

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN COMUNICADOR PICTOGRÁFICO PARA PERSONAS CON TRASTORNOS DEL HABLA Y LENGUAJE BASADO EN TÉCNICAS DE COMUNICACIÓN AUMENTATIVA ALTERNATIVA**

*Andrés Efraín Chango Macas*

*e-mail: aechangom@gmail.com*

*Rodolfo Gordillo Orquera*

*e-mail: rxgordillo@espe.edu.ec*

*Fabián Sáenz Enderica*

*e-mail: fgsaenz@espe.edu.ec*

*Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército*

*Sangolquí - Ecuador*

## **RESUMEN.-**

El presente artículo presenta el diseño e implementación de un comunicador pictográfico para personas con discapacidad de habla, que facilitará la comunicación e interacción con el entorno que los rodea, mejorando de esta manera su calidad de vida.

El comunicador pictográfico está comandado por un sistema micro-controlado, el mismo que se encarga del control y supervisión del prototipo.

## **INTRODUCCIÓN.-**

La comunicación es una condición inherente de la existencia humana, considerada como una de las principales actividades del ser humano, ya que permite transmitir conocimientos, ideas y costumbres además de sentimientos, convirtiéndose, sin lugar a dudas, en un proceso que contribuye con el desarrollo social e intelectual del individuo.

Establecer una comunicación a través del habla es una tarea compleja, que involucra numerosas funciones cognitivas y

psicomotrices, pero en el caso de personas que padecen discapacidades específicas que no les permiten llevar a cabo este proceso, es necesario el uso de sistemas complementarios al habla (comunicación aumentativa) o suplementarios (comunicación alternativa) para poder desarrollar al máximo su potencial comunicativo.

En Ecuador, según el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), hasta el año 2012, se estima que existen 350 860 personas con discapacidad que han sido incluidas dentro del programa de Calificación y Carnetización para el Registro Nacional de Discapacidades.

El implementar un sistema de comunicación aumentativa alternativa puede ayudar a cualquier persona con dificultades para comunicarse, aportando un medio de relación alternativo de por vida, cuando no es posible la comunicación hablada del sujeto como en el caso de personas con parálisis cerebral o condiciones genéticas limitantes, y en condiciones médicas temporales, por el

tiempo necesario hasta que se restablezca el habla.

### METODOLOGÍA.-

La función primaria que cumple el prototipo desarrollado es la implementación de un canal de comunicación mediante métodos de comunicación aumentativa alternativa, para lo cual se utilizó pictogramas. El análisis funcional se muestra a continuación.

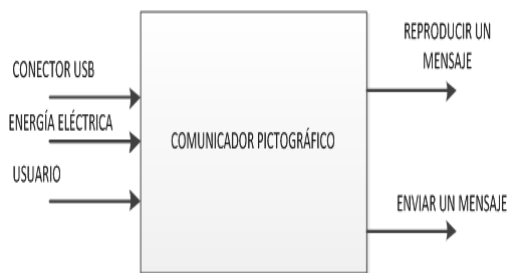


Figura 1: Análisis Funcional Nivel 1

Las funciones generales para obtener el funcionamiento principal del sistema son:

- Detectar de tarjetas pictográficas.
- Identificar pictograma seleccionado.
- Reproducir mensaje seleccionado.
- Enviar el mensaje de texto.

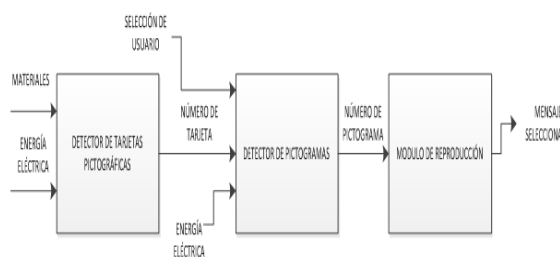


Figura 2: Análisis Funcional Nivel 2

Cada función general es desglosada en tareas o acciones más específicas que identifican los procesos implícitos, como:

### Función principal

- Proporcionar energía eléctrica al prototipo.

- Asignar códigos binarios a las tarjetas.
- Decodificar los códigos de las tarjetas.
- Detectar selección del pictograma de forma directa o indirecta.
- Identificar el número de pictograma.
- Determinar forma de reproducción del mensaje.
- Transmitir el número de pictograma.
- Reproducir mensaje.

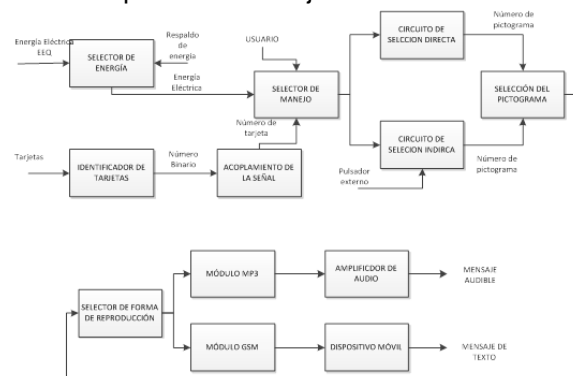


Figura 3: Análisis Funcional Nivel 3

El análisis permite la visualización y separación de las acciones que cada subsistema cumple dentro del prototipo. Para lo cual se lo ha dividido en 5 módulos que encierran las tareas semejantes para la evaluación.

- Módulo 1: Selector de Energía.
- Módulo 2: Identificador de Tarjetas.
- Módulo 3: Selector de Pictogramas.
- Módulo 4: Controlador.
- Módulo 5: Reproducción.

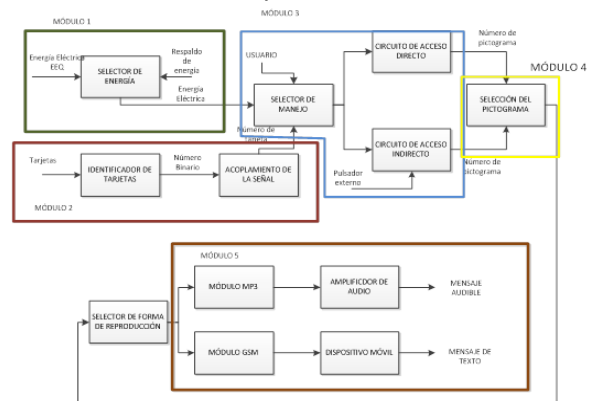


Figura 4 : Módulos Funcionales

Después de analizar las posibles soluciones para cada uno de los módulos, se escogieron los elementos electrónicos que mejores prestaciones daban a cada módulo garantizando su funcionamiento óptimo.

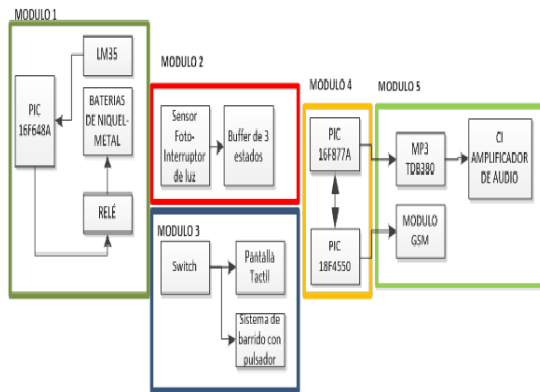
**Módulo 1:** Relé – baterías de níquel – metal, PIC16F873A.

**Módulo 2:** Foto-interruptor de barrera y buffer de 3 estados.

**Módulo 3:** Switch – Pantalla táctil- Sistema de Barrido con Pulsadores.

**Módulo 4:** PIC 18F4550 - PIC 16F877A.

**Módulo 5:** Módulo MP3 TDB380-CI de amplificación de audio-módulo SIM900



**Figura 5 : Diseño Conceptual del Prototipo**

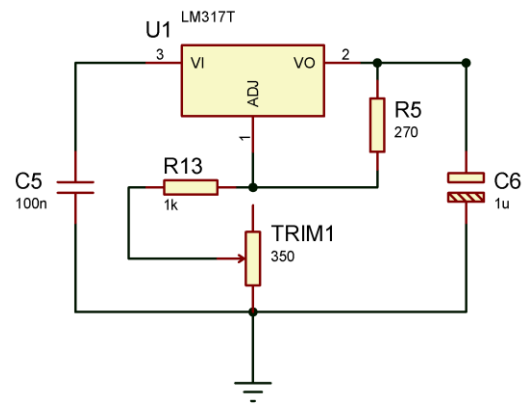
## IMPLEMENTACIÓN.-

La implementación del equipo se realizó de forma modular tal como se plantea en el diseño.

- **Sistema de Energía**

Este módulo es el encargado de proporcionar la alimentación de energía al prototipo, además posee un sistema de baterías que permitirá la desconexión y la portabilidad del prototipo.

La carga de batería posee una etapa de regulación de voltaje que consta de dos reguladores de LM317T que en conjunto regulan la tensión y corriente para la carga. El circuito LM317T es un circuito regulador de 3 terminales.



**Figura 6 : Regulador de Voltaje**

El sistema de monitoreo está a cargo de un microcontrolador PIC 16F873A, que tiene como principales funciones controlar la correcta carga de la batería, además censar la descarga a fin de dar aviso para iniciar una nueva recarga.

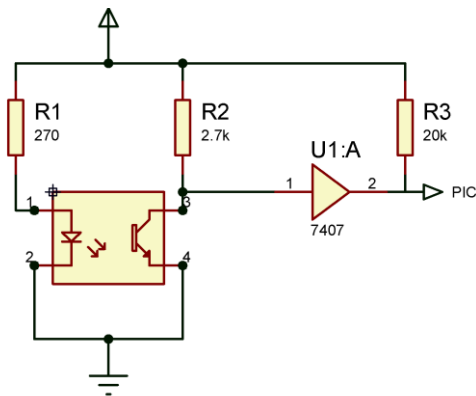
Las variables a censar son tensión umbral, tensión mínima, tensión máxima y temperatura máxima.

- **Identificador de tarjetas**

El módulo de está encargado de reconocer el número de tarjeta que se ha ingresado al prototipo, la identificación se realizará mediante sensores de foto interruptores de barrera H21A1 y la adecuación de señal mediante el buffer 7407, estos elementos electrónicos son de fácil adquisición en el mercado nacional lo cual facilito su elección.

La estructura básica del sensor H21A1 consta de un diodo emisor de infrarrojos junto con un fototransistor en una carcasa de plástico, el diseño que presenta el dispositivo electrónico facilita la interrupción del haz de luz proveniente del diodo emisor, para obtener una conmutación de salida de encendido y apagado.

A continuación se mostrará el circuito unitario que será utilizado para la lectura y acondicionamiento de la señal del módulo de identificación de tarjetas, debido a que las tarjetas poseen un código binario de 3 bits, se utilizarán tres circuitos similares para la identificación total de los códigos de cada tarjeta.



**Figura 7 : Circuito Identificador de Tarjetas**

- **Selector de Pictogramas**

La finalidad del módulo es realizar la selección del tipo de acceso, proporcionar un acceso directo e indirecto hacia los pictogramas; para cumplir con estas funciones se ha utilizado un switch, pantalla táctil y un sistema de barrido de pictogramas con selección por pulsador respectivamente.

**Acceso Directo**

El acceso directo hacia los pictogramas se realizó mediante un panel táctil de tipo resistivo debido a que el uso del mismo brinda beneficios en el acceso, ya que no posee una cualidad multi touch y es sensible al contacto, lo cual es primordial ya que las persona que utilizarán el prototipo no poseen una precisión para la selección del pictograma.

**Acceso Indirecto**

Se realizó con un sistema de barrido de luces ubicadas sobre cada pictograma. La distribución y control del sistema de luces es de forma matricial, esta configuración permite una reducción de pines de control para la activación de las luces y proporcionan una coordenada única a cada luz.

- **Controlador**

El PIC 16F877A es el encargado de la mayoría del procesamiento del prototipo, como el reconocimiento de las tarjetas, la decodificación del código binario de las tarjetas, manejo de la pantalla táctil,

manejo del barrido y selección de los pictogramas.

El PIC 18F4550 está encargado de la reproducción y almacenamiento de mensajes de texto para la comunicación remota del prototipo con un teléfono celular. Las principales ventajas que ofrece este controlador de alta gama es la comunicación USB y su alta capacidad de memoria, estos atributos son esenciales para el prototipo ya que facilitarán la conexión del mismo con una computadora para el almacenamiento de los mensajes de texto.

- **Módulo TDB380**

Es un dispositivo diseñado para adaptarse directamente a una tarjeta arduino, pero puede ser utilizado con cualquier controlador que disponga de una transmisión serial, o directamente con el uso de pulsadores para la selección de pistas.

- **Amplificador de Audio**

El circuito integrado LM386 posee un encapsulado de 8 pines, los rangos de voltaje de funcionamiento se encuentran entre 4v-12v. Este es un simple amplificador de audio, que se puede usar para amplificar señales de equipos portátiles, como radios, reproductores mp3, parlantes para PC, etc, que no requieran de alta potencia de salida. Este circuito funciona con una tensión de 9V , con una impedancia de 8 ohm una potencia de salida de alrededor de 1/2 W, con una muy baja distorsión.

- **Módulo SIM 900**

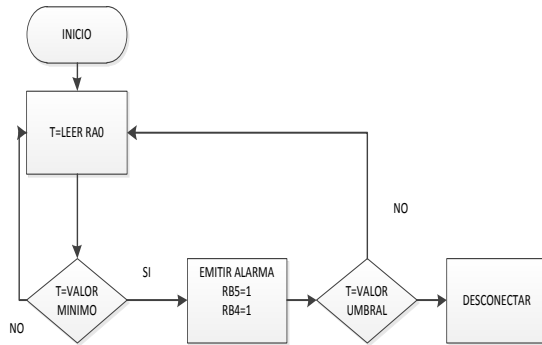
Es un módulo GSM / GPRS ultra compacto de montaje superficial y diseñado con un AMR926EJ-S, un procesador muy poderoso que permite mayores prestaciones que el promedio de los módulos existentes en el mercado con mayor velocidad de procesamiento y un significativo ahorro de energía. El SIM900 entrega una alta prestación en los modos GSM / GPRS en las bandas de

850/900/1800/1900 MHZ para voz, SMS, Datos y Fax.

## SOFTWARE

- **Sistema de Energía**

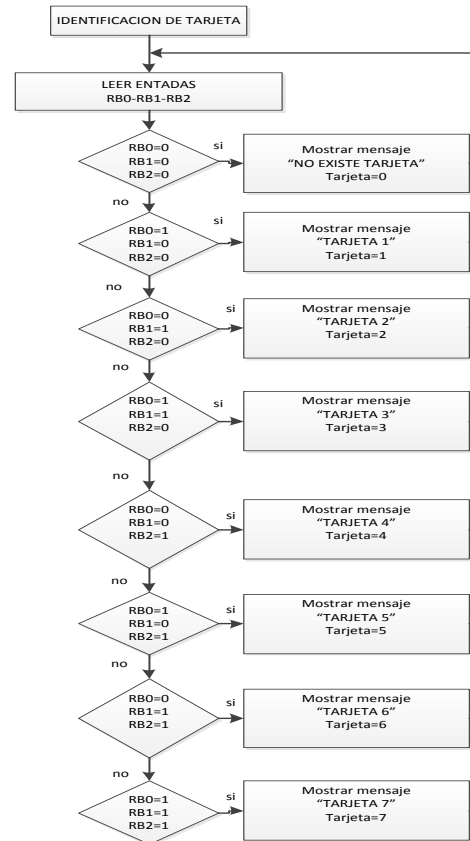
Cuando la tensión decae por debajo de una tensión mínima previamente fijada, el controlador emite una luz roja como aviso para recargar las baterías.



**Figura 8 : Sistema de Energía**

- **Identificador de tarjetas**

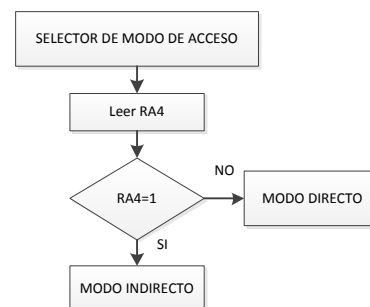
Este sistema tiene como finalidad decodificar los valores binarios obtenidos por el microcontrolador 16F877A a través de los pines RB0, RB1, RB2 y convertirlos a números decimales para el manejo de la selección de pictogramas. El algoritmo de selección se detalla a continuación:



**Figura 9 : Identificador de Tarjetas**

### Selector de Pictogramas

El sistema de selección de pictogramas consta de tres etapas, la selección de modo de acceso, selección directa del pictograma y selección indirecta del pictograma.



**Figura 10 : Modo de Acceso**

### Modo Directo

El sistema de selección directo tiene como objeto permitir que el usuario seleccione el pictograma con sus manos o dedos ubicándolos directamente sobre las imágenes. La selección se realiza mediante la pulsación sobre el panel táctil, el cual

está gobernado por entradas analógicas del PIC 16F877A.

173<X<242	100<X<173	29<X<100
176<Y<242	176<Y<242	176<Y<242
173<X<242	100<X<173	29<X<100
103<Y<176	103<Y<176	103<Y<176
173<X<242	100<X<173	29<X<100
29<X<103	29<X<103	29<X<103

**Tabla 1 : División de Pantalla Táctil**

### Selección Indirecta

La selección indirecta se realiza mediante un pulsador conectado a una entrada digital del controlador, al presionarlo se asignará el valor del pictograma que se encuentra seleccionado a una variable que será enviada al sistema de reproducción de audio; el barrido de los pictogramas se realiza de forma ascendente, ubicándose desde el primer casillero hasta el noveno.

- **Reproductor de Mensajes**

La reproducción de mensajes de audio está a cargo del módulo MP3 TDB380, se utilizó la configuración serial para comunicar el módulo con el microcontrolador. Para la configuración serial se debe tomar en cuenta la velocidad de transmisión de datos, el número de datos, el bit de parada, la paridad, etc.

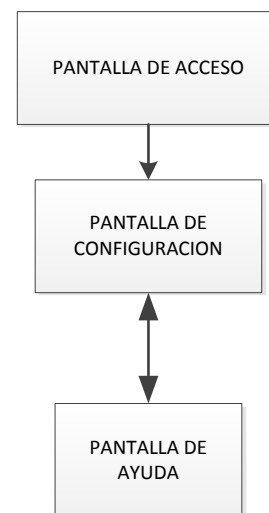
- **Comunicación vía mensajes de texto**

Para la comunicación, utilizando los mensajes de texto se destinaron las dos últimas tarjetas de selección. El procesamiento, almacenamiento de los mensajes y comunicación con el módulo SIM900 está a cargo del microcontrolador 18F4550. La etapa de comunicación vía SMS consta de 3 partes, almacenamiento de mensajes de texto, selección de mensaje y comunicación con el módulo SIM900.

Para el almacenamiento de los mensajes se utilizó la memoria eeprom del pic, de esta manera los mensajes permanecen al apagar el prototipo, los mensajes son cargados mediante una interfaz de usuario comunicada a través de un puerto USB.

Una vez detectado el dispositivo se utiliza la interfaz gráfica realizada en Visual Basic 2010 para almacenar los mensajes. Al destinar la última y penúltima tarjeta del prototipo para la comunicación vía SMS el total de mensajes que pueden ser almacenados son 18 más el número telefónico de la persona que asiste al usuario, con un máximo de 11 caracteres.

La disposición general del acceso a la interfaz cuenta con una pantalla de acceso, pantalla de configuración y pantalla de ayuda, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 11: Distribución de Pantallas**

La pantalla de acceso es la primera pantalla que aparece cuando el usuario ingrese al interfaz de configuración. En ella se da una presentación general de lo que es comunicador pictográfico, un título de pantalla, menú de acceso, logotipo de la institución, fecha y hora.



Figura 12 : Pantalla de Acceso

La pantalla de configuración cuenta con la sección de configuración de puertos (1), en donde debe ser seleccionado el puerto en el que se encuentra conectado el comunicador. La sección de carga de mensajes (2) está dividida de acuerdo a la tarjeta en la que se desee incluir el mensaje. La sección de envío (3) consta de un botón que carga los mensajes hacia el prototipo.

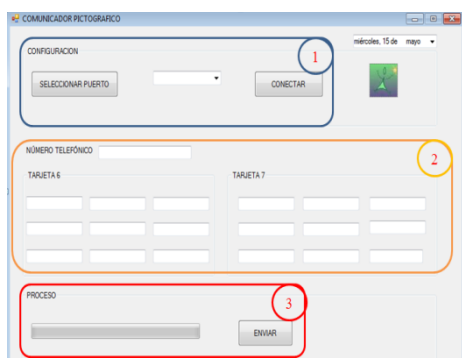


Figura 13 : Pantalla de Configuración

## RESULTADOS.-

El prototipo fue evaluado en la FUNDACIÓN NACIONAL DE PARALISIS CEREBRAL (FUNAPACE), con la ayuda de la terapeuta de lenguaje y el coordinador de la fundación, tomando en cuenta las sugerencias para mejorar su desempeño como herramienta de comunicación necesaria para el desarrollo de terapias de lenguaje con niños PCI (Parálisis Cerebral Infantil).

Dentro de las pruebas generales de funcionamiento se desarrolló una evolución en los siguientes puntos:

- Autonomía de baterías
- Funcionamiento de pantalla táctil
- Funcionamiento de sistema de barrido.
- Reconocimiento de archivos de sonido
- Pruebas de sonido
- Envío de mensajes de texto.
- **Autonomía de baterías**

Para el análisis de consumo de energía se tomó en cuenta la corriente del módulo completo en modo indirecto, ya que en este modo presenta el mayor consumo de corriente. Las fórmulas definidas a continuación no tienen en cuenta parámetros como la auto-descarga de las baterías y escapes internos, que afectan al consumo real y la duración de las baterías. Por tanto deben utilizarse como una guía aproximada para estimar la duración de las baterías.

Dispositivo	Corriente
Dispositivo Completo modo indirecto	215.1mA
Dispositivo de Control de Carga	5.54mA
Corriente del amplificador	173.4mA
Corriente Promedio	394.04mA

Tabla 2 : Consumo de Energía

## Corriente consumida por el prototipo

Para el cálculo aproximado de la duración de la batería se tomó en cuenta que el prototipo posee 6 baterías de 1.3v y 2500mAh.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de Autonomía} &= \frac{\text{Capacidad de Batería (mAh)}}{\text{Corriente Consumida mA}} \\ \text{Tiempo de Autonomía} &= \frac{2500\text{mAh}}{394.04\text{ mA}} \\ \text{Tiempo de Autonomía} &= 6.34 \text{ horas} \end{aligned}$$

Para evaluar la autonomía real del dispositivo se realizó un muestreo del

voltaje actual de las baterías cada 10 minutos, de esta forma se pudo observar el tiempo exacto que las baterías brindan energía para el desempeño óptimo del prototipo.

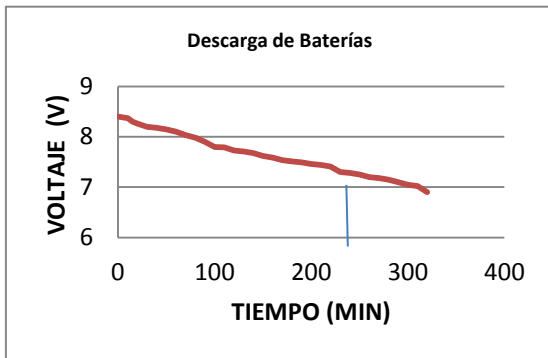


Figura 14 : Descarga de Baterías

Se puede apreciar que la descarga completa de las baterías se realiza aproximadamente en 5 horas, pero el prototipo funciona de manera óptima por aproximadamente 3 horas y 40 minutos.

De igual manera se realizó un cálculo aproximado del tiempo de carga de las baterías.

Para evaluar el tiempo de carga real de las baterías se hizo un muestreo del voltaje de las mismas tomado en períodos de 5 min.

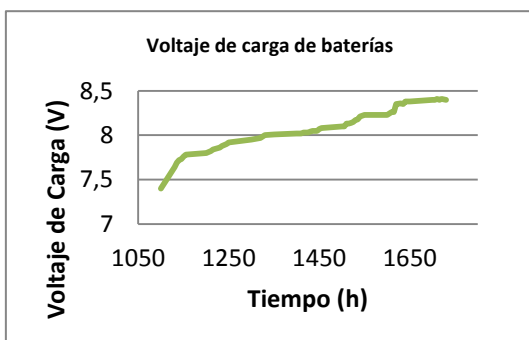


Figura 15 : Voltaje de Carga

Como se puede apreciar en la figura 15, la carga de las baterías se realiza aproximadamente en 7 horas, sin embargo se debe tomar en cuenta que el tiempo de carga variará dependiendo del valor de

voltaje que las baterías posean al momento de su carga.

### Funcionamiento de la pantalla táctil

Para evaluar el desempeño de la pantalla táctil se realizaron pruebas de precisión en la selección de los pictogramas con la finalidad de determinar si el tamaño de los pictogramas es el adecuado.

Se utilizó una tarjeta con 9 pictogramas, para la prueba se contó con el apoyo de 4 personas alumnos de la Fundación FUNAPACE que poseen las características necesarias para el uso del comunicador pictográfico con acceso directo.

Nombre	Uso de Tablero	Número de pictogramas	Porcentaje
Oscar	Alternativo	6	66%
Paola	Aumentativo	9	100%
Mateo	Alternativo	8	88%
Daniela	Alternativo	9	100%

Tabla 3 : Pruebas de accesibilidad de pictogramas de forma indirecta

Existe un alcance mayor al 60 % de los pictogramas ubicados en el comunicador. Además se logró una aceptación por parte de los usuarios al presenciar una acción de causa y efecto al momento de presionar la pantalla táctil y escuchar las frases grabadas en cada pictograma.

- **Funcionamiento de Sistema de Barrido**

El uso del sistema de barrido fue diseñado para personas que presentan un daño motriz más severo, siendo más difícil el uso del comunicador de forma directa ya que supone un gran desgaste físico.



Nombre	Uso de tablero	Número de pictogramas	Porcentaje
Oscar	Alternativo	8	88%
Sofía	Alternativo	7	77%

**Tabla 4 : Pruebas de accesibilidad de pictogramas de forma indirecta**

Como se puede apreciar en la tabla 4 el uso del comunicador en forma indirecta presenta resultados favorables para la comunicación a personas con un grado mayor de daño motriz.

Para realizar las pruebas con el comunicador en modo indirecto se realizaron pulsadores personalizados para cada uno de los pacientes que ayudaron en esta prueba.

Para el primer paciente se utilizó un pulsador adaptado a una pelota de espuma para que su accionamiento sea más fácil ya que el uso de un pulsador normal es casi imposible debido a sus limitaciones físicas.

Para el segundo paciente el uso de un pulsador adaptado, aumentando su superficie de presión fue suficiente ya que tiene mayor fuerza para realizar las pulsaciones.

- **Reconocimiento de archivos de sonido**

Las pruebas de reconocimiento de memorias se realizaron sobre el módulo MP3 TDB 380 V1, grabando archivos de audio MP3 y archivos de varios formatos para comprobar su funcionamiento en el reconocimiento de pistas de audio.

Archivos de Audio	Archivos varios (.doc,xls,etc)	Archivos de audio reconocidos
40	10	40
45	15	45
50	20	50

**Tabla 5 : Pruebas de Reconocimiento de audio**

Los resultados obtenidos en la tabla 5 reflejan que el dispositivo es capaz de reconocer en un 100% los archivos de audio a pesar de existir archivos de distintas extensiones dentro de la misma tarjeta de memoria.

- **Pruebas de sonido**

Esta prueba consiste en evaluar el desempeño del amplificador de audio existente en el dispositivo de comunicación, la finalidad del amplificador de audio es emitir un sonido claro y fuerte del pictograma relacionado.

Se realizaron pruebas en ambientes sin ruido lo que arrojó los siguientes resultados.

Nombre	Número de palabras	Palabras reconocidas	Porcentaje
Paola	9	8	88%
Daniela	9	8	88%
Mateo	9	6	66%
Sofía	9	8	88%
Oscar	9	5	55%

**Tabla 6 : Pruebas de sonido sin ruido externo**

La tabla 6 permite verificar que en un ambiente sin ruido existe un porcentaje

mayor al 50% en reconocimiento de las palabras por parte de los usuarios.

De igual manera se realizaron pruebas con ruido externo moderado, que provocó algunas variaciones en las respuestas de los usuarios, las cuales se muestran a continuación.

Nombre	Número de palabras	Palabras reconocidas	Porcentaje
Paola	9	8	88%
Daniela	9	8	88%
Mateo	9	5	55%
Sofía	9	7	66%
Oscar	9	3	33%

**Tabla 7 : Pruebas de sonido con ruido externo**

Los resultados de la evaluación del dispositivo con ruido externo disminuyó el número de pictogramas reconocidos, debido a dichos ruidos llamaban la atención de los pacientes provocando un desinterés en las frases provenientes del prototipo.

En el paciente numero 5 la poca respuesta ante estímulos sonoros se debe a que el daño físico que presenta, afecta su audición.

- **Pruebas de envío de mensajes de texto**

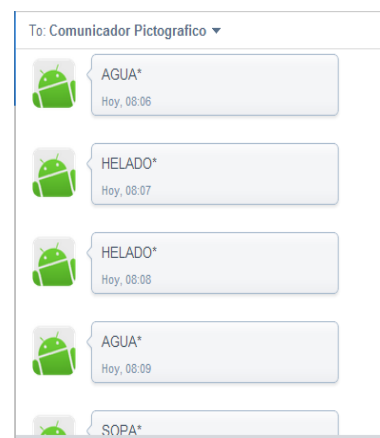
Las pruebas de envío de mensajes de texto se realizaron en los dos modos existentes en el comunicador, modo directo e indirecto, utilizando las tarjetas 6 y 7 destinadas para la comunicación remota. Se enviaron mensajes a distintas operadoras celulares para probar la efectividad del módulo GSM existente en el prototipo.

Operadora	Número de mensajes enviados	Número de mensajes recibidos	Porcentaje
Claro	2	2	100%
Claro	3	3	100%
Movistar	4	4	100%
Movistar	4	4	100%
Movistar	7	7	100%

**Tabla 8 : Prueba de Mensajes recibidos**

Los mensajes enviados desde el prototipo fueron recibidos de manera exitosa en cada uno de los teléfonos celulares previamente asignados. Para asignar los mensajes y el número telefónico al cual serán enviados los mensajes se debe utilizar la interfaz de configuración del prototipo.

La interfaz cuenta con un archivo ejecutable para el sistema operativo Windows de 32 y 64 bits, el cual debe ser instalado junto con los drivers de microchip para la creación y reconocimiento del puerto de comunicación del prototipo.

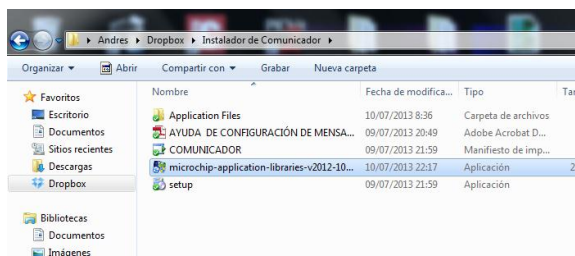


**Figura 16 : Mensajes recibidos mediante el prototipo**

### Evaluación de Interfaz de Configuración

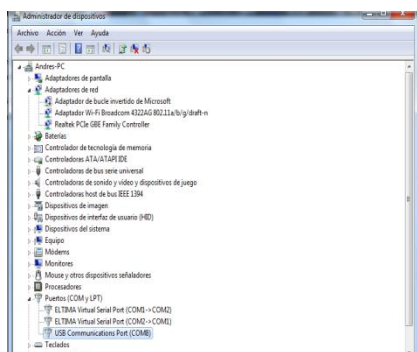
Para la evaluación del software de configuración se procedió a instalarlo en 2 computadores con sistemas operativos Windows 7 de 32 y 64 bits

respectivamente. Durante la instalación de los drivers y la interfaz de configuración ninguna de las máquinas presentó problemas.



**Figura 17 : Archivos de Instalación de Interfaz de Configuración**

El reconocimiento del dispositivo una vez instalado los drivers microchip fue exitoso, en la siguiente figura se puede observar la creación de un puerto COM, que realiza la conexión entre la computadora y el prototipo.



**Figura 18 : Reconocimiento de puerto de comunicación**

En la figura 18 se muestra la interfaz de carga del dispositivo, en la que se colocaron los mensajes de texto, asignado a cada una de las tarjetas; la carga de los mensajes no presentaron problemas una vez seleccionado el puerto de comunicación adecuado.



**Figura 19 : Interfaz de carga de mensajes**

## CONCLUSIONES.-

- La introducción del comunicador pictográfico dentro de las terapias de lenguaje, fomentó la participación de los pacientes con parálisis cerebral, ya que la comunicación se realizó de manera interactiva, usando el prototipo como canal de comunicación.
- El presenciar la acción de causa y efecto al usar el comunicador pictográfico logró la aceptación del prototipo por parte de los usuarios, incentivando su interés en el uso del mismo para expresar sus ideas.
- La posibilidad de usar un dispositivo electrónico para la comunicación en terapias de lenguaje, ayuda al desarrollo cognitivo y social de las personas con retardo mental leve y moderado.
- El prototipo puede ser utilizado como un medio de comunicación absoluto de forma alternativa para una persona carente de habla o como un dispositivo adicional, aumentativo del habla para el desarrollo del lenguaje y el desarrollo emocional del usuario.
- El uso de la pantalla táctil como interfaz de acceso directo hacia los pictogramas, abre la posibilidad de mitigar al máximo el desgaste físico generado por el uso de teclados o pulsadores comunes, ya que la pantalla táctil no presenta partes móviles.
- Las pruebas realizadas con la pantalla táctil generaron buenos

resultados en los pacientes, ya que al presionarla pudieron percibir una acción de causa y efecto puesto que cada pictograma tiene relacionado un mensaje de voz.

- El uso de baterías recargables en el prototipo proporciona autonomía y portabilidad, ya que los comunicadores existentes en la fundación son de gran tamaño y tiene dependencia de la red eléctrica.
- El uso de una memoria SD para la grabación de pistas de sonido, permitió la personalización de mensajes asignados a cada pictograma dependiendo del género y edad del usuario.
- La opción de modo de acceso indirecto hacia los pictogramas presente en el prototipo permite a las personas cuadripléjicas espásticas o a personas con daños motrices severos el acceso a una comunicación sin necesidad de realizar un esfuerzo físico significativo.
- La adaptación de pulsadores para el acceso indirecto debe ser realizada dependiendo de los límites de movilidad que presenten los usuarios, de esta manera se utiliza al máximo las habilidades que posee el usuario.
- El barrido de los pictogramas mediante uso de señalizaciones luminosas presentó un buen grado de aceptación por parte de los usuarios, ya que el encendido y apagado de las luces llaman su atención.

#### REFERENCIAS.-

[1] ANGULO, José, **Microcontroladores PIC diseño practico de aplicaciones**, McGraw-Hill Interamericana, España, 2007 ,523 páginas.

[2] ARIZAGA, María José, **Uso de la Tecnología en los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación**, Madrid, 2007, 22 páginas.

[3] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, **Productos de apoyo para personas con discapacidad**, AENOR, Madrid, 2007,203 páginas.

[4] GARCIA, Eduardo, **Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC**, primera edición, Alfaomega, Mexico, junio 2008, 276 páginas.

[5]<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001430.htm>, Trastornos del habla en niños

[6]<http://www.mikroe.com/chapters/view/17/chapter-4-examples/>, Programming in C

[7][http://www.esaac.org/index.php?option=com\\_weblinks&catid=72&Itemid=4](http://www.esaac.org/index.php?option=com_weblinks&catid=72&Itemid=4), Sociedad española para el desarrollo de sistemas de comunicación aumentativos alternativos.

[8]<http://www.adela-cv.org/drupal/>, Asociacion valenciana de esclerosis lateral.

[9]<http://www.mikroe.com/products/view/27/2/touchscreen-article/>, TouchScreen Article.

[10]<http://medicinafamiliar.uc.cl/html/articulos/123.html>, TRASTORNOS DEL HABLA Y DEL LENGUAJE INFANTIL.

#### BIOGRAFÍAS.-

##### Andrés E. Chango Macas

Nació el 04 de mayo de 1989. Se graduó como bachiller en Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior "Sucre" Quito, donde obtuvo la distinción de Mejor Egresado 2007. Entre 2007 y 2012 estudió Ingeniería Electrónica en Automatización y Control en la Escuela Politécnica del Ejército.

##### Rodolfo X. Gordillo. O

Ingeniero en Electrónica graduado en la Escuela Politécnica del Ejército, con Maestría en Ingeniería Electrónica.

Actualmente se desempeña como docente a tiempo completo en la ESPE.

**Fabián G Sáenz E.**

Ingeniero en Electrónica graduado en la Escuela Politécnica del Ejército, con Maestría en Ciencias en Ingeniería electrónica y especialidad en redes de Comunicación.

Ha sido representante de la CEPAL en el tema TIC'S y discapacidades, así como coordinador del grupo de investigación en ayudas tecnológicas para discapacitados en la ESPE. Actualmente se encuentra su tesis doctoral, relacionada a dar soluciones tecnológicas de soporte para personas con discapacidad auditiva.