

# **Sistema computacional aumentativo y alternativo de comunicación con interfaz pictográfica dinámica**

Oscar Alejandro Delgadillo Martínez<sup>1</sup>, Ismael Díaz Rangel<sup>2</sup>,  
Alejandra Morales Ramírez<sup>1</sup>, Cuauhtémoc Hidalgo Cortés<sup>1</sup>,  
Alejandro Andrés Serapio Carmona<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México,  
México

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México,  
Facultad de Estudios Superiores Aragón  
México

otarito@gmail.com, {alejandra\_25\_22,ismael1099,  
andreserapio}@hotmail.com, chidalgoc@uaemex.mx

**Resumen.** Existen padecimientos ocasionados por accidentes o enfermedades neurodegenerativas que ocasionan una discapacidad del habla y motora, afectando significativamente la comunicación del paciente, ocasionando un decremento de su calidad de vida. Los mejores métodos para solventar este problema son muy costosos y los métodos tradicionales son económicos, pero requieren de una asistencia para generar sus oraciones, además de ser métodos de comunicación lentos. Debido a esto, el siguiente trabajo presenta el desarrollo de un sistema aumentativo y alternativo de comunicación utilizando una microcomputadora, que muestra una interfaz pictográfica, y como entrada utiliza un interruptor mecánico. El sistema se conforma con diversas plantillas de pictogramas que, al ser seleccionadas, permiten al paciente formar oraciones, y estas son emitidas a través de un sintetizador de voz.

**Palabras clave:** Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación, esclerosis lateral amiotrófica, pictograma.

## **Augmentative and Alternative Communication Computer System with Dynamic Pictographic Interface**

**Abstract.** There are conditions occasioned by accidents or neurodegenerative diseases that cause speech and motor disability, significantly affecting the patient's communication, causing a decrease in their quality of life. The best methods to solve this problem are very expensive and traditional methods are inexpensive, but require assistance to generate sentences, besides they are slow communication methods. Due to this, the following work presents the development of an augmentative and alternative communication system using a

microcomputer, that showing a pictographic interface, and as input uses a mechanical switch. The system has several pictogram templates and when they are selected, allow to the patient form sentences, and these are emitted through a speech synthesizer.

**Keywords:** Augmentative and alternative communication systems. amyotrophic lateral sclerosis. pictogram.

## 1. Introducción

Existen padecimientos ocasionados por accidentes o enfermedades que ocasionan una discapacidad del habla y motora, afectando significativamente la comunicación del paciente, algunos ejemplos de estos padecimientos son: la Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA), se estima afecta a nivel mundial 500,000 personas; de las cuales, en México existen 6,000 casos diagnosticados [3] [4]. Otra condición es el traumatismo craneoencefálico (TCE), se estiman anualmente 5.48 millones casos a nivel mundial [5].

Ambos padecimientos (ELA y TCE) pueden causar al paciente una escasa movilidad y trastornos del habla, provocando una comunicación deficiente en diversas actividades del día y un decremento en su calidad de vida [1].

Una solución es el uso de Sistemas Alternativos Aumentativos de Comunicación (SAAC), los cuales ayudan a satisfacer sus necesidades de comunicación, brindando un apoyo a los pacientes y familiares durante los procesos de recuperación [1].

Los SAAC comerciales de alta tecnología pueden implicar un elevado costo, por lo que no es un artículo accesible para la mayoría de los pacientes; es por esto, que esta propuesta consiste en el desarrollo de un sistema computacional de comunicación de bajo costo que implementa técnicas de navegación mediante pictogramas. El funcionamiento consiste en pictogramas agrupados en plantillas temáticas; un cursor se desplaza automáticamente por cada pictograma de la plantilla de manera cíclica, cuando este pasa por el icono deseado, el paciente debe seleccionarlo, lo que lleva a una siguiente plantilla para ir conformando una oración compleja, o puede seleccionar la opción de síntesis de voz para transmitir el mensaje.

## 2. Estado del arte

Existen trabajos que han propuesto diferentes SAAC, los cuales implementan tecnologías para facilitar la comunicación del paciente. En [6] se describe un sistema electrónico que consta de un teclado virtual y un cursor que se desplaza automáticamente, éste se detiene al detectar un movimiento en la comisura lateral del ojo, a partir de este movimiento se van conformando las oraciones mediante la selección de letras, al terminar de crear la oración se puede realizar una síntesis de voz, adicionalmente el proyecto cuenta con un prototipo domótico, el cual podría ser implementado en un futuro. El sistema está conformado por una microcomputadora, un sensor óptico TCRT 5000, una pantalla y bocinas.

Una desventaja de este sistema es que en la interfaz se presentan más de 90 elementos a seleccionar, lo que podría provocar un decremento en la velocidad para la

creación de oraciones y también un agotamiento visual; además de requerir una pantalla grande para visualizar sin problema los elementos.

Por otro lado, la investigación [2] ha desarrollado una aplicación móvil que simula el comportamiento de un cuadro E-Tran, el cual es un método muy utilizado para la comunicación de personas con ELA; esta aplicación utiliza la cámara del teléfono para detectar hasta seis diferentes comandos generados por la posición del ojo; además, la aplicación cuenta con un predictor de texto que agiliza la creación de oraciones y un sintetizador de voz.

Una de sus desventajas es la necesidad de un asistente, la detección del rostro falla si el paciente utiliza mascarilla de oxígeno, y esta aplicación solo está disponible para dispositivos con sistema operativo iOS; sin embargo, este sistema es rápido para la creación de oraciones.

El proyecto desarrollado está conformado por un sistema de navegación, basado en categorías pictográficas, agilizando la creación de oraciones específicas, este prototipo tiene la función de cubrir temáticas como: necesidades fisiológicas, malestares comunes (fiebre, alergia, comezón, dolor, etc.), higiene personal, confort dentro de una habitación y malestares o dolores en partes específicas del cuerpo, todas estas temáticas están pensadas para comunicarse con los médicos o familiares.

### **3. Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación**

Los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación se pueden definir como estrategias creadas para personas con diferentes problemas del habla y motoras que permiten expresar sus necesidades y deseos de forma temporal o permanente, permitiendo mejorar su calidad de vida, autonomía y participación en la sociedad [7].

Estos sistemas se conforman de elementos gráficos como: fotografías, pictogramas, letras o palabras; sin embargo, cada sistema utiliza diversas técnicas para la interpretación o conformación de ideas, la elección de un sistema depende de sus ventajas y desventajas como puede ser la agilidad, composición o forma de empleo y costo. El método que se utilizó para este prototipo fue un “Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC)”; este se basa en imágenes, las cuales tienen un significado específico y conforman oraciones utilizando la estructura “sujeto, verbo y complemento” (figura 1).

Su modo de empleo es fácil y se pueden comunicar ideas complejas utilizando pocos pictogramas; su principal desventaja radica en la cantidad de pictogramas que se deben utilizar para tener un sistema robusto en términos de cobertura de lenguaje.

### **4. Metodología**

El sistema propuesto está conformado por diferentes elementos que se observan en el diagrama de bloques de la Figura 2.



Fig. 1. Ejemplo de una oración utilizando un SPC.

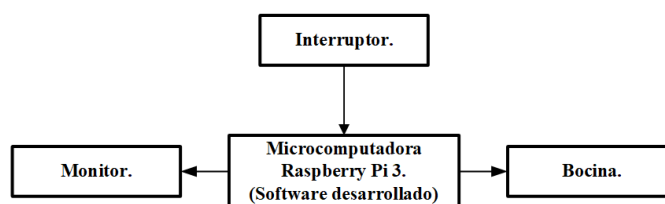


Fig. 2. Diagrama de bloques del sistema.

**Microcomputadora:** Este es el elemento principal, requiere de un sistema operativo, bibliotecas y algunos periféricos para permitir la interacción hombre- máquina.

**Monitor:** Se requiere un monitor con una resolución mínima de 720 puntos por pulgada y un conector HDMI para comunicarlo con la microcomputadora.

**Interruptor:** Es el elemento que permite la comunicación hombre-máquina, y debe consistir en un generador de flancos; para este trabajo se hizo la implementación con un *push button* que se conecta a la microcomputadora mediante los puertos de propósito general (GPIO). La ventaja de este método de interacción entre sistema y paciente es que se puede incorporar cualquier dispositivo que sea capaz de enviar flancos; por ejemplo, se puede acondicionar la señal de un sensor mioeléctrico para la interacción con el sistema.

**Bocina:** Este periférico tiene la función de emitir la oración que es procesada por el sintetizador de voz; si el monitor cuenta con bocinas integradas se puede omitir.

**Interfaz pictográfica:** El usuario podrá visualizar diversos pictogramas, opciones de navegación y un cuadro de texto para visualizar la oración creada.

#### 4.1. Diseño de sistema

Para el diseño de navegación se realizó una búsqueda de diversos catálogos y materiales creados por la comunidad ARASAAC (Aragonese Center of Augmentative and Alternative Communication) [8]. Se recabaron un total de 170 pictogramas, 8 temáticas, 36 plantillas y 370 oraciones. Este conjunto de elementos se organizó en un mapa de navegación donde se indican las relaciones entre ellos. El mapa ayuda a comprender la conexión entre todos los elementos; así mismo, podría funcionar como guía para los usuarios para conocer las diferentes oraciones que se pueden crear, y la

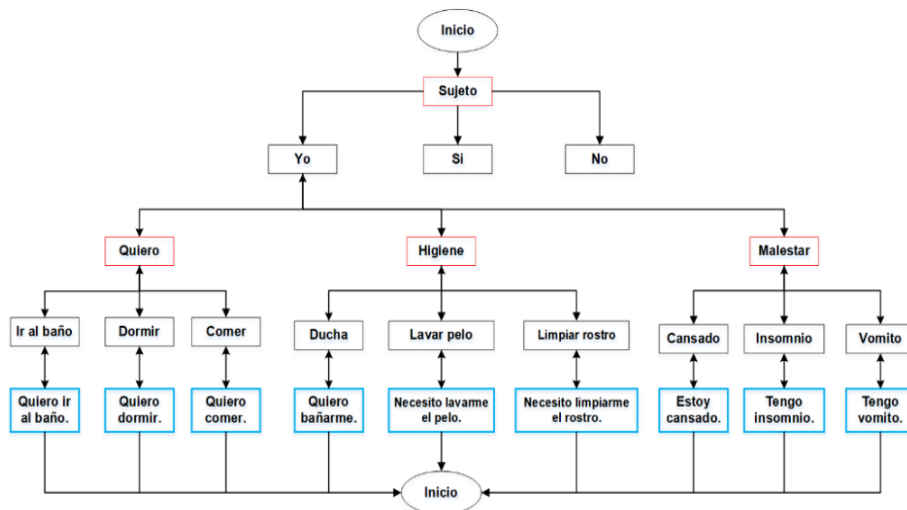


Fig. 3. Sección del diagrama de navegación.

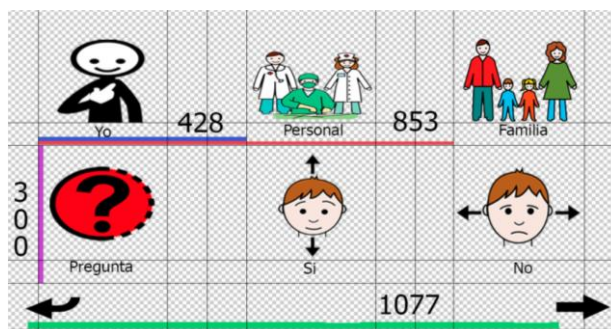


Fig. 4. Estructura base para la creación de plantillas.

secuencia de pictogramas a seguir para conformar las oraciones. En la figura 3 se muestra una sección del mismo.

El mapa está compuesto por tres elementos: temáticas (color rojo), pictogramas (color negro) y oraciones (color azul); estos elementos están ligados con la finalidad de crear oraciones. El mapa también permite conocer la posición previa, que es útil si se desea regresar a una temática o pictograma diferente; también facilita la codificación, la creación de nuevas plantillas y su actualización.

La función de las plantillas es agrupar los pictogramas que pertenecen a una misma temática. Se diseñó una estructura base (figura 4) para generar un conjunto de plantillas homogéneas, éstas se conforman por un máximo de seis pictogramas acompañadas de una palabra para indicar su significado y flechas de navegación, que tienen la función de regresar a la plantilla anterior o mostrar una nueva que contenga más pictogramas de la misma temática.

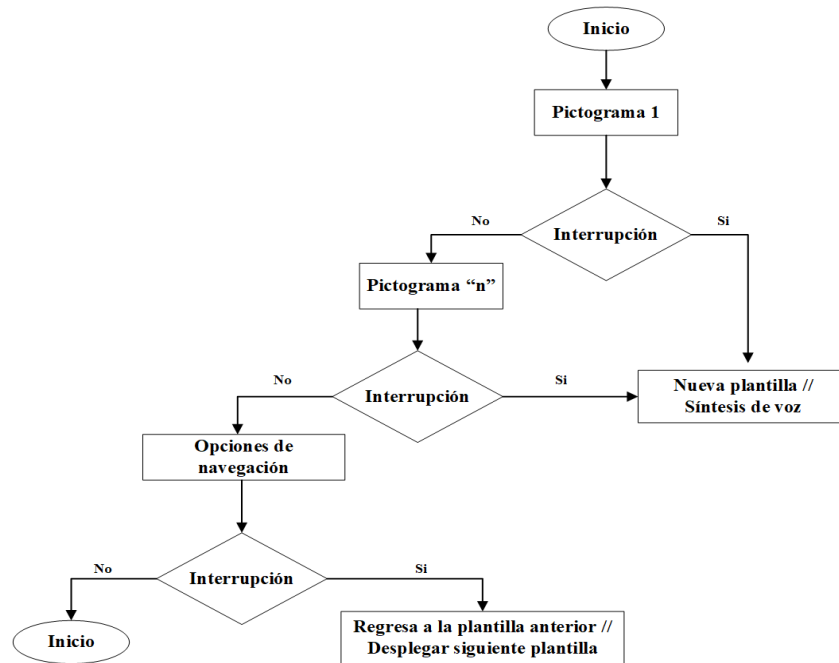


Fig. 5. Diagrama de flujo del cursor.

Por último, se muestra el diagrama de flujo (figura 5) que describe el comportamiento del cursor dentro de la interfaz gráfica.

El diagrama de flujo inicia posicionando el cursor en el primer pictograma de la plantilla, si el usuario realiza una selección mediante el push button (interrupción) el sistema hará una síntesis de voz o el despliegue de una nueva plantilla, estas acciones se realizarán siguiendo el diagrama de navegación; sin embargo, si el sistema no recibe una interrupción el cursor señalará un nuevo pictograma. El proceso se repite hasta que el cursor señala el último pictograma, y si este no es seleccionado, el ciclo se repite, posicionando el cursor en el primer pictograma de la plantilla; este proceso se repetirá en cada plantilla del sistema.

## 4.2. Construcción

El sistema se ejecuta sobre una microcomputadora, la cual necesita de un sistema operativo, para este proyecto se eligió instalar Raspbian [9], se cargó en una memoria microSD clase 10 con una capacidad de 16 GB y se descargaron las bibliotecas y paquetes necesarios (síntetizador de voz de uso libre eSpeak) [10].

El hardware de entrada (push button) tiene dos terminales y se conecta a la Raspberry Pi utilizando un pin del GPIO y el pin de 3.3V, ya que el sistema está diseñado para responder a flancos de subida. Basándose en interruptores comerciales se diseñó una base para montar un push button de 100 mm de diámetro, 1.5 m de cable de dos polos y un conector jack 3.5 mm de 2 polos (figura 6).

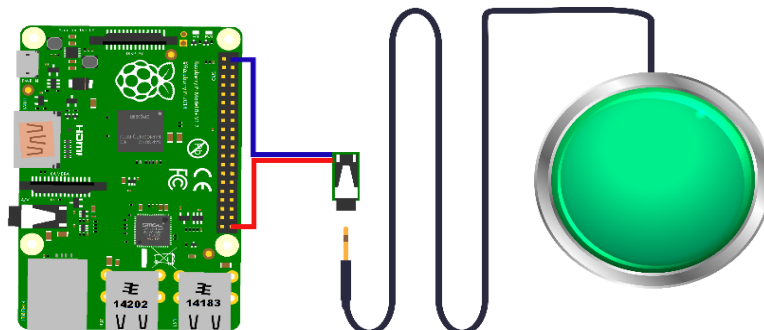


Fig. 6. Esquema del prototipo.

Tabla 1. Velocidad de escritura “Sistema pictográfico”.

Participante	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Promedio [s]	42.6	35.3	34.8	29.8	39.8	110.3	120.3	62.2	55.3
Tiempo promedio en general por oración [s]:									65.6

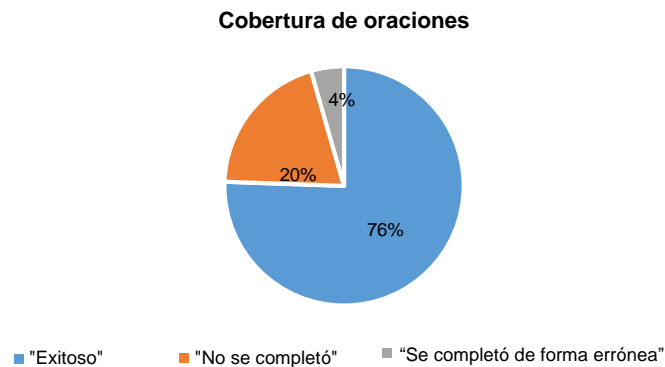
## 5. Pruebas y resultados

Para comprobar el funcionamiento del sistema se realizó una prueba de usabilidad del mapa de navegación, la cual tuvo como propósito conocer si la distribución de los pictogramas es adecuada y entendible para los usuarios; otra prueba corresponde a la cobertura de oraciones, con el objetivo de conocer las limitantes del lenguaje del sistema con sus 370 oraciones incorporadas; por último, se presentan comparaciones de velocidad de escritura contra un sistema de comunicación tipo cuadro de E-Tran, con la finalidad de conocer la diferencia de velocidad de generación de oraciones respecto al sistema computacional propuesto.

### Usabilidad del mapa de navegación

Para esta prueba se les solicitó a 9 participantes -sin experiencia previa en usar el SACC- conformaran 12 oraciones, las cuales fueron seleccionadas para cubrir las ramificaciones principales del sistema pictográfico. La tabla 1 muestra el tiempo promedio en segundos que los participantes demoraron en conformar las oraciones y el promedio general de los participantes en conformar una oración.

Como resultado de esta prueba, se observó que todos los usuarios lograron completar las oraciones, y considerando que cada una de ellos fueron elegidas para explorar las principales ramificaciones del sistema, así como la inexperiencia previa para el manejo por parte de los usuarios, se puede argumentar un buen diseño del mapa de navegación, logrando un sistema de manejo intuitivo; esto aunado a que el tiempo promedio de generación de una oración, es alrededor de un minuto en su primer acercamiento por parte de los usuarios, nos lleva a considerar que el sistema pictográfico tiene una buena usabilidad en términos de navegación para la generación de oraciones.



**Fig. 7.** Resultados de la prueba “Cobertura de oraciones”.

### **Cobertura de oraciones**

La finalidad de esta prueba era determinar que tanto el sistema permitía a los usuarios generar oraciones de su elección. Para ello, se le pidió a cada uno de los 9 participantes sugerir 5 oraciones y se establecieron tres posibles resultados:

- Se completó con éxito; esto es cuando la oración es literalmente igual a la de la interfaz o que reflejar una idea equivalente.
- Se completó de manera errónea; esto es cuando se generó una oración, pero con una idea diferente a la indicada a la oración planteada.
- No se completó; el usuario no logró generar una oración.

La figura 7 está dividida en tres secciones, cada una corresponde al porcentaje de los posibles resultados considerando las 45 oraciones propuestas en total.

Cualquier sistema pictográfico presenta limitaciones ya que no son capaces de producir un número infinito de oraciones a diferencia de las alfabéticas. Este sistema presentó una cobertura del 76%, respecto a las oraciones sugeridas por los usuarios, mismas que no tuvieron restricciones. No se logró generar de manera exitosa el 24% de las mismas.

Estos resultados indican que el sistema pictográfico tiene una buena cobertura de oraciones, aunque solo está conformada por 370 opciones en total; sin embargo, es tema de estudio analizar más a fondo la incorporación de nuevas plantillas y pictogramas para mejorar la cobertura, pero sin afectar la usabilidad. También es importante no perder de vista que este tipo de interfaz siempre tendrá limitaciones de cobertura.

### **Comparación de sistemas de comunicación**

La finalidad de esta prueba fue comparar la velocidad de escritura de los participantes sin experiencia en conformar una oración. Para ello se pidió a los participantes de la prueba anterior, realizaron la interacción con el cuadro E-Tran conformando las mismas 12 oraciones.



**Tabla 2.** Velocidad promedio de escritura por oración.

Oración	Sistema pictográfico [s]	Cuadro E-Tran [s]
1	79.0	132.1
2	33.6	116.0
3	62.7	195.1
4	78.7	322.0
5	97.9	165.3
6	42.0	99.5
7	116.6	138.6
8	45.6	249.8
9	43.2	101.1
10	73.9	225.9
11	52.6	65.9
12	61.8	173.5
	Promedio general [s]	
	65.6	165.4

La tabla 2 muestra el promedio que tomó a los participantes en generar cada oración sobre cada una de las interfaces; además, se muestra el promedio general de tiempo de generación de oraciones.

Con los resultados de esta prueba, se determinó que los participantes sin experiencia lograron conformar las oraciones de una manera más rápida utilizando la interfaz pictográfica; lo cual refleja una de las características importante de un SAAC pictográfico; sin embargo, como se analizó en la prueba anterior, un sistema pictográfico siempre tendrá una limitación del lenguaje, ya que no es capaz de representar un número infinito de oraciones.

Por otro lado, se logró observar que un cuadro E-Tran es un sistema lento comparado con una interfaz pictográfica ya que es un 152% más lento en promedio. Por lo tanto, se puede afirmar que el SAAC computacional pictográfico presentado, permite conformar oraciones de una manera más rápida que un tradicional cuadro E-Tran.

## 6. Conclusiones

Se desarrolló un sistema de comunicación aumentativa en una microcomputadora Raspberry Pi 3, el cual utiliza un interruptor mecánico como hardware de entrada, y un sintetizador de voz para verbalizar la oración. Se creó un sistema que tiene una buena usabilidad con respecto al mapa de navegación, lo que vuelve al sistema intuitivo para su manejo; además se considera un sistema robusto de 370 oraciones, el cual según las pruebas realizadas tienen una cobertura de 76% de las oraciones.

Al comparar el sistema creado con un cuadro E-Tran, se observó que un sistema computarizado es una alternativa para los usuarios de un cuadro E-Tran convencional.

Adicionalmente, la estructura de programación permite expandir fácilmente la cantidad de pictogramas y por lo tanto se podrían sumar más oraciones.

También se tiene el potencial para agregar una plantilla alfabética, que permitiría al usuario transmitir cualquier idea y no limitar la comunicación a las oraciones predefinidas del sistema pictográfico.

Otro aspecto importante, es la implementación de un método de interrupciones por flanco sobre un pin de la Raspberry, lo que facilita la incorporación de diversos sistemas de interacción hombre-máquina, para adecuarlo a condiciones particulares de los pacientes.

## Referencias

1. Gómez-Taibo, M.L., Pérez, E.M.: La intervención de la comunicación aumentativa y alternativa en el traumatismo craneoencefálico. *Revista de Investigación en Logopedia*, 8(1), pp. 43–62 (2018)
2. Zhang, X., Kulkarni, H., Ringel-Morris, M.: Smartphone-based gaze gesture communication for people with motor disabilities. In: CHI '17 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 2878–2889 (2017)
3. Gob.mx: <https://gob.mx/conadis/articulos/la-esclerosis-lateral-amiotrofica-ela?Idiom = es> (2019)
4. Fundación Francisco Luzón: La ELA: Una realidad ignorada. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos, pp. 48 (2017)
5. Dewan, M.C., Rattani, A., Gupta, S., Baticulon, R.E., Hung, Y.C., Puchak, M., Agrawal, A., Adeleye, A.O., Shime, M., Rubiano-Escobar, A.M., Rosenfeld, J.V., Park, K.B.: Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *Journal of Neurosurgery*, 130(43), pp. 1–18 (2018)
6. Collaguazo, J.H.C.: Sistema electrónico para facilitar la comunicación y actividades cotidianas de los enfermos con esclerosis lateral amiotrófica (ELA) (2018)
7. Toscano, S.V.C.: Lenguaje y parálisis cerebral: El uso de los SAAC como medio de comunicación. Montevideo (2016)
8. Arasaac.org: Centro aragonés para la comunicación aumentativa y alternativa. Gobierno de Aragón. <http://arasaac.org/index.php> (2020)
9. Raspberry Pi Foundation: <https://raspberrypi.org/downloads/raspbian/> (2019)
10. Github: Acorn/RISC\_OS computers. Github.com, <https://github.com/espeak-ng/espeak-ng/> (2019)