ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA

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

Autor

Andrés Efraín Chango Macas

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Diseño e Implementación de un comunicador pictográfico para personas con trastornos del habla y lenguaje basado en técnicas de comunicación aumentativa alternativa”, ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Andrés Efraín Chango Macas con CI 172014968-9, bajo nuestra dirección.

_____	_____
Ing. Rodolfo Gordillo	Ing. Fabián Sáenz
DIRECTOR	CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ANDRÉS EFRAÍN CHANGO MACAS

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado: “Diseño e Implementación de un comunicador pictográfico para personas con trastornos del habla y lenguaje basado en técnicas de comunicación aumentativa alternativa”, ha sido realizado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Por consecuente este trabajo es de mi autoría.

_____

Andrés Efraín Chango Macas

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, Andrés Efraín Chango Macas

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, el proyecto de grado titulado “Diseño e Implementación de un comunicador pictográfico para personas con trastornos del habla y lenguaje basado en técnicas de comunicación aumentativa alternativa” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

_____

Andrés Efraín Chango Macas

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones derramadas en mi familia, por darme la oportunidad de vivir libre y ser feliz.

A mis padres, por su paciencia y apoyo durante toda mi vida, ya que ellos siempre tuvieron una palabra de aliento en situaciones difíciles y han sido un gran ejemplo de vida.

A mi hermana por arrancarme una sonrisa a cada momento, por apoyarme siempre en cada locura y sueño para hacerlo realidad.

Al Ing. Rodolfo Gordillo por brindarme su tiempo y apoyo en la realización del proyecto; al Ing. Fabián Sáenz por su apoyo en la realización del proyecto y al personal de FUNAPACE.

Andrés Chango M.

DEDICATORIA

A mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi desarrollo personal y profesional; de quienes recibí su confianza y apoyo para cumplir mis metas y sueños.

A los pequeños de la Fundación de Parálisis Cerebral, que con una pequeña sonrisa me daban amino para mejorar y por mostrarme un mundo diferente.

A mis amigos por sus voces de alimento y apoyo, por desearme lo mejor y compartir gratos momentos.

Andrés Chango M.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1……..1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO……..1

1.1 Antecedentes……1

1.2 Justificación e Importancia……4

1.3 Alcance del Proyecto……5

CAPÍTULO 2.....7

FUNDAMENTOS BÁSICOS.....7

2.1 Introducción……...7

2.2 Descripción de patologías……...8

2.2.1 Trastornos Del Habla 9

2.2.1.1 Dislalia.....9

2.2.1.2 Espasmofemia 9

2.2.1.4 Farfulleo o habla taquilálica.....9

2.2.2 Trastornos Del Lenguaje.....9

2.2.2.2. Disfasia o trastorno específico del lenguaje.....10

2.2.2.3. Afasia.....10

2.2.3 Alteración De Órganos Fono Articulatorios 10

2.2.3.1. Hipoacusia 10

2.2.3.2. Disglosia 10

2.2.3.3. Disartria 10

2.2.4 Trastornos Psicolingüisticos 11

2.2.4.1. Espectro autista 11

2.2.4.2. Deficiencia mental 11

2.2.4.3. Mutismo selectivo 11

2.2.5 Parálisis Cerebral 11

2.3 Técnicas de Comunicación Aumentativa Alternativa…… 12

2.3.1 La lengua de signos 13

2.3.2 Lenguaje Bimodal 13

2.3.3 Palabra Complementada 14

2.3.4 Sistemas pictográficos de comunicación 15

2.3.4.1 Enseñanza del sistema de comunicación pictográfica 16

2.3.4.2 Ventajas y Desventajas del SPC 17

2.3.5 Sistema Bliss 18

2.4 Características de un Sistema de Comunicación Alternativa Aumentativa…… 19

2.4.1 Características de un comunicador pictográfico 20

2.4.1.1 Pictogramas 20

2.4.1.2 Plantillas.....21

2.4.1.3 Acceso 22

2.4.1.3.1 Acceso Directo 22

2.4.1.3.2 Acceso por pulsador.....22

2.4.1.4 Número de Casillas.....23

CAPÍTULO 3.....24

ESTRUCTURA DEL DISEÑO.....24

3.1 Introducción……24

3.2 Análisis Funcional……26

3.3 Identificación De Módulos Del Sistema……30

3.3.1 Módulos funcionales……30

3.3.2 Soluciones de módulos……31

3.3.2.1Solución de módulo 1.....31

3.3.2.2Solución de módulo 2.....34

3.3.2.2.1Reconocimiento de tarjetas.....34

3.3.2.3Solución de módulo 3.....35

3.3.2.3.1Selección de acceso 35

3.3.2.3.2Acceso directo.....35

3.3.2.3.3Acceso Indirecto.....36

3.3.2.4Solución de módulo 4.....36

3.3.2.5Solución de módulo 5.....37

3.3.2.5.1Reproducción de audio 37

3.3.2.5.2Amplificador de audio.....37

3.3.2.5.3Enviar mensajes de Texto.....38

3.4 Presentación De La Solución.....38

3.4.1 Alternativas de módulo 1.....38

3.4.1.1Conmutación 39

3.4.1.2 Baterías.....39

3.4.1.3 Monitoreo 40

3.4.2 Alternativas de módulo 2.....41

3.4.2.1 Reconocimiento de Tarjetas.....41

3.4.2.2 Adecuación de la señal 41

3.4.3 Alternativas de módulo 3.....42

3.4.3.1 Proporcionar un acceso directo.....43

3.4.3.2 Proporcionar un acceso indirecto.....43

3.4.4 Alternativas de módulo 4.....44

3.4.5 Alternativas de módulo 5.....45

3.4.5.1 Reproducir pistas de audio.....45

3.4.5.2 Amplificar pistas de audio 45

3.4.5.3 Enviar mensajes de texto.....46

3.4.6 Diseño modular del comunicador pictográfico.....47

CAPÍTULO 4.....48

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO 48

4.1 Hardware……48

4.1.1 Sistema de Energía.....48

4.1.1.1 Conmutación de Fuente de energía.....48

4.1.1.2 Carga de Baterías.....48

4.1.1.3 Monitoreo del sistema de carga 51

4.1.2 Identificador de tarjetas.....52

4.1.4 Controlador 61

4.1.5 Reproductor de Mensajes.....68

4.1.5.1 Módulo TDB380 69

4.1.5.2 Amplificador de Audio 70

4.1.5.3 Módulo SIM 900.....71

4.2 Software……..72

4.2.1 Sistema de Energía....72

4.2.2 Sistema identificador de tarjetas....74

4.2.3 Selector de Pictogramas....75

4.2.3.1 Selección de modo de acceso....75

4.2.3.2 Selección de Pictograma modo directo....75

4.2.3.2 Selección Indirecta....77

4.2.4 Reproductor de Mensajes....79

4.2.5 Comunicación vía mensajes de texto....83

4.2.5.1 Almacenamiento de mensajes de texto....83

4.2.5.1.1 Interfaz....87

4.2.5.2Recepción de Datos en el Prototipo....90

4.2.5.3 Comunicación con SIM900....91

CAPÍTULO 5....94

PRUEBAS Y RESULTADOS....94

5.1 Pruebas de Funcionamiento……..…..94

5.1.1 Autonomía de baterías....95

5.1.2 Presicion en el Uso de la Pantalla Tactil....98

5.1.3 Funcionamiento de Sistema de Barrido....99

5.1.4 Reconocimiento de archivos de sonido....100

5.1.5 Pruebas de sonido 100

5.1.6 Pruebas de envío de mensajes de texto 102

5.1.6.1 Evaluación de Interfaz de Configuración.....103

5.2 Evaluación económica del prototipo……105

CAPÍTULO 6……..107

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……107

6.1 CONCLUSIONES…….....107

6.2 RECOMENDACIONES……...109

BIBLIOGRAFÍA 110

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura .2. 1. Representación de Pictogramas 21

CAPÍTULO 3

Figura.3. 1. Funcionamiento del sistema 24
Figura.3. 2. Análisis funcional: Nivel 1 27
Figura.3. 3 .Análisis funcional: Nivel 2 27
Figura.3. 4. Análisis funcional: Nivel 3 28
Figura.3. 5. Módulos funcionales del sistema 31
Figura.3. 6. Módulo 1 40
Figura.3. 7.Módulo 2 42
Figura.3. 8. Módulo 3 43
Figura.3. 9. Módulo 4 44
Figura.3. 10 . Módulo 5 46
Figura.3. 11 . Diseño conceptual del Prototipo..... 47

CAPÍTULO 4

Figura.4. 1. LM317T..... 49
Figura.4. 2.Regulador de Voltaje LM317T 49
Figura.4. 3.Regulador de corriente..... 50
Figura.4. 4.Sensor de Temperatura 51
Figura.4. 5. Circuito unitario de identificación de tarjetas..... 55
Figura.4. 6.Selector de acceso..... 56
Figura 4. 7.Circuito de control del panel táctil 57
Figura.4. 8.Amplificador de Corriente..... 58
Figura.4. 9.Distribución de pines de control 59
Figura.4. 10.Amplificadores de Corriente..... 60
Figura.4. 11.Matriz de LED’s..... 60
Figura.4. 12.PIC 16F877A 62
Figura.4. 13.Cristal oscilador..... 66
Figura.4. 14.PIC 18F4550..... 67

Figura.4. 15.Módulo MP3 TDB380 69
Figura.4. 16.Conexión Serial PIC – módulo MP3 70
Figura.4. 17.Amplificador de Audio 71
Figura.4. 18.Tarjeta de audio 71
Figura.4. 19.Módulo SIM 900 72
Figura.4. 20.Diagrama de Flujo Descarga 73
Figura.4. 21.Diagrama de Flujo Carga 74
Figura.4. 22.Diagrama de Flujo Identificador de Tarjetas 74
Figura.4. 23.Diagrama de Modo de Acceso 75
Figura.4. 24.Diagrama de Flujo Manejo Pantalla Táctil 76
Figura.4. 25.Diagrama de Flujo Asignación de Botones 77
Figura.4. 27.Diagrama de Flujo Selector de Velocidad 79
Figura.4. 28.Diagrama de Flujo envío de datos al módulo TDB380 82
Figura.4. 29.Diagrama de Selección de oscilador 84
Figura.4. 30.Diagrama de Flujo Inicialización de CDC 86
Figura.4. 31.Distribución de Pantallas 87
Figura.4. 32.Pantalla de Acceso 88
Figura.4. 33.Pantalla de Configuración 88
Figura.4. 34.Diagrama de Flujo de Selección de Puertos 89
Figura.4. 35.Diagrama de Flujo de envío de datos 90
Figura.4. 36.Diagrama de Flujo de almacenamiento de mensajes 91
Figura.4. 37.Diagrama de Flujo Comunicación con SIM900 93

CAPÍTULO 5

Figura 5. 1. Descarga de Baterías 96
Figura 5. 2. Gráfico de carga de baterías 97
Figura 5. 3. Mensajes recibidos mediante el prototipo 103
Figura 5. 4 . Archivos de Instalación de Interfaz de Configuración 103
Figura 5. 5 .Reconocimiento de puerto de comunicación 104
Figura 5. 6 . Interfaz de carga de mensajes 104

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla.1. 1 Personas con Discapacidad....3

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1.Clasificación de trastornos del habla y lenguaje 8
Tabla 2. 2.Colores en la comunicación de sistemas pictográficos 16

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1.Especificaciones del diseño del producto....26
Tabla 3. 2.Estructura de Subsistemas 30
Tabla 3. 3.Módulo 1 38
Tabla 3. 4.Etapa de Conmutación Módulo 1 39
Tabla 3. 5.Etapa de Carga de baterías Módulo 1....39
Tabla 3. 6.Etapa de Monitoreo Módulo 1 40
Tabla 3. 7.Módulo 2 41
Tabla 3. 8.Etapa de Reconocimiento de tarjetas módulo 2....41
Tabla 3. 9. Etapa de Adecuación de la señal del módulo 2 41
Tabla 3. 10.Módulo 3 42
Tabla 3. 11.Acceso Directo Módulo 3 43
Tabla 3. 12. Alternativas Módulo 4....44
Tabla 3. 13.Módulo 5 45
Tabla 3. 14.Etapa de Reproducción de audio módulo 5 45
Tabla 3. 15.Etapa de Amplificación de audio módulo 5 45
Tabla 3. 16.Etapa SMS módulo 5 46

CAPÍTULO 4

Tabla 4. 1.Sensor H21A1....52
Tabla 4. 2.Buffer....54
Tabla 4. 3.Transistor 2N3904....58
Tabla 4. 4. Entradas Analógicas 62
Tabla 4. 5.Selector de acceso....62
Tabla 4. 6.Selector indirecto....63
Tabla 4. 7.Entrada de código de identificación 63
Tabla 4. 8. Salidas de barrido 63
Tabla 4. 9. Identificador de tarjetas....64

Tabla 4. 10.Control de MP3 64
Tabla 4. 11.Transmisión Serial..... 64
Tabla 4. 12. Control LCD 65
Tabla 4. 13.Control de Barrido 65
Tabla 4. 14.Configuración puerto E..... 65
Tabla 4. 15.Configuración de Puerto A PIC 18F4550 67
Tabla 4. 16. Configuración de Puerto B PIC 18F4550 68
Tabla 4. 17.Configuración Puerto C PIC 18F4550..... 68
Tabla 4. 18. Configuración Puerto D PIC 18F4550..... 68
Tabla 4. 19.Distribución Pantalla Táctil..... 76
Tabla 4. 20.Configuración Transmisión Serial..... 80
Tabla 4. 21.Instrucciones del módulo TDB380..... 81

CAPÍTULO 5

Tabla 5. 1.Corriente consumida por el prototipo 95
Tabla 5. 2. Pruebas de accesibilidad de pictogramas..... 98
Tabla 5. 3.Pruebas de accesibilidad de pictogramas de forma indirecta 99
Tabla 5. 4. Pruebas de reconocimiento de pistas de audio..... 100
Tabla 5. 5. Pruebas de sonido sin ruido externo..... 101
Tabla 5. 6.Pruebas de sonido con ruido externo..... 101
Tabla 5. 7.Prueba de Mensajes recibidos..... 102
Tabla 5. 8 .Lista de materiales utilizados en el prototipo..... 106

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 : DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS**¡Error! Marcador no definido.**
ANEXO 2 : MANUAL DE USUARIO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
ANEXO 3: PIC 16F877A ..... **¡Error! Marcador no definido.**
ANEXO 4 : PIC 18F4550 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
ANEXO 5 : MANUAL TDB 380..... **¡Error! Marcador no definido.**
ANEXO 6 : COMANDOS AT ..... **¡Error! Marcador no definido.**

GLOSARIO

ALU: Unidad Lógico Aritmética.

CAA: Comunicación Aumentativa Alternativa.

CCS: Custom Computer Services

CONADIS: Consejo Nacional de Discapacidades.

CPU: Unidad Central de Proceso

LCD: Display de Cristal Liquido

MUTISMO SELECTIVO: es un trastorno de la comunicación verbal de origen emocional que consiste en que los afectados, en determinados contextos o circunstancias, no pronuncian ni una sola palabra.

PATOLOGÍA: es la rama de la medicina encargada del estudio de las enfermedades en los humanos.

PIC : Controlador de Interfaces Periféricas.

PICTOGRAMA: es un signo que representa esquemáticamente un símbolo, objeto real o figura.

USB: Universal Serial Bus

SPC: Sistema de comunión pictográfica.

RESUMEN

El presente trabajo 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 prototipo está comandado por un sistema microcontrolado, el mismo que se encarga del control y supervisión del sistema. El sistema consta de un acceso directo, mediante una pantalla táctil, un acceso indirecto con el uso del pulsador, un sistema de reproducción y amplificación de audio, el cual permite la grabación de mensajes audibles por medio de una tarjeta de menoría externa, la reproducción del audio mediante un módulo MP3 y un amplificador.La comunicación entre el usuario y su entorno, fue ampliado con el uso de un módulo GSM, para implementar un canal de comunicación a larga distancia, con la finalidad de mejorar el alcance del prototipo.

Palabras Claves
Microcontrolador, Discapacidad, Pictograma.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

La comunicación es una condición inherente de la existencia humana, considerada como una de las principales actividades del ser humano, ya que permite trasmitir 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.

El habla es la forma más natural de interacción entre personas, surge como vehículo útil, e instrumento ideal, para llevar a cabo actos de comunicación y representación, sin embargo no es el único recurso ya que existen otras opciones, sistemas o estrategias que se pueden utilizar para interaccionar con el entorno y modificarlo.

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.

Los trastornos que cursan con ciertas dificultades comunicativas pueden surgir en cualquier edad, desde el nacimiento hasta la edad adulta y la población que puede requerir una intervención multidisciplinar en este sentido, es muy heterogénea: Retraso Mental (RM), Trastornos del Aprendizaje, Trastornos de las Habilidades Motoras como la Parálisis Cerebral (PC), Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD) como el Trastorno del Espectro Autista (TEA) y Trastornos por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), afasias, disfasias, demencias, enfermedades degenerativas, daño cerebral etc.

Por ofrecer una perspectiva estadística y perfilar la importancia relativa de estos trastornos, se describe a continuación la prevalencia de los mismos en la población mundial:

- Trastornos del Aprendizaje: entre un 2 y un 10%.
- TDAH: entre un 3 y un 7% de los niños en edad escolar.
- RM: cuya prevalencia se ha estimado en un 1% aproximadamente.
- Trastornos de las Habilidades Motoras como la PC: se estima que en los países desarrollados es de un 2- 2,5 casos por cada 1000 recién nacidos.
- TGD como el TEA: entre 5 y 20 casos por 10000 individuos.

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. En la tabla 1.1 se muestran el número de personas con discapacidad en el Ecuador según género y la causa de acuerdo al CONADIS.

PROVINCIA	AUDITIVA	FISICA	INTELECTUAL	LENGUAJE	PSICOLOGICO	VISUAL	TOTAL
AZUAY	1476	14192	4717	358	631	2692	25066
BOLIVAR	956	2211	1222	154	152	801	5496
CARCHI	1012	2258	881	79	239	537	5006
CAÑAR	802	2930	1477	186	265	675	6335
CHIMBORAZO	2413	5071	2888	162	144	1161	11839
COTOPAXI	710	3887	2025	276	188	1127	8813
EL ORO	1310	7791	5178	167	749	1751	17185
ESMERALDAS	957	5736	3443	240	275	1570	12221
GALAPAGOS	29	109	92	2	14	28	274
GUAYAS	8301	37862	19770	896	2752	8803	78384
IMBABURA	2169	4069	1701	143	322	999	9403
LOJA	1544	4979	4152	153	614	1477	12919
LOS RIOS	1216	9622	3631	242	372	1700	16783
MANABI	3416	23126	5637	283	3378	5573	41413
MORONA SANTIAGO	328	1824	939	105	166	617	3979
NAPO	484	1677	836	134	76	468	3675
ORELLANA	438	2123	733	117	185	913	4509
PASTAZA	328	1047	556	30	79	315	2355
PICHINCHA	7675	22715	10789	705	2158	5774	49816
SANTA ELENA	949	4290	1999	82	159	784	8263
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	925	4871	1913	100	395	1056	9260
SUCUMBIOS	503	2250	1087	78	174	693	4785
TUNGURAHUA	1983	4104	2444	168	308	892	9899
ZAMORA CHINCHIPE	378	1506	798	64	95	341	3182
TOTAL	**42141**	**170250**	**78908**	**4924**	**13890**	**40747**	**350860**

Tabla.1. 1 Personas con Discapacidad

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 o funcional la comunicación hablada del sujeto como en el caso de personas con parálisis cerebral o condiciones genéticas limitantes, y en casos de personas con condiciones médicas temporales, por el tiempo necesario hasta que se restablezca la comunicación hablada de forma adecuada, haciendo posible que mantengan una relación comunicativa con las personas de su entorno.

Estos sistemas de comunicación aumentativa y alternativa que permiten suplir el lenguaje oral y facilitar el desarrollo de todas las funciones comunicativas y lingüísticas con la mayor normalidad posible, varían en función de las características e intereses de la persona y su entorno. Pueden estar basados en gestos manuales, conjuntos de fotografías o pictogramas, texto, equipos electrónicos con salida de voz y combinaciones de todos ellos, siendo su objetivo principal servir como medio de apoyo al desarrollo o al restablecimiento de la comunicación para mejorar el nivel de participación de la persona en el contexto educativo, familiar y social en el que está inmerso.

1.2 Justificación e Importancia

La Comunicación Alternativa y Aumentativa (CAA) abarca todo tipo de gestos, símbolos, fotos o escritura usada por las personas para expresarse. Se considera que todas las personas utilizan métodos de comunicación aumentativa alternativa para expresar sus emociones o pensamientos, pero las personas con problemas de habla severa necesitan comunicarse con ayuda de distintos dispositivos, capaces de expresar las acciones que desean realizar.

El comunicarse es un derecho que no debería ser negado a nadie, por lo tanto, la CAA ayuda a aumentar la interacción con el resto de la sociedad, a tener una mejor participación en el entorno social y a subir la autoestima del individuo que antes no se podía comunicar.

Una persona necesita usar CAA cuando su desarrollo del lenguaje no se encuentra dentro de lo que se considera normal para su edad o cuando, debido a una condición preexistente, no es probable que desarrolle el lenguaje debidamente (por ejemplo, una persona con autismo severo).

Las herramientas utilizadas actualmente en el Ecuador, especialmente en la Fundación Nacional de Parálisis Cerebral (FUANAPACE) para el desarrollo de

las personas con discapacidad se basan en pictogramas, que hacen referencia a un grupo de imágenes ordenadas que representan acciones, sustantivos, etc.

Estos pictogramas generalmente se encuentran ordenados dentro de un cuaderno, el cual es utilizado en la sesiones de rehabilitación, la principal desventaja del uso del cuaderno pictográfico es la necesidad de una persona capaz de interpretar las imágenes seleccionadas por el paciente.

Actualmente la fundación (FUNAPACE) no cuenta con un comunicador pictográfico que ayude a las personas con discapacidad del habla con sus terapias de lenguaje. La implementación del prototipo ayudará a que los niños de la fundación puedan interactuar con su entorno mejorando de esta manera su estilo de vida y desarrollo social.

1.3 Alcance del Proyecto

Construir un prototipo en forma de tablero portátil que permita la comunicación a pacientes con discapacidad de habla, mediante el uso de técnicas de comunicación aumentativa alternativa.

Se propone diseñar una estructura física apropiada que permita el uso del prototipo a personas con discapacidades físicas como retardo mental, parálisis cerebral moderada y personas con discapacidad del habla.

Se plantea la utilización de un panel touch el cual tendrá la distribución de un teclado en forma de matriz donde se sobrepondrán cada una de las tarjetas con los pictogramas, la cantidad de pictogramas colocados no debe superar los 12, de acuerdo a las especificaciones de la terapista de lenguaje de la fundación.

El prototipo tendrá tarjetas pictográficas intercambiables que permitirán una mayor flexibilidad para la comunicación de las personas con discapacidad del habla y el entorno que las rodea. La identificación de las tarjetas pictográficas se

las realizara de manera automática facilitando el intercambio de las mismas, ya que en los dispositivos actuales debe ser seleccionado el nivel donde se encuentra la tarjeta que fue reemplazada.

El prototipo de comunicación contará con baterías recargables que permitan su uso con o sin conexión directa a la red eléctrica, mientras se encuentre conectado a la red eléctrica las baterías se cargan automáticamente.

Para establecer una comunicación de mayor nivel se plantea el uso de circuitos capaces de grabar frases que serán escuchadas al seleccionar la imagen que se encuentra dentro del prototipo. Las frases pregrabadas serán almacenadas en una memoria SD para su posterior reproducción dentro del prototipo. El uso de la memoria SD permitirá un mayor tiempo de almacenamiento de frases.Inicialmente se propone un prototipo que almacene 40 frases, logrando alcanzar un mayor desempeño que otros comunicadores existentes. El paciente puede ir aumentando su vocabulario según su necesidad debido a la flexibilidad del sistema, lo único que se tiene que hacer es escoger las tarjetas correspondientes y grabar el audio necesario en la tarjeta SD.

Para que la reproducción del audio sea lo más clara posible se deberá construir un dispositivo amplificador de audio que permita de forma sencilla la interpretación de la acción que el paciente quiere realizar o expresar.

Se incluirá una selección de los pictogramas mediante un pulsador, que permitirá el uso del dispositivo de comunicación a personas con una discapacidad motora más grave, para lo cual se deberá realizar un barrido de cada casillero con distintas velocidades de accionamiento.

La utilización de un módulo GSM permitirá la interacción del comunicador pictográfico con un teléfono celular mediante el uso de mensajes de texto, esto ayudará a que la relación de comunicación del paciente aumente

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS BÁSICOS

2.1 Introducción

Una de las características más importantes de los seres humanos es la capacidad de expresar sus ideas, emociones y sentimientos mediante el uso de distintos tipos de comunicación. Toda sociedad aspira que sus miembros conozcan y aprendan su lengua o idioma, para reflejar su personalidad y la de la comunidad a la que pertenece.

Existen situaciones en las cuales la capacidad de comunicación del ser humano puede verse afectada, debido a problemas genéticos heredados por un historial familiar o problemas adquiridos temporalmente a causa de un accidente. A estas condiciones se las conoce como patologías, las cuales pueden producir alteraciones del lenguaje y pueden ser por déficit sensorial, motor y deficiencia mental.

La comunicación alternativa aumentativa se considera como el medio de solventar en su totalidad o parcialmente el déficit de comunicación de las personas que presentan algún tipo de patología que perjudique su habla.

El uso del sistema de comunicación aumentativa alternativa permite que el ser humano se reintegre a la sociedad, siendo un miembro activo de la misma ya que puede expresar sus ideas, emociones y sentimientos, dependiendo del entorno en que se desenvuelve.

Uno de los aspectos que contribuyen al equilibrio emocional de todos los seres humanos, con o sin discapacidad es la comunicación. Poder comunicarse con todos los miembros de una sociedad, hablar o expresarse a cerca de su propia discapacidad, puede ser considerada como una de las emociones más importantes para las personas que padecen algún tipo de patología.

2.2 Descripción de patologías

"El trastorno del habla se puede definir como varias afecciones en las cuales la persona tiene problemas para crear o formar los sonidos del habla y así comunicarse con otros". (MedlinePlus, 2012)

Los trastornos del habla y del lenguaje son una patología relativamente frecuente en la infancia, y que preocupa a padres y profesionales de la salud. La tabla 2.1 resume la clasificación de los trastornos del habla y del lenguaje y las patologías más prevalentes para cada caso.

ORIGEN DEL TRASTORNO		**PATOLOGÍAS**
Trastorno del habla	Alteraciones en la articulación de las palabras	Dislalia
Trastornos del habla	Alteraciones en la frecuencia o ritmo de las palabras	Espasmofemia Tartamudez
Trastornos del Lenguaje	Incapacidad de comprender o de expresar una idea. Pueden clasificarse en expresivas y comprensivas	Retraso simple del lenguaje
		Disfasia
		Afasia
Alteración de órganos fono articulados		Hipoacusia
		Diglosia
		Disartria
Trastornos psicolingüísticos		Discapacidad intelectual
		Autismo
		Mutismo selectivo

Tabla 2. 1.Clasificación de trastornos del habla y lenguaje

2.2.1 Trastornos Del Habla

2.2.1.1 Dislalia

Es la alteración en la pronunciación de algún o algunos sonidos concretos del habla o la sustitución de un fonema por otro. Los fonemas más afectados en el idioma castellano son: S, R, L, D.

2.2.1.2 Espasmofemia

Alteración de la fluencia normal de las palabras, produciéndose el bloqueo o repetición de una o más sílabas. Se acompaña de movimientos corporales que denotan tensión. Afecta de forma social a la persona ya que presenta dificultades para comunicarse.

2.2.1.3 Disfluencia o Tartamudez

Se refiere a un proceso fisiológico en el cual el niño presenta repeticiones de la palabra completa y sin espasmos. Ocurre alrededor de los 3 a 4 años.

2.2.1.4 Farfulleo o habla taquilálica

Consiste en un habla precipitada, producto de la cual, no se entiende lo que el niño dice. Se observa en pacientes ansiosos, y en algunos casos, en niños con retardo mental.

2.2.2 Trastornos Del Lenguaje

2.2.2.1. Retraso simple del lenguaje

Lenguaje cuya adquisición se presenta cronológicamente retrasada, pero que evoluciona adecuadamente y que no compromete la comprensión. Se postula que su origen sería un discreto retraso a nivel madurativo.

2.2.2.2. Disfasia o trastorno específico del lenguaje

Lenguaje cuya adquisición se presenta cronológicamente retrasada, y que además evoluciona sin progresos. Los afectados muestran una alteración persistente en la comprensión, procesamiento y uso del lenguaje y por tanto seria dificultades para comunicarse.

2.2.2.3. Afasia

Alteración adquirida del lenguaje, en el cual se observa un desarrollo previo normal, y posteriormente alteraciones en la comprensión o expresión. Puede ser secundaria a una lesión cerebral traumática, tumoral, mal formativa o infecciosa.

2.2.3 Alteración De Órganos Fono Articulatorios

2.2.3.1. Hipoacusia

Es la pérdida parcial de la capacidad auditiva. Esta pérdida suele ser leve o superficial, puede presentarse en uno o ambos oídos siendo necesario el uso de auxiliares auditivos.

2.2.3.2. Disglosia

Alteración de los órganos fono articulatorios, que causa trastorno del habla y lenguaje, como el labio leporino, fisura palatina.

2.2.3.3. Disartria

Dificultad en la pronunciación de las palabras debido a lesiones del sistema nervioso central, así como enfermedades de los nervios o de los músculos de la lengua, la laringe, responsables del habla.

2.2.4 Trastornos Psicolingüisticos

2.2.4.1. Espectro autista

Se caracterizan por una alteración en la interacción social del individuo, con comportamientos compulsivos y rituales, y actividad motora estereotipada y repetitiva. Estos pacientes presentan trastornos del lenguaje, con un desarrollo del mismo alterado y atrasado, y presencia de ecolalia, mal uso de pronombres, voz monótona o atónica.

2.2.4.2. Deficiencia mental

Retraso global en la maduración neurológica y sensorial del niño. En relación al lenguaje se identifica un retraso en su adquisición y un uso inadecuado de éste. Se observa pobreza en el contenido del lenguaje, y comprensión limitada. Se puede asociar a dislalia y taquilalia.

2.2.4.3. Mutismo selectivo

Condición caracterizada por un lenguaje y habla normales, pero que en determinadas situaciones, o frente a ciertas personas se bloquea.

2.2.5 Parálisis Cerebral

Es un trastorno permanente y no progresivo que afecta a la psicomotricidad del paciente. Describe un grupo de trastornos del desarrollo psicomotor, que causan una limitación de la actividad de la persona, atribuida a problemas en el desarrollo cerebral del feto o del niño. Los desórdenes psicomotrices de la parálisis cerebral están a menudo acompañados de problemas sensitivos, cognitivos, de comunicación y percepción, y en algunas ocasiones, de trastornos del comportamiento.

2.3 Técnicas de Comunicación Aumentativa Alternativa Utilizadas

La comunicación alternativa aumentativa hace referencia a cualquier técnica utilizada para complementar o sustituir el habla cuando esta es insuficiente. Estos sistemas se han convertido en facilitadores del desarrollo y la interacción de personas con trastornos del habla y el lenguaje con el medio social que los rodea.

Las técnicas de comunicación aumentativas son utilizadas para aumentar el habla, estos sistemas son complementarios a la capacidad de comunicación de las personas con trastornos del habla. Las técnicas de comunicación alternativas son utilizas para reemplazar totalmente el habla cuando no se puede acceder a ella.

Los sistemas alternativos y aumentativos de comunicación son instrumentos utilizados para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de los trastornos de la comunicación humana, además facilita el proceso de enseñanza mediante procedimientos específicos de instrucción usando un conjunto estructurado de códigos no vocales.

Los sistemas proporcionan a las personas con alguna discapacidad para comunicarse un medio no convencional de comunicación. Los sistemas pueden ser un método de comunicación temporal hasta que se restablezca el habla o un método a largo plazo que permita la comunicación de la persona carente de la capacidad de habla.

Existen varios métodos de comunicación alternativa aumentativa, los más utilizados para el desarrollo de la capacidad de comunicación son: la lengua de signos española, comunicación bimodal, palabra complementada, sistemas pictográficos de comunicación, el sistema Bliss.

2.3.1 La lengua de signos

El uso de la modalidad de lengua de signos es considerado un sistema alternativo aumentativo sin ayuda , ya que consiste en un sistema que expresa las necesidades con el uso del cuerpo, es decir se utilizan gestos , mímicas que no requieren ningún instrumento adicional para establecer la comunicación.

El sistema de signos emplea el espacio, el uso de expresiones faciales para codificar la información. El lenguaje de signos puede ser confundido con las expresiones naturales de una persona o con las expresiones de un mimo, por lo tanto se debe tomar en cuenta que los gestos que se realizan en este tipo de comunicación ya están definidos.

Se han especificado tres diferentes aspectos o parámetros que conforman a los signos utilizados, que se distinguen dentro de Lenguaje de Signos Americanos (ASL) estos son:

1. Forma que debe tener las manos del sujeto en cada signo.
2. La posición donde deben situarse las manos para hacer cada signo.
3. El movimiento que deben realizar las manos o los dedos.

El lenguaje de signos españoles es un lenguaje utilizados por las personas sordas para comunicarse. La lengua de signos es un lenguaje dinámico porque cambia con el tiempo y otros nuevos signos se incorporan para referirse a nuevos objetos.

2.3.2 Lenguaje Bimodal

Es un sistema aumentativo del lenguaje oral, que consiste en usar simultáneamente dos tipos de códigos lingüísticos de forma paralela. Se trata del uso de palabras acompañadas con gestos y signos manuales tomados del lenguaje de signos, este tipo de comunicación comprende el uso de signos para complementar la comunicación oral.

El lenguaje bimodal surgió como un sistema aumentativo del habla, en vista de que los educadores de la comunidad de sordos eran en su mayoría personas sin discapacidad auditiva o de lenguaje. Dando resultados muy buenos en el desarrollo del habla en personas que carecían de la capacidad auditiva.

2.3.3 Palabra Complementada

Las personas sordas encuentran dificultades en captar mensajes orales, por lo que necesitan información visual complementaria que ayude a comprender el mensaje que está siendo emitido. Uno de los medios visuales más utilizados por las personas con discapacidad auditiva es la lectura labial.

“Cuando se producen mensajes orales, se ofrece al receptor una gran cantidad de estímulos auditivos, pero también estímulos visuales como los movimientos de la boca, posición de los labios e información facial” (Ariza, 2012). Las personas que emplean este tipo de comunicación son capaces de escuchar viendo cómo se mueve la boca del emisor, la posición de los dientes y lengua, la forma que adquieren los labios.

Para el uso es esta comunicación los labios y las manos deberán actuar sincronizadas para ofrecer la representación visual de lo que se dice. La palabra complementada utiliza tres posiciones de la cara, de lado, la barbilla y garganta para indicar las vocales y ocho figuras de la mano para indicar consonantes, no existen fonemas que tengan la misma forma labial.

El uso de este sistema presenta ventajas como el uso del mismo en edades tempranas para evitar el vacío comunicativo de los primeros años de edad. Es una vía sustitutoria del odio ante la lectura Labio-Facial.

La palabra complementaria permite a las personas con discapacidad auditiva integrar información visual en el proceso de percepción del habla. El uso de este sistema permite que la persona aprenda palabras o frases completas de manera rápida, consiguiendo resultados buenos hasta con niños menores de un año de

edad y puede ser aprendida por padres oyentes hasta alcanzar una velocidad similar al ritmo del habla normal.

2.3.4 Sistemas pictográficos de comunicación

El sistema pictográfico de comunicación (SPC) se basa en símbolos pictográficos que se componen de dibujos simples, esto representa una gran ventaja puesto que los símbolos empleados guardan relación con la realidad y las actividades cotidianas por lo tanto es más fácil recordarlos y asociarlos.

El significado de cada dibujo se encuentra impreso encima del mismo, en ocasiones algunas palabras no están dibujadas dado su significado abstracto, por lo que simplemente se escriben, también se incluye el alfabeto y números.

Los símbolos han sido diseñados con la finalidad de representar palabras y conceptos de uso común, ser apropiadas para el uso en distintas etapas de la vida, ser reproducidas fácilmente, abaratando costos y preparación de material.

Cada dibujo o palabra del SPC se puede presentar en distintos tamaños de 2.5 cm, 5cm, 8cm. El uso del tamaño de cada pictograma dependerá de las necesidades y capacidades físicas de cada usuario. Normalmente se utilizan símbolos grandes para que los detallas de los mismo se distingan de mejor manera.

El sistema de comunicación pictográfica no tiene una sintaxis propia, al carecer de nexos, adverbios y partículas, hace que la construcción de frases sea muy simple. Respecto al uso de los verbos se han considerado signos que lo expresan de forma infinitiva y otros que lo presentan conjugado para su uso en frases compuestas.

El uso de colores en la comunicación de sistemas pictográficos se presenta como una ayuda para diferenciar a cada dibujo como se puede apreciar en la tabla.

Color	**Representación**
Amarillo	Personas
Verde	Verbos
Azul	Términos descriptivos
Naranja	Nombres
Blancos	Términos Diversos
Rosado	Términos sociales

Tabla 2. 2.Colores en la comunicación de sistemas pictográficos

2.3.4.1 Enseñanza del sistema de comunicación pictográfica

Las habilidades que posee el usuario determinan el tiempo necesario para aprender a usar correctamente el Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC), los estímulos recibidos, la situación y los objetivos que se quieren alcanzar son de igual manera factores importantes que ayudaran a disminuir el tiempo de aprendizaje del usuario.

Para la enseñanza de un sistema de comunicación pictográfica es necesario el uso de un plan de entrenamiento básico, este plan debe incluir el número y orden de las palabras a enseñar. Una vez organizado el plan se deben tomar en cuenta cuatro etapas a seguir:

1. **Enseñar los símbolos:** Para iniciar el aprendizaje se escogerán pocas palabras, intentando que estas palabras motiven el uso de las mismas en la vida real.

2. **Poner las palabras aprendidas en el soporte de comunicación:** Se recomienda elaborar el soporte mientras se instruye a la persona, a medida

que vaya aprendiendo los símbolos, se irán transfiriendo al soporte de comunicación.

3. **Incorporar las palabras aprendidas a la comunicación real:** Se debe implicar a todas las personas del entorno del usuario de la comunicación con la finalidad que emplee las palabras aprendida en una comunicación real. Esto hará que la persona se sienta motivada a seguir utilizando el sistema de comunicación.

4. **Enseñar a encadenar palabras:** A medida que se aumenta el vocabulario se puede comenzar a encadenar las palabras para conseguir estructuras de frases simples. No se debe enseñar el uso de artículos ya que dificultan la comunicación.

Una vez que se ha alcanzado un uso básico del sistema de comunicación pictográfico se puede empezar con el uso del mismo en situaciones cotidianas ,se puede reducir el tamaño de las tarjetas siempre que sea posible y colocarlos en un lugar que sea transportable.

Un aspecto fundamental para que el usuario siga progresando en su comunicación, es la colaboración de su entorno cotidiano, es decir que se necesita la ayuda de todas las personas cercanas que lo rodean en la estimulación y ampliación de sus posibilidades comunicativas.

2.3.4.2 Ventajas y Desventajas del SPC

Ventajas

- Evita el aislamiento del sujeto
- Existe una demanda mínima de destrezas motrices y habilidades cognitivas, lo que facilita su uso en personas con una discapacidad grave.

- Ayuda a ser más autómata a la persona que lo utiliza.
- Contribuye a mejorar la capacidad comunicativa.
- Es un sistema sencillo y motivador que representa la realidad de cada usuario.

Desventajas

- Se reduce el número de palabras que pueden ser utilizadas en una comunicación real.
- La comunicación es restringida, no es abierta a varios interlocutores a la vez**.**
- La comunicación es más lenta y queda limitada por una capacidad de memoria.

2.3.5 Sistema Bliss

Este sistema fue creado por Karl Bliss, el sistema fue concebido con la finalidad de crear un lenguaje fácil de aprender y utilizar en la comunicación internacional. Constituye un sistema de comunicación visual, basado en la teoría de la significación de los símbolos. Fue creado como sistema internacional de comunicación y de aplicación a la discapacidad de comunicación oral.

Este sistema se utiliza frecuentemente en personas que presentan dificultadas en la comunicación oral y son susceptibles de nuevos aprendizajes, se usa en personas con parálisis cerebral, deficiencias mentales, sordas y afásicas. Las personas con alguna de las discapacidades mencionadas son capaces de utilizar este método con mucha habilidad por medio de tableros que presentan diferentes símbolos.

Cada símbolo está formado por uno o más elementos. Las variaciones sobre el tamaño, posición, orientación o número de elementos de un símbolo, introducen

más posibilidades de expresión. Otra característica del Sistema Bliss es que permite realizar un uso creativo del lenguaje, el usuario de Bliss puede combinar uno a más símbolos para crear un nuevo significado.

2.4 Características de un Sistema de Comunicación Alternativa Aumentativa

Los recursos de los sistemas aumentativos alternativos de comunicación (CAA) son gestos, gráficos con apoyo de alta o baja tecnología que permiten establecer una comunicación en diferentes niveles con el entorno que rodea al usuario de estas técnicas de comunicación.

La tecnología ha desempeñado un papel crucial en el mejoramiento de los sistemas CAA, mejorando las competencias funcionales de una persona con discapacidad, incluyendo cada vez más a los discapacitados en el entorno laboral, social y económico de una sociedad.

Las tecnologías adaptativas constituyen una serie de dispositivos, servicios, estrategias y prácticas concebidas y aplicadas para mejorar las competencias funcionales de personas con discapacidad, debiendo ser definidas por sus objetivos de utilización, competencias del usuario y características del medio donde van a ser usadas.

Entre las ayudas técnicas complejas, los computadores contribuyen de forma valiosa para el logro de la comunicación. El uso de un computador tiene una serie de ventajas como la adaptación a las necesidades de cada individuo, ayuda a la integración del individuo con la sociedad, sin embargo existen usuarios que no están preparados para usar este tipo de ayuda.

Existen diferentes programas computacionales que permiten que personas con discapacidades de habla y de lenguaje desarrollen sus habilidades de comunicación como el programa MICKEY_MOUSE el que está orientado a trabajar básicamente con niños que presentan patologías como la parálisis cerebral, en el reconocimiento de letras y números.

De igual manera existen programas como SpeechViewer III que permiten ir mejorar los problemas de articulación, lenguaje, tartamudeo con el objetivo de estimular ciertas áreas del sistema auditivo permitiendo desarrollar su capacidad de escuchar y articulación de palabras.

Entre los productos de apoyo más utilizados para la comunicación aumentativa alternativa se encuentran los comunicadores pictográficos. Un comunicador pictográfico es un dispositivo que permite la interacción comunicativa mediante el uso de pictogramas que representan el lenguaje.

“La clasificación UNE-EN ISO 9999:2011 Productos de apoyo para personas con discapacidad Clasificación y terminología, diferencia entre comunicadores y software de comunicación”. (Asociación Española de Normailización y Certificación , 2007)

La clasificación define a los comunicadores como dispositivos electrónicos portátiles de comunicación que contribuyen a la comunicación directa, mientras el software de comunicación es definido como aquel que permite producir mensajes para la comunicación directa.

Tanto el comunicador como el software de comunicación permiten la comunicación mediante el uso de pictogramas. Además en la actualidad los dispositivos electrónicos más sofisticados como teléfonos celulares, tablets han permitido la instalación de un software de comunicación que les permite actuar como un verdadero comunicador tradicional.

2.4.1 Características de un comunicador pictográfico

2.4.1.1 Pictogramas

Un pictograma es un dibujo que tiene como objeto representar una realidad concreta, una realidad abstracta, una acción, e incluso un elemento gramatical. Los comunicadores pictográficos basan su uso en pictogramas incorporados en sus plantillas.

Figura 2. 1. Representación de Pictogramas

Algunos comunicadores, principalmente los que poseen pantallas dinámicas tienen incorporados una base de datos propia a la que es posible añadir los pictogramas que el usuario necesite. Otros modelos requieren el uso de plantillas que son impresas en papel como sucede con los comunicados de varios mensajes.

El uso de pictogramas es para la persona discapacitada una forma de expresar su realidad mediante el uso de imágenes que representan sus ideas, sentimientos, acciones, etc.

Una imagen puede agrupar un conjunto de significados implícitamente como por ejemplo una figura de un auto, esta representará a autos de diferente color, diferentes marcas y diferentes funciones.

Además existen varios tipos de pictogramas como los pictogramas con color, sin color o transparentes, en la que solo aparece la silueta del pictograma, pictogramas esquemáticos que representan acciones, contraste blanco sobre negro que son imágenes lineales dirigidos a personas con baja visión.

2.4.1.2 Plantillas

Una plantilla es una tabla de filas y columnas que contienen los pictogramas, algunos de los comunicadores de última generación disponen de programas

propios para el diseño de sus plantillas. El resto de comunicadores requieren el diseño de plantilla en un ordenador para que después de ser impresas colocarlas en el comunicador.

2.4.1.3 Acceso

Las formas de acceso más comunes para un comunicador pictográfico son:

2.4.1.3.1 Acceso Directo

Existen tres tipos de acceso directo: manual, a través de la mirada o utilizando como medio otro producto de apoyo que permita lograr el acceso directo.

- **Manual**: la persona pulsa mediante la acción de la mano o los dedos sobre la casilla que contiene el pictograma.

- **Control de la mirada:** La selección ocurre a través de un parpadeo o mediante la fijación de la mirada en el pictograma.

- **Acceso directo mediante otro producto de apoyo:** Se debe diferenciar el tipo de producto de apoyo que la persona puede usar para acceder de forma directa a la casilla que contiene el pictograma , además se debe tomar en cuenta las prestaciones que ofrece el comunicador para comprobar si puede admitir el uso de este tipo de producto. Los punteros manuales son los dispositivos de apoyo más utilizados que sujetados a la mano, permiten la pulsación de forma directa de las casillas del comunicador.

2.4.1.3.2 Acceso por pulsador

En este tipo de acceso, las personas utilizan un pulsador para acceder a la casilla del pictograma deseado. Para llegar a esta casilla es necesario que el comunicador disponga de un sistema de barrido sobre las plantillas.

El comunicador puede ofrecer algunas formas de barrido para la selección del pictograma.

- **En función de variables especiales**

  Solo un tipo: es decir solo una opción de presentación de barrido.

  Varios tipos: una o dos opciones a configurar.

- **En función de modalidad sensorial**

  Auditiva: mediante un sonido de o la palabra grabada.

  Visual: iluminando las casillas completamente.

  Mixtos: el comunicador permite combinar el barrido visual y auditivo.

La modificación de la velocidad de barrido es importante para que se adapte a los tiempos de respuesta de cada individuo. Es decir que el tiempo que se necesita desde que la casilla esta iluminada hasta que la persona logre accionar el pulsador.

2.4.1.4 Número de Casillas

En la organización de los mensajes, se puede optar por asociar un pictograma a un mensaje completo, o asociar un pictograma a una única locución. Esto permitirá analizar la cantidad de casillas necesarias para que el individuo pueda establecer una comunicación de forma normal y real.

CAPÍTULO 3

ESTRUCTURA DEL DISEÑO

3.1 Introducción

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un circuito electrónico comandado por un microcontrolador, que permita establecer una forma de comunicación alternativa aumentativa, mediante el uso de pictogramas, mensajes audibles pregrabados y mensajes de texto.

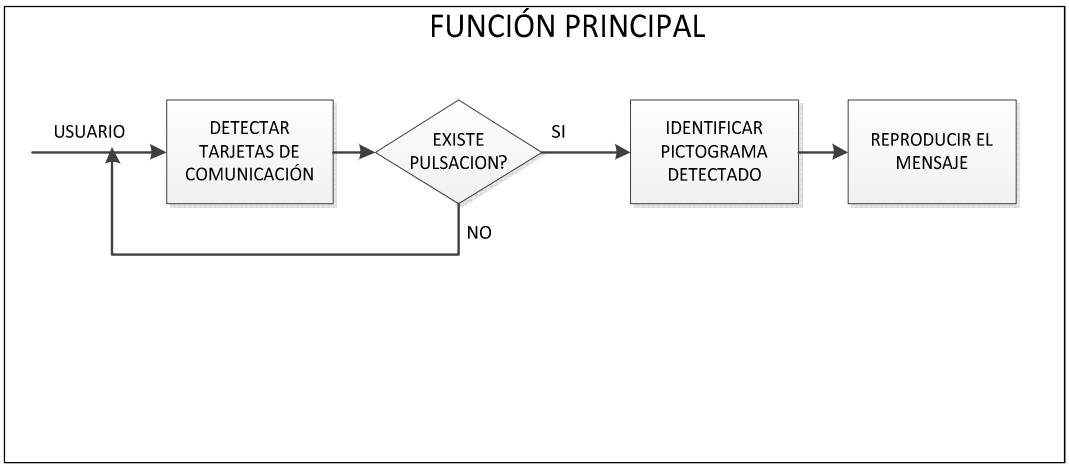


Figura.3. 1. Funcionamiento del sistema

La etapa de detección de tarjetas de comunicación utiliza sensores que permitan la detección de las tarjetas, mediante la decodificación del código binario asignado a cada una de ellas.

La etapa de identificación de pictograma es comandada por un microcontrolador. Esta etapa está encargada de verificar que exista pulsaciones en el panel y reconocer que imagen fue seleccionada para luego ser reproducida o enviada en forma de mensaje de texto, dependiendo de la tarjeta asignada.

La etapa de reproducción de mensajes es la encargada de transmitir de forma audible el contenido asignado a cada pictograma. Las pistas de audio están pregrabadas y almacenadas en una memoria externa, esto facilitará el cambio de imágenes en las tarjetas.

La etapa adicional de comunicación remota está comandado por el microcontrolador y se encarga de realizar una comunicación vía mensajes de texto hacia un dispositivo móvil, previamente asignado.

Se han mencionado los puntos más importantes para el funcionamiento del sistema de comunicación, los mismos que necesitan un desarrollo conceptual para su diseño óptimo.

La tabla 3.1 engloba las especificaciones y acciones que se realizaron para el diseño e implementación del sistema propuesto. La estructura del diseño del producto se basa en el diseño conceptual.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Concepto		Descripción
Decisión y definición	Origen	Dar solución a una necesidad.
	Creación	Petición de la fundación FUNAPACE.
Diseño y Desarrollo	Función	Detectar las tarjetas pictográficas.
		Reproducir el mensaje de las tarjetas.
		Enviar mensajes de texto.
Fabricación	Planificación	Un prototipo: Individual.
	Componentes	Eléctricos y electrónicos de venta a nivel nacional.
	Dimensiones	ISO 9999 para dispositivos de ayuda a discapacitados.
	Documentación	Manual de instrucciones.
Utilización y mantenimiento	Prestación	Funciones adecuadas para uso efectivo.
	Relación con usuario	Facilidad de manejo previa capacitación.
	Asesoría	Brindada por FUNAPACE.
Fin de vida	Reciclaje	Componentes que permiten su separación.

Tabla 3. 1.Especificaciones del diseño del producto

3.2 Análisis Funcional

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.3. 2. Análisis funcional: Nivel 1

Las funciones generales para obtener el funcionamiento principal del sistema se citan a continuación:

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

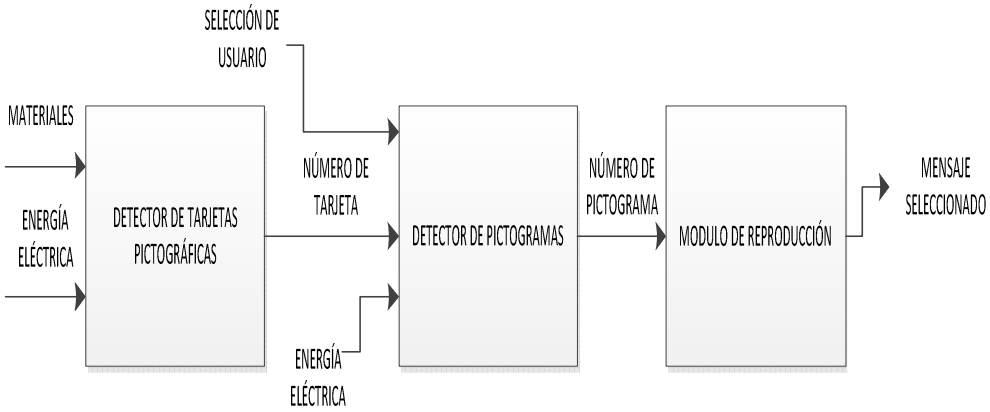


Figura.3. 3 .Análisis funcional: Nivel 2

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

- **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.

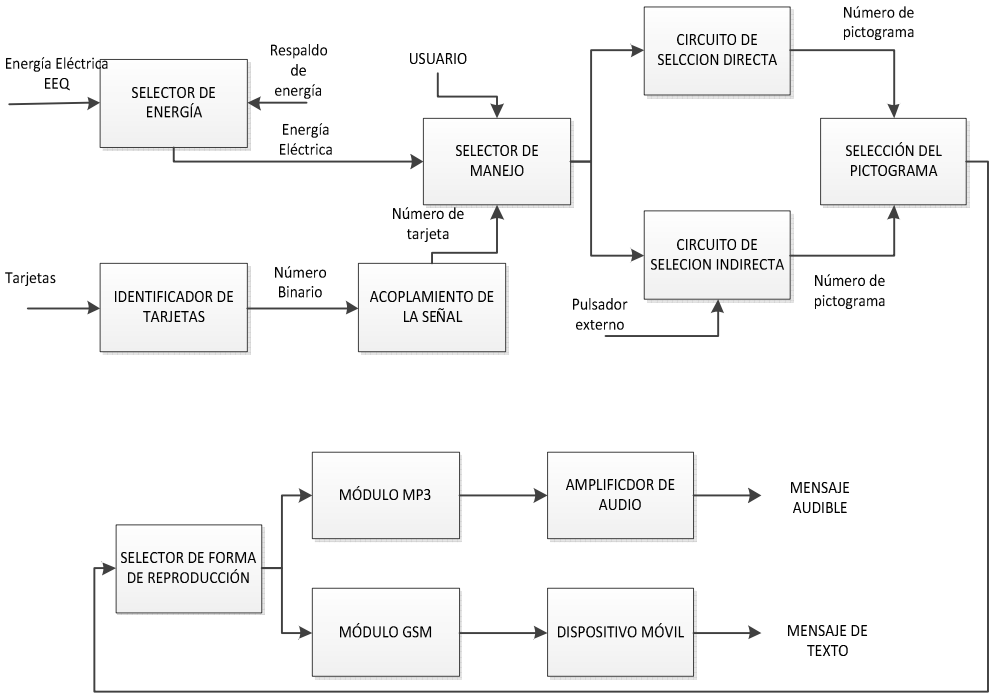


Figura.3. 4. Análisis funcional: Nivel 3

En la siguiente tabla se detallan las señales correspondientes a cada subsistema para la estructuración de los diferentes estados del mismo.

	Función	Señal que recibe	Señal que transmite
Selector de Energía	Seleccionar la procedencia de la energía suministrada al prototipo.	1.- Corriente Alterna suministrada por la Empresa Eléctrica. 2.-Corriente Continua suministrada por baterías recargable.	Voltaje Continuo para el funcionamiento de dispositivos electrónicos y elementos pasivos.
Identificador de Tarjetas	Reconocer las tarjetas insertadas en el prototipo.	Señal binaria de presencia de tarjeta	Código binario de 3 dígitos.
Decodificador de Tarjetas	Interpretar el código binario de las tarjetas	Código binario de 3 dígitos.	Número decimal de tarjeta.
Selector de Manejo	Determinar si el prototipo va a ser manejado de forma directa o de forma indirecta.	1.- Un dígito binario enviado por el usuario . 2.-Energia eléctrica 3.-Número de Tarjeta	Número Binario de selección.
Circuito de Selección Directa	Determinar el número de pictograma seleccionado de forma directa	1.-Señal binaria de Selección 2.- Señal analógica del exterior.	Número decimal asignado a un pictograma.
Circuito de Selección Indirecta	Determinar el número de pictograma seleccionado de forma indirecta	1.-Señal binaria de selección. 2.-señal digital del exterior	Número decimal asignado a un pictograma.
Selección de Pictograma	Determinar el mensaje pregrabado para cada imagen.	Número decimal.	Mensaje pregrabado.
Selector de Forma de	Determinar cómo va a ser trasmitido el mensaje	1.-Mensaje pregrabado	Número Binario de tarjeta.

reproducción		2.- Número Binario de Tarjeta.	
Reproductor de Audio	Reproducción de archivos de audio grabados en una memoria externa.	1.-Número binario de selección 2.-Número de pista	Señal audible
Amplificador de Audio	Amplificar la señal proveniente del módulo MP3	Señal audible	Señal audible Amplificada.
Módulo GSM	Establecer la comunicación del prototipo con un dispositivo móvil previamente asignado.	1.- Número binario de selección. 2.-Mensaje grabado.	Mensaje de Texto.

Tabla 3. 2.Estructura de Subsistemas

3.3 Identificación De Módulos Del Sistema

La identificación de los módulos del sistema está relacionada directamente con la estructura general del sistema, para el siguiente análisis se tomó en cuenta los subsistemas mencionados anteriormente y los requisitos de modularidad.

3.3.1 Módulos funcionales

El siguiente 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.

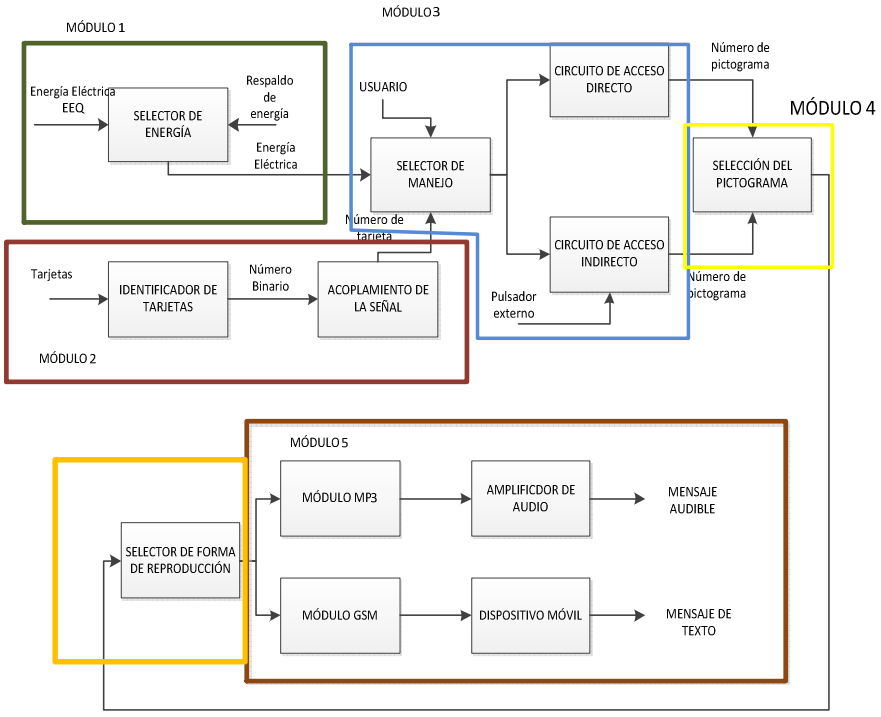


Figura.3. 5. Módulos funcionales del sistema

3.3.2 Soluciones de módulos

3.3.2.1 Solución de módulo 1

El módulo 1 está encargado de proporcionar energía eléctrica al prototipo y debe cumplir las siguientes tareas:

- Conmutación.
- Carga de Batería.
- Monitoreo.

3.3.2.1.1 Conmutación

Esta etapa se encarga de cargar la batería cuando se requiera y proporcionar energía eléctrica al prototipo mientras el proceso de carga está presente. A continuación se presenta los posibles elementos a utilizarse en esta etapa.

Relé: Elemento electromecánico que, al presentar un flujo de corriente en su bobina, acciona un sistema de contactos que permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos. Presenta desgaste mecánico, consumo de corriente alto.

Opto acoplador: Son dispositivos de acoplamiento óptico, que basan su funcionamiento en el paso de la señal de activación mediante un haz luminoso.

3.3.2.1.2 Carga de Batería

Se encarga de cargar las baterías, para lo cual es indispensable conocer qué tipo de baterías serán utilizadas.

- Baterías de Níquel-Cadmio
- Baterías de Níquel-Metal
- Baterías de Litio-Ión

Baterías de Níquel-Cadmio: Son baterías recargables de uso doméstico e industrial. Presentan un efecto memoria, esto implica que las baterías deben ser descargadas y cargadas completamente para prevenir daños.

Baterías de Niquel-Metal: posee una mayor capacidad de carga entre dos y tres veces más que la de una pila de NiCd del mismo tamaño y peso y un menor efecto memoria.

Baterías de Litio-Ion: Posee una elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, junto con la ausencia de efecto memoria o su capacidad para funcionar con un elevado número de ciclos de regeneración. Mayor riesgo de exposición.

3.3.2.1.3 Monitoreo

Se encarga de medir el nivel de tensión de las baterías para su desconexión automática, llevará un registro de temperatura con la finalidad de prevenir sobre calentamiento de las baterías, y un sistema de aviso de carga completa de las baterías. Para lo cual contará con tres etapas.

- Controlador
- Control de Temperatura

- Control de nivel de carga

Controlador: Es el encargado de procesar las señales de temperatura y nivel de carga de las baterías, para monitorear el funcionamiento de las mismas. Las posibles soluciones son:

PIC 16F648A

- Presentación *DIP*18.
- 4K Bytes de memoria programable.
- 256 Bytes de memoria programable EEPROM.
- Costo bajo respecto a microcontroladores ATMEL.
- 16 pines I/O programables (sin reloj externo).
- Reloj externo para mayor precisión de los *timers*.
- 4 ciclos de reloj por instrucción.

PIC 16F873A

- Presentación *DIP*28.
- 128 Bytes de memoria RAM.
- 64 Bytes de memoria programable EEPROM.
- 24 pines I/O programables.
- 4 ciclo de reloj por instrucción.
- ADC 5 canales , 10 bits.

Control de Temperatura: Tiene como objetivo censar la temperatura de las baterías para prevenir algún daño en las mismas. Las posibles soluciones son:

LM35: es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1ºC. Su rango de medición abarca desde -55°C hasta 150°C. La salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV.

Termistor: es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura

Control de nivel de carga: Es el encargado de censar el nivel de voltaje actual de las baterías con la finalidad de desconectarlas al momento de su carga completa. Para lo cual se utilizará un divisor de voltaje y los puertos analógicos del microcontrolador.

3.3.2.2 Solución de módulo 2

El módulo 2 está encargado de la identificación de las tarjetas pictográficas del prototipo y debe cumplir con:

- Reconocimiento de tarjetas.
- Adecuación de la señal.

3.3.2.2.1 Reconocimiento de tarjetas

Las tarjetas pictográficas poseen distintos números, los cuales deben ser identificados mediante códigos binarios insertados en las mismas.

Sensores Electromecánicos: Los sensores pueden ser utilizados como detectores de la presencia de las tarjetas, además si son colocados de forma ordenada pueden ser activados simultáneamente de forma mecánica generando un código binario.

Foto-interruptores de barrera: El sensor está formado de un emisor infrarrojo y un transistor separado por una abertura donde se inserta un elemento que produce el corte de luz, produciendo un cambio en su estado lógico.

3.3.2.2.2 Adecuación de la señal.

La etapa de adecuación tiene como función enviar de forma clara los niveles lógicos obtenidos en la etapa de identificación de las tarjetas, de esta manera se evita que los niveles enviados por los sensores no sean reconocidos como niveles lógicos válidos.

Buffer: la función de un buffer es transferir una tensión de un primer circuito, que tiene un nivel de salida de alta impedancia, a un segundo circuito con un nivel de entrada de baja impedancia.

Schmitt Trigger: Es usado como un comparador que produce niveles lógicos estables mediante una realimentación negativa.

3.3.2.3 Solución de módulo 3

Este módulo tiene como finalidad la identificación de los pictogramas seleccionados. Las funciones que debe cumplir se detallan a continuación:

- Seleccionar el tipo de acceso.
- Proporcionar un acceso directo.
- Proporcionar un acceso indirecto.

3.3.2.3.1 Selección de acceso

La selección de acceso cumple la función de permitir que el usuario seleccione el pictograma de forma directa, es decir con su cuerpo o de forma indirecta mediante un objeto.

3.3.2.3.2 Acceso directo

Permite la selección de los pictogramas de forma directa, es decir que el usuario pueda escoger el pictograma deseado con la ayuda de sus manos dedos, etc.

Teclados: El teclado matricial es la unión de pulsadores ubicados en filas y columnas que las ser presionados envían el valor de la tecla seleccionada. El uso del mismo puede ser de ayuda para la selección de los pictogramas.

Panel Táctil: Son sensores que al ser presionados varían sus características eléctricas. Pueden ser utilizadas como medio de acceso directo hacia un pictograma deseado.

3.3.2.3.3 Acceso Indirecto

Cumple la función de seleccionar un pictograma sin presionarlo de forma directa. Para que el usuario pueda interactuar con el prototipo se plantea el uso de un sistema de barrido de pictogramas.

Sistema de Barrido y Pulsadores: El sistema de barrido consiste en iluminar cada uno de los pictogramas existentes en la tarjeta por un tiempo determinado.

Para la iluminación de cada figura se propone el uso de diodos emisores de luz (LED) en una disposición matricial. La selección de los pictogramas se realizará mediante el uso de un pulsador adaptado a las necesidades del usuario.

3.3.2.4 Solución de módulo 4

La selección del pictograma estará comandada por un micro controlador el cual se encargará del procesamiento de las señales antes mencionadas.

PIC 16F 877A:

- Presentación *DIP*40.
- 8 bits MCU
- 4 K bytes flash
- 368 bytes RAM

PIC 18F 4550:

- Presentación *DIP*40.
- 8 bits MCU
- 32 K bytes flash
- 2K bytes RAM
- USB

DSPIC 30F4013:

- Presentación *DIP*40.

- 16 bits MCU
- 48 K bytes flash
- 2K bytes RAM
- 30 Pines I/O

3.3.2.5 Solución de módulo 5

Este módulo está encargado de la reproducción de los mensajes de forma audible como de forma remota y debe:

- Reproducir pistas de audio.
- Amplificar pistas de audio.
- Enviar mensajes de texto.

3.3.2.5.1 Reproducción de audio

Debe ser capaz de reproducir pistas de audio pregrabadas que estarán relacionadas con los pictogramas.

Módulo MP3 TDB380: permite la reproducción de archivos MP3 pregrabados en una memoria SD mediante una comunicación serial y paralela.

Módulo MP3 WT3301M03: permite la reproducción de archivos MP3 desde una memoria SD. Conexión serial USART.

3.3.2.5.2 Amplificador de audio

Debe amplificar la señal sonora emitida por el reproductor de audio, con la finalidad de escuchar el mensaje pregrabado.

Transistores: Pueden ser utilizados como amplificadores de audio.

Circuitos Integrados: Constituyen la unión varios transistores que garantizan una mejor ganancia de amplificación de audio.

3.3.2.5.3 Enviar mensajes de Texto

Los mensajes de texto serán enviados al teléfono de la persona que asista al usuario del comunicador.

Módulo SIM900-pic: Es comandado mediante comandos AT estándar, presenta una comunicación serial adaptada para funcionar de forma directa con la familia pic de microchip.

Módulo GSM Arduino: Es comandado mediante códigos AT estándar, presenta una estructura adaptable tanto para Arduino Uno como para Arduino Mega.

3.4 PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para la selección de las mejores alternativas para los módulos existentes en el prototipo, se estableció las diferentes alternativas y se describen las ventajas y desventajas de las mismas.

3.4.1 Alternativas de módulo 1.

Funciones	**Soluciones**
Conmutación.	Relé Opto-acoplador
Carga de Batería.	Baterías de Níquel-Cadmio Baterías de Níquel-Cadmio Baterías de Litio-Ion
Monitoreo.	PIC 16F648A *PIC 16F870*

Tabla 3. 3.Módulo 1

3.4.1.1 Conmutación

Parámetro / Elemento	Costo	Corriente	Tamaño	Obtención	Durabilidad
Relé	X	X		X	
Opto-acoplador			X	X	X

Tabla 3. 4.Etapa de Conmutación Módulo 1

El elemento escogido para la etapa de conmutación es el relé ya que presenta ventajas con respecto al opto acoplador en costo y soporte de corriente además de asegurar la conexión y desconexión en la etapa de conmutación.

3.4.1.2 Baterías

Parámetro / Elemento	Costo	Durabilidad	Capacidad	Obtención	Seguridad en carga
Níquel-Cadmio	X			X	
Níquel-Metal			X	X	X
Litio-Ion		X	X		

Tabla 3. 5.Etapa de Carga de baterías Módulo 1

La batería escogida para el prototipo es Níquel-Metal a pesar de que las baterías formadas por la aleación de Litio-Ion son las más óptimas, el peligro de explosión por calentamiento en el período de carga afecta la seguridad para el prototipo y el usuario.

3.4.1.3 Monitoreo

Parámetro / Elemento	Costo	Tamaño	Capacidad	Obtención	Puertos Analógicos
PIC 16F648A	X	X		X	
PIC 16F873A			X	X	X

Tabla 3. 6.Etapa de Monitoreo Módulo 1

El micro controlador a ser usado será el PIC 16F873A ya que posee puertos analógicos suficientes para el proceso de censar la temperatura y voltaje, al ser usado para la medición de carga y temperatura no se necesita gran capacidad de procesamiento.

Para la implementación del módulo 1 se decidió el uso de un microcontrolador PIC 16F873A, baterías de Níquel-Metal y relés porque garantiza una conmutación de los circuitos de carga de baterías, las baterías a utilizarse presentan mayor seguridad al momento de carga y el monitoreo puede ser realizado de buena manera con el micro controlador escogido.

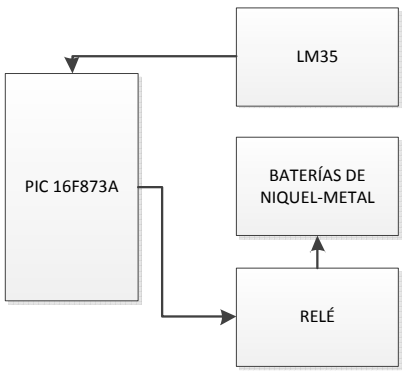


Figura.3. 6. Módulo 1

3.4.2 Alternativas de módulo 2

Funciones	**Soluciones**
Reconocimiento de Tarjetas	-Sensores electromecánicos
	-Sensores Foto-interruptores de barrera
Adecuación de la señal	
	-Buffer
	-Schmitt Trigger

Tabla 3. 7.Módulo 2

3.4.2.1 Reconocimiento de Tarjetas

Parámetro / Elemento	Costo	Corriente	Tamaño	Obtención	Durabilidad
S-Electromecánicos	X			X	
S-Foto-interruptores		X	X	X	X

Tabla 3. 8.Etapa de Reconocimiento de tarjetas módulo 2

Los sensores foto-interruptores de barrera prestan mayores ventajas sobre el uso de los sensores electromecánicos tanto en costo, tamaño y durabilidad. Otra ventaja es la disposición de los sensores la cual facilita su ubicación y uso dentro del prototipo.

3.4.2.2 Adecuación de la señal

Parámetro / Elemento	**Costo**	**Corriente**	**Tamaño**	**Obtención**	**Durabilidad**	**Inversión de Señal**
Buffer	X	X	X	X	X	
Schmitt Trigger		X	X	X	X	X

Tabla 3. 9. Etapa de Adecuación de la señal del módulo 2

El uso de un buffer asegurará que las señales enviadas al controlador sean niveles lógicos aceptables sin la inversión lógica de las mismas.

Alternativa Escogida

Para la implementación del módulo 2 se decidió por el uso de foto-interruptores y buffer ya que presenta las mejores prestaciones en cuanto montaje y confiabilidad de la señal.

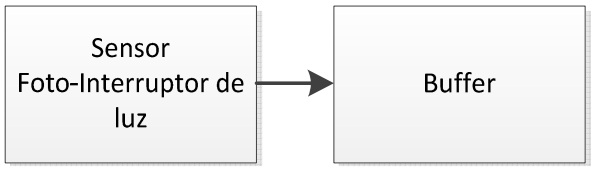


Figura.3. 7.Módulo 2

3.4.3 Alternativas de módulo 3

Funciones	**Soluciones**
Proporcionar un acceso directo.	Teclado Panel Táctil
Proporcionar un acceso indirecto.	Sistema de Barrido y Switch

Tabla 3. 10.Módulo 3

3.4.3.1 Proporcionar un acceso directo

Parámetro / Elemento	*Costo*	*Corriente*	*Tamaño*	*Obtención*	*Durabilidad*	*Circuitos adicionales*	*Fácil Pulsación*
Teclado	X	X		X			
Panel Táctil			X		X	X	X

Tabla 3. 11.Acceso Directo Módulo 3

El uso del panel táctil nos brinda fácil pulsación y un gran tamaño, que son las principales ventajas que deben ser tomada en cuenta, ya que el prototipo es destinado a personas que no poseen una gran fuerza y precisión.

3.4.3.2 Proporcionar un acceso indirecto

La solución planteada para el acceso indirecto es el uso de un sistema de barrido de pictogramas con LEDs ubicados en la parte superior derecha de cada pictograma y el uso de un pulsador para seleccionarlos.

Alternativa Escogida

Para la implementación del módulo 3 se decidió por un panel táctil y un sistema de barrido con pulsador ya que presenta las mejores prestaciones en cuanto montaje y acceso para el usuario.

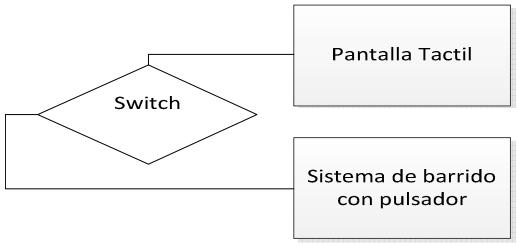


Figura.3. 8. Módulo 3

3.4.4 Alternativas de módulo 4

Elementos / *Parámetros*	*PIC 16F877A*	PIC 18F4550	DsPic 30F4013
Costo	X	X	
Tamaño	X	X	X
Numero de i/o	X	X	
Trans-Serial	X	X	X
Trasn-Usb		X	
Memoria RAM		X	X
Memoria FLASH		X	X
Fácil Uso	X	X	
Compilador	X	X	

Tabla 3. 12. Alternativas Módulo 4

Alternativa Escogida

Para la implementación del módulo 4 se decidió el uso combinado del PIC 16F877A y el PIC 18f4550 ya que presenta las mejores prestaciones en cuanto a capacidad de pines de I/O , memoria Flash suficiente y memoria RAM suficiente .

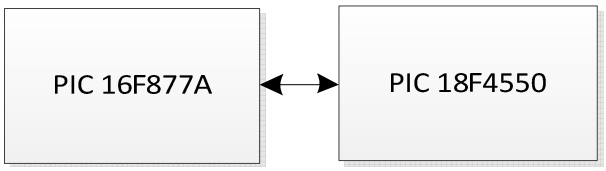


Figura.3. 9. Módulo 4

3.4.5 Alternativas de módulo 5

Funciones	Soluciones
Reproducir pistas de audio.	Módulo MP3 TDB380 Módulo MP3 WT3301M03
Amplificar pistas de audio.	Transistores CI de amplificación
Enviar mensajes de texto.	Módulo SIM900-pic Módulo SIM900-Arduino

Tabla 3. 13.Módulo 5

3.4.5.1 Reproducir pistas de audio

Parámetro / Elemento	**Costo**	**Comunicación -Serial**	**Tamaño**	**Obtención**	**Facilidad**
TDB380 V1	X	X	X		X
WT3301M03	X	X	X	X	

Tabla 3. 14.Etapa de Reproducción de audio módulo 5

El módulo mp3 TDB380 a pesar de ser un módulo destinado para el micro controlador arduino presta gran facilidad de manejo y selección de pistas de audio mediante la transmisión serial.

3.4.5.2 Amplificar pistas de audio

Parámetro / Elemento	***Costo***	***Circuitería***	***Tamaño***	***Obtención***	***Facilidad***
Transistores	X			X	
CI-Amplificador		X	X	X	X

Tabla 3. 15.Etapa de Amplificación de audio módulo 5

El uso de circuitos amplificadores de audio permite reducir la circuitería además garantiza una mejor calidad de amplificación.

3.4.5.3 Enviar mensajes de texto

Parámetro / Elemento	***Costo***	***Corriente***	***Tamaño***	***Obtención***	***Facilidad***
SIM-900-pic	X	X	X		X
SIM-900-ARDUINO				X	X

Tabla 3. 16.Etapa SMS módulo 5

Alternativa Escogida

Para la implementación del módulo 5 se decidió por el uso del módulo MP3 TDB380, un circuito integrado amplificador de audio y el módulo GSM SIM900 ya que presenta las mejores prestaciones en cuanto a facilidad de transmisión de datos para selección de pistas, inmunidad al ruido y calidad de amplificación de audio.

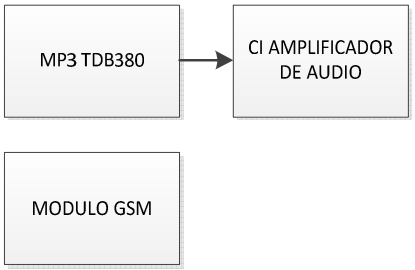


Figura.3. 10 . Módulo 5

3.4.6 Diseño modular del comunicador pictográfico

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

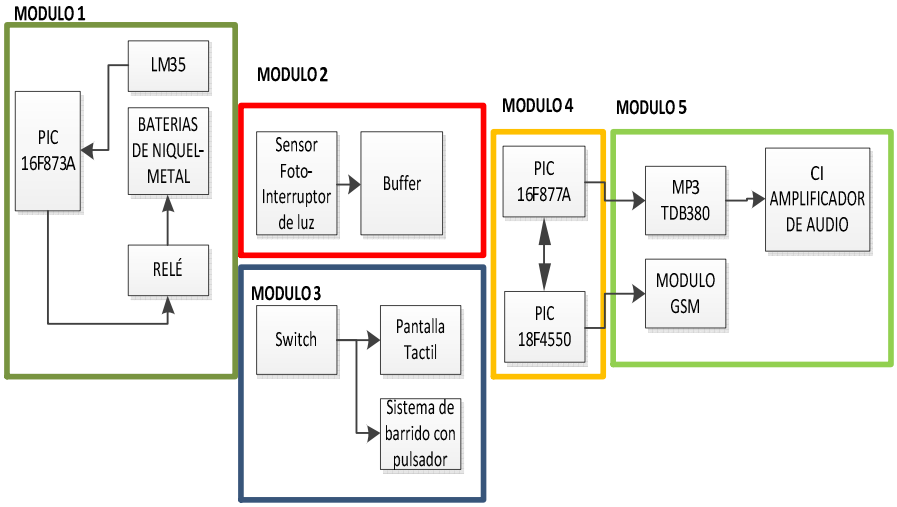


Figura.3. 11 . Diseño conceptual del Prototipo

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

4.1 Hardware

En el presente capítulo se detalla la implementación del prototipo, tomando en cuenta la división en módulos.

4.1.1 Sistema de Energía

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

Como se detalló en el capítulo anterior el sistema de energía corresponde al módulo uno, cuyas funciones son: la conmutación de fuente de energía, carga las baterías y llevar un monitoreo del estado de las baterías.

4.1.1.1 Conmutación de Fuente de energía

Para llevar a cabo la selección de la fuente de alimentación del prototipo se utilizó relés, estos serán los encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente de las distintas fuentes de alimentación.

4.1.1.2 Carga de Baterías

Las baterías seleccionadas para alimentar el dispositivo son de Níquel-Metal-Hidruro (NIMH) de 7.5 v y una corriente igual o superior a 2000mAh para una

mayor autonomía. Estas baterías deben ser cargadas al 10% de su corriente nominal durante un período de 10 o 12 horas. Esto significa que si la batería de 2000 mAh deberíamos cargarla con una corriente de 200 mA durante ese tiempo.

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.4. 1. LM317T

Fuente: www.rkonlinestore.co.uk

Para la regulación de voltaje se dispuso la siguiente configuración que es la recomendada por la hoja técnica del regulador.

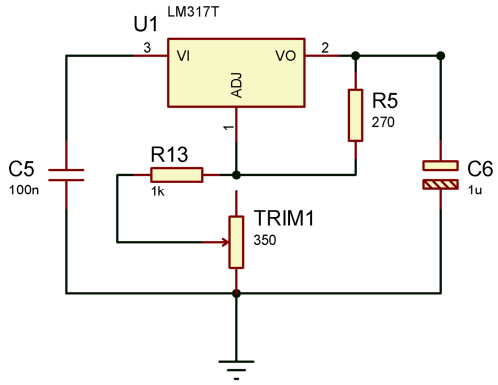


Figura.4. 2.Regulador de Voltaje LM317T

Esta configuración nos brinda una regulación ajustable de 1.2V a 25V el dimensionamiento del sistema depende de las resistencias utilizadas y se rigen a la siguiente ecuación.

$$Vout = 1.25V\left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + IAdj(R2)$$

$$R1 = 270$$

$$V = 16V$$

$$Vout = 8.5$$

$$Iadj = 50\mu A$$

$$8.5 = 1.25\left(1 + \frac{R2}{270}\right) + 50\mu A(R2)$$

$$8.5 = 1.25 + 0.00462R2 + 0.00005R2$$

$$8.5 = 1.25 + 0.00465R2$$

$$R2 = \frac{7.25}{0.00465} = 1.559K\Omega$$

La etapa de regulación de corriente también se la realizó con el regulador LM317T, el circuito permite realizar la carga de las baterías con una corriente constante. El cálculo de R2 se basa en la siguiente ecuación $iout = \frac{Vref}{R2}$ $0.2 < R2 < 120$

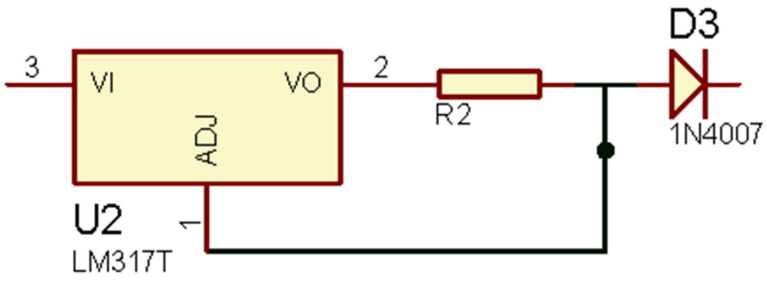


Figura.4. 3.Regulador de corriente

$$iout = \frac{Vref}{R2}$$

$$Vref = 8.5V$$

$$Iout = 200mA$$

$$R2 = \frac{Vref}{Iout} = \frac{8.5}{200mA} = 42.5\Omega$$

4.1.1.3 Monitoreo del sistema de carga

El sistema de monitoreo está a cargo de un microcontrolador PIC 16F870, 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.

Alarma

El módulo emite un aviso visual mediante luces leds indicadoras y sonoro con el uso de un buzzer para indicar el estado de carga del circuito. La activacion de los avisos está a cargo del microcontrolador.

Temperatura

Mediante un circuito integrado LM35 se sensa la temperatura durante la carga de la bateria.El integrado cuenta con 3 terminales, dos de alimentacion y una salida de voltaje analógico, la facilidad que presenta es su factor de escala lineal 10mv/C , con una polarizacion de 4V a 20V.

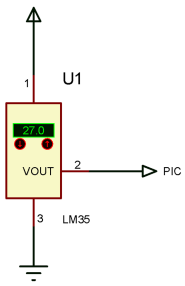


Figura.4. 4.Sensor de Temperatura

4.1.2 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.

SENSOR H21A1

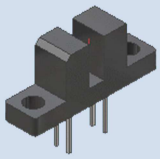
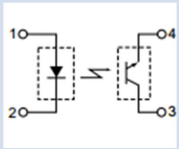
	
Características Diodo Emisor	
Corriente de Funcionamiento	5V
Voltaje de Funcionamiento	20mA
Características Fototransistor	
Voltaje Colector a Emisor	30 V
Voltaje del Emisor a Colector	5V
Corriente por el Colector	2 mA

Tabla 4. 1.Sensor H21A1

La corriente necesaria para encender el diodo emisor infrarrojo es de 20mA y el voltaje es de 5V, por lo tanto se debe colocar una resistencia fija a la entrada de voltaje del diodo emisor con la finalidad de alcanzar la corriente deseada.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5\ V}{20\ mA} = 250\Omega$$

Aplicando la ley de OHM se deduce fácilmente el valor que debe tomar la resistencia a la entrada del diodo emisor.

El fototransistor del sensor H21A1 debe comportarse como un interruptor que permitirá el paso de la corriente, por lo cual debe trabajar en corte y saturación, la corriente que debe circular por el colector del transistor es de 2mA y el voltaje de alimentación es de 5V.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5\ V}{2\ mA} = 2500\Omega = 2{,}5\ \mathrm{k}\Omega$$

Los valores de las resistencias deben ser normalizados a 270Ω y 2.7kΩ.

El acondicionamiento de la señal de la salida del sensor óptico estará a cargo de buffer 7407, la función de un buffer es transferir una tensión de un primer circuito, que tiene un nivel de salida de alta impedancia, a un segundo circuito con un nivel de entrada de baja impedancia. En un buffer de voltaje, la ganancia suele ser 1.

Buffer 7407

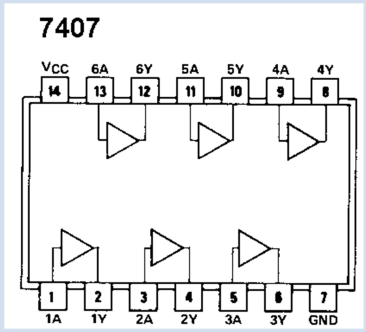
	
Características	
Voltaje de entrada nivel alto	2 V
Voltaje de entada nivel bajo	0.8 V
Corriente de salida nivel alto	0.25 mA
Voltaje de alimentación	5V

Tabla 4. 2.Buffer

El circuito integrado 7407 tiene en su interior 6 buffers a colector abierto por lo que se debe colocar una resistencia conectada a VCC en la salida de cada buffer. El valor de la resistencia se dimensionará tomando en cuenta la corriente de salida del circuito que es de 0.25mA y un voltaje de alimentación de 5V.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5\ V}{0.25\ mA} = 20k\Omega$$

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.

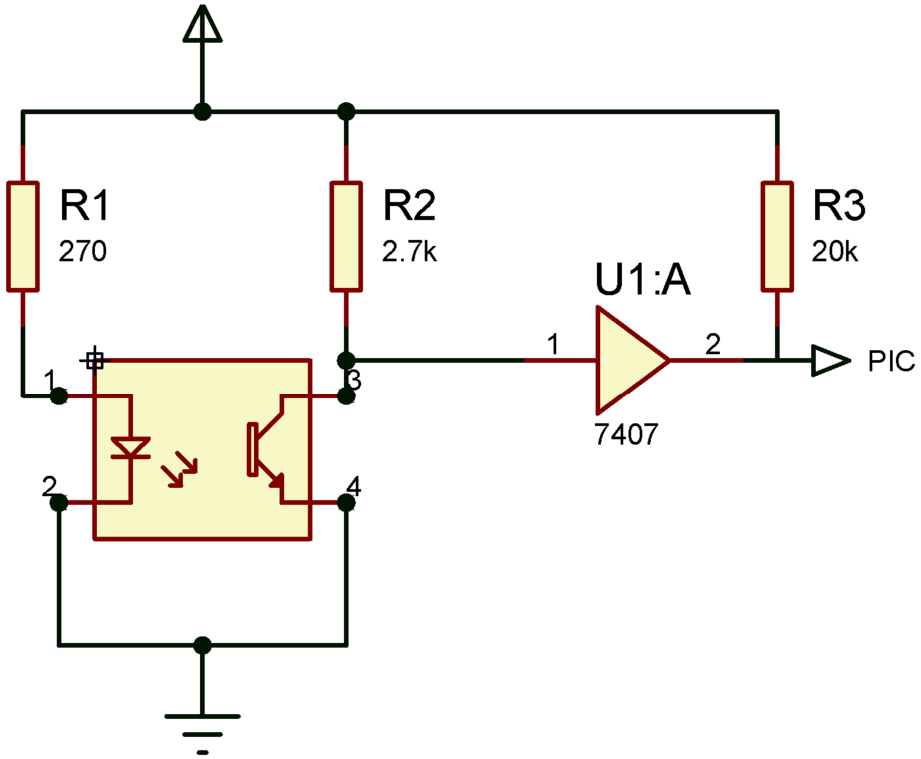


Figura.4. 5. Circuito unitario de identificación de tarjetas

4.1.3 Selector de Pictogramas

La finalidad del módulo de selección de pictogramas 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.

La selección de tipo de acceso está gobernada por un switch que está conectado a un micro controlador, el uso del switch nos permitirá una señal de salida fija en valores de 0v o 5v, por lo que el acceso directo estará representado con el 0v y el acceso indirecto con 5v.

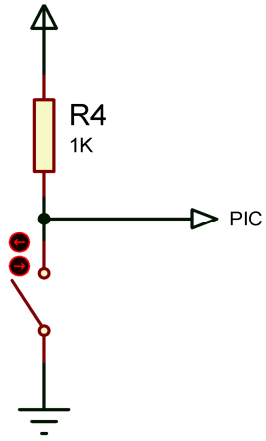


Figura.4. 6.Selector de acceso

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, a continuación se detallan de forma general las características que posee este tipo de tecnología touch.

Un panel táctil resistivo está formado por varias capas. Las más importantes son dos finas capas de material conductor entre las cuales hay una pequeña separación. Cuando algún objeto toca la superficie de la capa exterior, las dos capas conductoras entran en contacto en un punto concreto. De esta forma se produce un cambio en la corriente eléctrica que permite a un controlador calcular la posición del punto en el que se ha tocado la pantalla midiendo la resistencia.

Algunas pantallas pueden medir, aparte de las coordenadas del contacto, la presión que se ha ejercido sobre la misma. Para la detección de las coordenadas de la pantalla táctil se utilizará una agrupación de transistores que elevarán la corriente de las salidas del panel táctil a valores analógicos que puedan ser reconocidos por el micro controlador, este circuito se lo presenta a continuación.

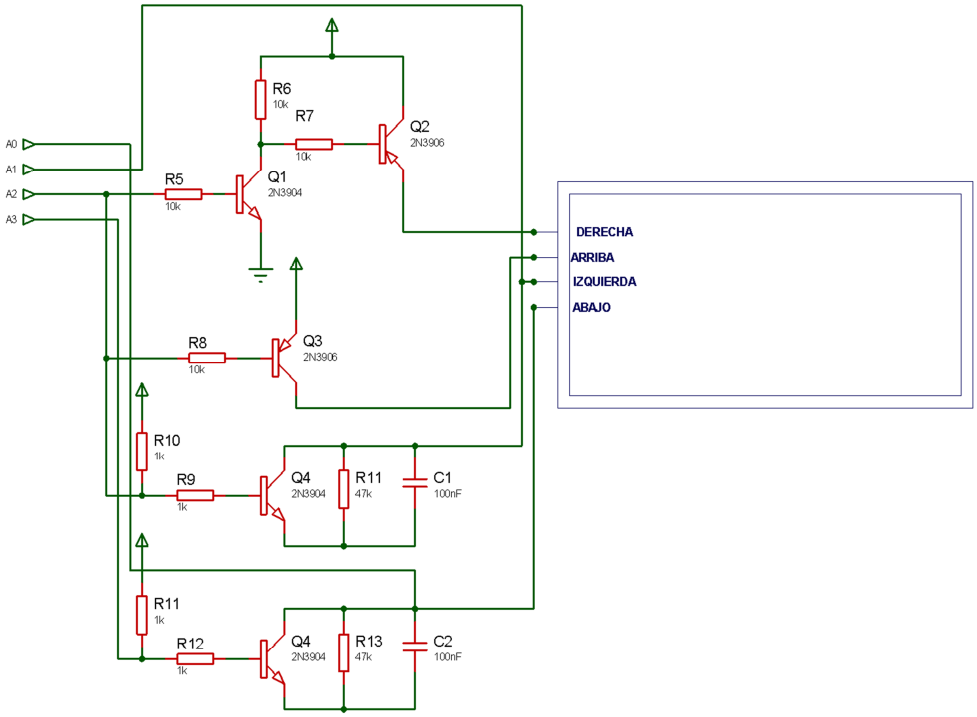


Figura 4. 7.Circuito de control del panel táctil

Como se puede apreciar en la figura 4.7 los dos primeros pines A0 y A1 que provienen el micro controlador, estos pines son los encargados de la lectura de los datos analógicos provenientes del panel táctil, los valores obtenidos proporcionarán la coordenada cartesiana de la ubicación de cualquier pulsación dentro del panel.

Los pines A2 y A3 son salidas digitales que polarizan a los transistores para poder obtener los valores analógicos provenientes de las diferentes capas del panel resistivo.

Acceso Indirecto

Para el acceso indirecto se realizó con un sistema de barrido de luces ubicadas sobre cada pictograma, la iluminación se realizó con LED´s, estos presentan las mejores características para el prototipo ya que poseen una alta

fiabilidad, una vida útil larga, una alta eficiencia y un bajo consumo de corriente.

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.

Para la amplificación de corriente hacia la matriz de barrido se ha seleccionado el transistor 2N3904, el que trabaja en corte y saturación, a continuación se detallan sus principales características.

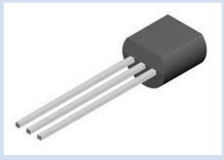
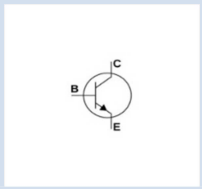
2N3904	
	
Características	
Voltaje de saturación colector emisor	0.2V
Voltaje de saturación base emisor	0.65V
HFE	100
Ic	10mA

Tabla 4. 3.Transistor 2N3904

Para que el transistor trabaje en corte y saturación se debe calcular el valor de la resistencia de base:

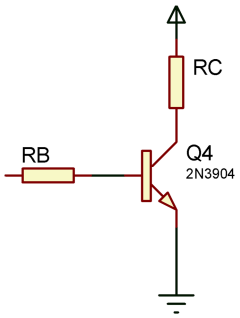


Figura.4. 8.Amplificador de Corriente

$$RB = \frac{Vb}{Ib}$$

$$RB = \frac{Vout - Vbe}{\frac{Ic\ max}{\beta}}$$

$$RB = \frac{5V - 0.65V}{\frac{10mA}{\frac{100}{10}}} = 4.4k\Omega$$

Normalizando la resistencia de base tenemos: Rb = $4.7k\Omega$

$$Rc = \frac{Vc}{Ic}$$

$$Rc = \frac{Vcc - Vce}{Ic}$$

$$Rc = \frac{5V - 0.2V}{10mA} = 480\Omega$$

Normalizando la resistencia de colector tenemos: Rc = 470Ω

Al ser necesario 9 celdas de iluminación se han dispuesto el uso de 3 columnas y 3 filas que serán activadas mediante las salidas digitales del controlador

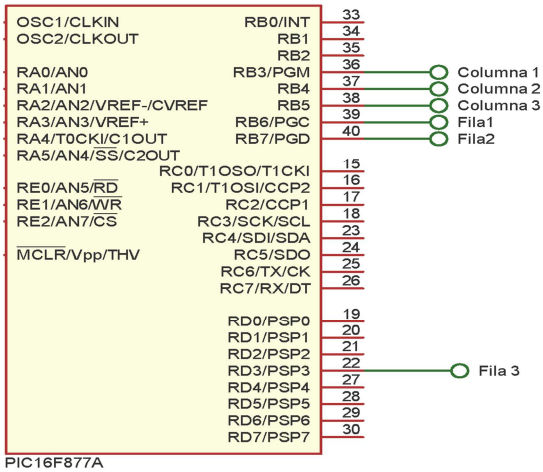


Figura.4. 9.Distribución de pines de control

El circuito de amplificación de corriente destinado a la iluminación del prototipo estará dispuesto de la siguiente manera:

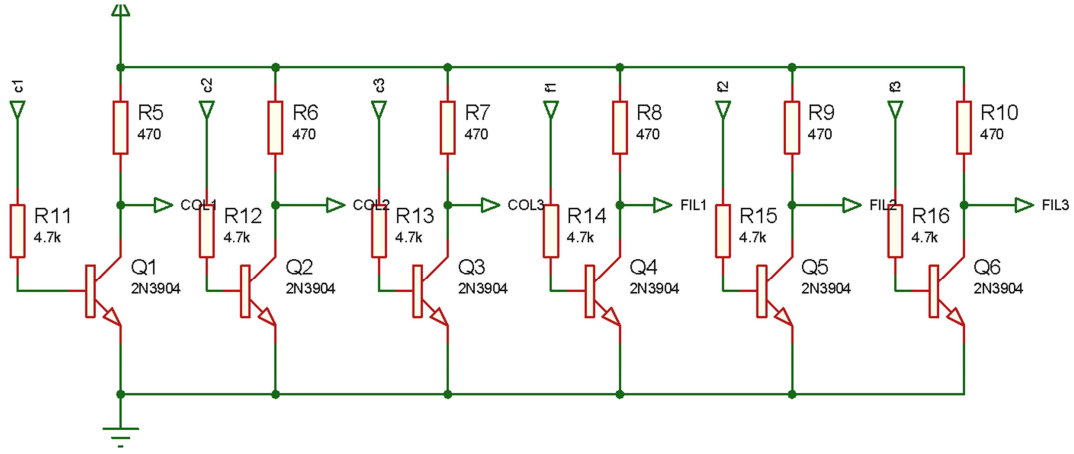


Figura.4. 10.Amplificadores de Corriente

Se colocaron los seis transistores como se muestra en la figura 4.10, los primeros tres están destinados al barrido de las columnas y los tres restantes están destinados al barrido de las filas. La disposición de los diodos se muestra a continuación.

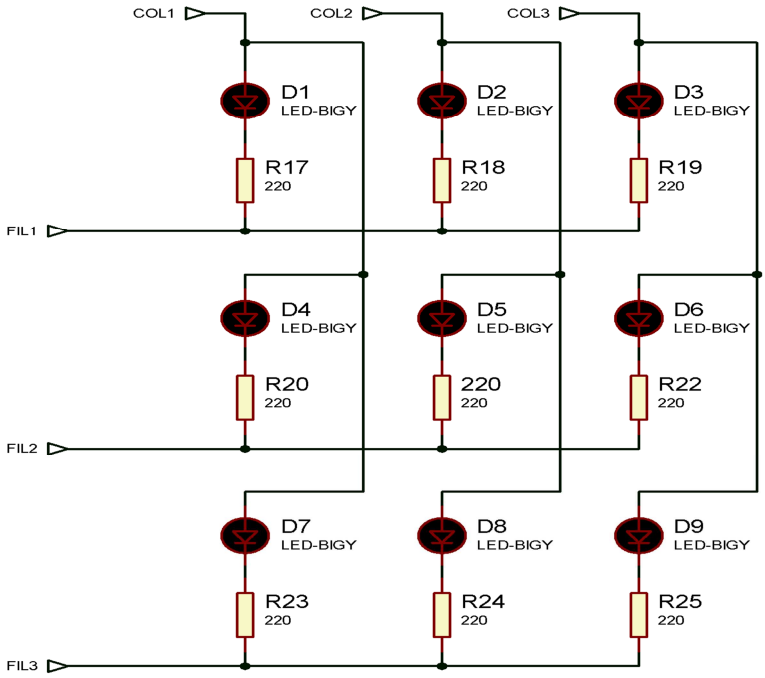


Figura.4. 11.Matriz de LED's

El ánodo de cada uno de los leds está conectado a las columnas directamente, los cátodos están conectados a las filas mediante una resistencia en serie, encargada de limitar la corriente que circula por el diodo emisor de luz.

4.1.4 Controlador

Se denomina micro controlador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieren del procesamiento de datos digitales, manejo de entradas digitales y analógicas.

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógico Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y salida). La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten, mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo.

En el presente proyecto se utilizó microcontroladores PIC de microchip de la serie 16F877A y 18F4550, estos micro controladores son de media y alta gama respectivamente, se ha decidido el uso de los mismos en forma conjunta para aprovechar las prestaciones que cada uno de ellos pueden aportar al desarrollo del prototipo.

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.

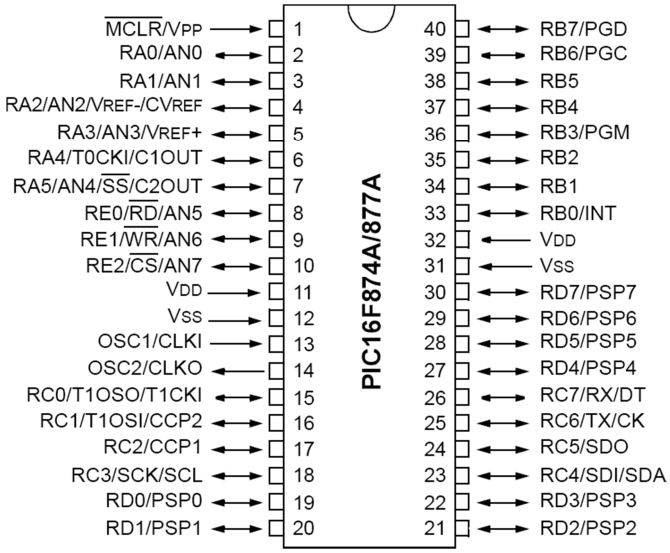


Figura.4. 12.PIC 16F877A

A continuación se detalla la disposición de pines del controlador.

Puerto A

El puerto A del micro controlador 16F877A posee 6 entadas analógicas de las cuales dos serán utilizadas para la lectura de las coordenadas del panel táctil del prototipo.

PORT A0	Entrada analógica – lectura coordenada X
PORT A1	Entrada analógica – lectura coordenada Y

Tabla 4. 4. Entradas Analógicas

En el puerto A4 se ha dispuesto el modo de selección de pictograma, por lo tanto se lo ha configurado como entada digital.

PORT A4	Entrada digital – selector de modo de selección de acceso

Tabla 4. 5.Selector de acceso

El selector de pictogramas también se encuentra conectado al puerto A, se ha asignado como puerto de entrada digital al pin A5

PORT A5	Entrada digital – selector de pictogramas modo indirecto

Tabla 4. 6.Selector indirecto

Puerto B

El puerto B del micro controlador posee 8 pines de entradas y salidas digitales los que se han dispuesto de la siguiente manera:

Las señales de salida de los identificadores de tarjetas estarán conectadas a las primeras entradas digitales del puerto.

PORT B0	Entrada digital - código binario 1
PORT B1	Entrada digital - código binario 2
PORT B2	Entrada digital - código binario 3

Tabla 4. 7.Entrada de código de identificación

Los pines del puerto restantes serán destinados al control del barrido de los pictogramas en modo indirecto.

PORT B3	Salida digital – control columna 1
PORT B4	Salida digital – control columna 2
PORT B5	Salida digital – control columna 3
PORT B6	Salida digital – control fila 1
PORT B7	Salida digital – control fila 2

Tabla 4. 8. Salidas de barrido

Puerto C

El puerto C posee entradas y salidas digitales y de uso múltiple como la transmisión serial, i2c, módulo CCP, salidas PWM y SDA.

Los cuatro primeros pines se dispondrán como salidas digitales utilizadas para la comunicación con el micro controlador 18F4550 que está encargado del almacenamiento y reproducción de mensajes de texto.

PORT C0	Salida digital – dato 1
PORT C1	Salida digital – dato 2
PORT C2	Salida digital – dato 3
PORT C3	Salida digital – dato 4

Tabla 4. 9. Identificador de tarjetas

El pin C5 configurado como entrada digital está conectado al módulo mp3 para conocer el estado de ocupado del mismo.

PORT C5	Entrada digital – control del bussy MP3

Tabla 4. 10.Control de MP3

La transmisión serial entre el micro controlador y el módulo de reproducción MP3 estará a cargo de los pines C6 transmisión y C7 recepción.

PORT C6	Transmisión Serial
PORT C7	Recepción Serial

Tabla 4. 11.Transmisión Serial

Puerto D

El puerto D consta de 8 entadas y salidas digitales las que se han dispuesto casi en su totalidad al manejo de un LCD de 16x2, utilizado para la visualización de las operaciones del prototipo.

PORT D0	Enable LCD
PORT D1	RS LCD
PORT D2	R/W LCD
PORT D4	Dato 4 LCD
PORT D5	Dato 5 LCD
PORT D6	Dato 6 LCD
PORT D7	Dato 7 LCD

Tabla 4. 12. Control LCD

El pin sobrante es utilizado para el control de la fila número 3 del barrido de pictogramas del modo indirecto de selección.

PORT D3	Salida Digital – control fila 3

Tabla 4. 13.Control de Barrido

Puerto E

El puerto posee tres entradas y salidas digitales de las cuales se has utilizado dos para del control de los drivers de la pantalla táctil y una para el control de velocidad del barrido de pictogramas.

PORT E0	Salida Digital – control de pantalla táctil
PORT E1	Salida Digital – control de pantalla táctil
PORT E2	Entrada Digital – selector de velocidad de barrido

Tabla 4. 14.Configuración puerto E

El micro controlador 16F877A necesita un cristal oscilador adicional para desempeñar sus funciones para lo cual se han dispuesto los pines 13 y 14 del

circuito integrado. La selección el cristal de oscilación depende de la velocidad de procesamiento que se requiera, para nuestra aplicación se ha escogido un cristal de 4MHz para trabajar en modo XT, adicionalmente se colocaron capacitores de 15pF conectados a tierra estos valores son los recomendados por el fabricante y se los puede conseguir en el datasheet del micro controlador pág. 146.

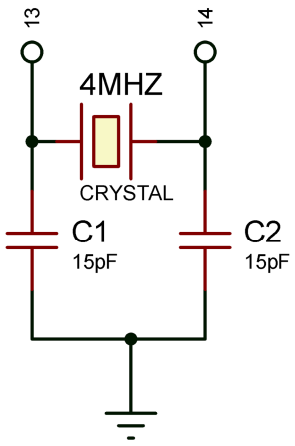


Figura.4. 13.Cristal oscilador

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 nuestro prototipo ya que facilitarán la conexión del mismo con una computadora para el almacenamiento de los mensajes de texto.

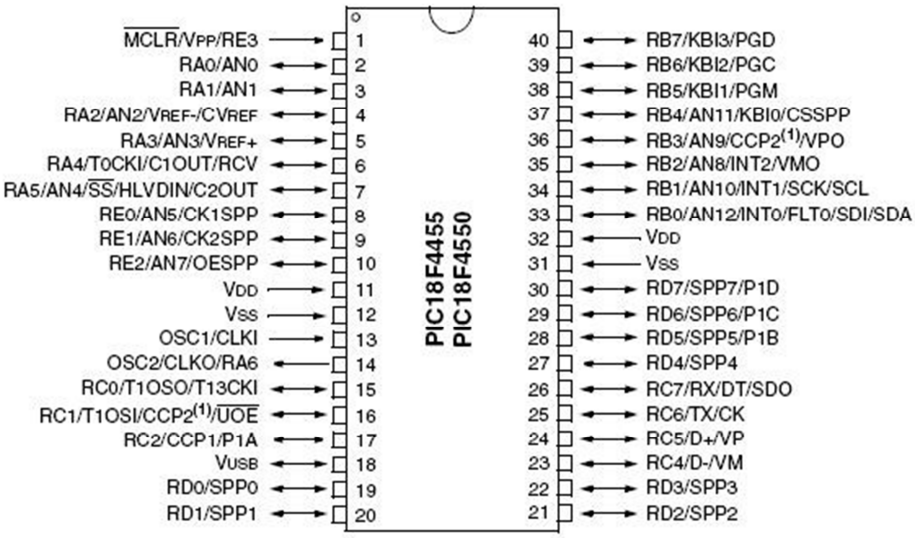


Figura.4. 14.PIC 18F4550

El micro controlador posee un DIP de 40 pines divididos en 5 puertos, la disposición de cada pin se detalla a continuación.

Puerto A

El puerto A posee 6 entradas analógicas y/o digitales, para esta aplicación se configuro 4 entradas de forma digital que estarán conectadas al pic 16F877A para la selección del mensaje de texto a ser enviado.

PORT A0	Entrada digital – dato1
PORT A1	Entrada digital – dato2
PORT A2	Entrada digital – dato3
PORT A3	Entrada digital – dato4

Tabla 4. 15.Configuración de Puerto A PIC 18F4550

Puerto B

El puerto B posee 8 entradas/salidas digitales que se disponen de la siguiente manera.

PORT B2	Salida digital – detector de conexión USB
PORT B3	Entrada digital – decodificador de tarjetas dato 1
PORT B4	Entrada digital – decodificador de tarjetas dato 2

PORT B5	Entrada digital – decodificador de tarjetas dato 3

Tabla 4. 16. Configuración de Puerto B PIC 18F4550

Puerto C

El puerto C posee 8 entrada/salidas digitales y de uso múltiple, entre los usos más comunes de este puerto están la comunicación serial, comunicación USB, comunicación i2c, comunicación SDA. En el proyecto se utilizará la comunicación USB para la conexión entre la PC y el comunicador pictográfico, con la finalidad de almacenar los mensajes de texto y la comunicación serial para el uso del módulo GSM.

PORT C5	Transmisión USB
PORT C4	Transmisión USB
PORT C6	Transmisor serial
PORT C7	Receptor serial
USB	Voltaje de referencia USB

Tabla 4. 17.Configuración Puerto C PIC 18F4550

Puerto D

En el puerto D se ha dispuesto un pin destinado al control de encendido del módulo GSM.

PORT D3	Salida Digital – Encendido módulo GSM

Tabla 4. 18. Configuración Puerto D PIC 18F4550

4.1.5 Reproductor de Mensajes

Este módulo es el encargado de la reproducción de los mensajes audibles y de los mensajes de texto almacenados en el prototipo. Para la reproducción de los mensajes audibles se ha utilizado un módulo TDB380 v1, un amplificador de

audio basado en el circuito integrado LM386 y para los mensajes de texto se ha utilizado el módulo SIM900.

4.1.5.1 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.

Presenta una alimentación variable de 5v a 24v en corriente continua, soporta una tarjeta SD desde 32Mb a 2Gb de capacidad de almacenamiento. La distribución de los pines se muestra a continuación.

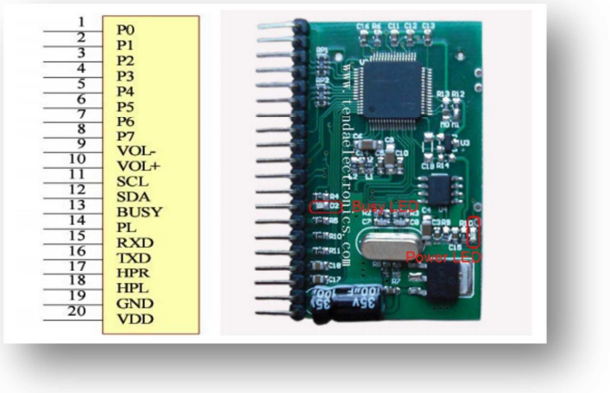


Figura.4. 15.Módulo MP3 TDB380

En la figura 4.16 se muestra la distribución de los pines del módulo TDB380 y el aspecto físico del mismo, el módulo puede ser configurado de diferentes formas la selección de la pista de audio, siendo las utilizados los modos paralelo, serial, randómica o normal.

La comunicación serial entre el módulo de audio y el controlador es la óptima para el funcionamiento del prototipo, ya que permitirá la selección de las pistas de

reproducción de manera rápida y segura. El diagrama de conexión se muestra en la siguiente figura.

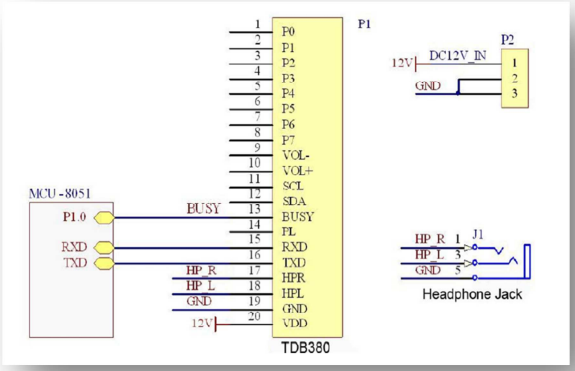


Figura.4. 16.Conexión Serial PIC – módulo MP3

4.1.5.2 Amplificador de Audio

Para la amplificación de audio se ha escogido el circuito integrado LM386 que posee una amplificación monofónica, la amplificación será lo suficientemente alta para poder escuchar las frases seleccionadas en ambientes ruidosos.

El circuito integrado 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 proporciona, 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. No requiere de disipador. El siguiente circuito fue tomado de la hoja técnica del circuito integrado.

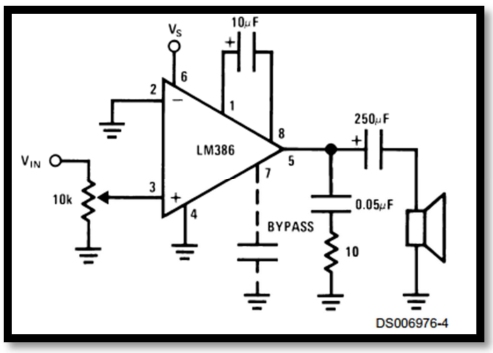


Figura.4. 17.Amplificador de Audio

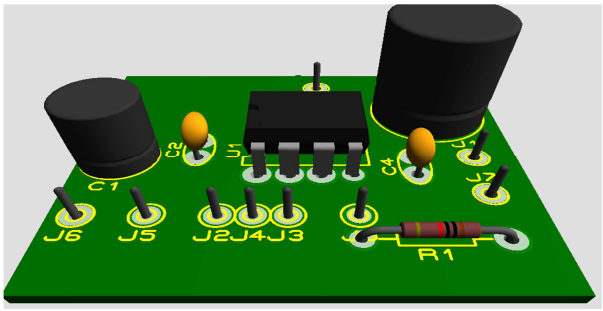


Figura.4. 18.Tarjeta de audio

4.1.5.3 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 en el modo en comparación con la media del mercado. 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.

Características Generales:

• Cuatri Banda 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz

• Clase 1 (1 W @ 1800/1900MHz)

• Dimensiones: 24mm x 24mm x 3mm

• Peso: 3.4gramos

• Control via comandos AT

• SIM application toolkit

• Rango de Alimentación: 3.1 4.8VDC.

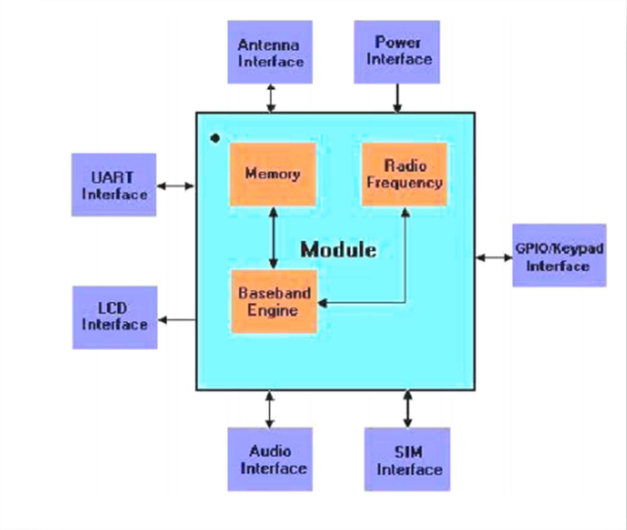


Figura.4. 19.Módulo SIM 900

4.2 Software

En esta sección del capítulo se detalla mediante diagramas de flujo la programación para el manejo de cada uno de los módulos y las características de los protocolos utilizados para la comunicación entre los mismos.

La aplicación en la que se desarrolló la programación para cada uno de los microcontroladores fue PICC CCP, el lenguaje utilizado fue C y el compilador PCW. El software de control está dividido en las siguientes etapas.

4.2.1 Sistema de Energía

Este sistema está controlado por el pic 16F873A, su función principal es asegurar la carga y descarga de la batería, partiendo del estado de batería cargada, el microcontrolador censa la tensión de la misma. Cuando la tensión

decae por debajo de una tensión mínima, previamente fijada, el controlador emite un aviso mediante una luz roja intermitente seguido de señales sonoras.

Si la tensión sigue decreciendo, demorándose la recarga y cae por debajo de un umbral entonces se interrumpe el flujo de potencia hacia el dispositivo por medio de la etapa de conmutación.

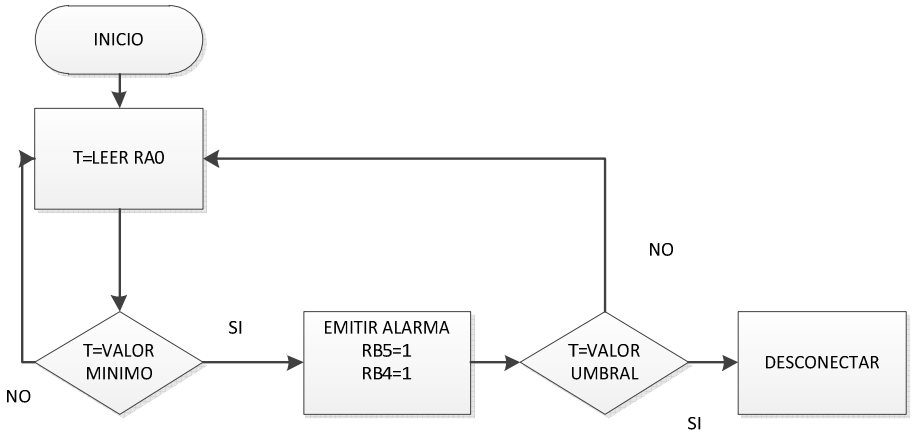


Figura.4. 20.Diagrama de Flujo Descarga

Durante la carga de las baterías, al conectarse el adaptador AC-DC actúa la etapa de regulación permitiendo la carga normal, en esta condición el Pic se encarga de medir tensión máxima, temperatura máxima y la pendiente de carga.

Si la tensión censada supera la tensión máxima predefinida, el microcontrolador acciona la etapa de interrupción de circuito de carga. La misma acción se realiza si se llega a la temperatura máxima definida, la pendiente de carga permite discernir y anticipar exceso de carga.

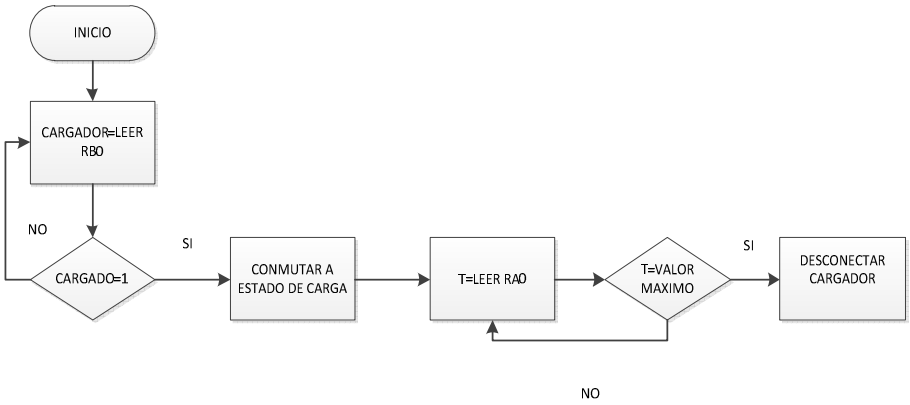


Figura.4. 21.Diagrama de Flujo Carga

4.2.2 Sistema 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:

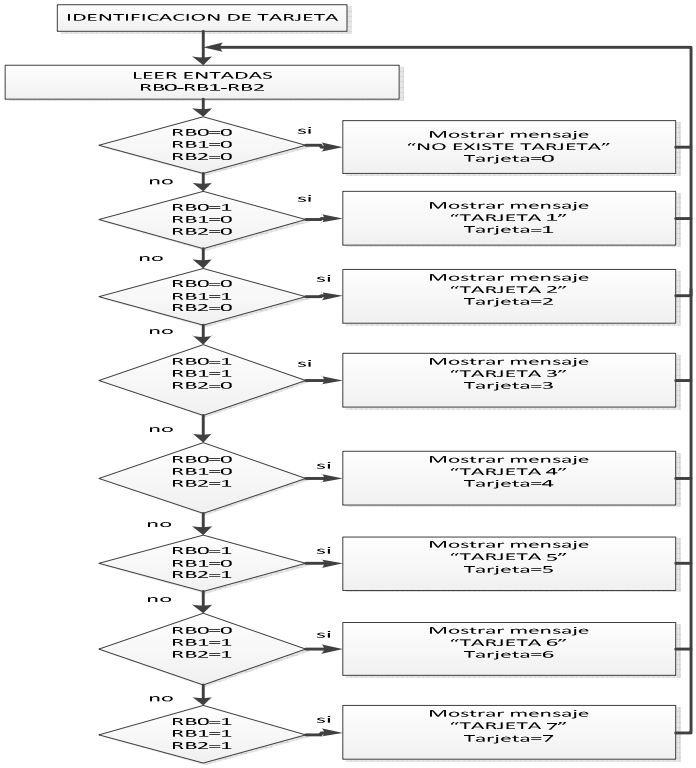


Figura.4. 22.Diagrama de Flujo Identificador de Tarjetas

4.2.3 Selector de Pictogramas

El sistema de selección de pictogramas consta de tres etapas, la selección de modo de acceso, selección directa del pictograma, selección indirecta del pictograma, cada uno de los sistemas serán descritos a continuación.

4.2.3.1 Selección de modo de acceso

El selector de modo de acceso está gobernado por una entrada digital en el microcontrolador 16F877A, el selector permite escoger el modo de trabajo del prototipo.

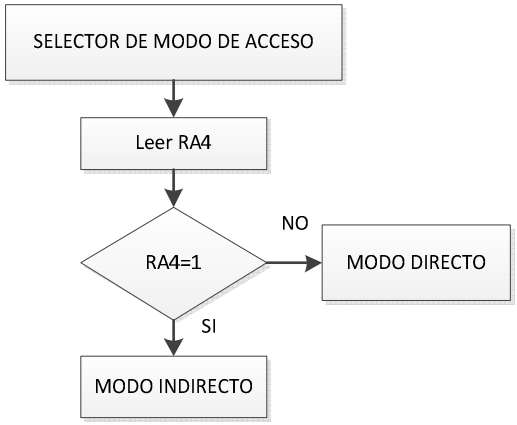


Figura.4. 23.Diagrama de Modo de Acceso

4.2.3.2 Selección de Pictograma 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.

Se configuró el escalador el microcontrolador en 8 bits esto permite obtener valores desde 0 a 255 (valores enteros), el panel tiene una dimensión de 22.5 cm x 17 cm, por tanto si la coordenada en X tiene el valor de 22.5 cm el valor de la lectura de la entrada analógica será 255.

El panel está dividido en 9 casillas de 7.5 cm x 6 cm cada una, a continuación se detallan los valores decimales asignados a cada casilla.

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 4. 19.Distribución Pantalla Táctil

El programa de control del panel táctil se detalla a continuación:

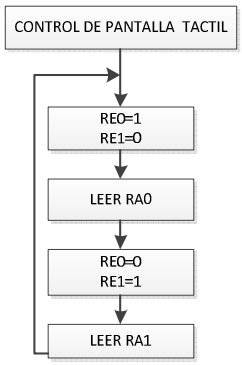


Figura.4. 24.Diagrama de Flujo Manejo Pantalla Táctil

Para asignar la división dentro del panel táctil se utilizó el siguiente algoritmo.

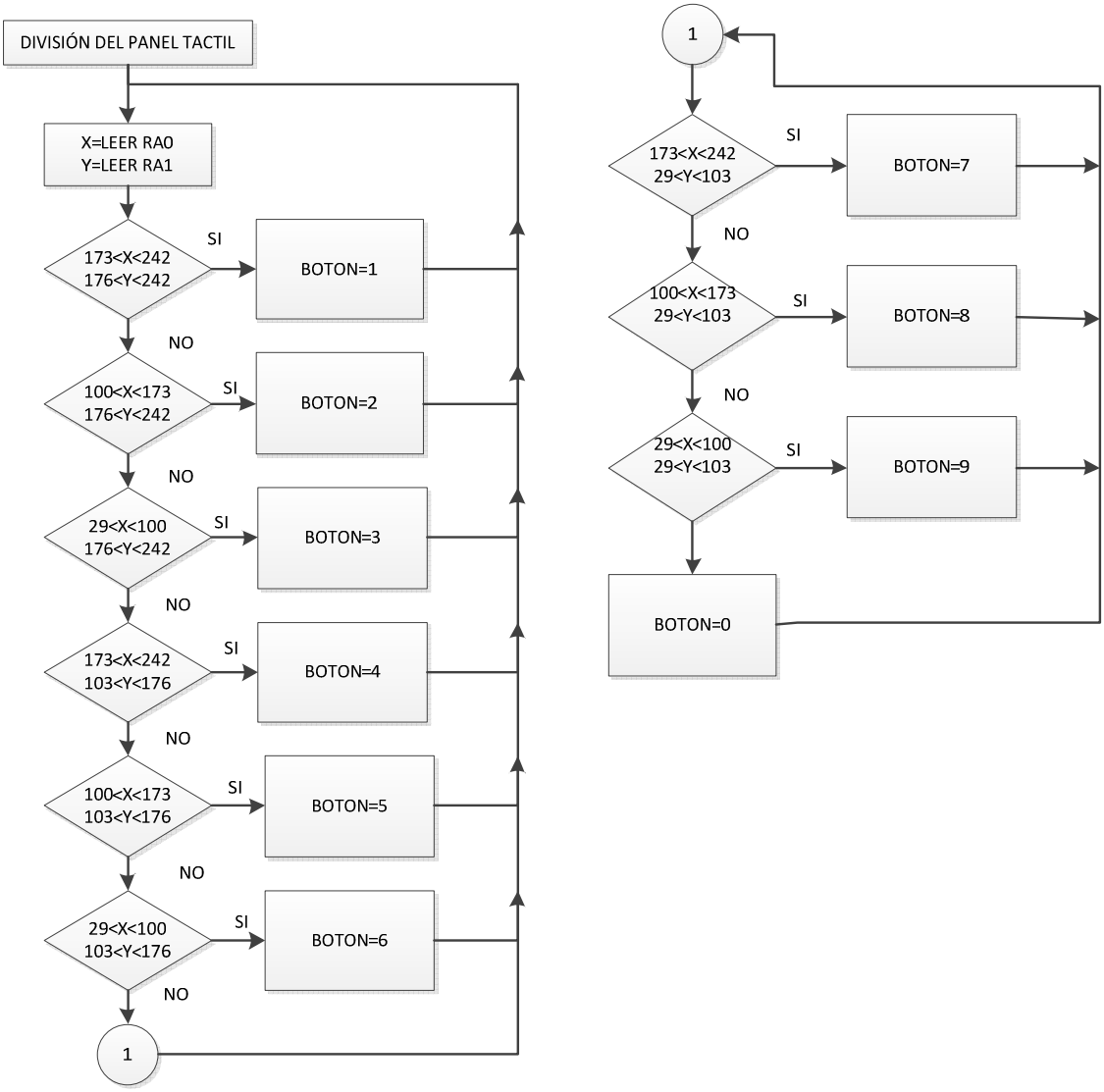


Figura.4. 25.Diagrama de Flujo Asignación de Botones

4.2.3.2 Selección Indirecta

La selección indirecta se realiza mediante un pulsador conectado a una entrada digital del controlador, al presionar el selector 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.

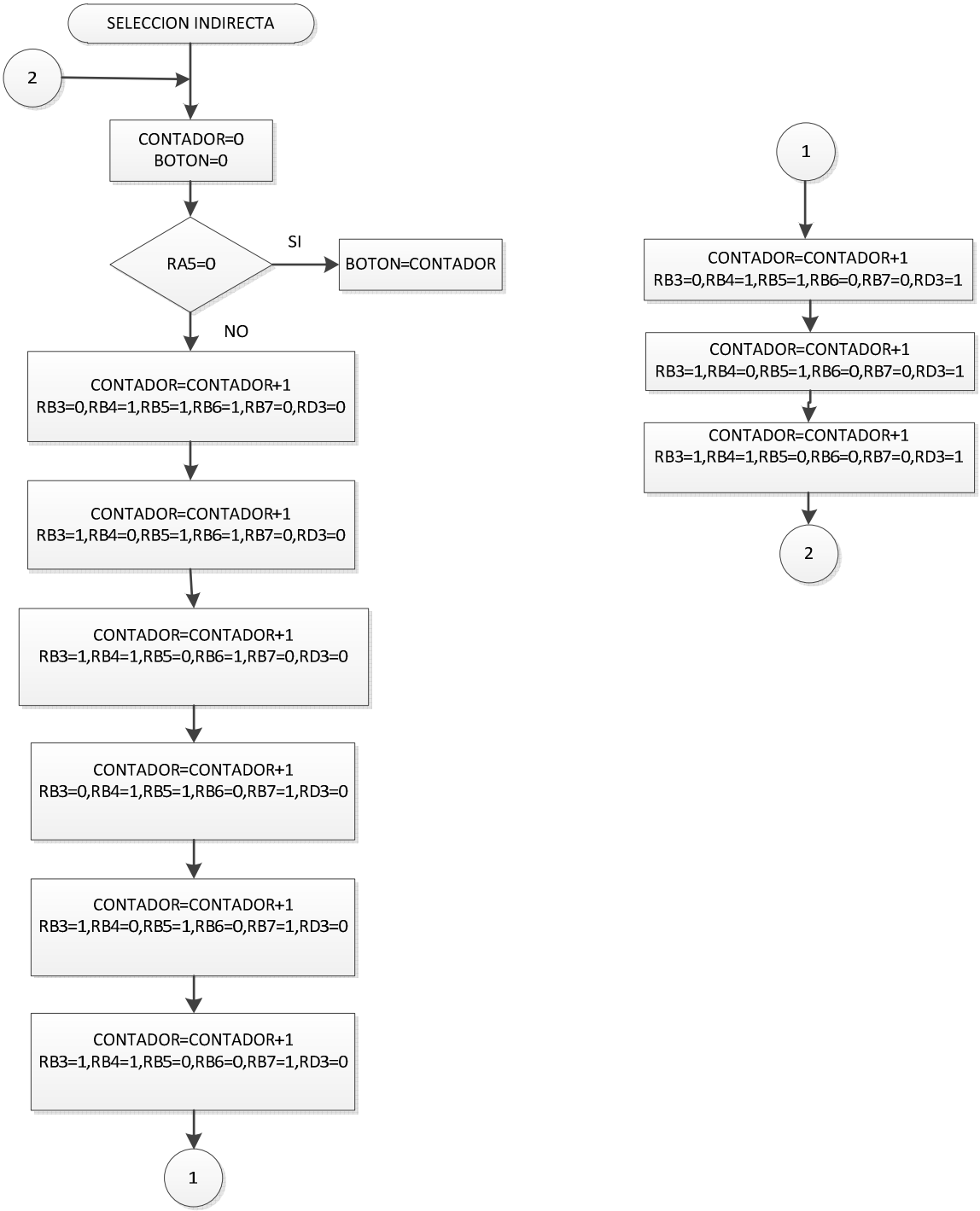


Figura.4. 26.Diagrama de Flujo Acceso Indirecto

La velocidad de barrido de imágenes es variable, se colocaron 4 velocidades diferentes que permitirán variar el tiempo de selección de las imágenes dependiendo del tiempo de respuesta del usuario. El incremento del tiempo de

selección se realiza mediante un pulsador conectado a la entrada digital del PIC16F877A que es leída con ayuda de la interrupción del timer 0.

Esto permite variar el tiempo sin detener el barrido de los pictogramas que se esté ejecutando en ese momento, también permite precargar el tiempo cuando el sistema está en modo directo.

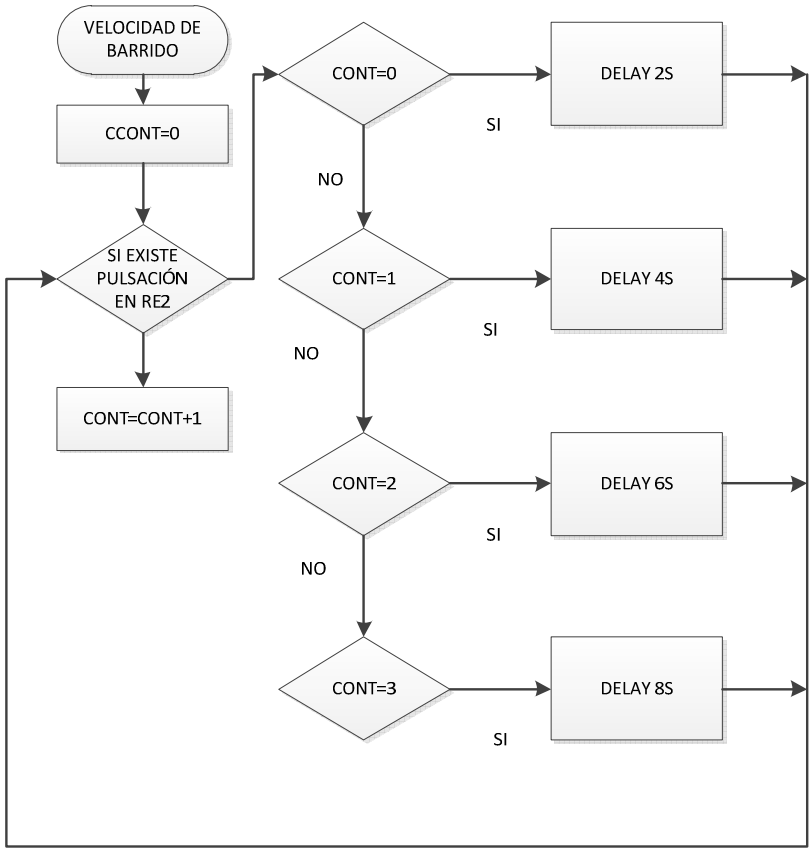


Figura.4. 27.Diagrama de Flujo Selector de Velocidad

4.2.4 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.

El módulo USART del PIC 16F877A tiene la función de transmitir o recibir datos en serie. Esta operación puede dividirse en dos categorías: síncrona o asíncrona. La transmisión síncrona utiliza una señal de reloj y una línea de datos, mientras que la transmisión asíncrona envía la señal del reloj por que el emisor y receptor deben tener relojes con la misma frecuencia y fase.

Para la configuración del USART en el microcontrolador se debe incluir la cabecera #USE RS232 y los parámetros a ser utilizados en la transmisión, cuando se utiliza dispositivos con USART si no se puede alcanzar una taza de baudios dentro de 3% dentro del valor deseado con el reloj actual se produce un error. Los parámetros a configurar serán:

BAUX=X	Velocidad en Baudios
XMIT=PIN	Pin de transmisión
RCV=PIN	Pin de recepción
PARITY=X	Paridad
BITS=X	Número de bits
STOP=X	Número de bits de parada

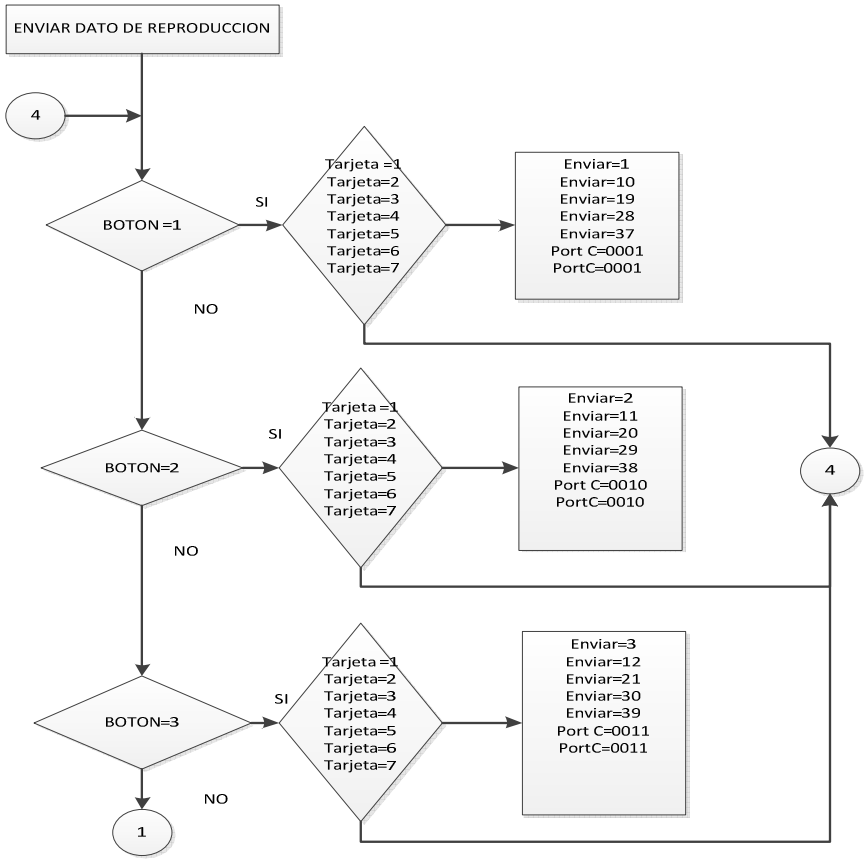
Tabla 4. 20.Configuración Transmisión Serial

La cabecera para la comunicación con el módulo MP3 debe contener los siguientes valores:
USE R232(baud=4800,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8). La velocidad de transmisión es de 4800 bauidos, que es la especificada por el fabricante del reproductor de audio. Los comandos para configuración del módulo se detallan en la siguiente tabla.

Word	Función	Prioridad
000	Reproducción Randomica	Low
001-199	Play pista	Low
200-231	Volumen	High
232	Vol+	High
233	Vol-	High

Tabla 4. 21.Instrucciones del módulo TDB380

Para la inicialización se debe esperar un tiempo de retardo aproximadamente de 20ms, el algoritmo de programación se detalla a continuación.



Continúa…

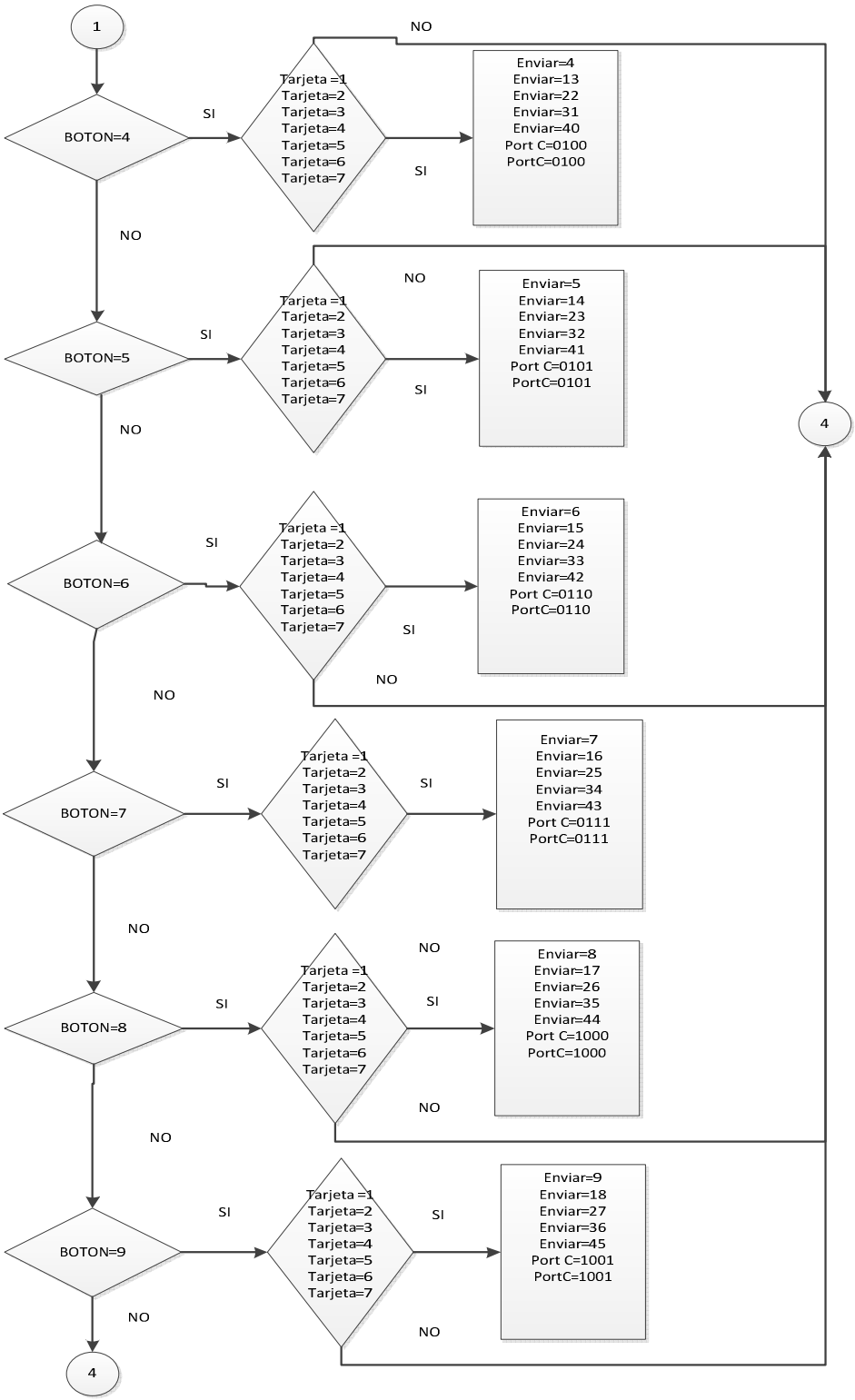


Figura.4. 28.Diagrama de Flujo envío de datos al módulo TDB380

4.2.5 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 estarán a cargo del microcontrolador 18F4550. La etapa de comunicación vía SMS consta de 3 partes, almacenamiento de mensajes de texto, selección de mensaje, comunicación con el módulo SIM900.

4.2.5.1 Almacenamiento de mensajes de texto

Para el almacenamiento de los mensajes se utilizó la memoria eeprom del pic, de esta manera los mensajes no se perderán al apagar el prototipo, los mensajes serán cargados mediante una interfaz de usuario comunicada a través de un puerto USB.

Al usar la configuración USB del microcontrolador se debe tener cuenta la configuración del reloj externo a utilizarse, ya que la declaración del valor del reloj #USE DELAY no siempre es el mismo. Para realizar el cálculo del reloj necesario se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

En el PIC 18F4550 la configuración de fuses va a tener su importancia puesto que de ellos va a depender, entre otros, las frecuencias de reloj que van a ser utilizadas.

```
#fuses HSPLL   //Uso de un crystal oscilador >4 MHz usando el PLL
#fuses NOWDT   //No habilitación de reset por watchdog
#fuses NOLVP   //Inhabilitación de programación a bajo voltaje
#fuses USBDIV  //Clock del módulo USB se tomará del PLL/2 (48MHz)
#fuses PLL5        //La frecuencia se dividirá por 5 en el PLL
```

#fuses CPUDIV1 //El clock para el procesador es de 96 MHz del PLL div 2
#fuses VREGEN //Habilita regulador 3,3 voltios para el módulo USB

El objetivo es obtener 48 MHz en el módulo USB por mediación del PLL. Esta frecuencia no tiene que coincidir con la del cristal externo empleado. Al observar en el diagrama de bloques interno representado del PIC18F4550. Se debe conseguir obligatoriamente 4 MHz a la salida del MUX controlado por PLLDIV. El prototipo emplea un cristal de 20MHz se debe dividir por 5 esta frecuencia para obtener los 4 MHz. Esto se consigue mediante el fuse PLL5.

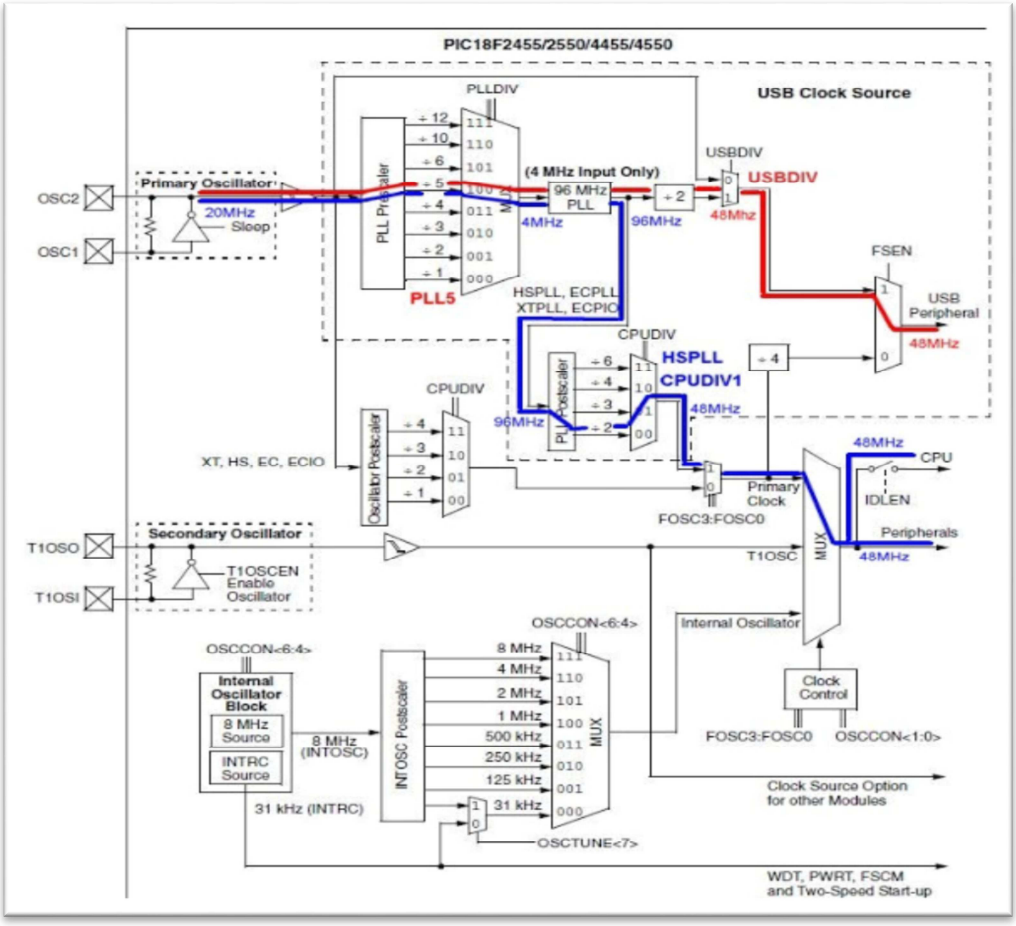


Figura.4. 29.Diagrama de Selección de oscilador

Siguiendo el diagrama se observa que los 4 MHz obtenidos se transforman en 96MHz que a continuación son divididos por 2 obteniendo 48 MHz. Con la

configuración del fuse USBDIV1 se indica que los 48MHz obtenidos del PLL son utilizados por el módulo USB. Es importante aclarar que se puede emplear directamente la frecuencia de un cristal de 48MHz con NOUSBDIV.

Una vez configurado el clock del módulo USB, se debe proceder a configurar el clock del resto de módulos del procesador. Igual que para el USB se obtiene el clock del módulo PLL.

Por tanto el reloj externo a utilizarse de 20MHz pero la en la configuración interna del controlador se reconoce un cristal de 48MHz. Se puede comprobar estos valores en las tablas del datasheet del pic 18F4550.

Se debe establecer las diferentes clases de comunicación que existen para la comunicación USB. Una clase específica el modelo o plantilla que describe el estado y el comportamiento de los objetos que lo comparten. Las clases más utilizadas con microcontroladores en la comunicación USB son:

HID (*Human Interface Device*): Para los dispositivos que utilizan esta clase de comunicación, no se requiere ningún driver específico, ya que éste se encuentra almacenado en el sistema operativo.

MSD (*Mass Storage Device Class*): Utilizado por dispositivos de almacenamiento masivo como: Pendrives, Camaras discos duros etc. Utiliza transferencias del tipo de control, bulk y por interrupción. No se requieren drivers para utilizar esta clase, ya que se encuentra en la siguiente ruta: "*C:\Windows\System32\Drivers\usbstor.sys".*

CDC (*Communications Device Class*): Esta es la clase más utilizada para la comunicación entre PIC-PC. Esta clase convierte el enlace USB en una transmisión Serial, por lo que en la PC se observará un puerto COM de tal manera que la comunicación se puede hacer a través del Hyperterminal de Windows. Para usar esta clase, se requiere un archivo .INF el cual será usado por

el PC para instalar el controlador del dispositivo, además se requieren las librerías para el microcontrolador, utilizando el lenguaje de programación ANSI C se necesitan las librerías ”*usb_desc_cdc.h*” y “usb_cdc.h” las cuales vienen incluidas en el paquete de drivers del CCS.

Para comunicar el prototipo se utilizó el modo CDC, para implementar esta comunicación, es importante cambiar los valores del VID y PID ubicados en el archivo .inf y la librería ”*usb_desc_cdc.h*“, los valores utilizados son: VID: *0x04D8*, PID:*0×0011* . Es necesario incluir solo la librería “*usb_cdc.h*“, ya que ésta incluye la otra librería faltante.

El proceso de inicialización de la comunicación CDC se presenta en el siguiente diagrama:

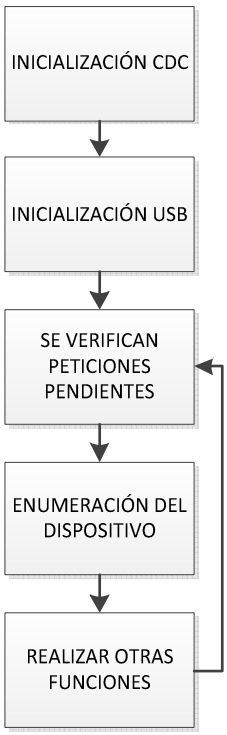


Figura.4. 30.Diagrama de Flujo Inicialización de CDC

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 serán 18 más el número telefónico de la persona que asiste al usuario.

4.2.5.1.1 Interfaz

Visual Studio 2010 es una de las versiones más recientes de esta herramienta, entre sus más destacables características, se encuentran la capacidad para utilizar múltiples monitores, así como la posibilidad de desacoplar las ventanas de su sitio original y acoplarlas en otros sitios de la interfaz de trabajo y su lenguaje de programación es orientado a objetos.

La interfaz realizada en Visual Basic 2010 se limita a la configuración de los mensajes de texto del comunicador pictográfico, mediante el uso de la misma se permite cargar 18 mensajes de 11 caracteres y un número celular al que se destinarán los mensajes de texto.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:

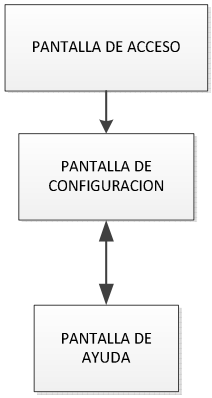


Figura.4. 31.Distribución de Pantallas

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.4. 32.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 y la sección de envío (3) consta de un botón que carga los mensajes hacia el prototipo. La siguiente imagen muestra cada una de las secciones mencionadas.

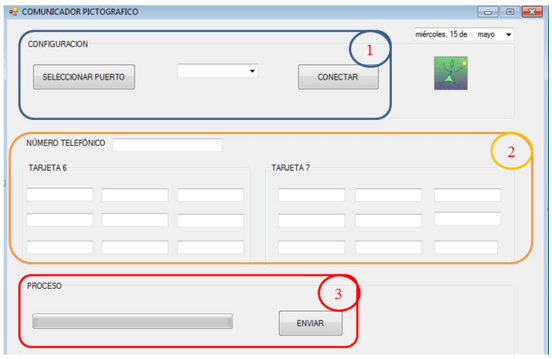


Figura.4. 33.Pantalla de Configuración

Sección de Configuración

Selección del puerto: Para realizar este proceso el sistema debe buscar los puertos disponibles en el computador, una vez encontrados, se debe escoger el puerto de conexión indicado, si el puerto se encuentra libre se habilita la sección de carga caso contrario se produce un error.

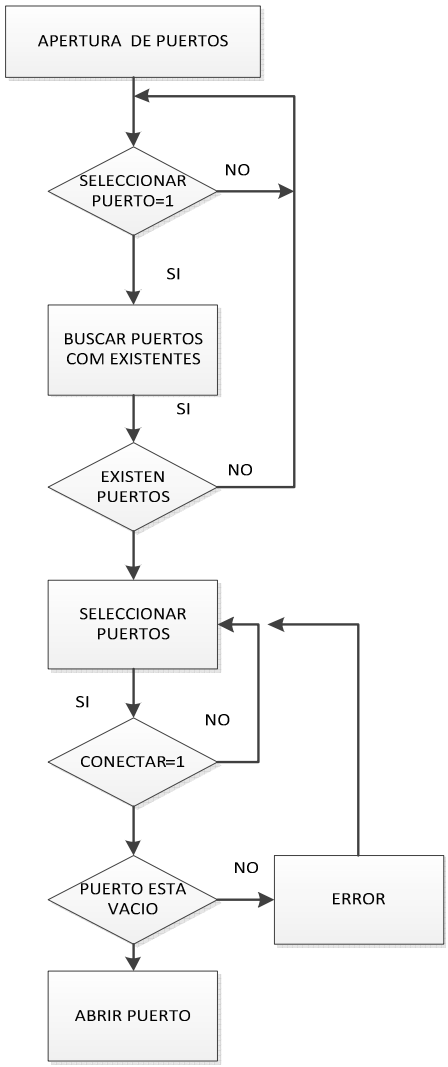


Figura.4. 34.Diagrama de Flujo de Selección de Puertos

Sección de carga: Se deben llenar los espacios con palabras de hasta 11 caracteres cada una con las acciones que se desean transmitir desde el comunicador pictográfico, de igual forma se debe ingresar el número de teléfono celular.

Sección de envió: Envía los mensajes guardados hacia el comunicador mediante el puerto seleccionado en la etapa de configuración, los mensajes son enviados anteponiendo una letra mayúscula y finalizando con *.

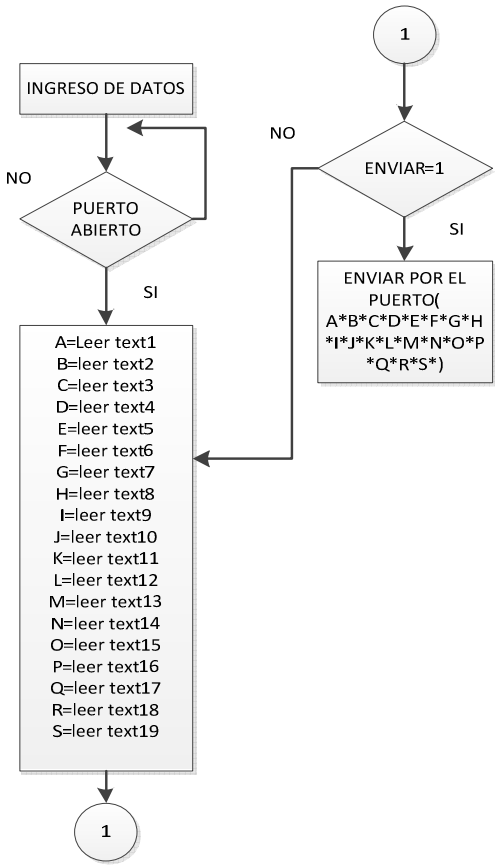


Figura.4. 35.Diagrama de Flujo de envío de datos

La pantalla de ayuda permite la selección del manual de usuario del prototipo mediante un hipervínculo que permite cargar un archivo pdf en la interfaz de Visual Basic.

4.2.5.2 Recepción de Datos en el Prototipo

La recepción de datos en el microcontrolador se realiza mediante la lectura del buffer de entrada de la comunicación USB y controlado por la interrupción de transmisor para ser almacenados en la memoria no volátil del microcontrolador como se detalla en el siguiente diagrama de flujo.

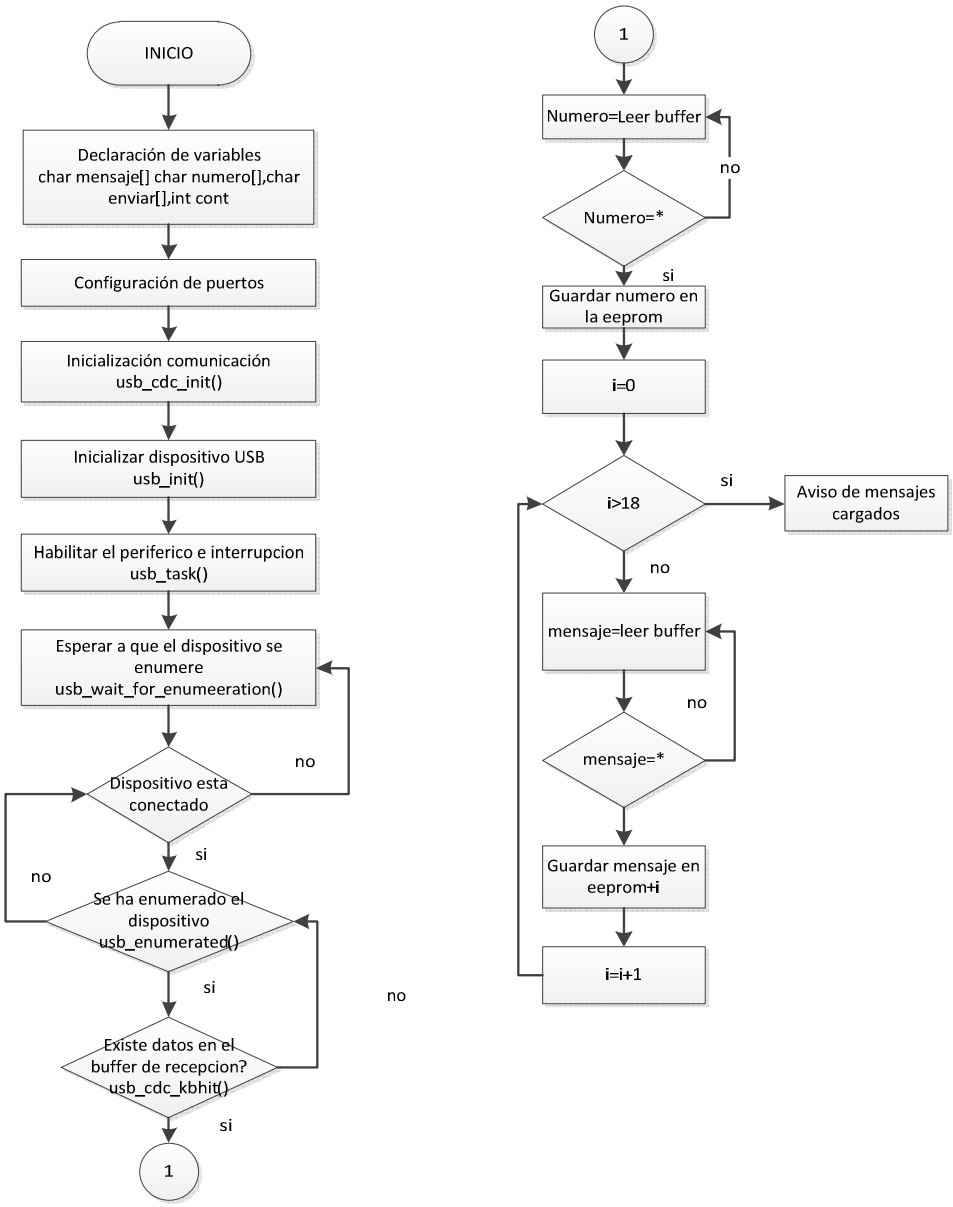
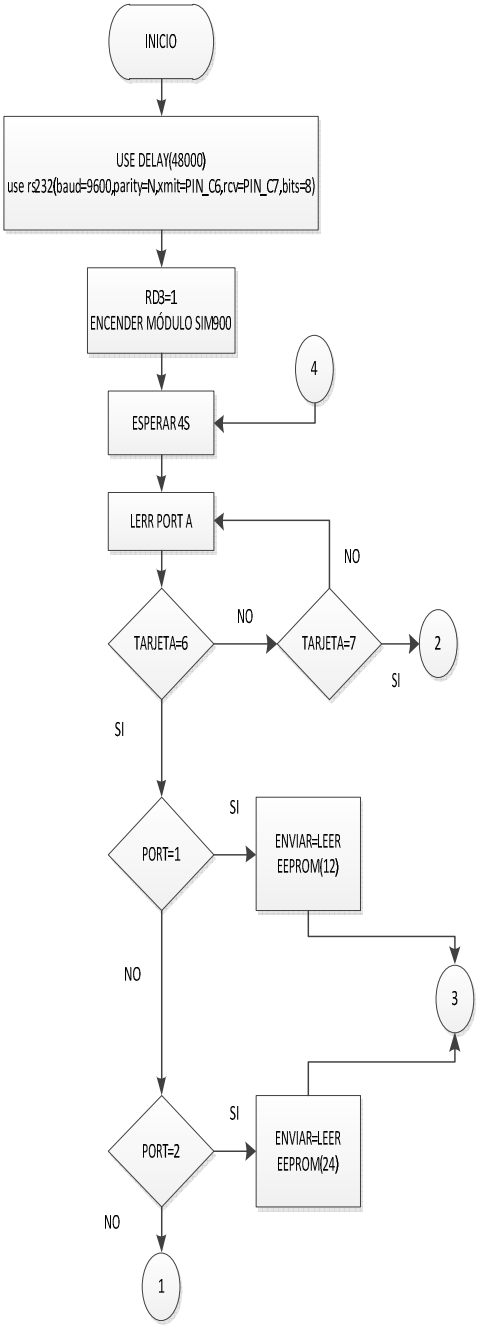


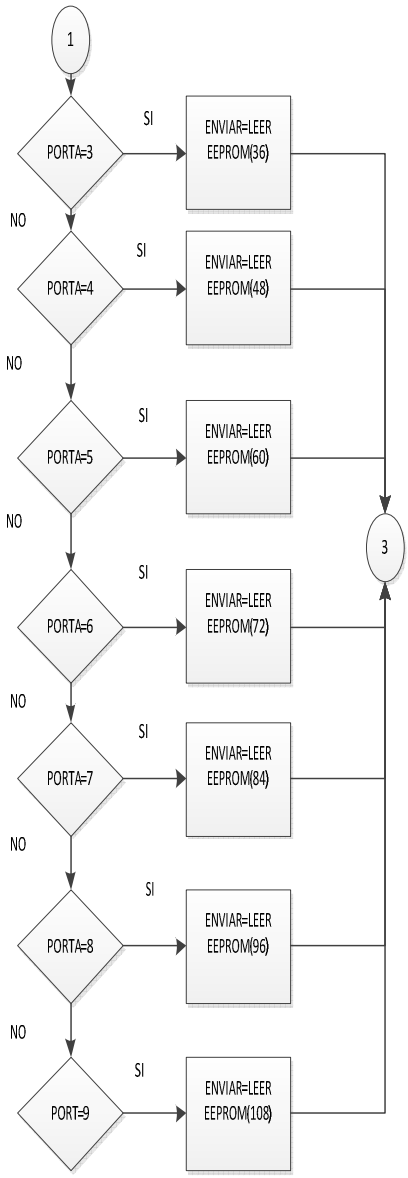
Figura.4. 36.Diagrama de Flujo de almacenamiento de mensajes

4.2.5.3 Comunicación con SIM900

La comunicación con el módulo GSM se realiza mediante los pines de transmisión serial del microcontrolador, por lo tanto se debe declarar la velocidad de transmisión de datos, número de bits de datos, bit de parada y paridad.

El módulo SIM900 consta con un sistema de auto detección de velocidad de transmisión, para ser activado deber enviarse el carácter A y esperar aproximadamente 200ms, el proceso de comunicación se detalla a continuación.





Continúa…

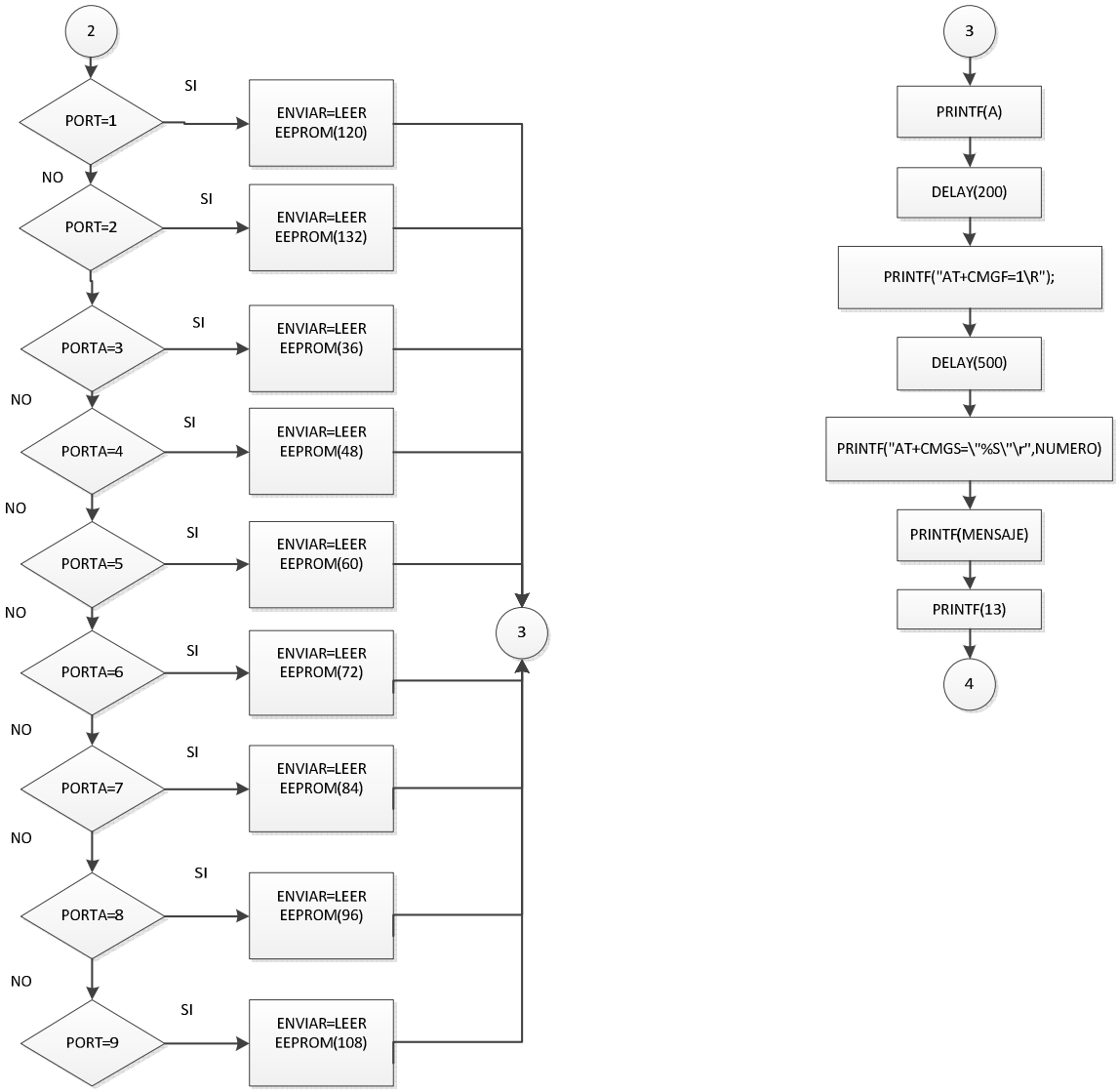


Figura.4. 37.Diagrama de Flujo Comunicación con SIM900

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se detallan las pruebas de funcionamiento realizadas al tablero de comunicación alternativo aumentativo, evaluando cada uno de los módulos que conforman el prototipo tales como suministro de energía, reproducción de audio, acceso y comunicación remota.

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

5.1 Pruebas de Funcionamiento

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.

5.1.1 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 5. 1.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.

$$Tiempo\ de\ Autonomia = \frac{Capacidad\ de\ Bateria\ (mAh)}{Corriente\ Consumida\ mA}$$

$$Tiempo\ de\ Autonomia = \frac{2500mAh}{394.04\ mAh}$$

$$Tiempo\ de\ Autonomia = 6.34\ horas$$

Para evaluar la autonomía real del dispositivo de 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.

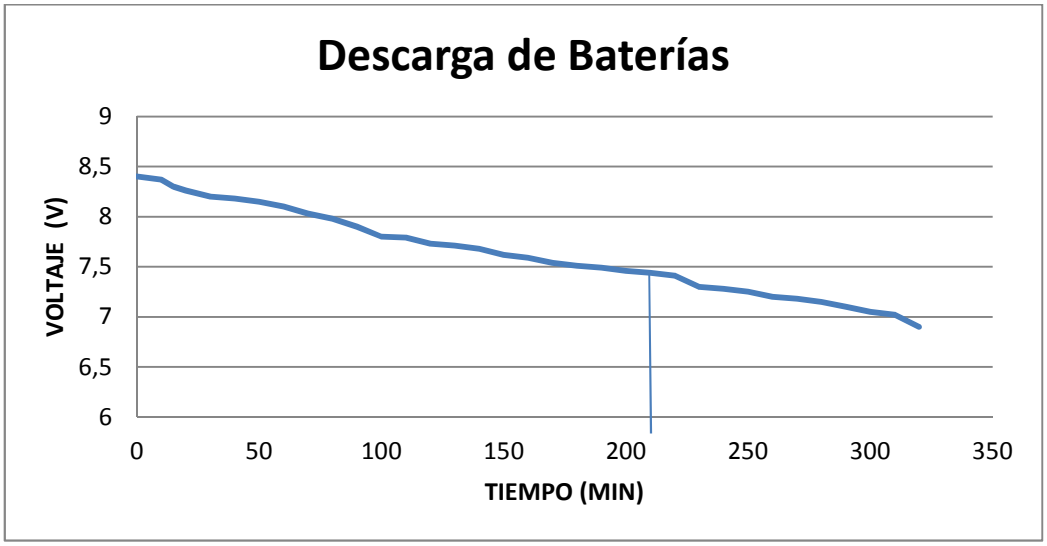


Figura 5. 1. Descarga de Baterías

En la figura 5.1 se pude 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.

Para hallar el tiempo aproximado de carga se debe tomar en cuenta los parámetros de carga de las baterías y el tipo de carga que se realiza. Los tipos de carga son: lento, rápido y súper rápida .El dispositivo está configurado para realizar su carga con una corriente de 250mA aproximadamente.

Para determinar el modo de carga de las baterías se toma en cuenta la constante de intensidad de corriente de carga ki la cual se calcula de la siguiente manera.

$$ki = \frac{Capacidad\ de\ baterias\ (Cb)}{Corriente\ de\ carga\ (Ir)}$$

$$ki = \frac{300mA}{2500mA}$$

$$ki = 0.12$$

La constante de carga se encuentra entre 0.1 a 0.2, valores que indican una carga lenta que por lo general dura de 12 a 15 horas con las baterías totalmente descargadas. Para determinar el tiempo aproximado de carga de las baterías se tomará en cuenta un tiempo máximo y mínimo usando un ki máximo de 0.2 en la siguiente ecuación.

$$tiempo\ de\ carga\ \ máximo(Trmax) = \frac{1.6}{ki}$$

$$Tr\ max = \frac{1.6}{0.2} = 8\ horas$$

$$Tr\ min = \frac{1.4}{0.2} = 7\ horas$$

Para evaluar la carga se realizó un muestreo del voltaje de las baterías tomado en períodos de 5 min para conocer el tiempo de carga real de las baterías.

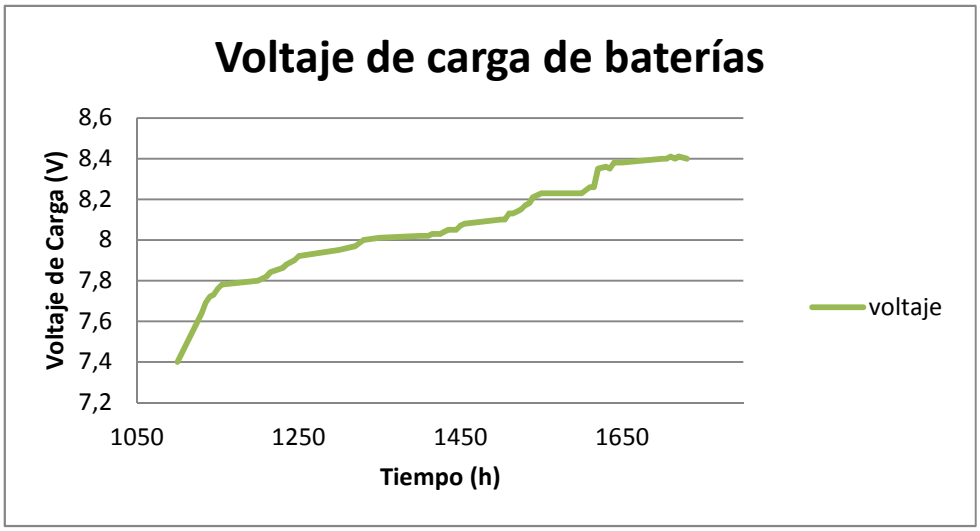


Figura 5. 2. Gráfico de carga de baterías

Como se puede apreciar en la figura 5.2 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.

5.1.2 Precisión en el Uso 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 que poseen las características necesarias para el uso de 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 5. 2. Pruebas de accesibilidad de pictogramas

Como se aprecia en la tabla 5.2 existe un alcance mayor al 60 % de los pictogramas ubicados en el comunicador. Además se logró una aceptación por parte de los pacientes al presenciar una acción de causa y efecto al momento de presionar la pantalla táctil y escuchar las frases grabadas en cada pictograma.

5.1.3 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.

Para la evaluación del desempeño del modo indirecto de barrido de los pictogramas se realizaron pruebas con 2 personas que presentan un grado de daño motriz más severo y poseen la capacidad cognitiva necesaria para usar un comunicador pictográfico.

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

Tabla 5. 3.Pruebas de accesibilidad de pictogramas de forma indirecta

Como se puede apreciar en la tabla 5.3 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 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.

5.1.4 Reconocimiento de archivos de sonido

Las pruebas de reconocimiento de memorias se realizaron sobre el módulo MP3 TDB 380 V1, las 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. 4. Pruebas de reconocimiento de pistas de audio

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

5.1.5 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 arrojo 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 5. 5. Pruebas de sonido sin ruido externo

La tabla anterior nos permite verificar 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 5. 6.Pruebas de sonido con ruido externo

Los resultados de la evolución del dispositivo con ruido externo disminuyó un poco el número de pictogramas reconocidos, esto ocurrió debido a ruidos externos que 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, está afectando su audición.

5.1.6 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 destinas para la comunicación remota. Se enviaron mensajes a distintas operadores 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 5. 7.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 5. 3. Mensajes recibidos mediante el prototipo

5.1.6.1 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 presento problemas.

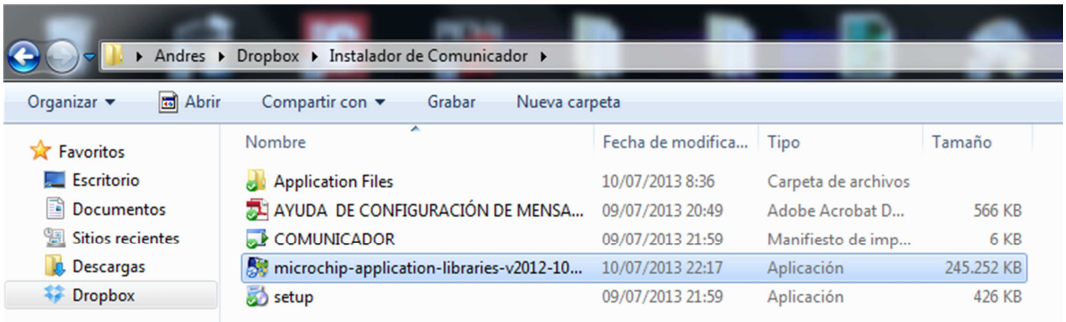


Figura 5. 4 . Archivos de Instalación de Interfaz de Configuración

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.

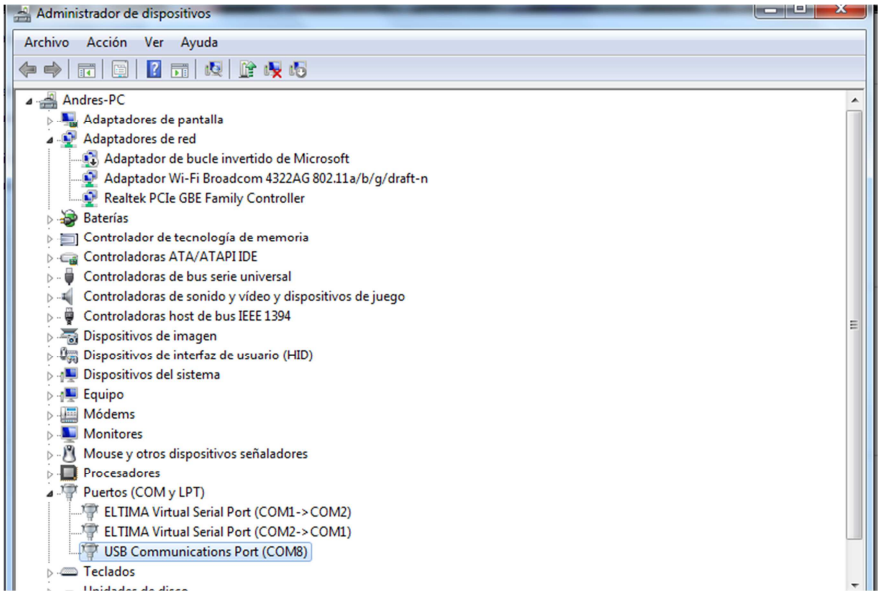


Figura 5. 5 .Reconocimiento de puerto de comunicación

En la figura 5.6 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.

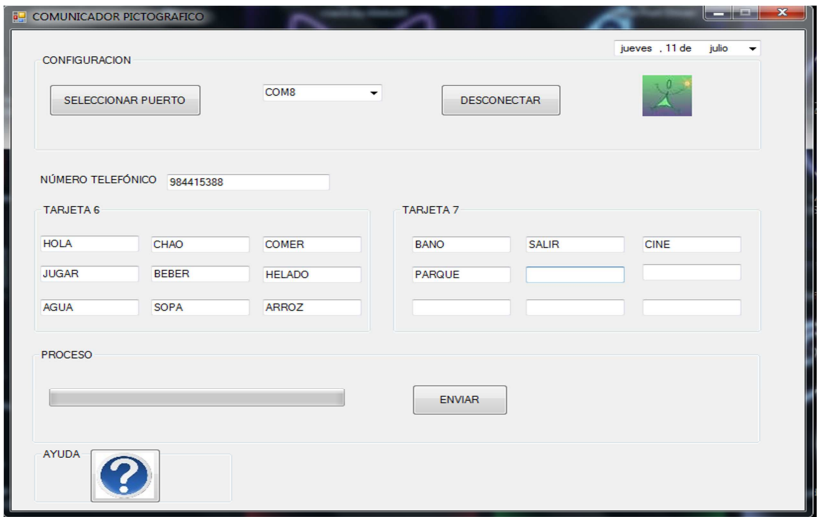


Figura 5. 6 . Interfaz de carga de mensajes

5.2 Evaluación económica del prototipo

En el análisis se realizó un presupuesto del sistema de comunicación aumentativo alternativo. Se tomó en cuenta los materiales utilizados para la integración de cada etapa del sistema.

CANTIDAD	MATERIAL	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	MICROCONTROLADORES		
1	18F4550	$ 12,00	$ 12,00
1	16F877A	$ 10,50	$ 10,50
1	16F873A	$ 5,50	$ 5,50
	MODULOS DE COMUNICACIÓN		
1	Módulo GSM SIM 900	$ 90,00	$ 90,00
1	Módulo MP3 TDB380 v1	$ 30,00	$ 30,00
	ALIMENTACIÓN		
3	Pilas AA 2700mAh	$ 11,00	$ 33,00
1	Adaptador 12 volts 1000mA	$ 8,50	$ 8,50
	ELEMENTOS PASIVOS		
67	RESISTENCIAS	$ 0,02	$ 1,34
10	CAPACITORES	$ 0,50	$ 5,00
	SENSORES		
1	LM 35	$ 2,50	$ 2,50
3	SENSORES H21A1	$ 2,30	$ 6,90
	ELEMENTOS DE ESTADO SOLIDO		
4	LM 7805	$ 0,80	$ 3,20
1	LM7407	$ 0,50	$ 0,50
1	LM386	$ 2,50	$ 2,50
15	LEDS	$ 0,10	$ 1,50
4	TRANSISTORES 3906	$ 0,50	$ 2,00
15	TRANSISTOR 3904	$ 0,50	$ 7,50
5	DIODOS 1N4007	$ 0,10	$ 0,50
	ELEMENTOS ADICIONALES		
1	RELE 12V 8PIN	$ 2,30	$ 2,30
1	RELE 5V 5 PIN	$ 1,50	$ 1,50
4	BLOCKS	$ 0,30	$ 1,20

3	PORTA PILAS	$	0,40	$	1,20
1	LCD 16X2	$	8,50	$	8,50
5	INTERRUPTORES	$	0,50	$	2,50
1	PARLANTE 1/2W	$	0,50	$	0,50
1	PANTALLA TACTIL 10"	$	90,00	$	90,00
1	PLUG 3,5MM	$	1,00	$	1,00
1	PLUG DC	$	0,80	$	0,80
6	SOCALOS	$	1,00	$	6,00
20	CONECTORES	$	0,80	$	16,00
1	BUZZER 5V	$	2,00	$	2,00
1	CRISTAL 20MHz	$	2,50	$	2,50
1	CRISTAL 4MHz	$	2,20	$	2,20
1	TARJETA 2GB	$	4,00	$	4,00
1	CONECTOR USB	$	0,80	$	0,80
	ESTRUCTURA Y MONTAJE				
1	CAJA	$	30,00	$	30,00
1	PLACA	$	70,00	$	70,00
			TOTAL	$	465,94

Tabla 5. 8 .Lista de materiales utilizados en el prototipo

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 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 persona 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.

La velocidad de desplazamiento en el barrido de los pictogramas debe ser regulada dependiendo de la velocidad de reacción de cada usuario, la secuencia de encendido y apagado de luces debe ser de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo simulando la lectura normal.

En la actualidad más del 70% de la población ecuatoriana tiene acceso a dispositivos celulares, por tanto integrar esta tecnología en un comunicador pictográfico para personas con discapacidad permite mejorar la integración social del usuario.

El uso de una interfaz USB 2.0 en el prototipo permite personalizar los mensajes de texto a ser enviados, dependiendo de los gustos, necesidades y su entorno.

6.2 RECOMENDACIONES

Para aprovechar al máximo las prestaciones del prototipo se debe tomar en cuenta las capacidades cognitivas, emocionales y motoras que presenta cada usuario, de esta manera se puede asignar el tipo de acceso y número de pictogramas a ser utilizados.

Para mejorar la calidad de vida de los usuarios del comunicador pictográfico, es necesario que los especialistas terapéuticos estén abiertos al uso de la tecnología como una herramienta para mejorar las actitudes de comunicación y desarrollo social en las personas discapacitadas.

Al implementar la interfaz de comunicación mediante USB, se debe tomar en cuenta la configuración del pre escalador interno del microcontrolador para la selección del cristal oscilador externo adecuado.

El uso de la tecnología debe ser incentivada en todos los niveles, ya que podrían brindar grandes beneficios en ayudas terapéuticas para personas con discapacidad.

BIBLIOGRAFÍA

- *ARDUINO*. (13 de April de 2009). Recuperado el 05 de Mayo de 2013, de http://mnicolato.altervista.org/arduino/ardtouch.htm

- *todopic.* (10 de Enero de 2011). Recuperado el 10 de Junio de 2013, de http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=33438.0

- alternativos, S. e. (2006). *Asociaciones / Entidades*. Recuperado el 05 de 02 de 2013, de http://www.esaac.org/index.php?option=com_weblinks&catid=72&Itemid=4

- Angulo, J. (2007). *Microcontroladores PIC diseño practico de aplicaciones .* Madrid: McGraw-Hill.

- Arizaga, M. J. (2007). *Uso de la Tecnología en los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación.* Madrid.

- Asociación Española de Normailización y Certificación . (2007). *Productos de apoyo para personas con discapacidad.* MADRID: AENOR.

- Baca, B. H. (2013). *MICROCONTROLADOR PIC 18F4550*. Recuperado el 25 de Junio de 2013, de http://www.mikroingenieria.com/Microcontrolador_PIC18F4550_4.html

- Bolte, D. L. (2012). *TRASTORNOS DEL HABLA Y DEL LENGUAJE INFANTIL: ¿CÓMO LOS ABORDAMOS? Parte I .* Recuperado el 05 de 03 de 2013, de TRASTORNOS DEL HABLA Y DEL LENGUAJE INFANTIL: ¿CÓMO LOS ABORDAMOS? Parte I : http://medicinafamiliar.uc.cl/html/articulos/123.html

- Carles Riba, A. M. (2006). *Ingenieria Concurrente.* MADRID.

- Chilat, B. (2012). *Asociacion Valenciana de Esclerosis Lateral Amiotrófica*. Recuperado el 03 de 03 de 2013, de http://www.adela-cv.org/drupal/

- dossier. (2006). Comunicacion Aumentativa Alternativa. *La comunicación aumentativa*, 31.

- Eduardo, G. (2008). *Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC.* Mexico: Alfaomega.

- HERNÁNDEZ, M. d. (2011). *SISTEMAS DE COMUNICACIÓN AUMENTATIVA Y ALTERNATIVA EN EL NIÑO CON PARALISIS CEREBRAL.* Barranquilla: Fundación CE CAMILO.

- Ibrahin, D. (2007). *Desarrollo de 30 proyectos con PIC Basic y Pic Basic Professional.* Madrid: Marcombo.

- Jaeger, R. (2006). *Diseño de circuitos microelectronicos.* México DF: Mc Graw Hill.

- Lloria, M. (2006). Comunicación Aumentativa Alternativa. *REVISTA DOSSIER*, 17-31.

- María, H. (2010). *Sistemas de Comunicación aumentativo alternativo en el niño con parálisis cerebral.* Barranquilla: FUNDACIÓN CE CAMILO.

- MedlinePlus. (6 de 12 de 2012). *Trastornos del habla en niños*. Recuperado el 24 de 02 de 2013, de http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001430.htm

- MikroC. (2009). *MikroElektronika*. Recuperado el 06 de 03 de 2013, de http://www.mikroe.com/products/view/272/touchscreen-article/
- MikroE. (2010). Pantalla Táctil. *MikroElektronika*, 2.

- Rangel, C. (10 de Mayo de 2012). *MICROCONTROLADORES PIC GAMA ALTA*. Recuperado el 4 de Mayo de 2013, de http://profesor-rangel.blogspot.com/2012/05/programacion-en-c-de-los-pic-18f4550-y.html

- Reeeduca. (2013). *¿Qué hacemos? - Intervención logopédica*. Recuperado el 04 de Mayo de 2013, de http://www.volveraeducar.com/que-hacemos-intervencion-logopedica.php

- Reyes, C. (2010). *Microcontroladores PIC Programación en Basic.* Quito: RISPERGRAF.

- Sadiku, M. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos .* México: Mc Graw Hill.
- Santos, C. I. (2012). Serie Tecnología y Comunicación. *Mi comunicador de Pictogramas* , 91.

- Sedra, A. (2006). *Circuitos Microlectrónicos .* México: Mc Graw Hill.

- Temas para la Educación. (2010). El Sistema Pictográfico de Comunicación. *Revista Digital para Profesional de la Enseñanza*, 7.
- trabajo, I. N. (2010). *Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización (2ª Edición).* MADRID: INSHT.

- Varkala, S. (8 de Marzo de 2009). *Linux and Microcontroller Tips.* Recuperado el 6 de Marzo de 2013, de Linux and Microcontroller Tips: http://www.shibuvarkala.com/2009/03/ccs-c-tutorial-basic-data-types-of-ccs.html#links