

## Prototipo de aplicación móvil, modular para el proceso de rehabilitación de personas con Afasia de Broca

### *Modular mobile application prototype for the rehabilitation process of people with Broca's Aphasia*

Roberto Freire<sup>1</sup> [0000-0002-0962-6443], Carlos Rodríguez<sup>1</sup> [0000-0001-7638-5466], Santiago Camacho<sup>1</sup> [0000-0002-9934-8124] and Heidy Ñacata<sup>1</sup> [1111-2222-3333-4444]

#### Resumen

Los trastornos del habla causado por accidentes cerebrovasculares que afectan directamente ciertas zonas del cerebro y generan padecimientos como la afasia de broca son comunes en varios pacientes, sin embargo, son escasas las herramientas de apoyo que faciliten el diagnóstico y rehabilitación de manera constante, optimizando recursos y que adicionalmente proporcionen una opción interactiva al alcance de los pacientes que no pueden realizar una correcta rehabilitación. En es-te artículo se presenta el desarrollo de una aplicación móvil basada en terapias del lenguaje con el apoyo al terapeuta, para el diagnóstico los pacientes que presentan un cuadro relacionado con la afasia de broca. La aplicación emplea un sistema de puntajes que mide el progreso y desempeño del paciente. Los resultados prelimi-nares fueron evaluados en dos escenarios, estableciendo casos de uso, en el primer escenario se procedió a evaluar la usabilidad de la aplicación y el segundo es-cenario plantea el caso de uso con un paciente de afasia de broca y un terapeuta. Los resultados muestran que la aplicación tiene un nivel de usabilidad adecuados y que maneja actividades acordes a la etapa de desarrollo de los pacientes. Se concluyó que la aplicación puede ser empleada como una herramienta de apoyo para mejorar las capacidades del habla, sin embargo, es necesario seguir evaluán-dola con más pacientes para mejores resultados.

**Palabras claves:** Realidad aumentada, Función del habla, lenguaje de entrenamiento, terapia de rehabilitación, Afasia de Broca

#### Abstract

Speech disorders caused by cerebrovascular accidents that directly affect certain areas of the brain and generate conditions such as Broca's aphasia are common in several patients. However, there are few support tools that facilitate diagnosis and constant rehabilitation, optimizing resources and additionally providing an inter-active option available to patients who cannot perform a correct rehabilitation. This paper presents the development of a mobile application based on language therapy with the support of the therapist, for the diagnosis of patients who pre-sent a condition related to Broca's aphasia. The application uses a scoring system that measures the progress and performance of the patient. The preliminary re-sults were evaluated in two scenarios, presenting use cases, in the first scenario the usability of the application was evaluated and the second scenario presents the use case with a patient with drill bit aphasia and a therapist. The results show that the application has an adequate level of usability and that it manages activities ac-cording to the stage of development of the patients. It was concluded that the ap-plication can be used as a support tool to improve speech skills. However, it is necessary to continue evaluating it with more patients to obtain better results.

**Keywords:** Augmented reality, Speech function, training language, therapy rehabilitation, Broca Aphasia

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Computación  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador  
{rpfreire1, carodriguez19, sacamacho, hmnacata1}@espe.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador en 2014 las enfermedades cerebrovasculares ECV fueron la tercera causa de mortalidad, llegando a alcanzar el 23.17% de muertes durante dicho año [1]. Una de las secuelas de pacientes que han sufrido ECV, es la presencia de algún grado de afasia. De acuerdo al grado de afectación que produce un accidente cerebrovascular, ciertas regiones del cerebro tienen la capacidad de recuperar las funciones normales en etapas tempranas o crónicas posteriores al accidente, con ayuda de la recuperación natural y un tratamiento adecuado. Un 80% de pacientes que sufren accidentes de este tipo; sufren una pérdida de habilidades en ciertas partes del cuerpo, y se genera discapacidades parciales a largo plazo que pueden desencadenar en otro tipo de afecciones [2].

Según la National Aphasia Association NAA, la afasia es el impedimento del lenguaje, afectando la producción o la comprensión del habla, y la habilidad de leer o escribir. Una de estas formas de afecciones es la afasia de broca o afasia no fluente, en la cual, la capacidad de expresarse del paciente se ve severamente reducida. El vocabulario de dichos pacientes es limitado al igual que la formación de sonidos vocales. Los pacientes mantienen su comprensión auditiva en buenas condiciones y son capaces de ejercer un esfuerzo para generar una respuesta [3].

Dentro del proceso de rehabilitación de los pacientes con padecimientos relacionados con la afasia de broca, indican tres aspectos fundamentales relacionados con la eficacia de una rehabilitación. El primer aspecto plantea un discurso sistemático, suficientemente intensivo y asistido con terapia del lenguaje durante la fase inicial de recuperación espontánea. Posteriormente proveer de contenido adecuado que apoye el desarrollo correcto en la rehabilitación. Finalmente, un acceso oportuno y controlado a las unidades de rehabilitación. Dependiendo de la dificultad que presenta el paciente para comunicarse. Se plantea una serie de actividades para definir una terapia adecuada, como son: articulación y producción de fonemas, repetición de palabras u oraciones, denominación de objetos y producción oral y escrita, a esto se le puede añadir la práctica de ejercicios lingüales específicos para pacientes con afasia de broca [2]. En este artículo se plantea el diseño de un prototipo de aplicación, para el proceso de rehabilitación de los pacientes con afasia de broca. Este prototipo tiene como objetivo ayudar al terapeuta durante el proceso de rehabilitación del paciente a través de la inclusión de la realidad aumentada con el uso de dispositivos móviles en los ejercicios lúdicos. El prototipo también cuenta con un módulo de diagnóstico y evaluación, el mismo, que haciendo uso de los estándares de evaluación de la BDAE (Boston Diagnostic Aphasia Examination), permite al terapeuta evaluar el progreso del paciente [4]. Permitiendo al paciente entrenar y practicar, mediante el uso de dispositivos móviles, facilitando así el proceso de rehabilitación de este.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se encuentran los trabajos relacionados al proceso de rehabilitación de personas con afasia de broca mediante el uso de nuevas tecnologías y la comparación con los métodos de rehabilitación tradicionales. En la sección 3 se presenta el diseño y desarrollo del prototipo. Posterior a esto en la sección 4 se visualizará la evaluación y resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 5 se presentarán las conclusiones y líneas de trabajo futuro.

## II. TRABAJOS SELECCIONADOS

En el estudio que realiza Zhang et al [3]. Compara los métodos tradicionales para el proceso de rehabilitación de pacientes con afasia de broca, con el proceso de rehabilitación haciendo uso de la realidad virtual. En dicho estudio 18 pacientes fueron examinados por la CRRCAE (Chinese Rehabilitation Research Center Standard Aphasia Examination) para determinar el grado de afasia inicial, de los cuales fueron divididos en grupos de estudio. Un grupo de estudio atravesó un proceso de rehabilitación de afasia tradicional, mientras que el otro grupo fue sometido a un proceso de rehabilitación de afasia mediante realidad virtual. Aunque los resultados no muestran diferencias significativas entre ambos grupos de estudios. Se puede observar una mejora significativa en los pacientes que utilizaron realidad virtual en el proceso de rehabilitación. Sin embargo, el estudio manifiesta desventajas del uso de la realidad virtual, tales como el peso de los dispositivos en largas sesiones de terapia, la presencia de mareos y falta de equilibrio por el uso de la realidad virtual. Además de dificultades intrínsecas en el proceso de rehabilitación de los pacientes, tales como, abandono del tratamiento por depresión y la necesidad de la afinidad de los pacientes con el uso de nuevas tecnologías como la realidad virtual.

Maresca et al [5]. Indica que la afasia es un síntoma cerebrovascular discapacitante y común que afecta de forma negativa a la vida del paciente. En dicha investigación, se realiza un sistema de rehabilitación con realidad virtual (VRRS-Tablet). Logrando una continuidad asistencial con la telerehabilitación del seguimiento de resultados funcionales, conteniendo las habilidades conservadas, potenciando las destrezas lingüísticas, reduciendo la depresión notablemente, promoviendo el bienestar psicológico y disminuyendo la tasa de discapacidad.

Obiorah et al [6]. Al finalizar la fase de estudio realizada a personas con afasia que cenaban en restaurantes concluyeron que esta actividad es importante debido a lograr comprensión a través de diferentes modalidades de pedir información sobre comidas. Los prototipos desarrollados lo que buscan es apoyar la comunicación en contextos novedosos, específicamente cenas en restaurantes dando control a las personas con afasia mientras usan el dispositivo y proporcionando un contexto progresivo para apoyar la comprensión de vocabulario nuevo, están basados en el sistema operativo móvil Android y exploran las funciona-

lidades como: subtítulos automáticos de las imágenes de la cámara tomadas por el usuario, hacer interactiva la información impresa en los menús a través de OCR. Se puede considerar relevante el estudio y los diseños de los prototipos propuestos por la razón en la que la tecnología juega un papel importante para beneficio de las personas con afasia.

Pea et al [7]. Se centra en el diseño y desarrollo de tres módulos utilizados en el área de la terapia del lenguaje y la comunicación aumentada, los módulos se basan en microprocesadores, y a su vez emplean tecnologías de estado sólido de bajo costo y bajo consumo que mencionare a continuación: medidor de tiempo de reacción, generador de secuencias luminosas y una máquina de karaoke digital, cada uno de los módulos cumple funciones específicas, la utilización de las mismas permite tratar patologías como: afasias, tartamudez, problemas de pronunciación de fonemas y coordinación respiratoria, como en la rehabilitación de pacientes con alteraciones en las cuerdas vocales, cada uno de los dispositivos fueron utilizados y evaluados en el Centro Nacional de Rehabilitación, demostrando ser una solución de bajo costo, asequible para el tratamiento de pacientes con discapacidades del lenguaje, enfocando un tratamiento novedoso.

### III. METODOLOGÍA

Durante el proceso de investigación, se requirió establecer tres procesos metodológicos. El primero consistió en la selección del método de evaluación del grado de afasia en los pacientes. El segundo proceso metodológico fue requerido para determinar el proceso de rehabilitación de estos. Finalmente, el tercer proceso fue requerido para determinar la metodología para el desarrollo del software del prototipo.

#### 3.1 Métodos de diagnóstico del nivel de AFASIA BDAE

Por lo general los pacientes de afasia de broca, presentan otros cuadros de afecciones cerebrovasculares Gretchuka et al [8]. Debido a esto el paciente requiere de un análisis global previo en el proceso de diagnóstico no solo de afasia de broca, sino del proceso funcional cerebral en general Pea et al [7]. El uso de tomografía computarizada craneal CT, es una de las técnicas más utilizadas, para determinar el grado de lesión cerebral de los pacientes. Token Test y Boston Aphasia Examination BDAE son los dos métodos más utilizados en el diagnóstico de pacientes de afasia de broca [3]. Para el presente estudio se seleccionó el uso del Token Test, ya que es el método que presenta una mayor sinergia con el ambiente gráfico de las aplicaciones móviles.

Mientras que el método BDAE al ser un formulario extenso con más de 50 ítems, entre preguntas y ejercicios, produce un uso ineficiente del paciente con dispositivos móviles. Zhang et al [2] afirma, el uso de dispositivos mó-

viles en largos periodos de tiempo produce agotamiento visual. Por lo cual el Token Test es el método más eficiente en uso de tiempo del dispositivo móvil con el paciente.

#### 3.2 Métodos para la terapia de AFASIA DE BROCA

La NAA establece como principales métodos para la terapia de afasia de broca a las terapias basadas en la discapacidad y a las terapias basadas en la comunicación [2]. Sin embargo, existen factores que se deben considerar, en el proceso de selección de la terapia, tales como, el grado de afasia del paciente, las otras patologías que puede presentar el paciente, etc [2]. Ford et al [9], asevera en su guía para el cuidado y tratamiento de pacientes de afasia de broca, uno de los ejercicios con mejor resultado en la recuperación de capacidades del habla y desarrollo de fluidez en los pacientes de afasia de broca es la repetición constante de fonemas y palabras monosílabas. Debido a esto, se procedió a seleccionar objetos monosílabos y bisílabos, como elementos para los ejercicios de rehabilitación y mediante el uso de realidad aumentada permitir al paciente ejercitar en base a la repetición, todo esto bajo la supervisión y guía del terapeuta, así como pistas presentes en el módulo de rehabilitación del prototipo.

#### 3.3 Metodología para desarrollo de software

En el estudio de Martínez et al [10], realiza un mapeo sistemático de literatura para el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles, en dicho estudio se concluye el uso predominante de metodologías de desarrollo de software tradicionales frente a metodologías de desarrollo ágil por un estrecho margen, enfatizando en ambos tipos de metodologías la evaluación de usabilidad y experiencia de usuario. Para el presente estudio se consideró el uso de un método de diseño de software tradicional impulsado por planificación tipo cascada [11]. Dentro de los cuales fueron consideradas 5 etapas.

##### *Etapa de análisis de requerimientos*

En esta etapa se utilizó la técnica de entrevista semiestructurada [11], en la cual intervino un especialista en rehabilitación, en un hospital. En dicha entrevista el terapeuta manifestó las dificultades que posee la institución en cuestión al material terapéutico, así como las dificultades en el seguimiento de pacientes. Los resultados obtenidos de la entrevista semiestructurada permitieron establecer al uso de la tecnología como herramienta interactiva para adaptar los métodos tradicionales en la terapia de pacientes con afasia de broca.

##### *Etapa de diseño*

En la etapa de diseño se procedió a desarrollar wireframes, mockups y prototipos [12]. Lo cual permitió determinar el número de módulos, las tecnologías requeridas para el desarrollo del prototipo y la necesidad de utilizar una

base de datos en la nube para el registro, control y seguimiento de la progresión de los pacientes.

*Etapa de desarrollo*

Durante esta etapa, se procedió a desarrollar los módulos diseñados en la etapa anterior. Se procedió a implementar los ejercicios del módulo de rehabilitación los cuales fueron evaluados por el terapeuta y tomando las consideraciones mencionadas en la guía para cuidados de pacientes con afasia de Ford [9], haciendo uso de realidad aumentada. En esta etapa también se procedió a incorporar los ejercicios del método de diagnóstico Tokentest [13], en el módulo de diagnóstico y evaluación, así como el registro y control de la información de los pacientes y terapeutas.

*Etapa de revisión de funcionalidad*

En esta etapa se realizó la entrevista a un psicólogo especializado en terapia de rehabilitación, se mostró el prototipo en ejecución, con énfasis especial en el módulo de diagnóstico/evaluación, y el módulo de rehabilitación, lo cual permitió realizar los siguientes cambios. El psicólogo explicó que el segundo tipo de ejercicios del módulo de diagnóstico y evaluación presenta imágenes complejas, lo cual puede provocar frustración en el paciente. Esto concuerda con lo mencionado por Zhang et al [3], el cual menciona la presencia de frustración y depresión en los pacientes de afasia de broca, debido a la incapacidad de comunicarse correctamente. Se procedió a realizar los cambios respectivos con la asesoría del psicólogo, para que dicho módulo presente el nivel de dificultad correcto para evaluar al paciente y no provocar malestar al mismo tiempo.

*Etapa de evaluación*

Durante la etapa de evaluación se determinó la necesidad de evaluar el prototipo en dos escenarios. El primero de estos escenarios es la evaluación de la usabilidad del prototipo y la experiencia del usuario, para lo cual se establecieron casos de usos, tal como sugiere Enríquez et al [14]. El segundo escenario es la evaluación del funcionamiento del prototipo con un paciente de afasia de broca, para lo cual se realizaron 5 sesiones de terapia con un paciente con afasia de broca y el profesional encargado de la terapia de rehabilitación del mismo. En dichas sesiones se evaluó la funcionalidad del prototipo, así como, la experiencia de usuario del paciente con el mismo.

IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Esta sección describe el diseño de la arquitectura para el desarrollo e implementación del prototipo propuesto, se explica en detalle las tecnologías utilizadas para el desarrollo de los módulos de rehabilitación, así como el registro de la información del paciente tales como registro de sesiones de terapia, resultados de los procesos de diagnóstico y análisis del proceso de rehabilitación del paciente.

4.1 Diseño de la arquitectura

Para el correcto funcionamiento del prototipo, y la interacción que brinda al usuario se adaptó las normas definidas por la descripción general de las pautas de accesibilidad al contenido web (WCAG), que proporcionan lineamientos para personas con discapacidades temporales o permanentes [15]. Para que el manejo del prototipo sea fácil e intuitiva.

En cuanto a la interacción con el usuario el prototipo brinda varias opciones ofreciendo al usuario familiaridad con el prototipo en desarrollo, de esta manera el uso de este recurso se convierte en una ayuda importante para ofrecer una mejor opción en cuanto a rehabilitación de pacientes que presentan problemas para comunicarse de manera adecuada. [16].

Arquitectura del sistema de diagnóstico y rehabilitación.

La arquitectura se encuentra dividida en tres capas (ver Fig. 1), la capa de presentación, capa de negocio y capa de acceso a datos. La capa de presentación consta de todas las interfaces presentadas al usuario, haciendo uso de los principios de usabilidad [16], y de las directrices de accesibilidad de contenido web [15]. La capa de negocio es la capa encargada de la interpretación del entorno físico, mediante el uso de tecnologías de marcadores o targets haciendo uso del motor de creación de marcadores Vuforia Engine [17], así como el uso del reconocimiento de voz mediante librerías nativas de Android Studio [18]. Estas tecnologías se integran mediante el motor gráfico de Unity [19], a través de funciones desarrolladas en C#. Mientras que la capa de acceso de datos suministra el almacenamiento local de la aplicación: registro de sesiones de terapia, información de pacientes, resultados de diagnóstico, progreso del tratamiento, mediante el uso de la base de datos no relacional MongoDB, la cual posee integración nativa a Unity [20].

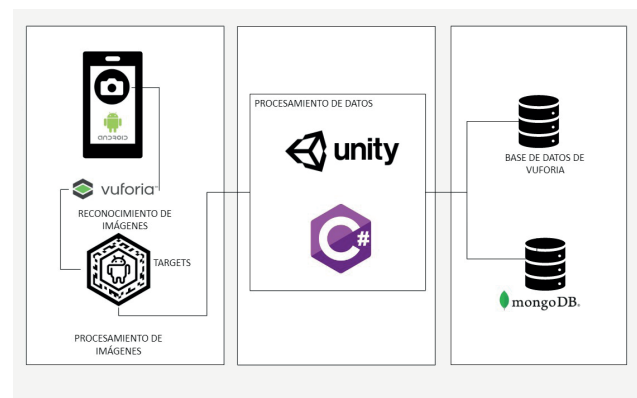


Fig. 1: Arquitectura del sistema diagnóstico y rehabilitación

## 4.2 Implementación

El prototipo está dividido en tres módulos. El primer módulo es el módulo de almacenamiento y registro, el cual permite registrar la información del paciente, así como los registros de las terapias de rehabilitación y los resultados de las evaluaciones. El segundo módulo es el módulo de diagnóstico y evaluación, el cual permitirá al terapeuta evaluar el grado inicial de afasia del paciente, así como, el progreso de este. El tercer módulo es el de rehabilitación, en el cual se implementa realidad aumentada para el reconocimiento de imágenes las cuales formarán parte de los ejercicios de rehabilitación de la afasia de broca.

### Módulo de diagnóstico

El terapeuta ingresa a la cuenta del usuario que presenta problemas de habla relacionados con la afasia de broca. Esta cuenta será creada previamente en el módulo de registro de paciente a quien se le aplicará un cuestionario simple para evaluar el porcentaje de dificultad que presenta para comunicarse. El módulo de diagnóstico consta de cuatro preguntas, las cuales forman parte del método de diagnóstico para pacientes de afasia de broca Token Test [13].

En la Fig. 2 y en la Fig. 3, se representa el formato de las preguntas que están divididas en dos categorías, mismas que fueron definidas para categorizar a un paciente dependiendo del grado de afectación producido por la afasia de broca a través del nivel de fluidez que presenta el mismo al momento de responder a las preguntas planteadas por el terapeuta. Estas respuestas son registradas por el terapeuta con el objetivo de evaluar el porcentaje de dificultad que presentó el paciente para responder en cada una de las preguntas. La métrica de evaluación del grado de fluidez del paciente se mide mediante la aplicación de una escala de Likert [21], misma que presenta parámetros de orden para cada pregunta. Esta implementación establecerá un parámetro de evaluación para el terapeuta que almacenará el progreso del paciente, realizando este diagnóstico de forma periódica.

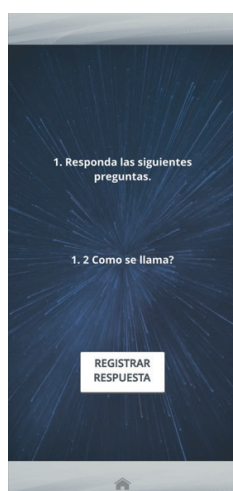


Fig. 2: Primer tipo de preguntas del módulo de diagnóstico



Fig. 3: Segundo tipo de preguntas del módulo de diagnóstico.

### Módulo de Rehabilitación

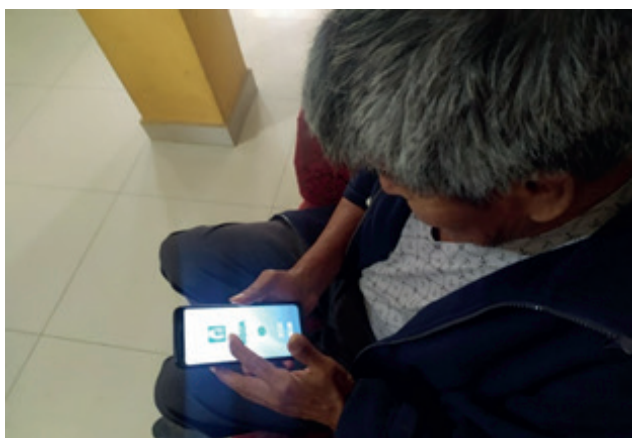
El módulo de rehabilitación hace uso de la realidad aumentada en los ejercicios de rehabilitación. Con la ayuda del reconocimiento de imágenes de apoyo para el tratamiento y rehabilitación del paciente, estas imágenes son reconocidas por el dispositivo móvil, el cual, solicita al paciente la repetición de la palabra, que se indica en la pantalla. De esta manera el módulo de rehabilitación permite desarrollar sesiones de terapia interactivas.

Para el módulo de rehabilitación se cuenta con la base de datos de Vuforia donde se cargan las imágenes que serán reconocidas a través del lente de la cámara móvil para posteriormente mostrar en pantalla junto con el audio correspondiente a dicha imagen. Las imágenes para ser registradas en la base de datos deben cumplir con un nivel mínimo de puntos de reconocimiento para ser aumentables, de no ser así la base de datos no permite almacenarlas para su posterior reconocimiento.

En la Fig. 4 y 5 se muestra el procedimiento de rehabilitación en funcionamiento con el paciente de afasia de broca. que se divide en dos subprocesos, el primero consta del uso del marcador el cual es una imagen impresa, la cual es enfocada por la cámara del dispositivo móvil. El prototipo reconoce a la imagen y activa un botón que despliega el siguiente proceso, como se puede apreciar en la Fig. 4. Este segundo proceso es el ejercicio de rehabilitación, el cual brinda pistas para la pronunciación del objeto que representaba la imagen del proceso anterior, como se observa en la Fig. 5. Estos procesos son efectuados tanto por el paciente como el terapeuta, con el objetivo de generar una sesión de terapia lúdica, dinámica e interactiva.



**Fig. 4:** Primer proceso en el módulo de rehabilitación, proceso interactivo haciendo uso de la realidad aumentada.



**Fig. 4:** Segundo proceso en el módulo de rehabilitación, haciendo uso de la aplicación por parte del paciente

## V. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

Esta sección describe el diseño del proceso de evaluación, así como el establecimiento de escenarios para la obtención de retroalimentación.

### 5.1 Diseño de la evaluación

Para el proceso de evaluación y resultados obtenidos, se establecieron dos escenarios de evaluación. En el primer

escenario de evaluación participaron 20 adultos con un rango mayor a 40 años, con la finalidad de evaluar la usabilidad y experiencia de usuario del prototipo, para el proceso de evaluación de este escenario se procedió a establecer casos de uso en los cuales los usuarios interactuaron con la aplicación, tanto con el rol de paciente como de terapeuta. En el segundo escenario de evaluación, participaron un paciente de afasia de broca, y un especialista en terapia del habla, en este escenario se evalúa el progreso del paciente y la experiencia del paciente y del terapeuta con el prototipo.

### 5.2 Evaluación de la experiencia de usuario y usabilidad del prototipo

Para la evaluación de la experiencia de usuario y usabilidad, se implementó el método MUSiC, el cual menciona Enriquez et al [14], como un medio válido y fiable para medir la usabilidad en aplicaciones móviles. Para lo cual se procedió a establecer casos de uso, en los cuales se desarrollan pruebas de usuario. Posteriormente se procede a utilizar el cuestionario de usabilidad SUS [22], el cual es una herramienta que permite medir la usabilidad del prototipo.

#### Sesión 1. Explicación del funcionamiento y asignación de roles

En esta sesión se explica a los usuarios el funcionamiento del prototipo y la navegación entre los módulos.

De igual manera se procede a la asignación aleatoria de roles, de esta manera, un grupo de usuarios interactúan con el prototipo con el rol de terapeuta, realizando las actividades de creación de cuenta, registro de pacientes, simulación de diagnóstico y rehabilitación con los usuarios que tienen rol de pacientes. Los usuarios con el rol de paciente realizan los ejercicios de diagnóstico y de rehabilitación, guiados por los usuarios que tienen rol de terapeuta.

#### Sesión 2. Uso del prototipo

En esta sesión, se procede a evaluar el caso de uso del prototipo. El usuario con rol de terapeuta procede a navegar a través del prototipo. Se registra e inicia sesión, procede a crear el paciente y a ejecutar el módulo de diagnóstico. El usuario con rol de paciente interactúa con el prototipo y el terapeuta, resuelve los ejercicios de módulo de diagnóstico. El terapeuta procede a evaluar los resultados del paciente. Posteriormente el terapeuta procede a realizar los ejercicios del módulo de rehabilitación con el paciente, haciendo uso de las imágenes impresas en forma de tarjetas para los ejercicios con realidad aumentada. El paciente interactúa con las tarjetas y realiza los ejercicios de repetición vocal con la ayuda del terapeuta.

*Sesión 3. Evaluación de la usabilidad del prototipo a través del cuestionario SUS.*

Para la sesión 3, se procedió a realizar un formulario a través de la aplicación de Google Forms [23], ya que facilita la interpretación de la información y permite generar reportes. La herramienta SUS es un cuestionario que permite evaluar la experiencia del usuario con el prototipo, a través de un sistema de escalas de Likert [22]. Este cuestionario consta de diez preguntas, las cuales son respondidas con una escala del 1 al 5, siendo 1 el menor puntaje (totalmente en desacuerdo) y 5 el mayor puntaje (totalmente de acuerdo).

*5.3 Resultados obtenidos de la evaluación de la usabilidad y experiencia del usuario.*

*Número de usuarios*

Para el escenario propuesto se requirió de 20 usuarios, los cuales formaron 10 casos de uso (10 pacientes/10 terapeutas).

La NAA asevera que el mayor índice de personas que padecen afasia se encuentran en un rango de edad mayor de los 40 años [2]. Por ello se procedió a seleccionar 20 usuarios, los cuales pertenecen a dicho rango de edad. Estos usuarios procedieron a realizar las actividades previamente descritas.

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de usabilidad realizada a los usuarios.

**Tabla 1**

*Resultados de la encuesta SUS, escenario 1*

Pregunta	1	2	3	4	5
Creo que me gustará visitar con frecuencia este sistema	0%	0%	10%	75%	15%
Encontré el sistema innecesariamente complejo	65%	15%	10%	5%	5%
Pensé que era fácil utilizar el sistema	0%	0%	10%	25%	65%
Creo que necesitaría del apoyo de un experto para recorrer el sistema	45%	35%	20%	0%	0%
Encontré las diversas posibilidades del sistema bastante bien integradas	0%	0%	10%	65%	25%
Pensé que había demasiada inconsistencia en el sistema	20%	55%	15%	10%	0%
Imagino que la mayoría de las personas aprenderían muy rápidamente a utilizar el sistema	0%	0%	0%	30%	70%
Encontré el sistema muy grande al recorrerlo	30%	50%	20%	0%	0%
Me sentí muy confiado en el manejo del sistema	0%	5%	10%	50%	35%
Necesito aprender muchas cosas antes de manejarse en el sistema	50%	30%	15%	5%	0%

*5.4 Evaluación de la funcionalidad del prototipo con un paciente de afasia de broca y un experto en terapia del habla*

Este escenario hace uso de las actividades y sesiones propuestas en el apartado anterior. Con la diferencia de la participación de un paciente de afasia de broca, y un espe-

cialista en terapia del habla, encargado de la rehabilitación de dicho paciente. Debido a esto se omite la asignación de roles mencionados en el apartado anterior.

Este escenario enfatiza el análisis y evaluación de la interacción entre el paciente, el terapeuta y el prototipo, en un total de 5 sesiones de terapia. Durante todas las sesiones, después de las actividades propuestas en cada sesión, se

procedió a evaluar a evaluar la experiencia tanto del terapeuta como del paciente, mediante el cuestionario SUS.

Sesión 1. Instalación y explicación del funcionamiento del prototipo y prueba de los módulos iniciales.

En esta sesión se instala el prototipo en el dispositivo móvil y se explica el funcionamiento de esta, tanto al terapeuta como al paciente. También el terapeuta procede a crear una cuenta en el prototipo y registrar la información del paciente.

Sesión 2. Sesión de terapia con el prototipo. Módulo de diagnóstico y evaluación del paciente.

En esta sesión el terapeuta procede a evaluar el grado de afasia del paciente, haciendo uso del módulo de diagnóstico y evaluación, haciendo uso de los ejercicios Token-test.

Sesión 3-4. Sesión de terapia con el prototipo. Módulo de rehabilitación.

Durante las sesiones 3 y 4 el terapeuta realiza el proceso de rehabilitación del paciente, mediante el módulo de rehabilitación. En estas sesiones tanto el terapeuta como el paciente interactúan con el prototipo y con las imágenes en forma de tarjetas para los ejercicios con realidad aumentada.

Sesión 5. Evaluación del progreso del paciente. Módulo de diagnóstico y evaluación.

Finalmente, en la sesión 5 el terapeuta evalúa el progreso en la fluidez del habla del paciente, mediante el módulo de diagnóstico y evaluación. Los resultados obtenidos en esta sesión son comparados con los resultados iniciales de la sesión 2.

### 5.5 Resultados obtenidos de la evaluación de la funcionalidad del prototipo y del progreso del paciente

Experiencia de usuario del terapeuta y del paciente.

Durante las sesiones realizadas para la evaluación de la funcionalidad del prototipo, una vez realizadas las actividades principales. Tanto el terapeuta como el paciente resolvieron el cuestionario SUS [23]. Obteniendo un total de 10 cuestionarios, 5 del terapeuta y 5 del paciente, de tal manera que se puede evaluar la experiencia de usuario durante la interacción con el prototipo.

La Tabla 2 muestra el promedio de los resultados de los cuestionarios SUS [23] mencionados, con la escala Likert siendo 1 la calificación más baja y 5 la calificación más alta de cada pregunta [22].

**Tabla 2**

*Resultados de los cuestionarios de usabilidad SUS de las sesiones terapeuta/paciente*

PREGUNTA	TERAPISTA	PACIENTE
Creo que me gustará visitar con frecuencia este sistema	4 (80%)	4 (80%)
Encontré el sistema innecesariamente complejo	3 (60%)	2 (40%)
Pensé que era fácil utilizar el sistema	4 (80%)	5 (100%)
Creo que necesitaría del apoyo de un experto para recorrer el sistema	3 (60%)	2 (40%)
Encontré las diversas posibilidades del sistema bastante bien integradas	4 (80%)	4 (80%)
Pensé que había demasiada inconsistencia en el sistema	2 (40%)	2 (40%)
Imagino que la mayoría de las personas aprenderían muy rápidamente a utilizar el sistema	4 (80%)	4 (80%)
Encontré el sistema muy grande al recorrerlo	3 (60%)	2 (40%)
Me sentí muy confiado en el manejo del sistema	4 (80%)	4 (80%)
Necesito aprender muchas cosas antes de manejarse en el sistema	2 (40%)	2 (40%)

### 5.6 Evaluación del progreso del paciente

En la sesión 2 y en la sesión 5, el paciente desarrolló el módulo de diagnóstico y evaluación, bajo la guía y cuidado del terapeuta. Este módulo hace uso del método Token-test para el diagnóstico y evaluación del habla del paciente, como fue mencionado en los anteriores apartados. Estas preguntas hacen uso de la escala de Likert [22] para la evaluación de la función del habla del paciente, el terapeuta es el encargado de determinar el nivel de fluidez del paciente en cada ejercicio del módulo.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos por el paciente durante las dos sesiones en las cuales se realizó el proceso de diagnóstico y evaluación haciendo uso del aplicativo. Los resultados son registrados mediante una escala de Likert, siendo 1 el resultado más bajo y 5 el más alto.

**Tabla 3**

*Resultados del paciente obtenidos durante las sesiones diagnóstico y evaluación*

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Sesión 2	2	3	3	4
Sesión 5	3	3	4	4



## VI. DISCUSIÓN

Uno de los principales objetivos de este prototipo es proveer una herramienta de fácil acceso, eficiente y efectiva para el proceso de rehabilitación de pacientes de afasia de broca. Para determinar la eficacia del prototipo, fue necesario evaluar la usabilidad de este, para comprobar si el nivel de progreso del paciente es influenciado por la usabilidad y experiencia de usuario respecto al prototipo.

En el apartado 5.3, se evaluaron 20 adultos con un rango mayor a 40 años de edad, y como resultado de la tabla 2. Se obtiene una calificación de 80.375 sobre 100. Lo cual en la ponderación de la escala SUS, entra en el rango de aceptable, en la categoría B (excelente) [22]. Entre los factores más criticados por la población de estudio, fue la complejidad del prototipo, así como la presencia de inconsistencia en el sistema. Los resultados obtenidos de la evaluación de usabilidad y experiencia de usuario permiten determinar con mayor certeza el grado funcionalidad de la aplicación.

En el apartado 5.4 se evaluaron 5 sesiones entre el paciente y el terapeuta, las cuales fueron distribuidas en un lapso de 2 semanas. Los resultados obtenidos en el apartado 5.5, indican la experiencia de usuario y usabilidad del prototipo tanto para el paciente como para el terapeuta, obteniendo un promedio de 72 sobre 100 en la escala SUS, lo cual entra en el rango de aceptable [22]. Estos resultados muestran una congruencia leve con los resultados de la población encargada de la evaluación de la usabilidad del prototipo, siendo la inconsistencia en el sistema uno de los factores en común entre ambos estudios. Se puede apreciar un incremento leve en la calificación del grado de fluidez del paciente, tanto en las respuestas de la pregunta 1 y de la pregunta 3, sin embargo, es necesario un mayor número de sesiones de terapia y rehabilitación del paciente con el prototipo, para establecer un resultado concluyente.

Nuestro trabajo aporta alternativas al desarrollo de terapia del habla para pacientes con afasia de broca, permitiendo adaptar los métodos tradicionales con el uso de tecnologías como la realidad aumentada.

## VII. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

En el presente estudio se ha presentado el desarrollo de un prototipo de aplicación como herramienta para la terapia de pacientes con afasia de broca. Este estudio presenta una adaptación de los métodos tradicionales de evaluación y tratamiento de pacientes de afasia de broca, haciendo uso de dispositivos móviles.

La principal contribución del presente estudio es brindar una alternativa de fácil acceso a las instituciones médicas, permitiendo a los pacientes realizar un proceso terapéutico didáctico, lúdico e interactivo, a través de dispositivos móviles. Se realizaron pruebas de usabilidad del prototipo y también se evaluó el progreso del paciente de afasia de broca durante las sesiones de estudio, lo cual permitió observar una ligera mejora en el progreso de este.

Los trabajos futuros incluyen una evaluación a largo plazo del progreso de varios pacientes con diversos niveles de afasia de broca, lo cual permitirá medir la funcionalidad del prototipo. También proponemos la incorporación de diversos ejercicios y actividades terapéuticas, que brinden al paciente variedad, tales como, el uso de karaoke y ejercicios lúdicos como propone Pea et al [7].

También proponemos el desarrollo de nuevos módulos de ejercicios que permitan al paciente practicar de manera independiente, permitiendo al paciente ejercitar sus habilidades en el habla, e incrementar su progreso como propone Zhang et al [3].

## REFERENCIAS

1. Solange Núñez-González, A. D. (2018). Mortalidad por enfermedades cerebrovasculares en Ecuador 2001- 2015: Estudio de tendencias, aplicación del modelo de regresión joinpoint. Mortality due to cerebrovascular diseases in Ecuador 2001- 2015: a trend study, application of the joinpoint regression model. - revecuatneurolog - Revista Ecuatoriana de Neurología. Rev. Ecuat. Neurol. , 27. [http://revecuatneurolog.com/magazine\\_issue\\_article/mortalidad-enfermedades-cerebrovasculares-ecuador-2001-2015-estudio-tendencias-modelo-regresion-joinpoint-mortality-cerebrovascular-diseases-joinpoint-regression-model/](http://revecuatneurolog.com/magazine_issue_article/mortalidad-enfermedades-cerebrovasculares-ecuador-2001-2015-estudio-tendencias-modelo-regresion-joinpoint-mortality-cerebrovascular-diseases-joinpoint-regression-model/)
2. NAA Aphasia definitions, <https://www.aphasia.org/aphasia-definitions/>, last accessed 2021/11/11
3. Zhang, Y., Chen, P., Li, X., Wan, G., Xie, C., & Yu, X. (2018). Clinical research on therapeutic effect of virtual reality technology on Broca Aphasia patients. Proceeding of 2017 2nd International Conference on Information Technology, INCIT 2017, 2018-January, 1–5. <https://doi.org/10.1109/INCIT.2017.8257880>
4. Antkowiak, D., Kohlschein, C., Krooß, R., Speicher, M., Meisen, T., Jeschke, S., & Werner, C. J. (2016). Language therapy of aphasia supported by augmented reality applications. 2016 IEEE 18th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2016. <https://doi.org/10.1109/HEALTHCOM.2016.7749511>
5. Maresca, G., Maggio, M. G., Latella, D., Cannavò, A., de Cola, M. C., Portaro, S., Stagnitti, M. C., Silvestri, G., Torrisi, M., Bramanti, A., de Luca, R., & Calabrò, R. S. (2019). To-ward Improving Poststroke Aphasia: A Pilot Study on the Growing Use of Tele-rehabilitation for the Continuity of Care. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases : The Official Journal of National Stroke Association, 28(10). ht-

- [tps://doi.org/10.1016/J.JSTROKECEREBROVASC-DIS.2019.104303](https://doi.org/10.1016/J.JSTROKECEREBROVASC-DIS.2019.104303)
6. Obiorah, M. G. S., Piper, A. M., & Horn, M. (2021). Designing aacs for people with aphasia dining in restaurants. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445280>
  7. Pea, J., Salazar, A., Bravo, R., & Martínez, T. (2004). Design and development of interactive modules for language therapy rehabilitation. *IEE Colloquium (Digest)*, 4–10408, 89–91. <https://doi.org/10.1049/IC.2004.0691>
  8. Grechuta, K. R. (2019). Augmented dyadic therapy boosts recovery of language function in patients with nonfluent aphasia: a randomized controlled trial. *STROKEAHA*, 50-55.
  9. Ford, M. (2019). the aphasia caregiver guide. National Aphasia Association. [https://www.aphasia.org/wp-content/uploads/2019/11/Complete-Caregiver-Guide\\_11\\_14\\_19\\_V2.pdf](https://www.aphasia.org/wp-content/uploads/2019/11/Complete-Caregiver-Guide_11_14_19_V2.pdf)
  10. D. Martínez and X. Ferre. The Mobile Application Development Process: A Systematic Mapping Study. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: <http://www.grise.upm.es/sites/extras/20/pdf/SMSMobile-SoftwareProcess.pdf>
  11. Petersen, K., Wohlin, C., & Baca, D. (2009). The Waterfall Model in Large-Scale Development. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 32 LNBP, 386–400. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02152-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02152-7_29)
  12. Hammer, D., oral, A. W.-H. y fuente, & 1990, undefined. (n.d.). La entrevista semi-estructurada de final abierto. Aproximación a una guía operativa. JSTOR. Retrieved April 24, 2022, from <https://www.jstor.org/stable/27753290>
  13. Teixeira, L., Saavedra, V., Ferreira, C., Simões, J., & Sousa Santos, B. (2014). Requirements Engineering Using Mockups and Prototyping Tools: Developing a Healthcare Web-Application. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8521 LNCS(PART 1), 652–663. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07731-4\\_64](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07731-4_64)
  14. Orgass, B., & Poeck, K. (1966). Clinical Validation of a New Test for Aphasia: An Experimental Study on the Token Test. *Cortex*, 2(2), 222–243. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(66\)80005-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(66)80005-9)
  15. Enriquez, J. G., & Casas, S. I. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes Científicos Técnicos-UNPA*, 5(2), 25-47.
  16. Accessibility Guidelines Working Group. (29 de Abril de 2021). Web Accessibility Initiative WAI. Obtenido de <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/#iso>
  17. Cuello, J., & Vittone, J. (2013). Diseñando apps para móviles. Appdesignbook.
  18. PTC Inc. (2021). Vuforia developer library. Obtenido de <https://library.vuforia.com/features/overview.html>
  19. Google, LLC. (07 de 10 de 2020). Developer Android. Obtenido de <https://developer.android.com/guide/topics/media/mediarecorder>
  20. Unity Technologies. (2019). Unity Documentation. Obtenido de <https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.htm>
  21. Raboy, N. (12 de 11 de 2020). MongoDB Developer. Obtenido de <https://developer.mongodb.com/how-to/sending-requesting-data-mongodb-unity-game/>
  22. Hartley, J. (2014). Some thoughts on Likert-type scales. *International journal of clinical and health psychology*, 14(1), 83-86.
  23. Brooke, J. (2013). SUS: a retrospective Decision Making in General Practice View project Usable systems View project SUS: A Retrospective. 8, 29–40. Formularios de Google: herramienta de creación de formularios en línea para empresas | Google Workspace. (n.d.). Retrieved January 26, 2022, from [https://workspace.google.com/intl/es-419/products/forms/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=latam-T1-all-es-dr-bkws-all-all-trial-e-dr-1011272-LUAC0012559&utm\\_content=text-ad-none-any-DEV\\_c-CRE\\_479487543830-ADGP\\_Hybrid%20%7C%20BKWS%20-%20MIX%20%7C%20Txt%20~%20Forms-KWID\\_43700057710797792-kwd-10647024857&utm\\_term=KW\\_google%20forms](https://workspace.google.com/intl/es-419/products/forms/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=latam-T1-all-es-dr-bkws-all-all-trial-e-dr-1011272-LUAC0012559&utm_content=text-ad-none-any-DEV_c-CRE_479487543830-ADGP_Hybrid%20%7C%20BKWS%20-%20MIX%20%7C%20Txt%20~%20Forms-KWID_43700057710797792-kwd-10647024857&utm_term=KW_google%20forms)