

## Desarrollo de una aplicación móvil para la evaluación y rehabilitación de pacientes con afasia

Henzer García<sup>1</sup>, Miguel Novella<sup>1</sup>, Alberto Suriano<sup>1</sup>, Claudia García de la Cadena<sup>2</sup> & José Tomás Prieto<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información, <sup>2</sup>Departamento de Psicología, <sup>3</sup>Centro de Estudios en Informática Aplicada, <sup>4</sup>Centro de Estudios en Salud, Instituto de Investigaciones, Universidad Del Valle de Guatemala, <sup>5</sup>CRG, École Polytechnique, Francia

Contacto: sur12281@uvg.edu.gt

**RESUMEN:** La presente investigación buscó aplicar la metodología de *Design Thinking* en el desarrollo de una aplicación validada que pueda ser usada por terapeutas para evaluar 3 áreas cognitivas en pacientes con afasia de Broca. El desarrollo de la aplicación consistió en plantear la apariencia visual inicial y luego diseñar las pruebas cognitivas a realizar, tomando en cuenta el contexto guatemalteco y a los pacientes. La validación inicial de la aplicación fue hecha por un especialista en el tema previo a ser probada en dos iteraciones con grupos diferentes de diez personas de entre 19 y 22 años. Finalmente, la aplicación fue evaluada con un paciente con trastorno de lenguaje y comprensión. Después de las iteraciones y de la prueba final, se determinó que la aplicación necesitaba una letra de al menos 17pt, una agradable combinación de colores brillantes que permitiera diferenciar elementos y un tamaño de botones y paneles lo suficientemente grandes para presionarlos fácilmente. El uso de colores resultó importante para dar realimentación visual en las pruebas cognitivas al usuario final. Se debe considerar la dificultad, palabras y expresiones utilizadas en los ejercicios de la terapia para evitar confundir a los usuarios con trastorno de lenguaje. Se logró probar que utilizar la metodología de *Design Thinking* considerando aspectos de Usabilidad en el desarrollo de una aplicación fue una forma efectiva de evaluar tres áreas cognitivas y suplicar las necesidades de un paciente con afasia en Guatemala.

**PALABRAS CLAVE:** Android, interacción humano-Computador, *Design Thinking*, trastornos de lenguaje.

### Adaptation of a mobile application for aphasia patient rehabilitation

**ABSTRACT:** We applied *Design Thinking* methodology to develop a validated smartphone app that could be used by therapists to evaluate three cognitive areas in patients with Broca Aphasia. The methodology was applied to determine the visual appearance of the user interface and to design the tests to be included, taking into account the needs of these special users in the Guatemalan context. The initial validation of the app was done by a specialist. It was then tested twice with different groups of ten people each, all between 19 and 22 years old. The app was finally tested with a patient with language and comprehension impairments. From validation iterations and final tests, we found that the application needed a font size of at least 17 points. It was also found that a good combination of brilliant colors and sufficiently spacious buttons and panels were needed to be easily used. We also found that the use of color was important to provide visual feedback to users when completing tests. Special considerations, such as the difficulty of tests and the working and symbols used in the application, should be considered in future iterations of the app to facilitate interaction with the apps. Our validated mobile application should be tested further with patients with Broca Aphasia in Guatemala and could be used by health professionals to innovate in how to deliver their services. The *Design Thinking* methodology proved to be of timely relevance to streamline collaborations between health professionals, engineers and final users.

**KEYWORDS:** Android, human-computer interaction, *Design Thinking*, language disorders.

## Introducción

El desarrollo tecnológico ha incrementado considerablemente en los últimos años, y cada vez es más evidente el impacto e importancia que está tomando en nuestra vida cotidiana, llegando a usar artefactos de tecnología en el trabajo, casas e incluso cuando hacemos actividades de recreación (Stolterman y Croon, 2004). Nos encontramos en la era de la tecnología móvil, cuya versatilidad y portabilidad la han hecho predominar sobre sus antecesores, en una sociedad en constante cambio. (Goggin, 2006), El crecimiento en el desarrollo de herramientas tecnológicas también ha permitido apoyar a personas en la Industria de la Salud, ya sea de forma directa (medicina y conocimiento) o indirecta (terapias, rehabilitación, etc.). Cada vez que se lanza una nueva aplicación los usuarios buscan aprender el uso de la misma, por lo que es necesario considerar aspectos de Usabilidad o Interacción Humano-Computador (IHC) durante el desarrollo para facilitar la adopción de la aplicación. No obstante, existen personas con trastornos de lenguaje (como la afasia de Broca) que tienen necesidades específicas que deberían considerarse en el desarrollo de aplicaciones y que están excluidas de los beneficios potenciales del uso de algunas tecnologías móviles actuales.

Las afasias son trastornos del lenguaje que pueden afectar la habilidad de expresar y comprender el lenguaje de forma audible e incluso visual (Gupta y Singhal, 2011).

Dentro de las afasias, la de Broca se clasifica como “no fluida”, dado que las personas que la padecen tienen una elocución lenta y dificultosa. Además, esas personas no suelen incluir muchos morfemas gramaticales en su discurso (Gjerlow, 1999).

El desarrollo de sistemas de intervención virtual requiere considerar aspectos del diseño de software para que sea fácilmente utilizable por pacientes con alteraciones de lenguaje. Una investigación (Mahmud, 2014) recomienda aspectos para el diseño y pruebas de sistemas interactivos para personas con dicho trastorno. Entre las recomendaciones se destaca el uso de apoyo visual en las interfaces con el usuario, evitar elementos que salten a la vista (pop-up), resaltar las partes principales de la aplicación y utilizar una navegación poco profunda en los menús. Se recomienda también minimizar la cantidad de pasos que toma realizar una acción y ocultar los elementos que no están en uso. También se sugiere el uso de colores distintivos y brillantes, así como que la aplicación sea personalizada para el terapeuta y paciente. En otro estudio (Mahmud, 2014) se realizó una aplicación de correo electrónico para personas con afasia. El prototipo final utilizaba las sugerencias mencionadas anteriormente, así como fondos de colores neutros (no distractores) y un tamaño de letra grande de 14 pts.

Otra investigación (Boyd-Graber et al. 2006) sugiere que un producto de software orientado para personas con afasia debería utilizar íconos que claramente sugieran su uso o funcionalidad. Se debe considerar reproducir sonidos al momento de haber interacción con los componentes, diciendo palabras o bien frases completas. El uso de señales visuales es importante para reforzar la relación entre imágenes, sonidos y texto (mapeo). Además, los elementos deben orientarse hacia el centro de la pantalla, evitando el uso de menús y de profundidad en la jerarquía de navegación. De igual manera el tamaño de los elementos es claramente una consideración importante, como se ha dicho en otros estudios (McGrenere et. al. 2002).

Desde la perspectiva de rehabilitación neuropsicológica existen intervenciones integrales que incluyen diferentes tareas, como las de Cálculo, Praxia Ideomotora y de Comprensión. La función de cálculo está ligada con la comprensión y ejecución matemática de la persona con afasia. Usualmente algunos trastornos de lenguaje tienen alteraciones numéricas y de cálculo, así como una dificultad entre el lenguaje y las matemáticas (Klessinger et al. 2007). En un estudio concluyen que las personas con afasia tienen mayor dificultad en realizar procesamiento y cálculo numérico que las personas que no la tienen. (De Luccia y Ortiz, 2014). Una praxia es la capacidad para ejecutar diferentes movimientos en respuesta a un estímulo, ya sea por imitación o ante una orden. Ésta se enlaza con procesos motores, sensoriales, perceptuales y cognitivos (De Renzi y Lucchelli, 1988). Se muestra en una investigación, que los pacientes con déficits en dicha función mostraban poca comprensión al pedirles relacionar una frase con un objeto dentro de un conjunto (Browndyke, 2002). Según el autor mencionado, una prueba de token permite detectar trastornos afásicos que no son observables a simple vista en los pacientes (Browndyke, 2002). La función de comprensión abarca las habilidades que utilizan las personas involucradas en una actividad compleja, permitiendo planear, secuenciar, organizar y monitorear actividades dirigidas a una meta (Purdy, 2002). En otro estudio se muestra que distintas personas con afasia podían tener sus funciones de comprensión afectadas en distintas escalas (Braughman, 2013). Se debe tomar en cuenta que una lesión cerebral puede ocasionar distintas sintomatologías y que cada paciente requiere una adecuación específica.

Como parte de la investigación se realizó una aplicación móvil utilizando la plataforma Android (Versión mín. 15 [4.2.2]). Android es un sistema que funciona como base para sistemas móviles. Consiste en un conjunto de programas y aplicaciones que juntos conforman una sistema completo, el cual provee los fundamentos para que las aplicaciones del usuario funcionen (Speckmann, 2008). El objetivo principal del estudio era encontrar qué aspectos en términos de usabilidad y presentación debería tener una aplicación para pacientes con Afasia de Broca, para

poder utilizarse en la evaluación de tres áreas cognitivas. También se buscaba encontrar los tipos de ejercicios de refuerzo realizables en una aplicación móvil.

## Materiales y métodos

### Desarrollo del prototipo de Aplicación

La aplicación fue realizada con el IDE Android Studio y fue dividida en dos módulos diferentes: uno que aplica tres ejercicios de refuerzo de las terapias tradicionales para afasia y otro que muestra el seguimiento y resultado de los ejercicios. Se eligieron tres ejercicios distintos buscando reforzar las funciones de cálculo, praxia y comprensión mencionadas anteriormente. Para ello se dividieron las funcionalidades en tres módulos: uno que permite resolver operaciones matemáticas simples, otro en donde se muestra un video de una persona (enfocado en la boca) y se debe elegir la palabra que ella dice y uno donde se requiere emparejar una palabra escrita con una imagen (tipo token).

Se intentó realizar el desarrollo de la aplicación de una forma que permitiera adaptarla al contexto guatemalteco (Latinoamericano, con sus características únicas), y a la vez seguir las recomendaciones mencionadas en la literatura para garantizar un nivel adecuado de usabilidad con los usuarios objetivo.

### Validación

Se diseñó un proceso iterativo para la validación de la aplicación, probándola con usuarios y cambiando en cada ciclo. Dicho proceso se basó en la metodología *Design Thinking*, la cual sugiere un desarrollo iterativo a la vez que se intercalan momentos de obtención de comentarios y mejoras de parte de los usuarios. Ello permite “fallar temprano para triunfar antes”, evitando malgastar el tiempo en aspectos poco relevantes, realizar menos prototipos con menor costo y adaptarse mejor a las expectativas de los usuarios. En la Figura 1 se detalla el proceso mencionado que se siguió para el desarrollo de la investigación.

Como primera fase se presentó la aplicación a una especialista neuropsicológica. Luego de realizar los cambios sugeridos, la Aplicación se validó con un primer grupo de diez usuarios voluntarios entre 19 y 22 años de edad, sin alteraciones de lenguaje. Este procedimiento se repitió una segunda vez, después de realizar los cambios sugeridos a la Aplicación. Para obtener las propuestas de cambio se llevaron a cabo entrevistas con los

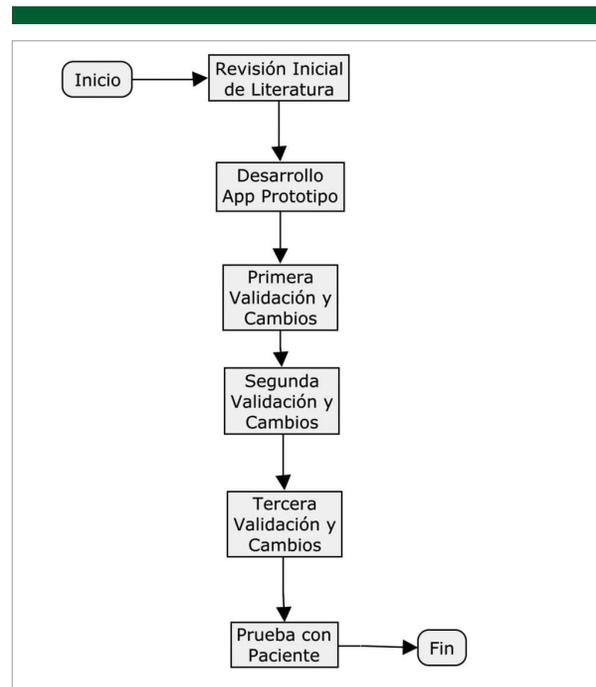


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de la investigación

grupos mencionados, recopilando comentarios respecto a la usabilidad y presentación de la aplicación, para mejorarla. En base a los comentarios obtenidos de los dos grupos, se modificó la aplicación atendiendo las nuevas ideas y funcionalidades propuestas.

### Prueba con Paciente

La Aplicación fue probada con un/una paciente con trastornos de lenguaje y comprensión para obtener resultados más significativos. Se presentó la aplicación y se obtuvo realimentación mediante observaciones y preguntas luego del uso.

## Resultados y discusión

Se consiguieron varios resultados a medida que se desarrollaba la Aplicación. La Figura 2 muestra la aplicación que se entregó a la especialista luego de su observación. Algunos aspectos fueron corregidos y se pueden observar en la Figura 3. Uno de ellos era la complejidad del módulo de cálculo, la cual debía limitarse a sumas, restas y multiplicaciones. Tanto las sumas y las restas debían ser entre números de uno o dos dígitos (pero de preferencia no combinados). En el caso de utilizar números con dos dígitos es recomendable emplear múltiplos de 10 (pues es proporcionalmente más difícil operar con 2+ dígitos). Además, las restas no debían tener resultados negativos y las

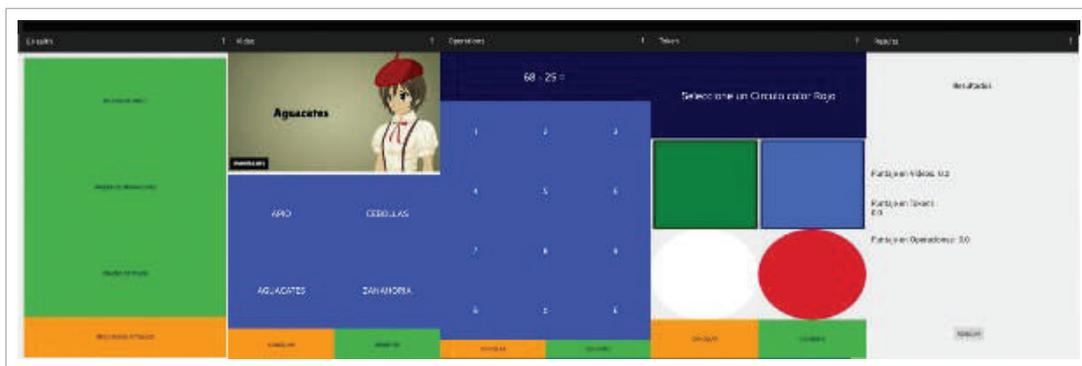


Figura 2. Diseño de la aplicación para la primera iteración - Antes de evaluación de especialista

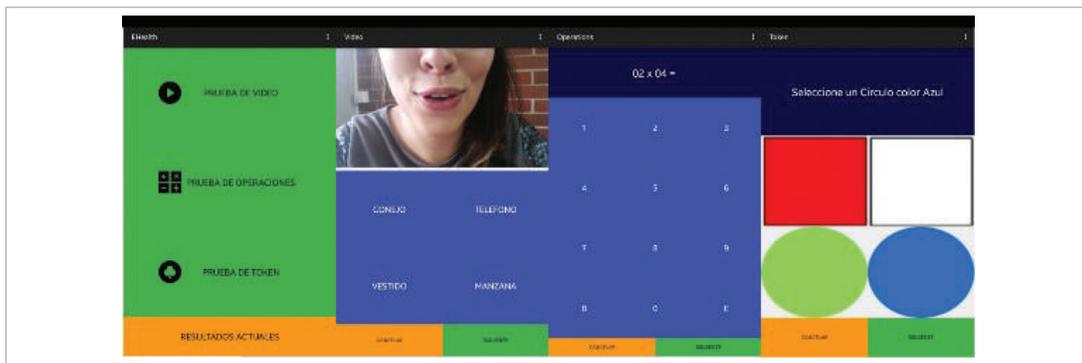


Figura 3. Diseño de la aplicación para la segunda iteración - Antes del primer grupo entrevistado

multiplicaciones debían procurar limitarse a un dígito. Para la parte de videos la especialista recomendó utilizar palabras de no más de tres sílabas, evitando usar las letras “H”, “B”, o “V” en ellas. En el caso de la prueba tipo token las instrucciones debían utilizar pocas palabras y de baja complejidad (especialmente se sugirió cambiar la palabra “Selecione” por “Toque” en las instrucciones).

Luego de probar la aplicación por primera vez con personas sanas, entre 19 y 22 años (Cuadro 1), se obtuvieron varias sugerencias de aspectos a cambiar. Los botones del módulo de cálculo no eran intuitivos, es decir que no era claro cuál botón servía para seleccionar la respuesta. Además se nos sugirió agregar un botón para reproducir de nuevo la palabra en el módulo de video. Varias personas comentaron que se debía hacer más distinguible la realimentación visual, especialmente en el módulo de cálculo en donde el layout no era adecuado y los colores de los números no resaltaban mucho. Un nuevo layout debe probarse con el módulo de cálculo para hacerlo más entendible, mejorando la visibilidad. Los cambios realizados se muestran en la Figura 4. Los usuarios consideraron que las operaciones a realizar deberían ser menos complejas. Finalmente, comentaron que se podría agregar un botón de ayuda para cada ejercicio, así como la posibilidad de agregar sonidos

Cuadro 1. Edades de Entrevistados - Primera Iteración.

Edad \ Género	19	20	21	22
Femenino	2	1	1	1
Masculino	1	1	1	2

Cuadro 2. Edades de Entrevistados - Segunda Iteración.

Edad \ Género	19	20	21	22
Femenino	1	1	1	2
Masculino	1	1	2	1

asociados a las acciones del usuario. En general los colores elegidos fueron de agrado para los entrevistados, y comentaron que la interfaz del módulo de video y de token eran agradables visualmente (Figura 5).

Cuando se probó la aplicación por segunda vez con personas voluntarias sanas entre 19 y 22 años (Cuadro 2) se obtuvieron resultados positivos. Los entrevistados reportaron más agradable

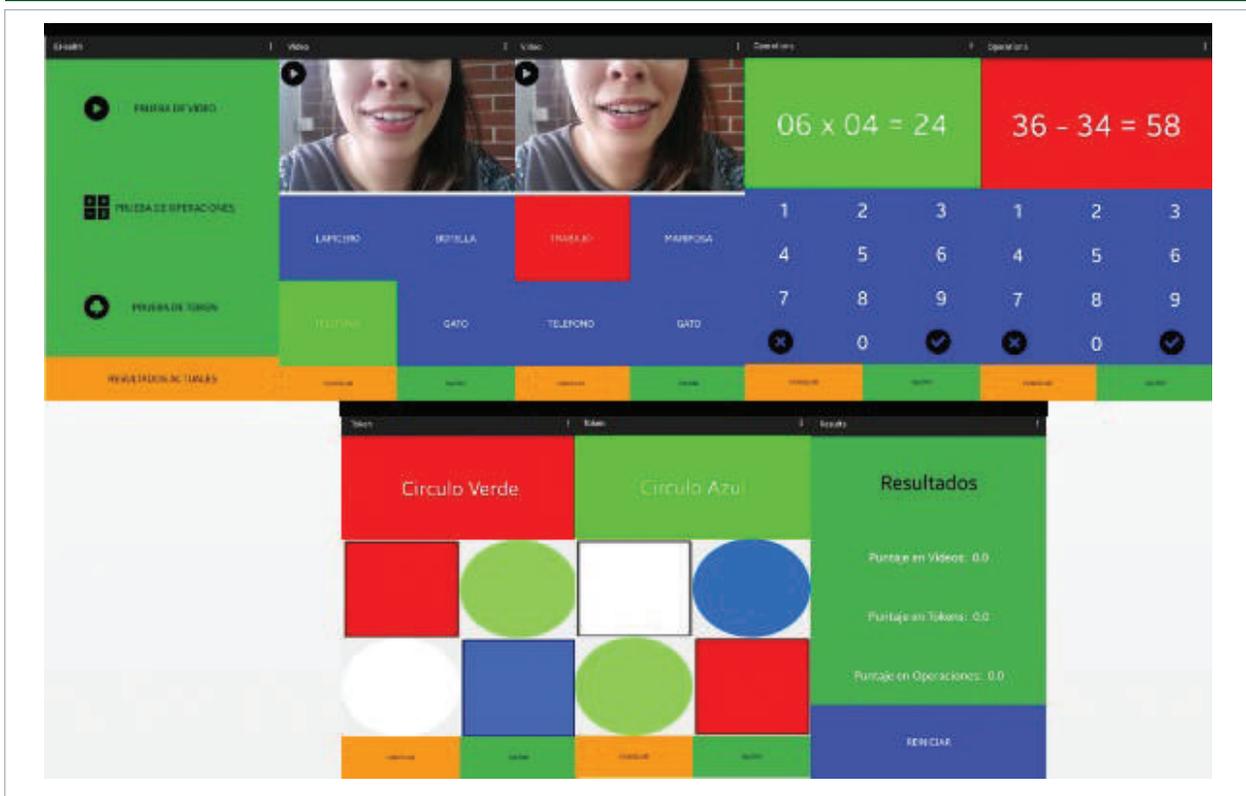


Figura 4. Diseño de la aplicación para la tercera iteración - Antes del segundo grupo entrevistado

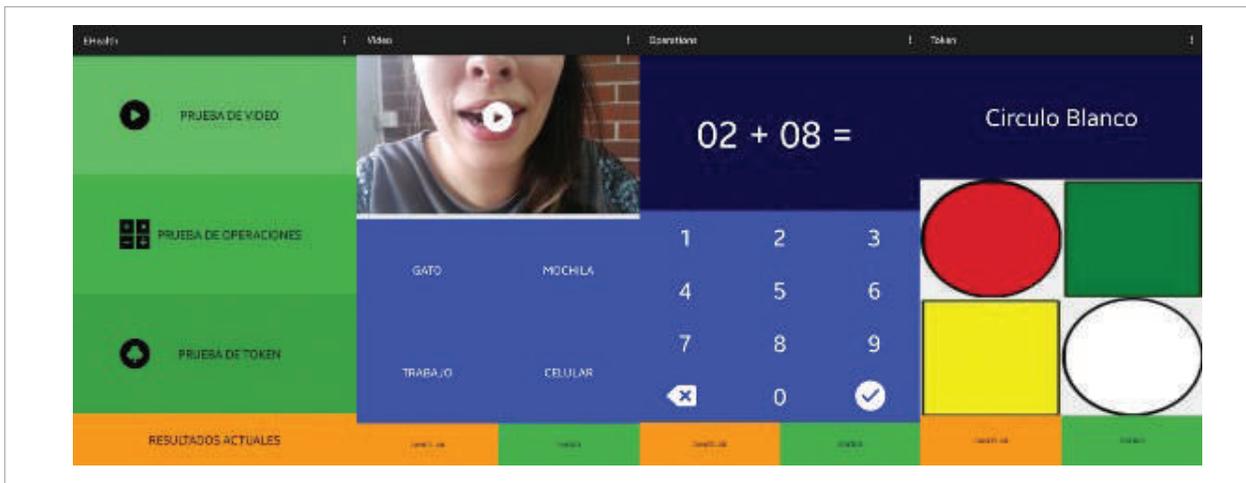


Figura 5. Diseño de la aplicación para el paciente (cambios significativos)

la interfaz de la aplicación, así como botones más entendibles excepto por el de borrar en el módulo de cálculo (se concluyó se debe usar el habitual icono; el triángulo acostado con una "X"). Los usuarios consideraron los ejercicios más intuitivos, y cambios como el botón de reproducir de nuevo el video, el ícono del botón de respuesta del módulo de cálculo y la opción para saltar una pregunta fueron efectivos para facilitar el uso de la Aplicación. Durante las pruebas se pudo notar que los usuarios manejaban la aplicación de una manera fluida. Algunos

de ellos sugirieron ciertos cambios: diferenciar los colores entre las opciones del menú principal, agregar un fondo negro a las imágenes de la prueba tipo token o bien enmarcarlas con un color oscuro (evitando confusión al percibir los colores de las figuras). Sugirieron que agregar un botón para regresar podría ayudar al terapeuta a navegar con facilidad.

La figura 4 muestra los cambios realizados para presentar la aplicación a el/la paciente. Se pudo notar aspectos que no se

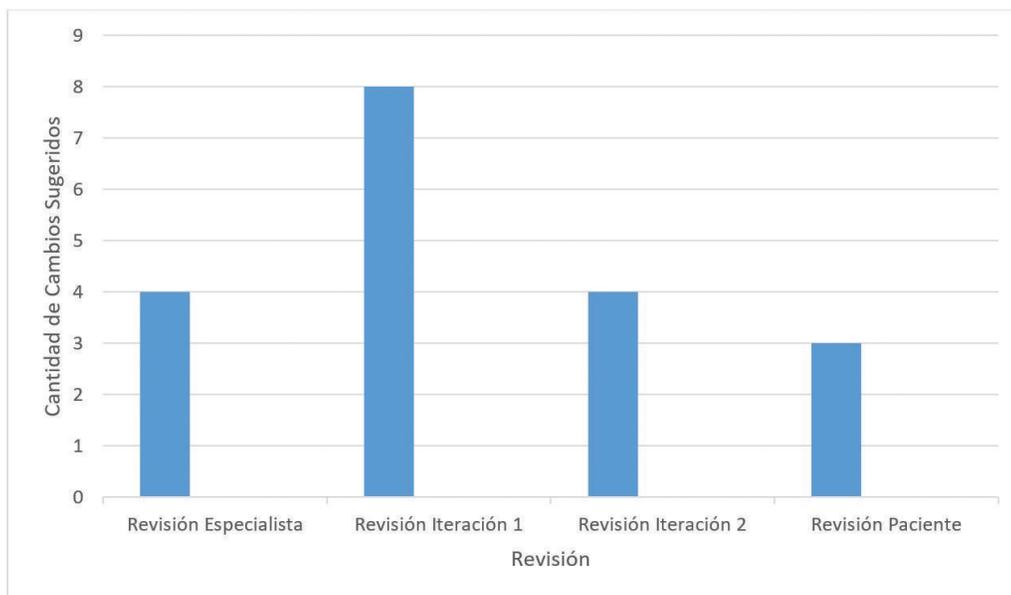


Figura 6. Cantidad de cambios sugeridos a lo largo del desarrollo de la aplicación.

habían considerado antes. El botón de resultados se debía esconder o reubicar, para evitar que durante la terapia el sujeto ingresara accidentalmente a esta sección y se confundiera. A diferencia de las demás personas, la/el paciente prefiere colores distintos para las opciones del menú principal (en vez de una misma escala de color). También sugirió aumentar el tamaño de los símbolos que indican la operación a realizar, permitiendo distinguir entre diferentes tipos de operaciones en la sección de operaciones de cálculo. Para los videos, la/el paciente sugirió que la persona modelo hablara de una forma más gentil, dado que se percibía con un tono imperativo similar a un “maestro”, lo cual hacía la Aplicación menos disfrutable. Los colores y apariencia en general fueron de agrado para el/la paciente, siendo el módulo de cálculo el más amigable. Los demás módulos fueron visualmente atractivos y las notificaciones de la Aplicación eran adecuadas y fáciles de entender.

## Discusión de resultados

El acercamiento iterativo que se eligió para el desarrollo de la Aplicación fue de ayuda para destacar aspectos como los mencionados en los Resultados y lograr que se adaptara más al paciente final. Ello fue posible dado que en cada iteración se modificaba funcional y visiblemente la Aplicación, obteniendo versiones en donde los cambios eran cada vez menores (Figura 6).

Como base para desarrollar la Aplicación se usaron las consideraciones encontradas en la literatura (como en los estudios de Mahmud), pero también se realizó una adaptación inicial

considerando el contexto guatemalteco (eligiendo frases y textos con un significado más adecuado a lo que se deseaba transmitir). Para el presente estudio se entrevistaron personas en un rango de edad similar a los usuarios objetivo, permitiendo obtener realimentación y comentarios que se adaptaran de mejor manera a los pacientes (similar a lo realizado en las investigaciones de Mahmud). Del presente acercamiento surgieron las siguientes preguntas: ¿Podría usarse la Aplicación para ayudar a neuropsicólogos y terapeutas que atienden trastornos del lenguaje? ¿Podría utilizarse la aplicación en contextos distintos al guatemalteco? Para responderlas es necesario realizar más estudios que determinen el impacto del acercamiento iterativo en la efectividad de la Aplicación en esos casos.

El uso de color para realimentación visual, indicando acciones correctas e incorrectas, es una consideración importante para el caso. De haberse desplegado solamente el texto “correcto” o “incorrecto” se le dificultaría al paciente con trastornos neuropsicológicos entender si está realizando bien los ejercicios. Relacionado a ello está el uso de iconos intuitivos o estándar (como el de borrar o seleccionar), ya que ello facilita familiarizarse con el uso de la aplicación debido a la transferencia de conocimiento de otras aplicaciones.

Durante las pruebas fue recomendado agregar un botón de ayuda en caso el usuario no supiera qué hacer. En los diseños tradicionales un botón de ayuda es esencial en cualquier aplicación (la mayoría de aplicaciones ampliamente conocidas lo utilizan). No obstante, para el presente estudio es posible agregar un botón de ayuda para asistir al *terapeuta* y no uno

que apoye al paciente. Se requieren estudios adicionales que determinen una manera efectiva que permita desarrollar funcionalidades de ayuda para usuarios con afasia; el propósito de la Aplicación desarrollada era evitar tener que capacitar a los usuarios en su uso, por lo que agregar una ayuda implicaría que el paciente está capacitado para interactuar con ella, lo cual es una tarea difícil con pacientes afásicos y agregar ese elemento podría afectar negativamente la usabilidad de la Aplicación.

Resulta interesante notar que el/la paciente brindó observaciones que no se habían obtenido en las pruebas anteriores. Esto sugiere que en efecto, existen necesidades específicas para los pacientes con afasia, algo no observable en personas sin el trastorno. El uso de un símbolo de operación (en el módulo de Cálculo) fue una de las observaciones hechas por el usuario con trastorno de lenguaje. Dicha confusión se debe probablemente a que el símbolo era del mismo color y tamaño que los números de la operación, por lo que se podría cambiar el color de texto, tamaño y espaciado para lograr que resalte. Otra alternativa es realizar el mismo tipo de operaciones de forma consecutiva, indicando claramente cuando se esté cambiando de tipo de operación.

También se notó que los colores de las opciones del menú principal no estaban claramente diferenciados, dado que todos ellos eran variaciones de una misma paleta de color. El/la paciente mostró preferencia por diferentes colores en cada botón, lo cual sugiere que el uso de códigos de color puede ser de utilidad para mapear los distintos módulos y su funcionalidad (distinguiendo claramente los distintos ejercicios a realizar, con la excepción de usuarios con anomia de color). Además se concluyó que el botón de resultados debía ser removido, ya que muchos usuarios (incluyendo el/la paciente) ingresaron imprevistamente en esa actividad y fue confuso para su experiencia. Dicho botón puede trasladarse al menú alterno (drop-down) para que no sea presionado accidentalmente.

Finalmente, se pudo observar confusión en el paciente al momento de interactuar con el layout del módulo de video. El lugar donde se reproducía el video (parte superior) y donde se desplegaban las opciones (parte inferior) obligaban al usuario a cambiar su vista entre estas secciones, causando pérdida de atención al contenido de video (viéndose obligado a repetirlo). Una forma de corregir esta situación es desplegar el video centrado verticalmente, y las opciones en las partes laterales. También se podría desplegar el video en pantalla completa, mostrando las opciones (con botones flotantes) después de reproducir el contenido.

## Conclusiones

El uso de la metodología de *Design Thinking* y la Interacción Humano-Computador en el desarrollo de Aplicaciones resultó efectivo para descubrir las necesidades especiales de los usuarios

en el uso de software. En el presente estudio fue efectivo también para descubrir las necesidades especiales de las personas con trastornos de lenguaje y comprensión.

El uso adecuado de la teoría de color y *Material Design* resultó crucial para mapear correctamente las funcionalidades de una aplicación de una manera entendible para los usuarios en general, así como también para personas con trastornos de lenguaje.

La realimentación visual o auditiva juega un papel importante en la usabilidad y el flujo de trabajo de una aplicación. Los usuarios suelen desempeñarse mejor cuando son asistidos por colores (verde para correcto, rojo para incorrecto) y por texto.

## Agradecimiento

Se agradece la participación de los involucrados durante las pruebas, debido a sus valiosos comentarios que permitieron adaptar mejor la Aplicación. También, agradecemos a el/la paciente que accedió a probar la aplicación, dado que sus aportes permitieron concluir con el estudio aquí presentado.

## Bibliografía

- Baughman, S. (2013) *Executive Function in Aphasia: Is There a Bilingual Advantage?* Faculty of the Graduate School of the University of Maryland
- Boyd-Graber, J. et. al. (2006) *Participatory Design with Proxies: Developing a Desktop-PDA System to Support People with Aphasia* CHI 2006 Proceedings pp 151-160
- Browndyke, J. N. (2002) *Aphasia Assessment* Neuropsychology Central pp 1-7
- Coursaris, C.K., Kim, D.J. (2006) *A Qualitative Review of Empirical Mobile Usability Studies* Proceedings of the Twelfth Americas Conference on Information Systems
- De Luccia, G., Ortiz, K.Z. (2014) *Ability of aphasic individuals to perform numerical processing and calculation tasks* Archivos de Neuro-Psiquiatria 72 (3): 197-202
- De Renzi, E., Lucchelli F. (1988) *Ideational apraxia* Brain, 111: 1173-1185
- Gjerlow, K. (1999) *Language and the Brain* Cambridge University Press.
- Goggin, G. (2006) *Cell Phone Culture: Mobile Technology in Everyday Life* Routledge.
- Gupta, A., Singhal, G. (2011) *Understanding Aphasia in a Simplified Manner*. JJACM. 12 (1): 32-7
- Klessinger, N., Szczerbinski, M., Varley, R. (2007) *Algebra in a man with severe aphasia* Neuropsychology 45(8): 1642-1648
- Mahmud, A. (2014) *Considerations for Designing Technology with and for Persons with Aphasia* Ozchi'14 pp 535-538
- Mahmud, A., Slats, L., et. al. (2014) *MEA: Designing a Multimodal Email Support Tool for Persons with Aphasia* CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems pp 1219-1224
- McGrenere, J. et. al. (2002) *Insights from the aphasia project: designing technology for and with people who have aphasia* Proceedings of the 2003 conference on Universal Usability
- Purdy, M. (2002) *Executive function ability in persons with aphasia* Aphasiology 16 (4-6): 549-557
- Speckmann, B. (2008) *The Android Mobile Platform* Eastern Michigan University, Department of Computer Science
- Stolterman, E, Croon Fors, A. (2004) *Information Technology and the Good Life*. Information System Research 143 (7): 687-692