio de Atención.

**INHANCER** 

 VOLVER A INICIO

 **PENSAMIENTO LATERAL**

---

EL PENSAMIENTO LATERAL ES UN PROCESO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS QUE BUSCA SOLUCIONARLOS DESDE UNA PERSPECTIVA ÚNICA, DONDE LA RESOLUCIÓN NO ES LINEAL O DIRECTA, DONDE SE UTILIZA PRINCIPALMENTE LA LÓGICA Y LA CREATIVIDAD. EL HEMISFERIO CEREBRAL IZQUIERDO ESTÁ RELACIONADO CON NUESTRO COMPORTAMIENTO LÓGICO MIENTRAS QUE EL DERECHO SE VINCULA CON LA CREATIVIDAD Y LA AUDACIA.

**VER JUEGOS**

Figura 57: Pantalla de Dominio de Pensamiento Lateral.

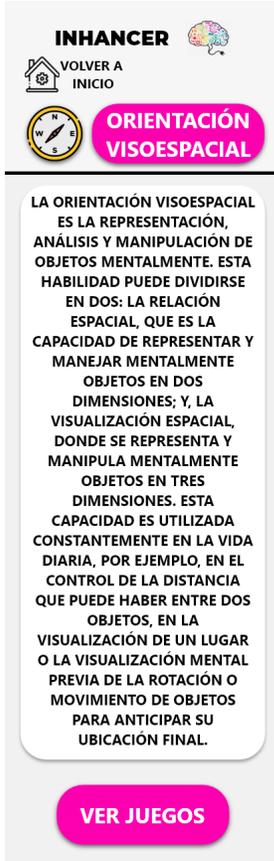


Figura 58: Pantalla de Dominio de Orientación Visuoespacial.

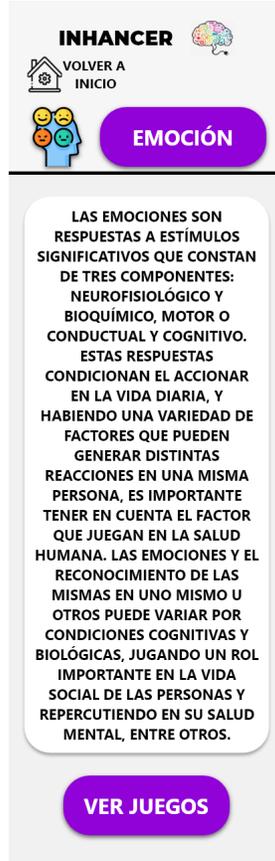


Figura 59: Pantalla de Dominio de Emociones.



Figura 60: Pantalla de Juegos de Memoria y sus Puntuaciones.



Figura 61: Pantalla de Juegos de Deducción y sus Puntuaciones.



Figura 62: Pantalla de Juegos de Lenguaje y sus Puntuaciones.

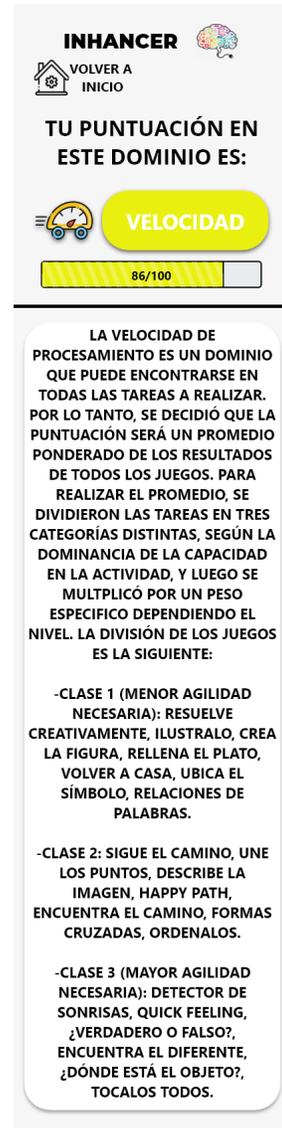


Figura 63: Pantalla de Juegos de Velocidad de Procesamiento.



Figura 64: Pantalla de Juegos de Coordinación Motora y sus Puntuaciones.



Figura 65: Pantalla de Juegos de Atención y sus Puntuaciones.



Figura 66: Pantalla de Juegos de Pensamiento Lateral y sus Puntuaciones.



Figura 67: Pantalla de Juegos de Orientación Visoespacial y sus Puntuaciones.



Figura 68: Pantalla de Juegos de Emociones y sus Puntuaciones.



Figura 69: Pantalla del Primer Juego de la Sesión Diaria.



Figura 70: Primera pantalla de Instrucciones del Juego 1.



Figura 71: Segunda pantalla de Instrucciones del Juego 1.



Figura 72: Pantalla a modo de ejemplo donde se realizaría el Juego 1.



Figura 73: Pantalla de final del Juego 1.



Figura 74: Pantalla del Segundo Juego de la Sesión Diaria.



Figura 75: Primera pantalla de Instrucciones del Juego 2.



Figura 76: Segunda pantalla de Instrucciones del Juego 2.



Figura 77: Pantalla a modo de ejemplo donde se realizaría el Juego 2.



Figura 78: Pantalla de final del Juego 2.



Figura 79: Pantalla del Tercer Juego de la Sesión Diaria.



Figura 80: Primera pantalla de Instrucciones del Juego 3.



Figura 81: Segunda pantalla de Instrucciones del Juego 3.



Figura 82: Pantalla a modo de ejemplo donde se realizaría el Juego 3.



Figura 83: Pantalla de final del Juego 3.



Figura 84: Pantalla del Cuarto Juego de la Sesión Diaria.



Figura 85: Primera pantalla de Instrucciones del Juego 4.



Figura 86: Segunda pantalla de Instrucciones del Juego 4.



Figura 87: Pantalla a modo de ejemplo donde se realizaría el Juego 4.



Figura 88: Pantalla de final del Juego 4.



Figura 89: Pantalla del Quinta Juego de la Sesión Diaria.



Figura 90: Primera pantalla de Instrucciones del Juego 5.



Figura 91: Segunda pantalla de Instrucciones del Juego 5.



Figura 92: Pantalla a modo de ejemplo donde se realizaría el Juego 5.



Figura 93: Pantalla de final del Juego 5.



Figura 94: Menú Principal del paciente luego de haber realizado las actividades del día.



Figura 95: Menú Principal del Profesional de la Salud.

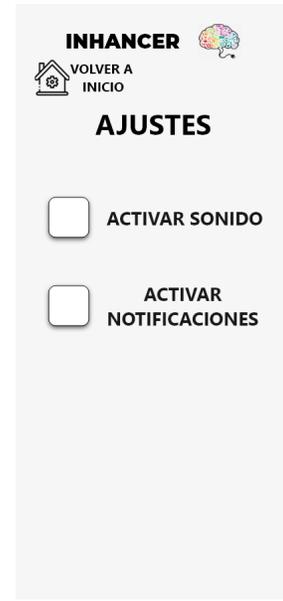


Figura 96: Ajustes del Profesional de la Salud.



Figura 97: Notificaciones del Prof. de la Salud.

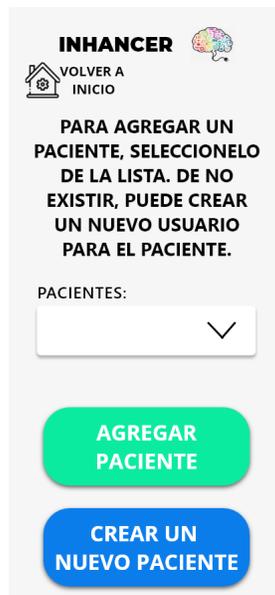


Figura 98: Pantalla para agregar un nuevo paciente a la lista de seguimiento del Prof. de la Salud.

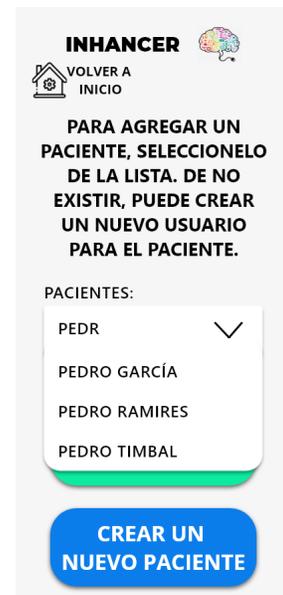


Figura 99: Pantalla para agregar un nuevo paciente a la lista de seguimiento del Prof. de la Salud.



Figura 100: Pantalla para agregar un nuevo paciente a la lista de seguimiento del Prof. de la Salud.



Figura 101: Pantalla de confirmación de paciente agregado a la lista de seguimiento del Prof. de la Salud.

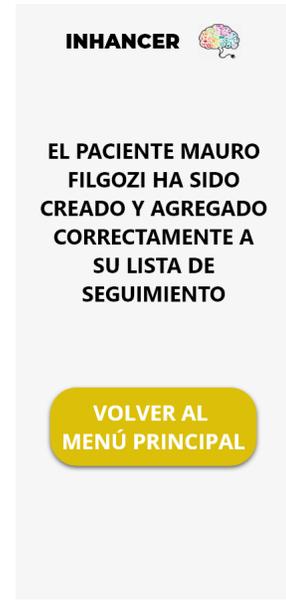


Figura 102: Pantalla de confirmación de paciente creado y agregado a la lista de seguimiento del Prof. de la Salud.



Figura 103: Pantalla para ingresar a un paciente determinado de la lista de seguimiento.



Figura 104: Pantalla para ingresar a un paciente determinado de la lista de seguimiento.



Figura 105: Pantalla para ingresar a un paciente determinado de la lista de seguimiento.



Figura 106: Pantalla de menú de visualización de Paciente para el Prof. de la Salud



Figura 107: Pantalla donde se observa la condición inicial del paciente cuando arrancó a usar la aplicación.

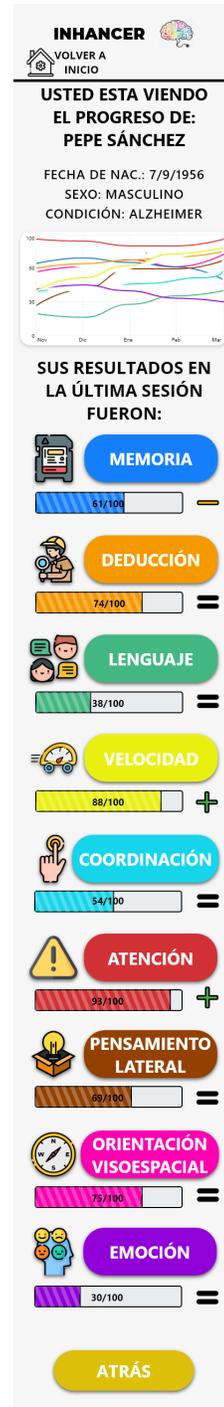


Figura 108: Pantalla de visualización de progreso del paciente para el profesional de salud.



Figura 109: Pantalla de visualización de orden de prioridad de las actividades del Paciente.



Figura 110: Pantalla de modificación de orden de prioridad de las actividades del Paciente.

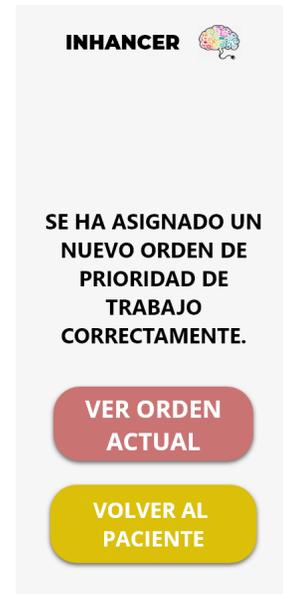


Figura 111: Pantalla de confirmación de orden modificado.

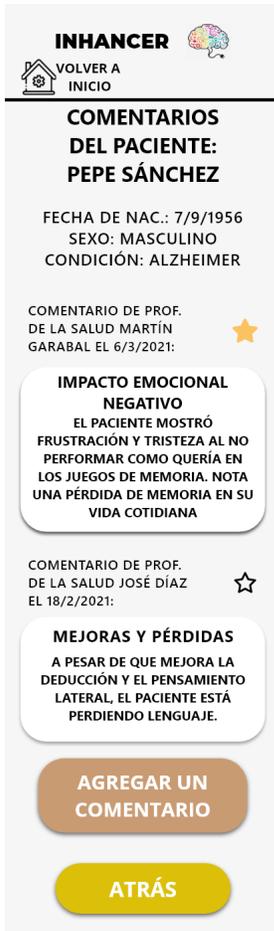


Figura 112: Pantalla de visualización de comentarios del Paciente.

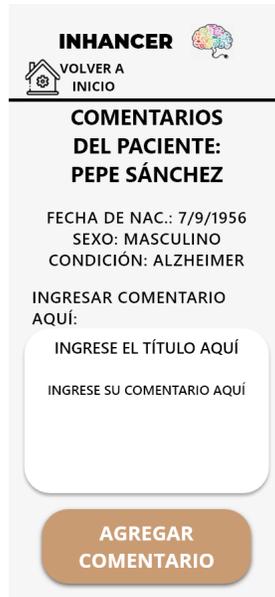


Figura 113: Pantalla para agregar comentarios del Paciente.



Figura 114: Pantalla de confirmación de comentario agregado.