



Informe

B.A.R.C.O

Bio-Augmented Responsive Communication Optics

Profesores: Darío Szlain
Máximo Flugelman
Lourdes Hirschson

Alumnos:	Lucía Simoncelli	61429
	Mila Langone	61273
	Mia Arrigoni	61271

Buenos Aires, Argentina, Noviembre 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 a futuro	15
3. Conclusión	15

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:

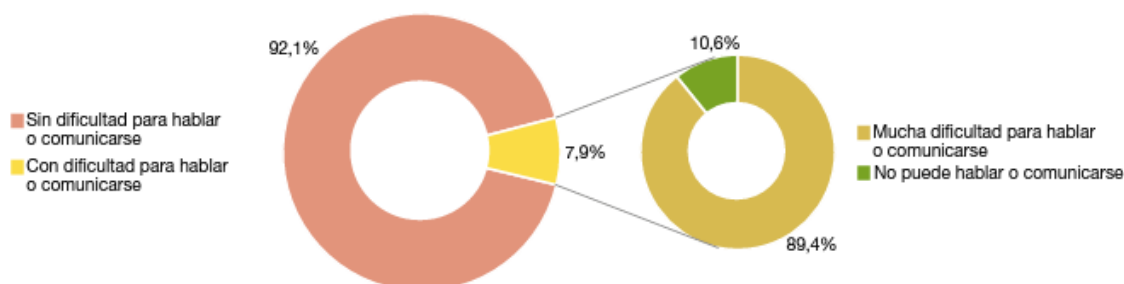
- Personas con discapacidad motora a consecuencia de parálisis cerebral, traumatismos craneoencefálicos o patologías neuromusculares progresivas, como las distrofias musculares.
- Personas con discapacidad intelectual, cognitiva o psíquica, como trastornos de desarrollo y trastorno espectro autista (TEA).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

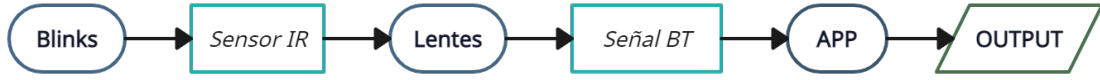


Figura 2.1: Diagrama en bloques del funcionamiento del dispositivo.

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 mostrar 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.

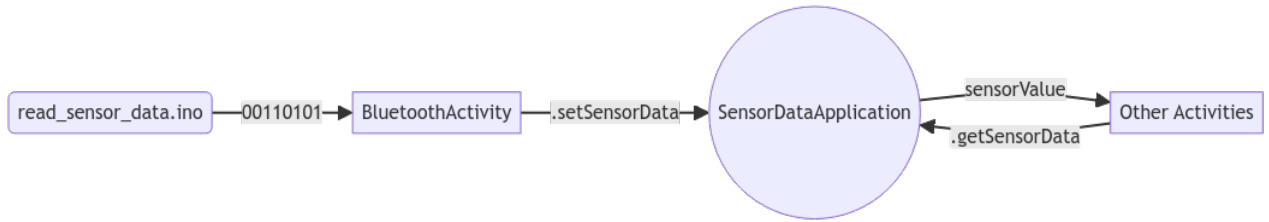


Figura 2.2: Diagrama de flujo de transmisión de datos por Bluetooth

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 *carousel*, 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.

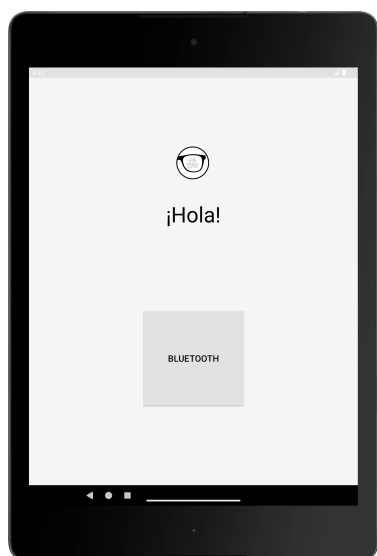


Figura 2.3: Botón de acceso para la conexión Bluetooth.

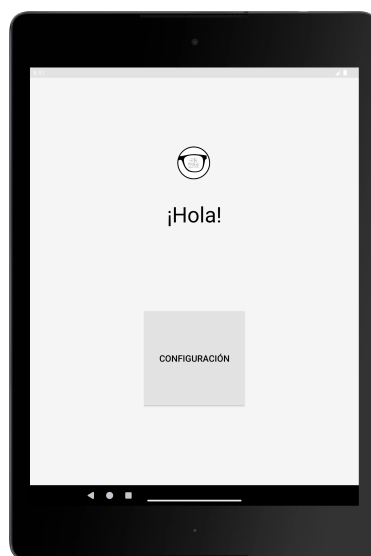


Figura 2.4: Botón de acceso a la configuración de velocidades.



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.

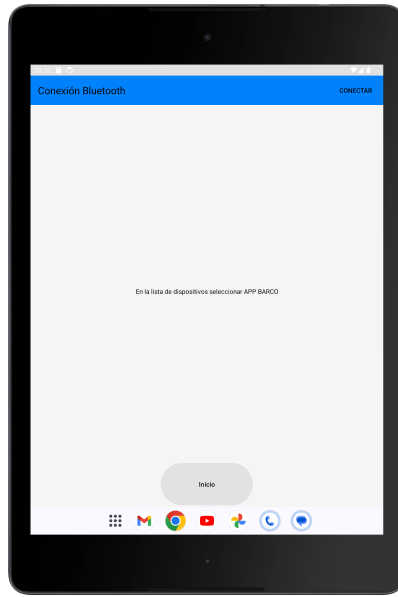


Figura 2.6: Entorno para la conexión Bluetooth.

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.

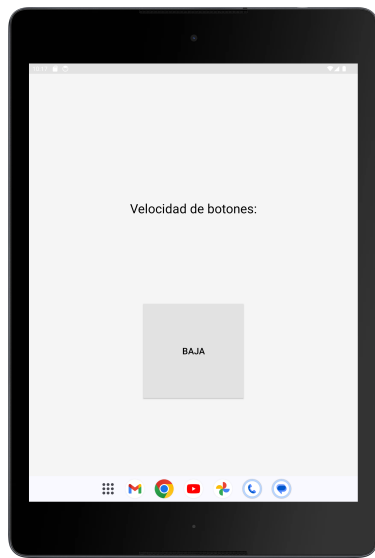


Figura 2.7: Botón para seleccionar la frecuencia de 1Hz.

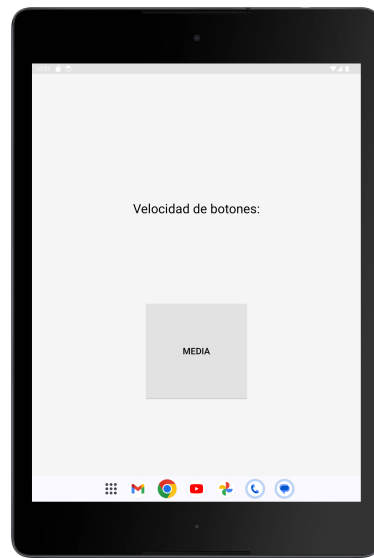


Figura 2.8: Botón para seleccionar la frecuencia de 1,5Hz.

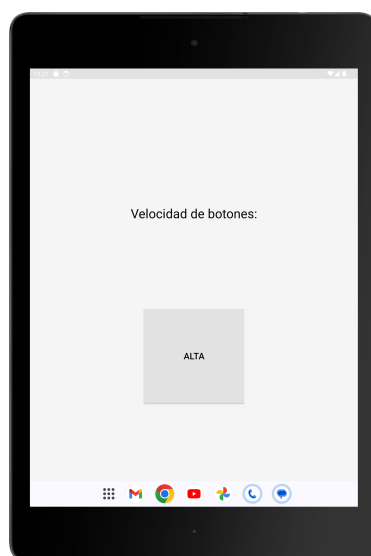


Figura 2.9: Botón para seleccionar la frecuencia de 2Hz.

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.

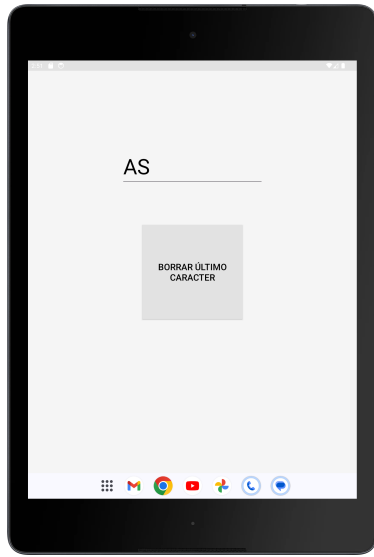


Figura 2.12: Botón para borrar el último caracter.

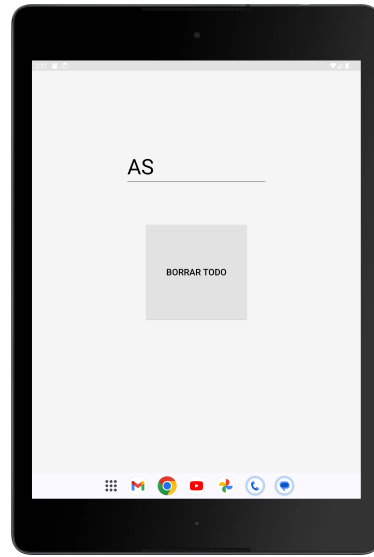


Figura 2.13: Botón para borrar todo el texto.

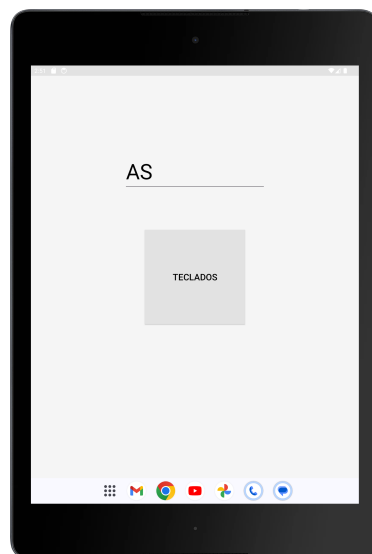


Figura 2.14: Botón para volver a los teclados.

2.4.3.2 Nuevos teclados

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'.

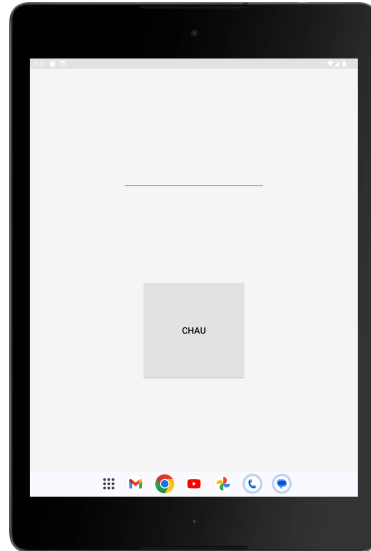


Figura 2.15: Botón para seleccionar la palabra 'CHAU'.

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 a futuro

Se identifican posibles mejoras para la implementación del proyecto, entre las cuales se encuentran:

- Mejora del *hardware* del producto, abarcando aspectos como el diseño y la integración del circuito eléctrico.
- Integración de la aplicación con el entorno de accesibilidad inherente a los dispositivos móviles, permitiendo la conexión Bluetooth sin depender de la asistencia de un familiar o cuidador.
- Incorporación de un teclado predictivo.
- Configuración de nuevos teclados para permitirle al usuario añadir palabras de interés propio.

Estas sugerencias de mejora buscan optimizar la funcionalidad y la autonomía del dispositivo, proporcionando una experiencia más completa y accesible para los usuarios.

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 caracteres 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. No obstante, es importante subrayar que la naturaleza del proyecto se orienta hacia la creación de un producto genérico y funcional. Para lograr un grado de personalización más elevado, sería necesario incorporar una serie de opciones de configuración adicionales en la aplicación, adaptadas a las variadas necesidades de los usuarios en términos de edad y capacidad cognitiva o motora.

Referencias

- [1] “Augmentative and alternative communication aac,” <https://www.asha.org/public/speech/disorders/aac/#:~:text=AAC%20means%20all%20of%20the,be%20used%20instead%20of%20speech.>, Retrieved: 23-08-2023.
- [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] 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.
- [5] J. A. Jones and C. Smith, “Morphosyntactic learning and the development of tense,” *Language Acquisition*, vol. 14, no. 3, pp. 315–344, 2007.
- [6] 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.
- [7] I. S. MacKenzie and K. Tanaka-Ishii, “Text entry systems: Mobility, accessibility, universality,” Elsevier, 2010.
- [8] E. G. Camarero, “Algunos datos cuantitativos del español,” pp. 337–358, LEA: Lingüística Española Actual, 1981.
- [9] 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.
- [10] 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>.