



Informe

B.A.R.C.O

Bio-Augmented Responsive Communication Optics

Profesores: Darío Szlain
Máximo Flugelman
Lourdes Hirchson

Alumnos: Lucía Simoncelli 61429
Mila Langone 61273
Mia Arrigoni 61271

Buenos Aires, Argentina, Diciembre 2023

Contenidos

1. Introducción	3
1.1. Justificación del proyecto	3
2. Desarrollo	5
2.1. Descripción y uso previsto	5
2.2. Entorno	5
2.3. Hardware	6
2.4. Aplicación B.A.R.C.O.	7
2.4.1. Conexión Bluetooth	9
2.4.2. Configuración para el usuario	9
2.4.3. Teclados	11
2.5. Diseño 3D	14
2.6. Mejoras implementadas	15
2.6.1. Cambio en lógica de transmisión de datos	15
2.6.2. Manejo del ciclo de vida de las <i>Activities</i>	15
2.6.3. User Interface	16
2.6.4. Teclado de pictogramas	17
2.6.5. <i>Text to speech</i>	18
3. Conclusión	18

1. Introducción

La Comunicación Aumentativa o Alternativa (CAA) incluye todas las modalidades de comunicación (aparte del habla) utilizadas para expresar pensamientos, necesidades, deseos e ideas. Todos los seres humanos utilizan este tipo de comunicación a través de gestos, expresiones faciales, símbolos, ilustraciones o escritura^[1]. Las personas con graves disfunciones de habla o del lenguaje dependen de la CAA para complementar el habla residual o como una alternativa al habla no funcional. Los instrumentos especiales de comunicación aumentativa, como los aparatos electrónicos y los tableros de comunicación con dibujos y símbolos, ayudan a aquellas personas a expresarse y comunicarse, mejorando la interacción social, el aprovechamiento escolar y los sentimientos de autoestima. Se podría clasificar en tres grupos a quienes precisan de sistemas de CAA:

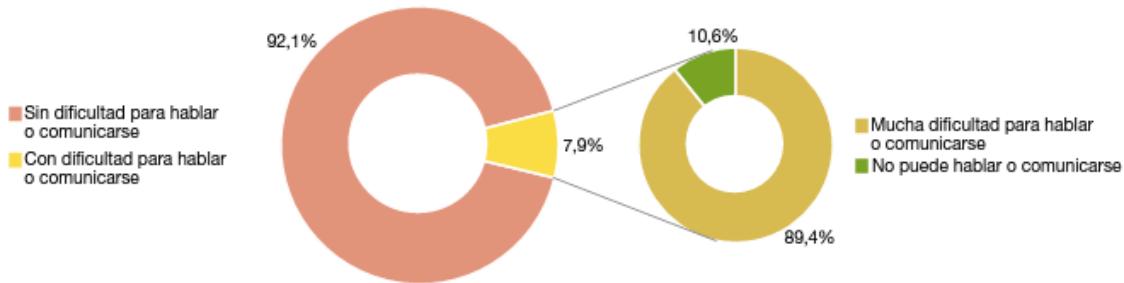
- Personas con discapacidad motora a consecuencia de parálisis cerebral, trastornos craneoencefálicos o patologías neuromusculares progresivas, como las distrofias musculares.
- Personas con discapacidad intelectual, cognitiva o psíquica, como trastornos de desarrollo y trastorno espectro autista (TEA).
- Personas con discapacidad sensorial, como sordera o sordomudez.

Para implementar la CAA existen productos de alta tecnología que utilizan sistemas de *eye-tracking* (seguimiento ocular), entre otros. Este proceso consta de medir y registrar los movimientos oculares de una persona a través de las contracciones o relajaciones de los músculos oculares. Suelen utilizarse como dispositivo de entrada para la interacción persona-computadora.

Gracias a los sistemas de CAA y a la tecnología de *eye-tracking*, las personas que sufren desafíos en el habla oral, pueden comunicarse utilizando lo que llamamos comunicadores dinámicos.

1.1. Justificación del proyecto

A continuación, se muestra un extracto del documento "Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidades" realizado por el INDEC en base al censo del 2018 en Argentina (los resultados del último censo no se encuentran disponibles actualmente).



Fuente: INDEC. Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad 2018.

Figura 1.1: Población con dificultad del habla y la comunicación de 6 años y más, por grado de dificultad^[2]

De este resultado es posible ver que millones de personas se encuentran con dificultades del habla por diversas cuestiones mencionadas anteriormente (discapacidad motora, intelectual, sensorial, entre otros) y que un dispositivo de comunicación alternativa/aumentativa podría mejorar su calidad de vida.

Pese a que es sabido que se puede establecer una forma rudimentaria de comunicación no verbal con esta población, haciendo uso de gestos faciales como sonrisas, expresiones de disgusto, emisión de sonidos o balbuceos, todo esto sólo permite una comunicación básica. Estas expresiones se limitan a indicar la conformidad o desacuerdo del paciente ante determinadas situaciones.

El objetivo primordial es fomentar la autonomía del paciente, posibilitando una expresión más completa de sus necesidades, pensamientos y emociones, y facilitando su interacción efectiva con el entorno. Este enfoque no solo repercute positivamente en la autoestima del paciente, sino que también mejora la calidad de vida de su núcleo familiar.

A pesar de la existencia de productos con potencial para contribuir a este propósito, muchos de ellos presentan costos elevados y son de difícil adquisición en el contexto argentino.

La propuesta de valor de B.A.R.C.O. se centra en proporcionar al paciente la capacidad de comunicarse de manera simple, empleando la detección de los *blinks* para llevar a cabo diversas acciones como escribir palabras, números o navegar a través de una aplicación móvil mediante un dispositivo portátil y de menor costo.

2. Desarrollo

2.1. Descripción y uso previsto

Con el fin de crear una tecnología para la comunicación alternativa, el presente proyecto involucra el diseño de un par de anteojos capaces de identificar los parpadeos del usuario y vincularlos a acciones específicas en una aplicación móvil.

En rasgos generales, la detección de parpadeos se realiza a través de la incorporación de un sensor de luz infrarroja (IR), que se conecta a un microcontrolador ATMEGA 2560, que además se encuentra asociado a un módulo Bluetooth. Mediante el módulo Bluetooth, el microcontrolador envía las señales obtenidas a un dispositivo móvil que permite que el usuario interactúe con el dispositivo mediante una interfaz. Para lograr esta comunicación, es necesario que el usuario descargue la aplicación B.A.R.C.O. en su dispositivo móvil, que deberá estar conectado a Bluetooth.

La elección del método de selección de botones por *blinks* o parpadeos, se debe a que el sensor infarrojo detecta con mayor claridad el parpadeo que el movimiento de la pupila. Además, esto permite tener un *input* binario que mejora el procesado, traduciéndose en una señal más limpia y precisa.

Se prevee la utilización de este dispositivo en la vida cotidiana de personas con dificultades en el habla. La aplicación B.A.R.C.O. presenta un conjunto de letras/números en pantalla junto con un selector que se desplaza, hasta que mediante el parpadeo, el usuario pueda seleccionar el botón deseado, lo que se traduce en su escritura en el cuadro de texto que también se muestra en pantalla. Se requiere la asistencia de un cuidador/familiar para llevar a cabo la configuración inicial de la aplicación y establecer la conexión Bluetooth con el dispositivo.

De esta forma, los anteojos cumplen la función de herramienta de comunicación alternativa para pacientes con dificultades en el habla.

2.2. Entorno

Para el desarrollo del dispositivo planteado se optó por la utilización de un microcontrolador ATMEGA 2560 conectado a un sensor IR y un módulo Bluetooth para tomar la señal y transmitirla al dispositivo móvil para su visualización. Al integrar los elementos mencionados, se logra una unidad de adquisición de señales precisas de manera simple y de bajo costo.

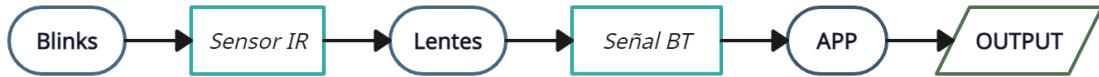


Figura 2.1: Diagrama en bloques del funcionamiento del dispositivo.

La elección del sistema operativo Android donde se ejecuta la aplicación se fundamenta en su amplia adopción, siendo utilizados por más del 90 % de la población en Argentina, asegurando así una compatibilidad extendida y una mayor aceptación por parte de los usuarios.

2.3. Hardware

Para enviar las señales correspondientes a los parpadeos del paciente al dispositivo móvil se utiliza un procesador ATmega2560, al cual se conectan los siguientes módulos:

- Módulo Bluetooth HC-05
- Sensor IR TCRT5000

El módulo Bluetooth fue configurado en modo esclavo con un *baud rate* de 9600. Como la señal enviada por el sensor es digital (está compuesta únicamente por 1s y 0s) y que requiere la mayor instantaneidad posible se decidió no utilizar *buffers* y enviar los datos uno a uno a la aplicación.

En la aplicación, según la cantidad de ceros recibidos, se setea una variable en un intermediario que determina si hubo un parpadeo corto, largo, o si no lo hubo.

Luego, teniendo en cuenta que un parpadeo promedio dura 200 ms^[3] calculamos la frecuencia de Nyquist para entender a qué frecuencia debíamos muestrear para asegurarnos no perder ningún parpadeo ni que haya *aliasing*. Entonces:

$$f_{NY} = 2f_{max} = \frac{2}{200 \times 10^{-3}} = 10 \text{ Hz}$$

En base a este número, se decidió muestrear a 20 Hz, frecuencia ligeramente más alta, para contar con un margen de seguridad. La implementación de esta frecuencia se ve en el resto de las actividades, donde cada 50 milisegundos se chequean los datos recibidos en el intermediario que responde la pregunta de si hubo o no un parpadeo.

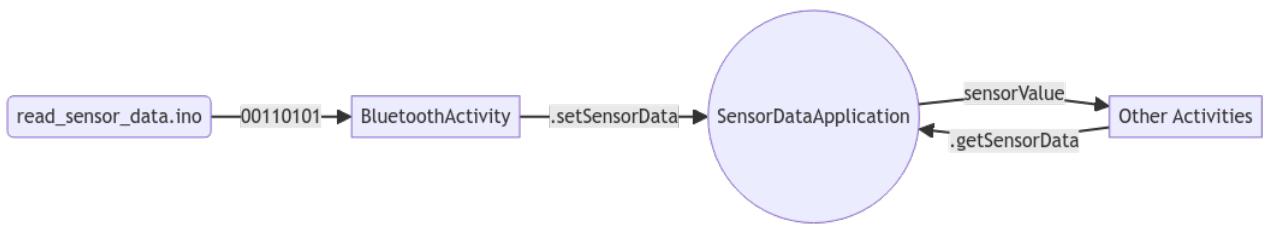


Figura 2.2: Diagrama de flujo de transmisión de datos por Bluetooth

Otro parámetro a tener en cuenta es la ganancia propia del sensor IR. La misma se ajusta para ser más o menos sensible a la detección de parpadeos desde un potenciómetro integrado en el mismo sensor.

2.4. Aplicación B.A.R.C.O.

Para la interfaz gráfica, se desarrolló una aplicación para Android mediante el entorno de desarrollo Android Studio y el uso del lenguaje de programación Java. La elección de Android Studio y Java garantiza una creación de interfaz intuitiva y funcional, acorde con las especificaciones del proyecto y con la familiaridad de la mayoría de los usuarios de dispositivos móviles en la actualidad. El código correspondiente se encuentra disponible en el [repositorio barco-aac](#).

Para la disposición y selección de los botones se analizaron distintas opciones. Inicialmente, se consideró la implementación de un formato tipo *carrousel*, en el cual se presentaba un único botón que rotaba a una frecuencia determinada por el usuario. Esto se verá más en detalle en la sección 2.4.2.

Sin embargo, se observó que este enfoque no resultaba óptimo para maximizar la *user experience*. La incertidumbre respecto al próximo botón podría generar incomodidad entre los usuarios. Es por esto que se optó por presentar todos los botones de manera individual en la pantalla. Para facilitar la selección, se incorporó un selector que recorre los distintos botones y permite la selección de forma más predecible y accesible para los usuarios. Este enfoque se adoptó con el objetivo de mejorar la experiencia general de interacción, brindando una mayor claridad y comodidad durante la utilización de la aplicación.

Al iniciar la aplicación, se visualizan los botones principales que habilitan al usuario a establecer la conexión Bluetooth, configurar ajustes personales o elegir teclados preestablecidos.



Figura 2.3: Botón de acceso para la conexión Bluetooth.



Figura 2.4: Botón de acceso a la configuración de velocidades.

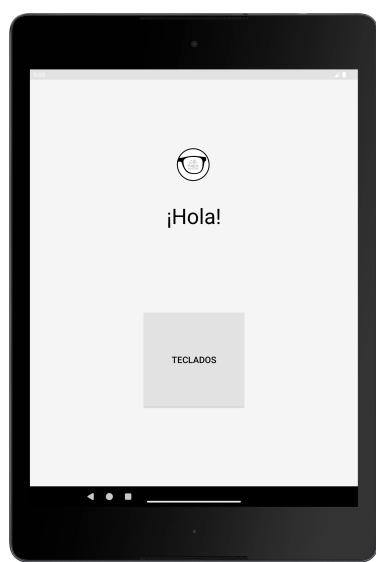


Figura 2.5: Botón de acceso a los teclados preestablecidos.

2.4.1. Conexión Bluetooth

Cómo se mencionó previamente, en el escenario inicial de utilización, se requiere la asistencia de un cuidador/familiar para llevar a cabo la configuración de la aplicación en la que se deberá establecer la conexión Bluetooth con el dispositivo móvil. Desde la aplicación se accede a la lista de dispositivos disponibles y se debe seleccionar *APP B.A.R.C.O.* para establecer la conexión.



Figura 2.6: Entorno para la conexión Bluetooth.

2.4.2. Configuración para el usuario

Dentro de los parámetros configurables por el usuario, se incluye la frecuencia de rotación del selector, con opciones para seleccionar entre 'BAJA' (0.33Hz), 'MEDIA' (0.5Hz) o 'ALTA' (1Hz). Esta funcionalidad fue diseñada considerando el progreso potencial del paciente durante el uso del dispositivo. Se contempla la posibilidad de que, en las etapas iniciales de adaptación, el usuario pueda requerir una frecuencia de rotación más baja para utilizar la aplicación de manera efectiva. Posteriormente, a medida que el usuario se familiariza y se entrena con el dispositivo, existe la opción de aumentar la frecuencia de rotación del selector, mejorando así la cantidad de palabras por minuto que pueden ser escritas.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta para determinar las posibles frecuencias de rotación fue la frecuencia de muestreo determinada en la sección 2.3. Una frecuencia de rotación 'ALTA', implica la duración del selector sobre un botón de 1 segundo.

Recordando que un parpadeo se determina como recibir 3 ceros seguidos y que la frecuencia de muestreo es cada 50ms, el usuario tiene varias instancias para clickear el botón correctamente.

Además, se incluye dentro del carousel de botones, un botón que permite volver al inicio.

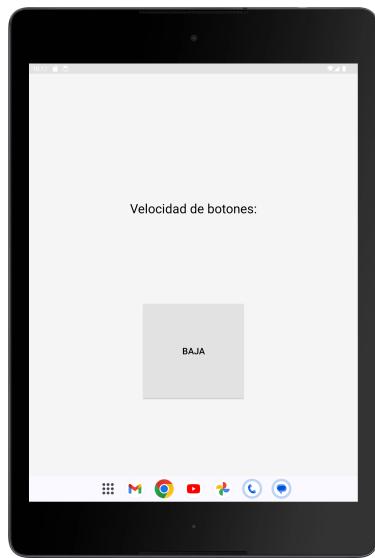


Figura 2.7: Botón para seleccionar la frecuencia de 1Hz.

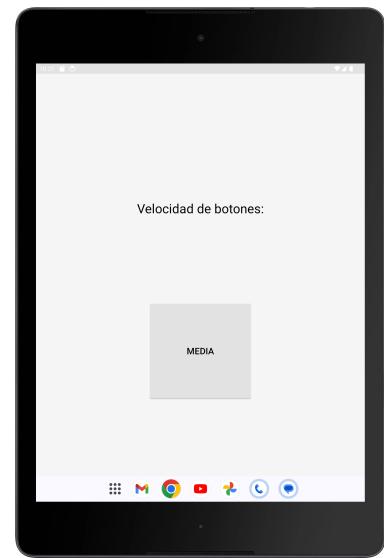


Figura 2.8: Botón para seleccionar la frecuencia de 1,5Hz.

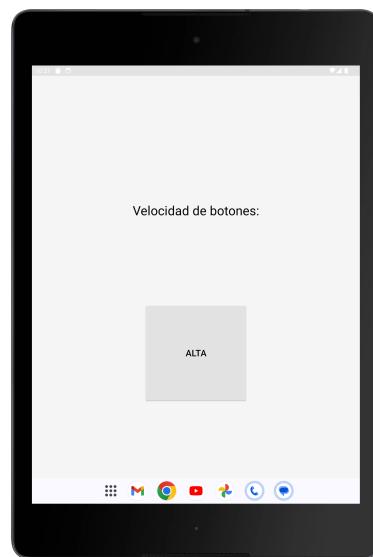


Figura 2.9: Botón para seleccionar la frecuencia de 2Hz.

2.4.3. Teclados

2.4.3.1. Teclados preestablecidos

Dentro de la pantalla principal, presionando la opción de 'Teclados' se pueden seleccionar tres teclados preestablecidos: uno alfabético, otro numérico y otro con palabras cortas preestablecidas. El teclado numérico muestra los números del 0 al 9, y el alfabético las letras de la A a la Z.

En cuanto al *display* de las teclas alfanuméricas, se analizaron distintas opciones: presentación de a 5 letras, presentación de a 3 letras, presentación individual y búsqueda binaria. A modo de métrica, se analizó el tiempo que tardaría el usuario en escribir la palabra 'HOLA' con cada uno de los métodos utilizando la frecuencia máxima de rotación del selector. La opción más eficiente resultó ser la búsqueda binaria. Por consiguiente, se decidió continuar con este método.

Tipo de display	Frec. 1Hz	Frec. 2Hz
Presentación de a 5 letras	$TT = 3 + 4 + 3 + 0 = 10s$	$TT = 5s$
Presentación de a 3 letras	$TT = 3 + 5 + 4 + 0 = 12s$	$TT = 6s$
Presentación individual	$TT = 8 + 15 + 12 + 0 = 35s$	$TT = 18s$
Búsqueda binaria	$TT = 2 + 2 + 3 + 0 = 7s$	$TT = 4s$

Tabla 1: Cálculos para la elección del tipo de display de los botones. TT: Tiempo Total.

De esta forma, se presentan en pantalla siempre dos botones con las letras o números, según el tipo de teclado seleccionado. Ambos botones estarán visibles, pero un selector que rota con la frecuencia seleccionada en 'Configuración' permite seleccionar uno u otro con el *blink*.

A modo de ejemplo, se muestran a continuación imágenes en las que se visualiza la búsqueda binaria para el teclado alfabético:



Figura 2.10: Iteración 0 de la búsqueda binaria.



Figura 2.11: Iteración 1 de la búsqueda binaria.

Se puede ver que con cada iteración, el texto contenido en los siguientes botones se corresponde al texto del botón anterior partido en dos mitades. Esto mismo sucede hasta que uno de los botones contenga una única letra, en cuyo caso, al parpadear, la letra se verá en el cuadro de texto.

Además, en las imágenes se puede observar la diferencia en el *layout* del botón habilitado por el selector, en comparación con el deshabilitado (gris oscuro).

Por otro lado, se añadió un comando para los parpadeos largos. Si el usuario realiza un parpadeo largo, se habilita en pantalla un nuevo *set* de botones preestablecido que permite al usuario borrar el último carácter escrito, borrar todo el texto o volver a los teclados.

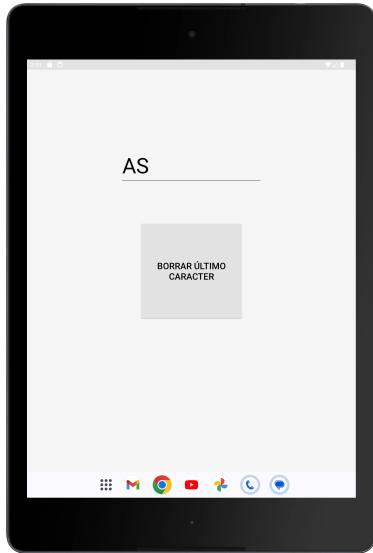


Figura 2.12: Botón para borrar el último carácter.



Figura 2.13: Botón para borrar todo el texto.



Figura 2.14: Botón para volver a los teclados.

2.4.3.2. Teclados con palabras

Dentro de la opción 'Teclados' también puede seleccionarse el botón 'Palabras predeterminadas', donde se encuentran seteadas palabras de uso frecuente y opciones para eliminar todo el texto o volver a los teclados. En este caso, las palabras

seleccionadas fueron 'Si', 'No', 'Hola' y 'Chau'.

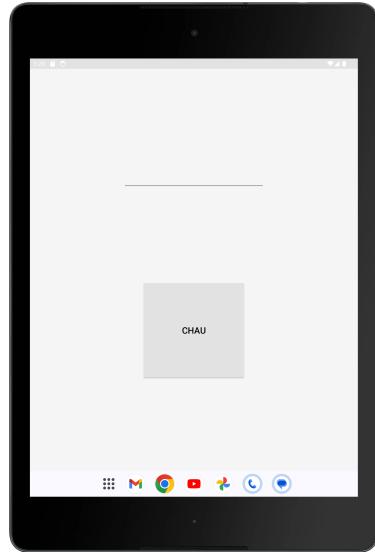


Figura 2.15: Botón para seleccionar la palabra 'CHAU'.

2.5. Diseño 3D

En el desarrollo del *hardware* de este dispositivo, se empleó la herramienta *3DBuilder*, mediante la cual se adaptó un modelo de anteojos preexistente para satisfacer ciertas características necesarias para el proyecto. Las modificaciones realizadas abarcaron, en primer lugar, el escalado del prototipo. Asimismo, se realizaron ajustes para ahuecar las patillas y permitir el paso de los cables. Además, se incorporaron dos módulos rectangulares en las patillas para la colocación de los sensores IR.



Figura 2.16: Diseño 3D de los lentes.

Figura 2.17: Ahuecado de las patillas y el módulo rectangular destinado al sensor.

2.6. Mejoras implementadas

2.6.1. Cambio en lógica de transmisión de datos

Dentro de las mejoras implementadas para la presentación final del proyecto se encuentra, en primer lugar, el cambio en la lógica del código Arduino. Se implementó un nuevo código con el objetivo de mejorar la eficiencia en la transmisión de datos desde el sensor a la aplicación. En contraste con el enfoque anterior, que enviaba continuamente unos y ceros, la nueva implementación adopta un enfoque más eficiente. Ahora, la transmisión se realiza solo cuando hay un cambio de evento significativo. En este contexto, la aplicación solo envía un *1* cuando detecta un cambio, reduciendo el tráfico de datos innecesarios y mitigando el *delay* que anteriormente se experimentaba. Esta mejora no solo optimiza la velocidad de transmisión, sino que también contribuye a una gestión más efectiva de los recursos de comunicación entre el sensor y la aplicación.

2.6.2. Manejo del ciclo de vida de las *Activities*

Por otro lado, en el desarrollo de aplicaciones Android, es crucial adoptar buenas prácticas para gestionar los recursos y garantizar un rendimiento óptimo. Uno de los aspectos clave de esta gestión se centra en la liberación adecuada de recursos asociados con hilos y *handlers*, especialmente al salir de una actividad. Durante el ciclo de vida de una actividad, el método *onPause* se ejecuta cuando la actividad está a punto de pasar a un estado de segundo plano. Es en este momento donde se deben realizar acciones críticas de limpieza y liberación de recursos para garantizar un rendimiento fluido de la aplicación. Uno de los recursos clave que requiere atención son los *handlers* utilizados para manejar operaciones asíncronas y la comunicación entre hilos. Para evitar posibles referencias no deseadas y posibles pérdidas de memoria, es fundamental liberar los *handlers* en el método *onPause*. Esto implica la anulación de mensajes pendientes y la eliminación de referencias que podrían prolongar la vida de la actividad después de ser pausada. Además, al regresar a primer plano, el método *onResume* se ejecuta, marcando el punto donde la actividad se reanuda. En este contexto, es posible restablecer o reconfigurar los *handlers* que se liberaron en *onPause*. Esto se implementó con el fin de mitigar los saltos inesperados entre actividades que se experimentaban anteriormente.

2.6.3. User Interface

Continuando con el lineamiento de las buenas prácticas de programación, se unificó el *layout* para la disposición de los botones, migrando la totalidad de la APP al formato de selector binario. Además, se implementaron otras mejoras en la UI de la APP entre las cuales se encuentran la mejora en el *layout* del selector (mayor contraste), íconos en los botones, pantallas de *on-boarding* con información esencial y títulos que describen el tema de cada pantalla.



Figura 2.18: Versión vieja selector

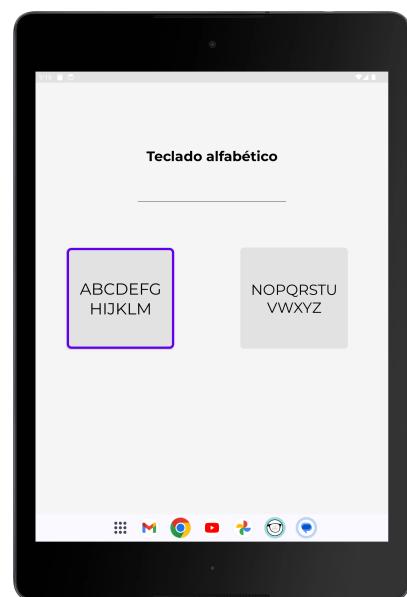


Figura 2.19: Versión nueva selector



Figura 2.20: Pantalla de bienvenida inicial



Figura 2.21: Mensaje sobre cambio de velocidad

2.6.4. Teclado de pictogramas

Avanzando dentro del marco de las mejoras, se incorporaron pictogramas como parte integral de la estrategia de comunicación alternativa. Estos elementos visuales desempeñan una función fundamental al proporcionar una vía de expresión accesible y visualmente comprensible. Los pictogramas utilizados fueron obtenidos del Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa^[4], reconocido por su calidad y enfoque en la facilitación de la comunicación. La elección específica de pictogramas se basó en una consideración de términos fundamentales para la comunicación en la vida diaria. Se enfocó especialmente en palabras que requieren una expresión instantánea y eficiente durante las interacciones cotidianas. Este enfoque garantiza que los usuarios puedan comunicar sus necesidades, pensamientos y deseos de manera efectiva y oportuna, mejorando así su experiencia y participación en distintos contextos. La inclusión de estos pictogramas se alinea con la premisa central de facilitar la comunicación para aquellos que enfrentan desafíos en el ámbito oral o escrito. Además, esta elección respalda la universalidad y practicidad de la herramienta, haciendo hincapié en la importancia de la inmediatez en la comunicación cotidiana.

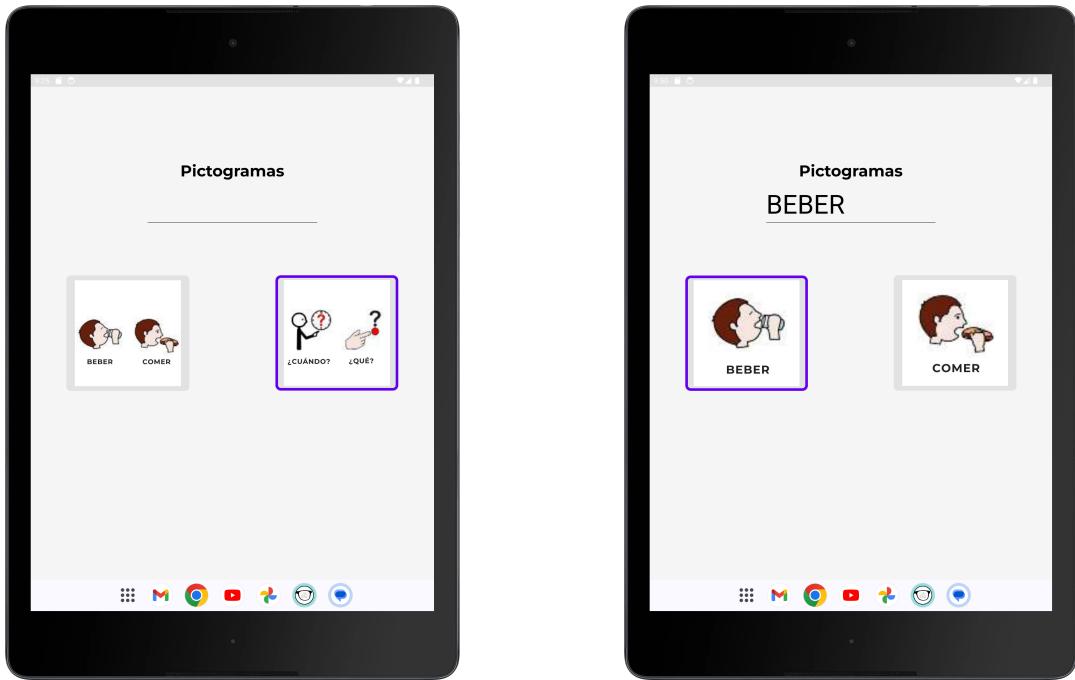


Figura 2.22: Teclado pictogramas

2.6.5. *Text to speech*

Dando otro paso en el entorno de la CAA, se desarrolló una nueva funcionalidad que permite reproducir en formato de audio la palabra escrita o pictograma seleccionado por el usuario. Esta mejora no solo enriquece la comunicación visual y escrita, sino que también introduce una dimensión verbal, proporcionando una experiencia más completa y versátil en el proceso de expresión y comunicación. Esta funcionalidad en particular, se agregó en el teclado de pictogramas de manera automática, es decir, que una vez presionado el pictograma se escribe y habla la palabra seleccionada al mismo tiempo.

3. Conclusión

En este proyecto se desarrolló un dispositivo integral diseñado para adquirir de manera eficiente señales generadas por el parpadeo de un paciente, logrando además una transmisión eficiente de los datos con la aplicación a través de Bluetooth, cumpliendo así con los objetivos mínimos propuestos. El propósito fundamental de este dispositivo es permitir la comunicación alternativa a través de la selección de caractéres desde una aplicación, facilitando así la comunicación del paciente con

cualquier interlocutor. Es importante destacar que se han empleado componentes de bajo costo: un módulo Bluetooth, un sensor IR y un microcontrolador ATMEGA 2560. Esta elección no solo optimiza el desempeño del producto, sino que también contribuye a reducir significativamente su costo, haciendo que sea más accesible para los pacientes. La eficiencia del producto se ha mantenido como un pilar fundamental durante todo el proceso de desarrollo.

Es imperativo reconocer que el valor intrínseco de este dispositivo radica en su capacidad para adaptarse a un amplio espectro de usuarios, abarcando diferentes niveles cognitivos y capacidades, así como diversas edades. Es importante subrayar que la naturaleza del proyecto se orienta hacia la creación de un producto genérico y funcional. Un aspecto que resultó interesante para el análisis de las mejoras implementadas fue el nivel de accesibilidad de la APP. Existen globalmente estándares y pautas de accesibilidad web del World Wide Web Consortium (W3C)^[5]. Éstos son conjuntos de directrices desarrolladas para crear un entorno digital inclusivo, donde todas las personas, independientemente de sus capacidades, puedan acceder, interactuar y beneficiarse plenamente de la información y servicios en línea. Esto abarca aspectos como el diseño, desarrollo y mantenimiento de sitios web y aplicaciones para garantizar una experiencia equitativa para todos los usuarios. En el caso de B.A.R.C.O. APP, se cumple actualmente con los siguientes lineamientos:

- Tiempo ajustable (A): se permite al usuario ajustar los límites de tiempo.
- Títulos de páginas (A): todas las páginas tienen título que describe el tema o propósito.
- Orientación (AA): El contenido no restringe su vista y operación a una única orientación de pantalla, como retrato o paisaje, a menos que una orientación específica de pantalla sea esencial.
- Contraste (AA): La presentación visual de texto e imágenes de texto debe tener una relación de contraste de al menos 4.5:1
- Tamaño del objetivo (AAA): el tamaño del objetivo para las entradas de puntero es de al menos 44x44 píxeles.

donde nivel A representa el cumplimiento mínimo de las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG), nivel AA es el estándar recomendado, y va más allá del nivel A al mejorar la experiencia para una gama más amplia de usuarios con discapacidades, asegurando una mayor accesibilidad en el diseño y la interacción.

Finalmente, nivel AAA representa el nivel más alto de conformidad, abordando incluso necesidades más específicas de usuarios con discapacidades.

B.A.R.C.O. APP se enorgullece de cumplir con los estándares de accesibilidad del W3C en niveles A, AA y AAA. Este compromiso va más allá del cumplimiento mínimo, asegurando que la aplicación no solo sea accesible para una variedad de usuarios con diferentes capacidades, sino que también se esfuerza por abordar de manera proactiva las necesidades más específicas de los usuarios. Desde permitir el ajuste de límites de tiempo hasta garantizar una presentación visual clara con relaciones de contraste adecuadas, B.A.R.C.O. APP se esfuerza por ofrecer una experiencia inclusiva en todos los aspectos, respaldando su compromiso con la igualdad en el acceso a la comunicación alternativa.

Referencias

- [1] "Augmentative and alternative communication aac," ASHA, Retrieved 23-08-2023. www.asha.org/public/speech/disorders/aac/#:~:text=AAC%20means%20all%20of%20the,be%20used%20instead%20of%20speech.
- [2] U. C. Bureau, "2018 census." Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad, Feb. 2011.
- [3] A. Frigerio, T. A. Hadlock, E. H. Murray, and J. T. Heaton, "Infrared-based blink-detecting glasses for facial pacing," *JAMA facial plastic surgery*, 2014.
- [4] D. R. Corral, J. Rodrigo, and F. Eggers, "Lectura colaborativa - core words," 2023. www.arasaac.org/materials/es/2965.
- [5] "Web accessibility evaluation tools list," W3C, 2023. www.w3.org/WAI/WCAG22/quickref/?versions=2.1¤tsidebar=%23col_customize.
- [6] K. Czuszynski, J. Ruminski, T. Kocejko, and J. Wtorek, "Septic safe interactions with smart glasses in health care," in *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp. 1604–1607, IEEE, 2015.
- [7] J. A. Jones and C. Smith, "Morphosyntactic learning and the development of tense," *Language Acquisition*, vol. 14, no. 3, pp. 315–344, 2007.
- [8] L. A. Frey, K. P. White, and T. E. Hutchison, "Eye-gaze word processing. iee transactions on systems," in *Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, pp. 944–950, IEEE, 1990.
- [9] I. S. MacKenzie and K. Tanaka-Ishii, "Text entry systems: Mobility, accessibility, universality.," Elsevier, 2010.
- [10] E. G. Camarero, "Algunos datos cuantitativos del español.," pp. 337–358, LEA: Lingüística Española Actual, 1981.
- [11] A. J. Molina-Cantero, C. Lebrato-Vázquez, M. Merino-Monge, R. Quesada-Tabares, J. A. Castro-García, and I. M. Gómez-González, "Communication technologies based on voluntary blinks: Assessment and design," IEEE.

- [12] R. López-Ahumada, R. Jiménez-Naharro, and F. Gómez-Bravo, “A hardware-based configurable algorithm for eye blink signal detection using a single-channel bci headset,” 2023. <https://doi.org/10.3390/s23115339>.