

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN EN
SISTEMA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES VISUALES**

RICARDO ANDRÉS JIMÉNEZ CANTOR

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
2008, NOVIEMBRE**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN EN
SISTEMA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES VISUALES**

RICARDO ANDRÉS JIMÉNEZ CANTOR
021080
ricardo256256@hotmail.com

MONOGRAFÍA DE GRADO

ASESOR TÉCNICO
RAFAEL CUBILLOS

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
2008, NOVIEMBRE

Nota de Aceptación:

RAFAEL CUBILLOS
Asesor

RAMSÉS MARTÍNEZ
Jurado

DIEGO DÍAZ
Jurado

Bogotá, NOVIEMBRE, 2008.

Párrafo de Dedicatoria

Este proyecto de grado es dedicado a mis padres, los cuales confiaron en mí y me apoyaron constantemente para poder alcanzar este escalón en mi vida, sin su apoyo tanto moral como económico no se podría culminar este proyecto de grado, también lo dedico a todas las personas con limitación visual ya que mi propósito es ayudarlos a que tengan más herramientas para facilitarles su vida diaria.

Ricardo Jiménez

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por haberme dado el don de la vida y a mis padres quien con su empeño, constancia y apoyo hicieron realidad mis sueños: ser Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.

Gracias a la Fundación Universitaria San Martín, Facultad de Ingeniería y Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones por contribuir a la obtención de mi título.

A mi asesor Rafael Cubillos quien me apoyó constantemente en la realización de este proyecto, gracias al director de carrera: Ingeniero Ramsés Martínez, quien me colaboró con la realización del código del sistema Braille.

A mi novia Johanna Santoyo quien estuvo constantemente apoyándome en la construcción del proyecto final.

A todas las personas que colaboraron en la organización, corrección, aportes y redacción de mi proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	12
2. INTRODUCCIÓN	13
3. OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GENERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1 ANTECEDENTES [SITE2005]	16
4.2 MARCO TEÓRICO	18
4.2.1 CAMPOS MAGNÉTICOS	19
4.2.2 RESORTES	21
4.2.3 COMUNICACIÓN POR EL PUERTO PS2 [INTE2007]	25
4.2.4 PANTALLA DE LCD (PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO)	26
4.2.5 EL MICROCONTROLADOR	27
4.3 MARCO CONCEPTUAL	28
4.3.1 BRAILLE	28
4.4 ESTADO DEL ARTE	31
4.4.1 TECLADO BRAILLE	32
4.4.2 AUDIO	32
5. METODOLOGÍA	34
5.1 INVESTIGACIÓN	34
5.1.1 SISTEMA BRAILLE	34
5.1.2 MOVIMIENTO DE PUNTOS	34
5.1.3 CONTROL	34
5.2 IMPLEMENTACIÓN	35
5.2.1 CAJA BRAILLE	35
5.2.2 POTENCIA	35
5.2.3 CONTROL	35
6. DESARROLLO	36
6.1 PRIMERA FASE, BÚSQUEDA DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DE LOS PUNTOS BRAILLE	37

6.2	SEGUNDA FASE, SELECCIÓN MICROCONTROLADOR	42
6.3	TERCERA FASE, INVESTIGACIÓN DE CONFIGURACIÓN DEL TECLADO	43
6.4	CUARTA FASE, CREACIÓN CÓDIGO, CONTROL TECLADO, PROTOTIPO BRAILLE, PANTALLA LCD E INTERFAZ ADMINISTRADOR.	44
6.5	QUINTA FASE, MEMORIA DEL PROTOTIPO PARA ALMACENAR CÓDIGO BRAILLE	45
6.6	SEXTA FASE, AJUSTES FINALES INCI	45
7.	PRUEBAS Y RESULTADOS	47
8.	CONCLUSIONES	53
9.	RECOMENDACIONES	55
10.	TRABAJO FUTURO	56
11.	GLOSARIO	57
12.	BIBLIOGRAFÍA	58
12.1	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
12.2	REFERENCIAS DE INTERNET	58
12.3	REFERENCIAS AUDIOVISUALES	58
13.	ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. PORCENTAJE DE PERSONAS REGISTRADAS CON LIMITACIÓN VISUAL, QUE REQUIEREN PERMANENTEMENTE DE LA AYUDA DE OTRA PERSONA [DANE2007]	14
FIGURA 2. INTERFAZ ELECTROMECAÁNICA [SITE2005].	18
FIGURA 3. POLOS MAGNÉTICOS DE UN IMÁN [FACU2007].	20
FIGURA 4. DIFERENTES CLASES DE RESORTES. [REBA2007].	23
FIGURA 5. CONECTOR HEMBRA. [WIKI2007].	25
FIGURA 6. ESTRUCTURA DE LA TRAMA PS2. [INTE2007].	26
FIGURA 7. DIAGRAMA DE LETRAS EN BRAILLE [SITE2005].	29
FIGURA 8. REPRESENTACIÓN DE LETRA MAYÚSCULA [SITE2005].	29
FIGURA 9. REPRESENTACIÓN EN CÓDIGO BRAILLE DE UNA PALABRA EN MAYÚSCULAS [SITE2005].	30
FIGURA 10. REPRESENTACIÓN EN CÓDIGO BRAILLE DE UN NÚMERO [SITE2005].	30
FIGURA 11. SIGNOS DE PUNTUACIÓN Y VOCALES ACENTUADAS [SITE2005].	30
FIGURA 12. DISTANCIAS DE LOS PUNTOS BRAILLE.	31
FIGURA 13. TECLADO BRAILLE.	32
FIGURA 14. DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADO.	36
FIGURA 15. SOLENOIDE UTILIZADO EN EL PROTOTIPO BRAILLE	38
FIGURA 16. PRIMER NÚCLEO DE METAL CON LA BARRA DE COBRE.	39
FIGURA 17. PRIMER PROTOTIPO BRAILLE.	39
FIGURA 18. PROTOTIPO BRAILLE.	40
FIGURA 19. PROTOTIPO BRAILLE INTERIOR CON LOS SOLENOIDES INSTALADAS.	40

FIGURA 20. NUEVOS NÚCLEOS DE METAL CON PUNTOS BRAILLE EN ACRÍLICO.	41
FIGURA 21. PROTOTIPO BRAILLE CON LOS NÚCLEOS DE METAL EN EL INTERIOR.	41
FIGURA 22. PLANO DE POTENCIA DEL PRIMER PROTOTIPO.	42
FIGURA 23. PRIMER ESCENARIO DE PRUEBAS.	43
FIGURA 24. PROTOTIPO BRAILLE FINALIZADO.	46
FIGURA 25. PRUEBAS CON DISCAPACITADOS VISUALES	48
FIGURA 26. PORCENTAJE DE ERROR Y ACIERTO DEL PROTOTIPO BRAILLE.	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. DISTRIBUCIÓN POR SEXO DE DISCAPACITADOS VISUALES SEGÚN GRUPO DE EDAD [INCI2007]	13
TABLA 2. PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS MATERIALES METÁLICOS PARA LOS RESORTES. [REBA2007]	24
TABLA 3. ASIGNACIÓN DE PINES. [WIKI2007]	26
TABLA 4. VALORES DE LAS DISTANCIAS.	31
TABLA 5. RESULTADOS DE LA PRIMERA LECTURA CON VELOCIDAD 1,925S POR CARÁCTER.	49
TABLA 6. RESULTADOS DE LA SEGUNDA LECTURA CON VELOCIDAD 1,925S POR CARÁCTER.	49
TABLA 7. RESULTADOS DE LA PRIMERA LECTURA CON VELOCIDAD 1,540S POR CARÁCTER.	50
TABLA 8. RESULTADOS DE LA SEGUNDA LECTURA CON VELOCIDAD 1,540S POR CARÁCTER.	50
TABLA 9. RESULTADOS DE LA PRIMERA LECTURA CON VELOCIDAD 1,115S POR CARÁCTER.	50
TABLA 10. RESULTADOS DE LA SEGUNDA LECTURA CON VELOCIDAD 1,115S POR CARÁCTER.	51
TABLA 11. RESULTADOS GLOBALES DE ACIERTO DEL PROTOTIPO BRAILLE.	51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
13.1 ENCUESTA PROTOTIPO BRAILLE 1	59
13.2 ENCUESTA PROTOTIPO BRAILLE 2	61
13.3 TABLAS DE DATOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS 2	63
13.4 DATA SHEET DEL MICROCONTROLADOR PICF16F877A	64
13.5 COSTO DE OTRO DISPOSITIVO BRAILLE	67
13.6 CARTA DE APROBACIÓN DEL INCI	68

1. RESUMEN

El objetivo fundamental de este proyecto es desarrollar una herramienta que facilite el aprendizaje del sistema Braille a las personas que sufren limitación visual. El proyecto se pudo llevar a buen término gracias a la ayuda prestada por el INCI (Instituto Nacional para Ciegos), el cual suministró la información relacionada con la forma de escritura y lectura y demás datos técnicos del sistema Braille. El escenario permitió la verificación del correcto funcionamiento del dispositivo. Las pruebas y la correspondiente información obtenida en los mismos permitieron perfeccionar el prototipo hasta cumplir con las exigencias sugeridas.

Para finalizar este proyecto de grado se siguieron los siguientes pasos: En primer lugar se solicitó al INCI asesoría para adquirir información sobre el código Braille; en segundo lugar se buscó la forma de generar el movimiento de los puntos del código Braille; en tercer lugar se elaboraron escenarios de pruebas para determinar si el mecanismo creado funciona correctamente; por último se realizó la interfaz gráfica con el administrador para implementar una forma amigable para controlar el dispositivo Braille.

La finalidad de este proyecto de grado es crear un prototipo Braille de un solo carácter, con el cual, el discapacitado visual no tenga que mover su mano para la lectura; de igual forma se busca desarrollar un dispositivo de respuesta inmediata que disminuya en gran parte la dificultad que tiene el discapacitado visual para acceder eficaz y rápidamente a determinado tipo de información; optimizando así su calidad de vida.

2. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años la sociedad ha estado ajena a la problemática que enfrentan las personas con limitación visual; y a pesar de que se vive en una sociedad cambiante y moderna, aun la ayuda para el aprendizaje del sistema Braille es insuficiente. Sumado a esto, los dispositivos que se encuentran en el mercado son muy costosos (ver anexo 5), debido a que en la mayoría de los casos se tiene que importar estos productos; por tal razón su adquisición es complicada para esta población afectada.

“La población con discapacidad visual registrada hasta ahora, presenta mayor número de hombres; 19.245 (50,5%) contra 18.885 mujeres (49,5%), pero hay diferencias según los rangos de edad; en los grupos de edad hasta los 44 años es mayor la proporción de hombres, a partir de 45 años es mayor la cantidad de mujeres con discapacidad visual”. [INCI2007].

Edades (Años)	Mujer		Hombre		Total	%
0 a 5	476	47,1%	534	52,9%	1.010	2,6%
06 a 13	1.928	47,6%	2.124	52,4%	4.052	10,6%
14 a 20	1.135	45,8%	1.342	54,2%	2.477	6,5%
21 a 30	1.083	45,0%	1.323	55,0%	2.406	6,3%
31 a 44	2.154	49,0%	2.246	51,0%	4.400	11,5%
45 a 59	3.471	50,9%	3.343	49,1%	6.814	17,9%
60 y más	8.638	50,9%	8.333	49,1%	16.971	44,5%
Total	18.885	49,5%	19.245	50,5%	38.130	100,0%

Tabla 1. Distribución por sexo de discapacitados visuales según grupo de edad [INCI2007]

En la tabla anterior se observa como está segmentada la población, en sus diferentes edades y géneros, con la obtención de estos datos se puede determinar aproximadamente los posibles usuarios de este proyecto de grado. Las edades de personas que por lo general utilizarán este proyecto oscilan entre los 6 a 20 años y no hay que olvidar a las personas en otros rangos de edad, ya que también estas personas pueden utilizar este proyecto de grado, para adquirir o recordar el conocimiento del código Braille.

La siguiente estadística, dan como resultado que las personas con limitación visual, necesitan ayuda para la adquisición de nuevos conocimientos que faciliten su interacción en la sociedad, esta ayuda puede ser otorgando mayores recursos a las personas con limitación visual.

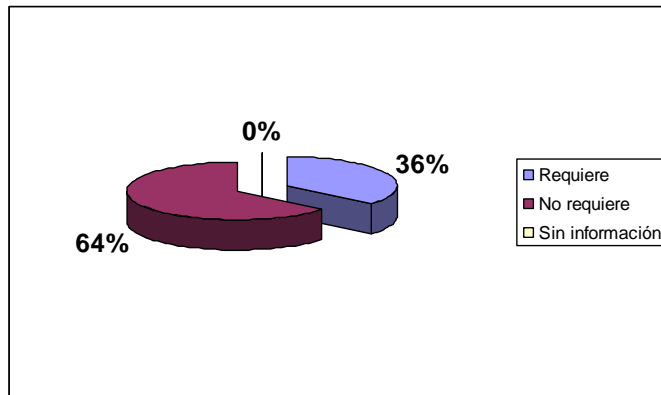


Figura 1. Porcentaje de personas registradas con limitación visual, que requieren permanentemente de la ayuda de otra persona [DANE2007]

Para poder realizar este proyecto de grado, se contó con la asesoría del INCI, esto se debe a que en Colombia, esta organización es la encargada de apoyar a personas con limitación visual, por este motivo esta entidad tiene conocimiento sobre las tecnologías utilizadas para facilitar el estilo de vida de personas con limitación visual.

La realización del trabajo tiene como finalidad, permitir que personas con limitación visual, tengan más herramientas para el aprendizaje del sistema Braille, la implementación del mismo es importante para ellos ya que, al poseer conocimiento de este sistema, tendrán otro recurso para estudiar y alcanzar mejor calidad de vida.

Este proyecto es una experiencia agradable, pues al estar ayudando a un sector vulnerable de la población colombiana, se satisface el deseo de ser partícipe en la reforma de este sistema de comunicación lo cual subsana de alguna manera la falta de apoyo de parte de la sociedad, en el proceso de aprendizaje de personas con limitación visual.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo de codificación en sistema Braille que ayude a la enseñanza de este sistema para niños o personas mayores con discapacidad visual.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar con los discapacitados visuales cual es la forma del dispositivo que sea la más adecuada para la enseñanza del sistema Braille.
- Determinar el mecanismo a utilizar para realizar el movimiento de los puntos del Braille.
- Determinar cual es la velocidad promedio a la que un discapacitado visual lee en Braille, para así poder tener varias velocidades las cuales las pueda modificar el discapacitado.
- Escoger el microcontrolador que se ajuste de la mejor manera a las necesidades del proyecto.
- Crear una interfaz gráfica que permita al administrador visualizar a través de una pantalla LCD removible.
- Crear una interfaz que permita al administrador introducir datos al dispositivo a través de un teclado PS2.
- Implementar el sistema de codificación que permita la comunicación con los discapacitados visuales.
- Definir e implementar un escenario de pruebas.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES [SITE2005]

Para poder realizar el presente proyecto de grado, se tomó como base otro proyecto de grado similar, el proyecto de grado de la Universidad Javeriana titulado “*SISTEMA DE ENSEÑANZA DE CÓDIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES*”.

Las características más representativas que exhibe el proyecto de la Universidad Javeriana son:

- Es un dispositivo de 30 cajetines en dos renglones.
- Necesita de una PC para iniciar su funcionamiento.
- Se comunica por el puerto serial (RS232).
- Posee tutoriales para la enseñanza del sistema Braille.
- No es portátil.
- Costos muy altos.

En el proyecto anteriormente mencionado, se encuentra una de las formas cómo se puede ayudar a los estudiantes del sistema Braille, por ejemplo, la implementación de tutoriales para facilitar la enseñanza del código. En este proyecto se detectaron 3 problemas a saber:

El primer problema encontrado es el requerimiento permanente de una PC con puerto serial. Esto se debe a que el dispositivo mecánico recibe la información por medio del puerto Serial para generar el código Braille, se puede concluir, que el dispositivo mencionado no puede realizar una conexión directa (USB a Serial), con PC Portátiles nuevas, ya que estas no cuentan con el puerto Serial.

El segundo problema que presenta es la no portabilidad. Esto se debe a que el tamaño y el peso, es muy alto y dificulta su movilidad. Otro punto que influye para que el dispositivo no sea portátil es el gran tamaño que toma todo el conjunto de

cajetines, cada cajetín constan de 6 puntos los cuales generan los caracteres en código Braille.

El último problema detectado es la falta de implementación de un sistema directo. Al hablar de un sistema directo, se refiere a una forma inmediata de obtener cada letra en el dispositivo Braille, para generar una letra se tienen que realizar los siguientes pasos:

- Generar un texto plano con la letra a mostrar.
- Abrir el programa de control del dispositivo Braille, esto se debe hacer en la computadora en la cual se le instaló el programa.
- Buscar el archivo en el cual se guardó el texto plano con la letra a mostrar.
- Enviar los datos desde la computadora hacia el dispositivo Braille con la letra a mostrar.

Este modelo es una gran influencia para la realización de este proyecto de grado, ya que se quiere crear un nuevo módulo parecido pero con diferentes funciones. Las funciones que va a tener el prototipo Braille son diferentes al del proyecto mencionado anteriormente. El nuevo módulo, solamente tendrá un cajetín, prestará la función de escritura directa de cada letra, también prestará la función de almacenamiento de información y luego la mostrará de forma serial en el cajetín Braille, en este cajetín la persona con limitación visual tendrá la opción de variar la velocidad en la que aparece cada carácter.

Del proyecto anteriormente mencionado se tomará la base para generar el movimiento de la parte mecánica, primero se debe hablar sobre el funcionamiento mecánico de este proyecto y luego se explicarán que partes se pretenden tomar para la realización de este proyecto de grado.

Para generar el movimiento de la parte mecánica, del proyecto de la universidad Javeriana, el sistema consta de seis solenoides y núcleos de metal. Con estos elementos se genera el movimiento de la siguiente manera: En primera instancia se coloca el solenoide en la posición del punto adecuada dentro del chasis o caja, estos solenoides tienen un diámetro de 3 milímetros, este diámetro es calculado con base en las distancias estándares del código Braille. El punto que las personas con limitación visual sienten es directamente el núcleo de metal, el cual se encuentra en el centro del solenoide, este dispositivo se encuentra ubicado dentro del chasis o caja, también encontramos topes dentro de la caja o chasis,

estos topes sirven para detener el núcleo de metal, se detiene el núcleo de metal para prevenir que salga más de lo necesario. El movimiento es generado cuando al solenoide se le aplica un voltaje de 15 voltios, si el solenoide no posee voltaje, el núcleo de metal no está activado, esto significa que el núcleo se encuentra en estado de reposo.

Teniendo claro el funcionamiento del proyecto de grado de la Universidad Javeriana, se procede a tomar las siguientes ideas para generar el movimiento de los puntos del cajetín Braille.

En primer lugar se toma la idea de utilizar solenoides con su núcleo de metal, con estos elementos tomados se genera el movimiento, se tienen que realizar pruebas para determinar cuál sería la mejor forma de agrupar seis solenoides, para poder agrupar los seis puntos del Braille en una sola caja (Ver Figura 18) se necesitó analizar el comportamiento de las bobinas, en este comportamiento se observa que la temperatura de los solenoides aumenta rápidamente, por este motivo se debe implementar una forma adecuada para disminuir esta temperatura.



Figura 2. Interfaz electromecánica [SITE2005].

4.2 MARCO TEÓRICO

A continuación se mostrarán los tres grandes pilares en los cuales se basa este proyecto de grado, se explicarán las tecnologías usadas, los módulos básicos son teclado, pantalla y generador de movimiento de los puntos Braille.

Para generar el movimiento de los puntos Braille se tiene que hablar sobre, Campos magnéticos y resortes. Para controlar el teclado se tiene que investigar cual es la forma de enviar los datos de cada letra presionada. También se tiene que crear un código para poder tener acceso a la pantalla LCD y poderla modificar, se debe ver como están compuestos y cuales son las órdenes que se le deben enviar para generar caracteres en la pantalla.

El cerebro del proyecto es el microcontrolador, ya que este dispositivo integrado es el encargado de controlar las demás componentes del sistema, por medio de varias líneas de comando se genera un código, este código es el encargado de inspeccionar las demás funciones que deben cumplir el sistema.

4.2.1 CAMPOS MAGNÉTICOS

El movimiento de las agujas que conforman los puntos del sistema Braille se produce a través de campos magnéticos. A continuación se mostrará una reseña sobre esta tecnología.

“La ciencia del magnetismo nació de la observación de que ciertas "piedras", mineral magnetita o “piedra imán”, que atraían pedazos de hierro, este fenómeno se le conoce desde la antigüedad, la palabra magnetismo viene de la región de Magnesia en el Asia Menor, que es uno de los lugares en donde se encontraban esas piedras. Uno de los primeros usos de los imanes fue el de la navegación, que si bien en Occidente comenzó alrededor del año 1000 de nuestra era, todo indica que en China se lo conocía desde mucho tiempo antes, se aprovecha el hecho de que otro “imán natural” es la tierra misma, cuya acción orientadora sobre la aguja magnética de una brújula se ha conocido desde tiempos antiguos.” [FACU2007]

4.2.1.1 Imanes y Magnetismo. El magnetismo de los imanes [FACU2007]

Al estudiar las acciones entre las barreras imantadas se observa las fuerzas de atracción y repulsión. El estudio del comportamiento de los imanes pone de manifiesto la existencia en cualquier imán de dos polos en donde la acción magnética es más intensa, siendo casi nula en el centro.

Los polos magnéticos de un imán son diferentes, como lo prueba el hecho de que al enfrentar dos imanes idénticos se observa atracción o repulsión mutua según se

aproxime el primero al segundo. Para distinguir los dos polos de un imán se les denomina polo sur y polo norte.

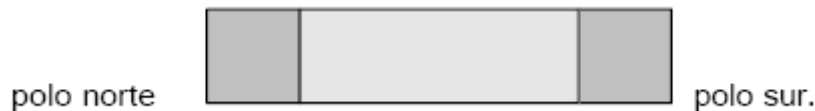


Figura 3. Polos magnéticos de un Imán [FACU2007].

La referencia geográfica esta relacionada con el hecho de que la tierra se comporta como un gran imán. Las experiencias con brújulas nos indican que los polos del imán terrestre se encuentra próximos a los polos Sur, y el Norte geográfico respectivamente. Por tal motivo, el polo de la brújula que se orienta aproximadamente hacia el Norte terrestre se denomina polo Norte, el opuesto se denomina polo Sur. La experiencia con imanes pone de manifiesto que polos del mismo tipo (N-N y S-S), se repelen y polos distintos (N-S y S-N), se atraen.

“Esta característica del magnetismo de los imanes fue explicada por los antiguos, como la consecuencia de una propiedad más general de la naturaleza consistente en lo que ellos llamaron la «atracción de los opuestos».”

4.2.1.2 Algunas características de las fuerzas magnéticas [FACU2007]

Al diferenciar lo sucedido con una barra de ámbar electrizada por frotamiento, la cual atrae hacia él todo tipo de objetos con la condición que sean ligeros, en un imán ordinario sólo ejerce la fuerza magnética sobre cierto tipo de material, en particular sobre el hierro.

Las fuerzas magnéticas son fuerzas de acción a distancia, se producen sin que exista contacto físico entre los imanes. Esta circunstancia, que excitó la imaginación de los filósofos antiguos por su difícil explicación, contribuyó más adelante al desarrollo del concepto de campo de fuerzas.

4.2.1.3 Movimiento de partículas en un campo magnético en un campo estacionario [FACU2007]

Los campos magnéticos y eléctricos desvían las trayectorias de las cargas en movimiento, pero lo hacen de diferentes modos.

Una partícula que esta cargada se mueve en un campo eléctrico, como el producido entre dos placas de un condensador plano, este sufre una fuerza eléctrica en la misma dirección del campo que curva su trayectoria. Si la partícula alcanza el espacio comprendido entre las dos placas según su dirección paralela, se desviará hacia la placa positiva (+), si su carga es negativa, irá hacia la placa negativa (-), si su carga es positiva (+).

4.2.2 RESORTES

Los resortes también proporcionarían ayuda para el movimiento de las agujas del sistema Braille, ya que este nos devuelve las agujas a su estado de reposo natural y nos ayudará a amortiguar el impacto sobre el dedo del invidente.

4.2.2.1 Descripción, usos y clases [REBA2007]

“Un resorte es un elemento de máquina cuya principal característica es aportar flexibilidad a las conexiones cinemáticas entre elementos mecánicos diversos como se pueden observar en la Figura 4. Los resortes tienen la doble misión de aportar una fuerza o un momento según la geometría del resorte y almacenar energía. La energía se almacena en forma de deformación elástica (esto es energía de deformación), causada por una deformación y se recupera al liberarse la deformación. Los resortes deben tener la capacidad de soportar grandes desplazamientos. Entre las aplicaciones más comunes de los resortes se pueden hallar resortes:

- a. Para almacenar y retornar energía, como el mecanismo de retroceso de las armas de fuego.
- b. Para mantener una fuerza determinada como en los actuadores y en las válvulas.
- c. Como aislador de vibraciones en vehículos.

- d. Para retornar o desplazar piezas como los resortes de puertas o de pedales o de actuadores mecánicos o de embragues.
- e. Como actuadores de cierre o de empuje, tal como los resortes neumáticos.

Los resortes suelen clasificarse según su esfuerzo de deformación predominante, su forma y aplicación en:

- Resortes de efecto de Torsión:
 - a. Espira Helicoidal (circular o rectangular) y envolvente cilíndrica (Figura 4.a).
 - b. Espira Helicoidal (circular o rectangular) y envolvente cónica (Figura 4.b).
 - c. De tipo barra (Figura 4.c).
 - d. De bloque elastomérico (Figura 4.d).
- Resortes de efecto flexional:
 - e. De tipo espiral (Figura 4.e).
 - f. De tipo disco (Figura 4.f).
 - g. De láminas, también llamados ballestas (Figura 4.g).
- Resortes de efecto axial:
 - h. De tipo anular cerámico o metálico (Figura 4.h).
 - i. De tambor elastomérico (Figura 4.i)."

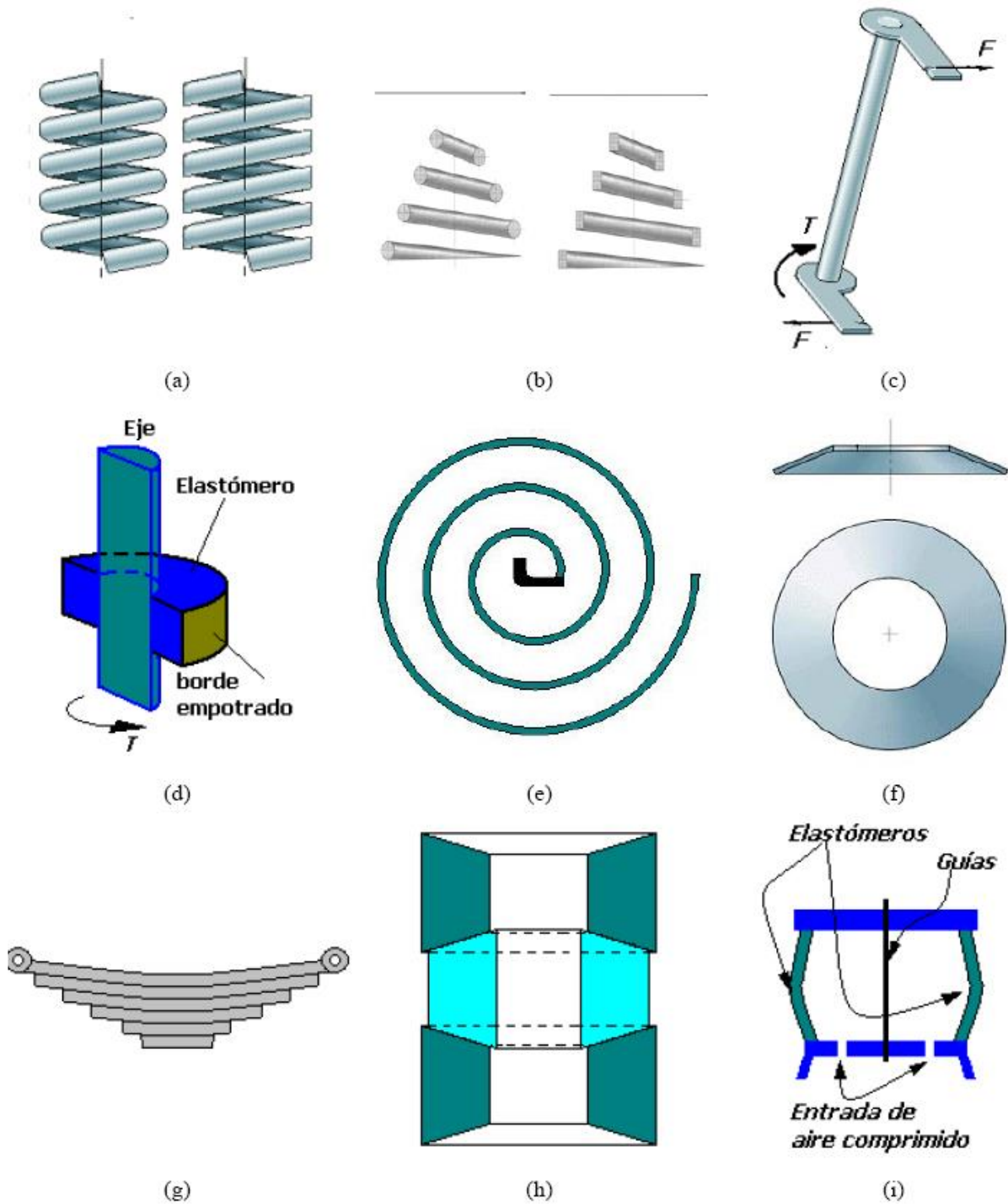


Figura 4. Diferentes clases de resortes. [REBA2007].

Los resortes mostrados aquí son los más utilizados, pero existen otros tipos de resortes, los cuales tienen diferentes tipos de cualidades y son utilizados para otros propósitos. Para la realización del proyecto es probable que se utilicen los de efecto de torsión.

4.2.2.2 Materiales para resortes [REBA2007]

“Los resortes de acero por lo general se fabrican con procesos de deformación en frío o en caliente dependiendo del tamaño del material y de las propiedades deseadas, básicamente, el coeficiente de rigidez y propiedades de resistencia. Los materiales más comunes para resortes helicoidales de alambre circular, se pueden ver en el siguiente cuadro, junto con los usos más comunes y sus métodos de fabricación.”

Nombre y Nomenclatura	Módulo de elasticidad lineal en [GPa]	Módulo de elasticidad transversal en [GPa]	Resistencia mínima a tracción [MPa]	Temperatura de servicio máxima [°C]	Densidad [kg/m3]	Método de fabricación. Usos principales
ASTM A227 (C>0.45%)	206,8	79,3	1951	121	7833	Estirado en frío. Resortes de bajo costo
ASTM A679 (C>0.65%)	206,8	79,3	1951	121	7750	Estirado en frío. Resorte de calidad superior
ASTM A229 (C>0.55%) Revenido en aceite	206,8	79,3	2020	121	7833	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Resorte de usos generales
ASTM A230 (C>0.60%) Revenido en aceite	206,8	79,3	1482	121	7833	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Resorte de tensión uniforme
Aleación ASTM A231	206,8	79,3	1310	219	7750	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Usado para cargas de impacto
Aleación ASTM A401	206,8	79,3	1620	246	7750	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Usado para cargas de impacto
Acero Inox ASTM A313	193,1	68,9	862	288	7889	Estirado en frío. Resistente a corrosión y al calor para usos generales
bronce ASTM B159	103,4	43,1	724	93,3	8858	Estirado en frío. Resistente a corrosión

Tabla 2. Principales propiedades de los materiales metálicos para los resortes. [REBA2007]

Con esta tabla se puede determinar cual es el material más adecuado para la elaboración del proyecto, ya que no se desea que el dispositivo Braille presente fallas por utilizar un material que no cumpla con las condiciones especificadas.

4.2.3 COMUNICACIÓN POR EL PUERTO PS2 [INTE2007]

El puerto de comunicación PS2 es el medio que proporciona la comunicación de un teclado con el dispositivo Braille, gracias a este puerto el administrador podrá realizar cambios en el funcionamiento del prototipo.

Este puerto fue creado por IBM en 1987, fue empleado para conectar teclados y ratones. Estos adelantos presentados fueron inmediatamente adoptados por el mercado del PC, siendo este conector el más utilizado.

4.2.3.1 Funcionamiento

La forma utilizada para la comunicación de este puerto, es serial y bidireccional, controlado por microcontroladores. Estos dispositivos fueron diseñados para desconectarse con la fuente de energía apagada, pero en algunas ocasiones los dispositivos son desconectados estando la fuente de energía encendida, a los dispositivos en estas ocasiones no les sucede nada, siguen en funcionamiento, esto se debe a que en la actualidad, existen dispositivos más resistentes, cuando nos referimos a resistentes, se quiere decir que estos dispositivos están diseñados para soportar el mal uso de los usuarios.

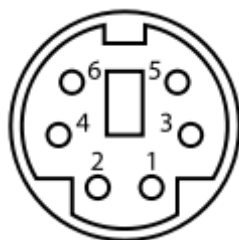


Figura 5. Conector hembra. [WIKI2007].

El teclado PS2 utiliza un protocolo síncrono con velocidad de reloj de 20 KHz a 33,4 KHz y formato de trama de un bit de Start, 8 bits de datos, un bit de paridad impar, un bit de stop y un bit de espacio.

Pin	Nombre	Función
1	+DATA	Datos
2	Reservado	Reservado
3	GND	Tierra
4	Vcc	+5V DC a 100Ma
5	+CLK	Reloj
6	Reservado	Reservado

Tabla 3. Asignación de pines. [WIKI2007]

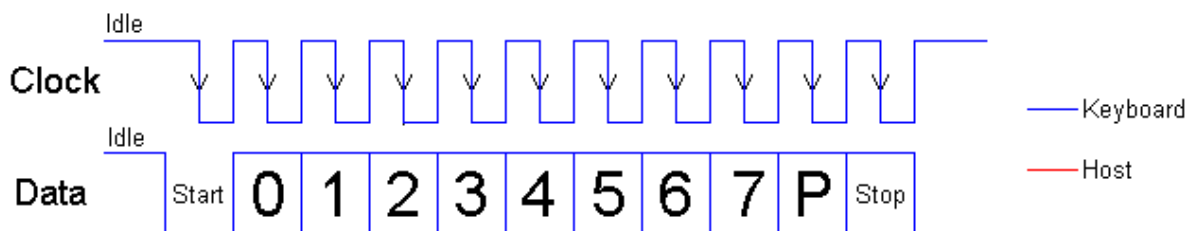


Figura 6. Estructura de la trama PS2. [INTE2007].

4.2.4 PANTALLA DE LCD (PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO)

La pantalla de cristal líquido será removible y proporcionará la visualización al administrador. Este dispositivo fue creado por Jack Janning. Se trata de un sistema electrónico de presentación de datos de 2 capas conductoras transparentes y en medio de un material cristalino que tiene la capacidad de orientar la luz a su paso

4.2.4.1 Funcionamiento

Una pantalla LCD esta formada por 2 filtros polarizados colocados perpendicularmente, de manera que al aplicar una corriente eléctrica al segundo de ellos, dejaremos pasar o no la luz que ha atravesado el primero de ellos. Para conseguir el color es necesario aplicar tres filtros más para cada uno de los colores básicos rojo, verde y azul y para la reproducción de varias tonalidades de color se deben aplicar diferentes niveles de brillo intermedios entre luz y no luz, lo cual se consigue con variaciones en el voltaje que se aplica a los filtros.

4.2.4.2 LCD de texto

Los LCD de texto son los más baratos y simples de utilizar. Solamente permiten visualizar mensajes cortos de texto. Existen algunos modelos estandarizados en la industria, en función de su tamaño medido en número de líneas y columnas de texto. Hay modelos de una, dos y cuatro filas únicamente. El número de columnas típico es de ocho, dieciséis, veinte y cuarenta caracteres.

El controlador Hitachi HD44780 se ha convertido en un estándar de la industria, cuyas especificaciones funcionales son imitadas por la mayoría de los fabricantes. Este controlador cuenta con los siguientes interfaces eléctricos:

- **D0-D7:** Ocho señales eléctricas que componen un bus de datos.
- **R/W:** Una señal que indica si se desea leer o escribir en la pantalla (generalmente solamente se escribe).
- **RS:** Una señal que indica si los datos presentes en D0-D7 corresponden bien a una instrucción, bien a sus parámetros.
- **E:** Una señal para activar o desactivar la pantalla.
- **V0:** Señal eléctrica para determinar el contraste de la pantalla. Generalmente en el rango de cero a cinco voltios. Cuando el voltaje es de cero voltios se obtienen los puntos más oscuros.
- **Vss y Vdd:** Señales de alimentación. Generalmente a cinco voltios.

4.2.5 EL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es un circuito integrado muy versátil, las funciones que presta este dispositivo son múltiples ya que por medio de programación se puede crear un código que cumpla con el requerimiento que el programador desee. Actualmente en el mercado existen varios tipos de microcontroladores, así como diferentes tipos de fabricantes. Entre los fabricantes más famosos se encuentran: (Microchip, Intel, Texas Instruments, Hitachi, Holtek, National Semiconductor, Motorola, NEC, Atmel, ST, Texas Instruments, Zilog).

Para este caso, se usó un microcontrolador de la familia Microchip ya que se tiene experiencia en el trabajo con este dispositivo, hecho que brinda una ventaja a la hora de desarrollar dicho proyecto.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 BRAILLE

Es un código de escritura y lectura para personas con limitación visual compuesto por seis (6) puntos, (una matriz de 2x3), con los cuales se puede escribir hasta 63 símbolos

4.3.1.1 Historia [LION2007]

El origen del Braille fue en el año 1812, gracias a un niño de origen francés de tres años de edad llamado LOUIS BRAILLE, el cual tuvo una lesión del ojo izquierdo, produciendo una infección que se le extendió hasta el ojo derecho y en poco tiempo quedó ciego. Cuando tenía 10 años sus padres lo enviaron a estudiar al Instituto Nacional para Ciegos en Paris. En este instituto aprendió a leer letras grandes y en relieve. Debido al tamaño de las letras grandes en relieve, los libros para ciegos eran muy costosos.

En esa misma época, el capitán CHARLES BARBIE acababa de implementar un nuevo código alfabético para las comunicaciones militares nocturnas. El sistema se caracterizaba por una serie de puntos en relieve.

A los 15 años LOUIS BRAILLE, combinó elementos de los dos sistemas y creó su propio sistema de lectura con puntos en relieve. Las “celdas de Braille” representaban 63 letras, números, y símbolos individuales. Cada celda estaba formada por tres puntos verticales y dos puntos horizontales. Con la cualidad que cada celda tiene el tamaño de letras impresas.

4.3.1.2 Escritura en Braille

La escritura en Braille se realiza a través de puntos, con diferentes posiciones de los mismos se obtienen todos los caracteres del alfabeto, números, y símbolos.

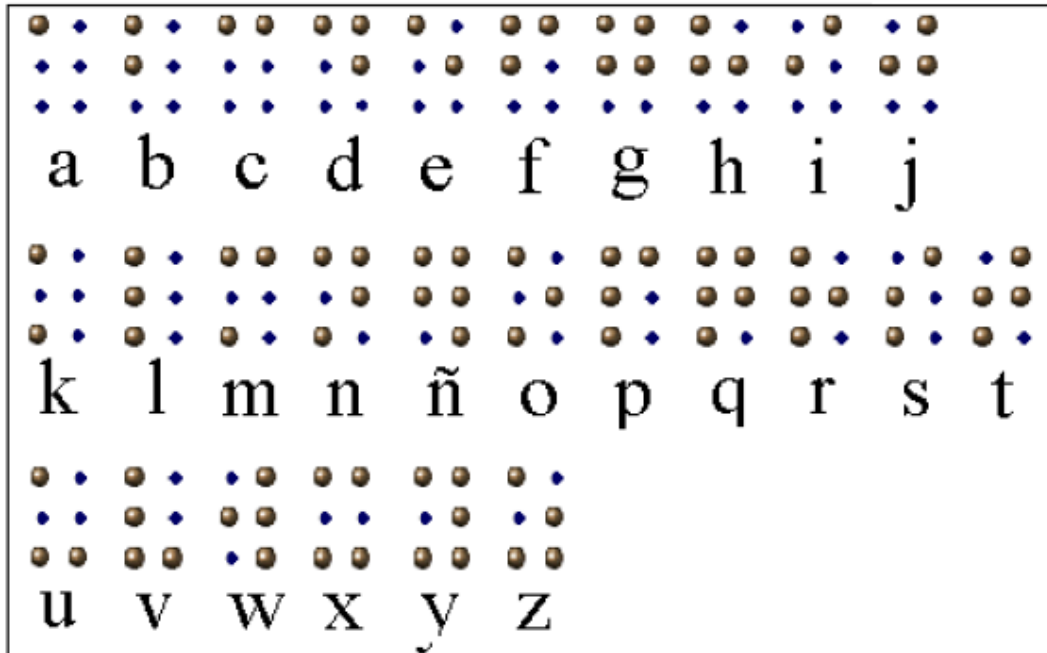


Figura 7. Diagrama de letras en Braille [SITE2005].

Los símbolos dobles se utilizan para representar letras mayúsculas o un número; en el caso de mayúscula se representa con un símbolo especial que antecede la letra que se quiere representar, de esta forma se hace perceptible para la persona no vidente, un ejemplo de este tipo de representación se puede observar en la Figura 8

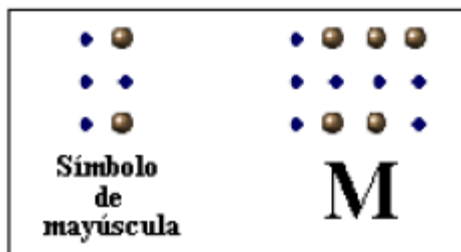


Figura 8. Representación de letra mayúscula [SITE2005].

En el caso de que se quiera escribir una palabra en su totalidad en mayúscula, es necesario utilizar dos símbolos de mayúscula como se observa en el Figura 9.

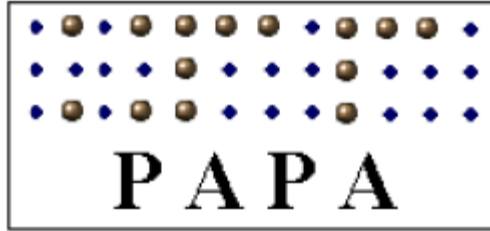


Figura 9. Representación en código Braille de una palabra en mayúsculas [SITE2005].

Para la representación de los números se utiliza un símbolo especial precediendo algunas letras (de la “a” a la “j”), en la Figura 10 se representa un ejemplo de cómo se representa un número en el código Braille.



Figura 10. Representación en código Braille de un número [SITE2005].

También en el sistema Braille encontramos los signos de puntuación, admiración, interrogación y comillas, estos no tienen diferencia entre abrir o cerrar como se muestra en el Figura 11. También se encuentra las vocales acentuadas.

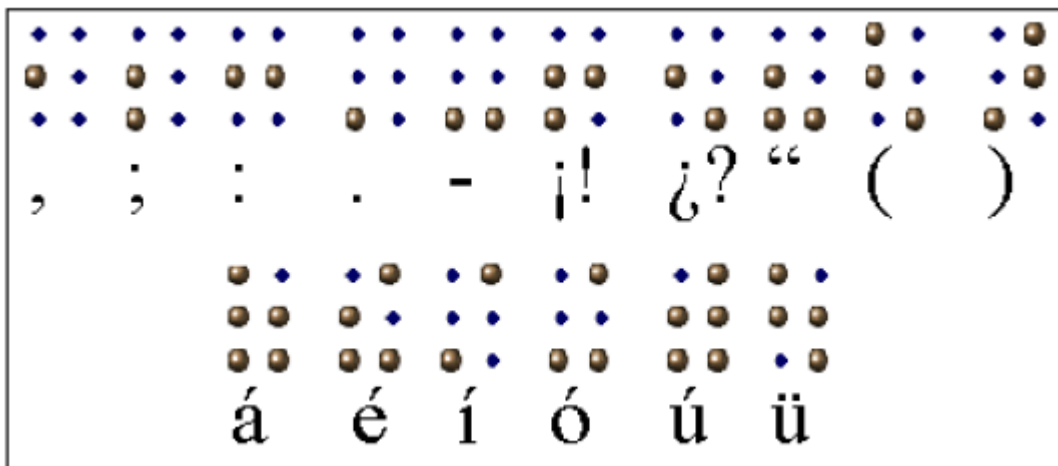


Figura 11. Signos de puntuación y vocales acentuadas [SITE2005].

4.3.1.3 Distancias de los puntos Braille

Para poder escribir en el sistema Braille no solo se debe tener en cuenta la combinación de los puntos, también hay que tener en cuenta las distancias entre los puntos, en la Figura 12 se muestra las distancias que corresponde al sistema.

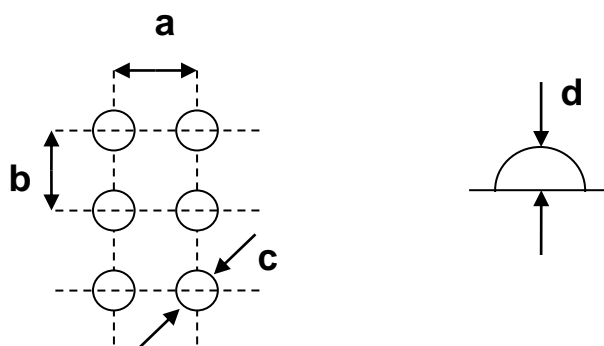


Figura 12. Distancias de los puntos Braille.

En la siguiente tabla se muestra cuales son los posibles valores que puede tomar cada una de las distancias entre los puntos que conforman el cajetín, estas distancias son variables, y dependen del idioma que se esta escribiendo. De igual manera varia en un sistema electrónico.

LETRA	DISTANCIA MENOR	DISTANCIA MAYOR
a	2,4 mm	2,8 mm
b	2,4 mm	2,8 mm
c	1,1 mm	2 mm
d	0,4 mm	1 mm

Tabla 4. Valores de las distancias.

4.4 ESTADO DEL ARTE

En el mercado mundial existen varios dispositivos para la ayuda de la lectura de los discapacitados visuales:

4.4.1 TECLADO BRAILLE

El teclado Braille es un dispositivo en el cual se puede encontrar un teclado común y debajo de este se encuentra una o dos reglas de cajetines Braille; se conecta al computador como un teclado normal. La persona no vidente tiene la facilidad de estar escribiendo en el teclado y cuando quiera pueden pasar a la regleta de Braille y ver que es lo que esta en la pantalla de la PC. El dispositivo mencionado se puede observar en la Figura 12, este dispositivo no es el único que se puede encontrar en el mercado, se encuentran dispositivos más robustos y con funciones adicionales.

Un ejemplo de estos cambios es la implementación de un sistema Braille de 8 puntos, gracias a estos dos puntos adicionales ellos pueden tener acceso a más caracteres.

En la Figura 13 podemos observar que el dispositivo es un híbrido, ya que tiene un parlante en el cual la persona invidente puede escuchar que palabra o letra esta leyendo.

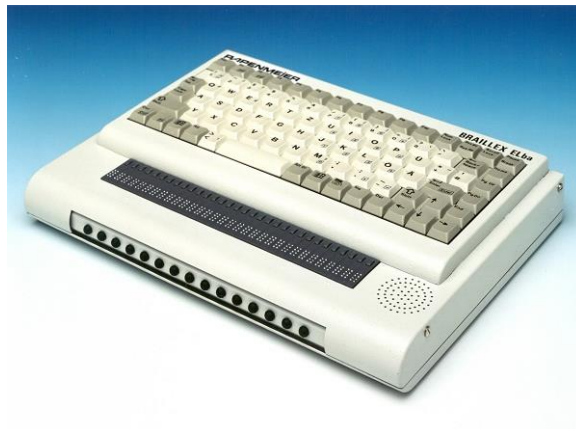


Figura 13. Teclado Braille.

4.4.2 AUDIO

En los últimos años se ha desarrollado software que lee las palabras escritas en la computadora, generalmente hacen uso de palabras previamente grabadas aunque también se puede encontrar sistemas silábicos.

Esta solución, es la más utilizada por los discapacitados visuales, pero para las personas que no tienen el sentido del audio, no es de mayor utilidad, ya que este sistema se basa en que las personas con limitación visual, deben tener el sentido del audio en perfección.

Uno de estos programas fue realizado por Microsoft Office, el problema de este código es su costo, por ello muchas personas prefieren buscar otros medios para solucionar la falta de lectura.

5. METODOLOGÍA

Las fases requeridas para la implementación del proyecto, son investigación e implementación, a continuación se explicará cada uno de estos pasos:

5.1 INVESTIGACIÓN

5.1.1 SISTEMA BRAILLE

En esta primera fase se realiza la investigación sobre la forma de escritura del sistema Braille, en este se encuentra que existen varios grados del sistema, el nivel que se va a utilizar es el uno, ya que este representa cada letra con un arreglo de puntos, en los dos siguientes se constituyen dos o tres palabras con un solo arreglo de puntos.

La segunda fase de la investigación se dedicó a indagar cuales son las características del sistema braille, entre ellas se encuentran; las distancias entre los puntos y sus diámetros.

5.1.2 MOVIMIENTO DE PUNTOS

En esta fase se buscó la forma de generar el movimiento de los puntos, se encontró que por medio de bobinas y un núcleo de hierro se puede generar movimiento de los puntos.

A continuación se procede a observar el comportamiento de las bobinas y determinar cuales son las medidas a tomar para su correcto funcionamiento. El voltaje que necesita, la corriente y el control de la temperatura de estas.

5.1.3 CONTROL

En esta fase se determina la forma de controlar el movimiento de los puntos, para poder realizar este control, es necesario tener conectado un teclado, este es el encargado de enviar la información al microcontrolador, cuando el integrado la recibe, procesa estos datos, los muestra en la pantalla LCD y decide si los almacena o genera el movimiento de los puntos.

5.2 IMPLEMENTACIÓN

5.2.1 CAJA BRAILLE

En esta fase se realizó la implementación de la caja Braille, en esta caja se encuentran las bobinas, las barras de metal, los puntos, ventiladores, sensores y pulsadores. Todos estos dispositivos instalados en la caja son para que sea manipulado por personas no videntes, se espera generar facilidad para la interacción con el dispositivo.

Uno de los problemas que se encuentra en esta etapa es la sincronización de los puntos, ya que se necesita agrupar los puntos y por las dimensiones de las bobinas se generan problemas debido al roce de los puntos con la tapa.

5.2.2 POTENCIA

En esta fase se genera el montaje, para separar la parte digital de la de potencia, esta separación se debe hacer por la utilización de dos corrientes y voltajes diferentes, si no se realiza esta parte el microcontrolador puede dañarse, ya que en su diseño no genera las corrientes y los voltajes necesarios para activar los solenoides.

5.2.3 CONTROL

En esta fase se generan el código del microcontrolador, el cual se encarga de guardar los datos de las palabras que el usuario quiera utilizar, la interfaz con la pantalla LCD y con el teclado PS2.

6. DESARROLLO

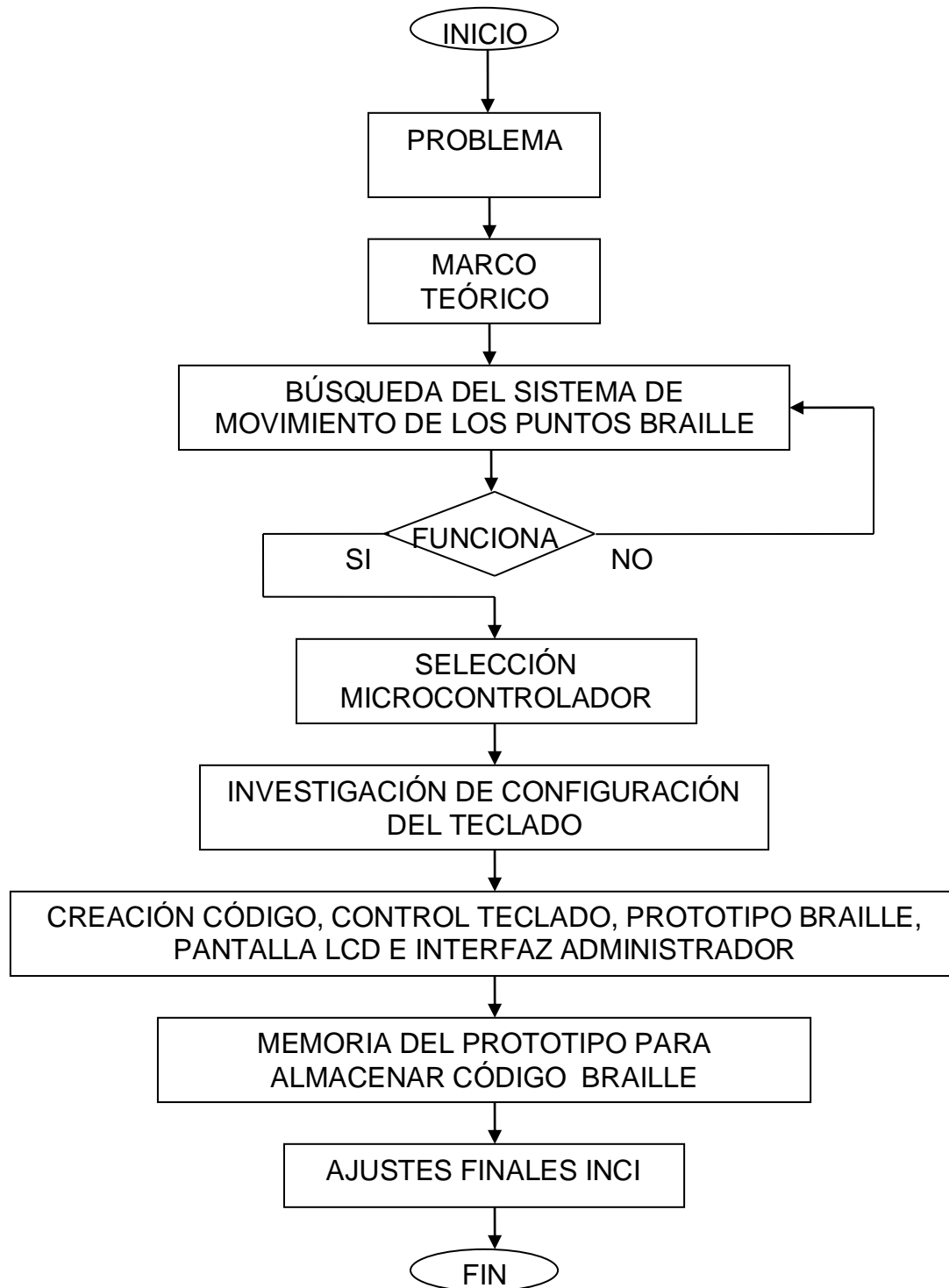


Figura 14. Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto de grado.

Para poder brindar una solución a la falta de ayuda a los estudiantes del sistema Braille, se tienen que realizar los siguientes pasos:

6.1 PRIMERA FASE, BÚSQUEDA DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DE LOS PUNTOS BRAILLE

Se investigó la forma de lectura de las personas con limitación visual, al tener esta información se procedió a determinar la forma de generar el movimiento de los seis puntos.

Para poder efectuar esta fase, se envió una carta al INCI "*Instituto Nacional Para Ciegos*", con esta misiva se obtuvo acceso a la información sobre la forma de escribir en Braille y los requerimientos que ellos necesitan. Esta información permitió implementar una estrategia de trabajo, para generar la primera caja del Prototipo Braille, ver figura 17.

A continuación se trabajó con los motores, con estos se pretendía que por medio de poleas se lograra generar el movimiento de los puntos del Braille. El problema generado al realizar la implementación con motores fue el gran tamaño que tomaría el prototipo, también se observó que el control a realizar era más complejo, por estos motivos se busca otro tipo de movimiento de los puntos.

Otra opción consideraba los imanes, en esta se encontró que por atracción magnética de dos polos opuestos generaba el movimiento, los motivos por los cuales este desarrollo no dio resultado fueron los siguientes:

- Al tener tan cerca estos campos se podría generar el movimiento de otro punto el cual no era necesario.
- La respuesta obtenida en el momento de quitar el voltaje aplicado al imán era muy lenta, esto hacía que el punto no bajara de manera inmediata y de esta forma se pudiera presentar errores en el proceso de lectura.

La opción que permitió los mejores resultados fue la utilización de campos magnéticos y un núcleo. Se tuvo que tener la previsión de no generar un campo muy fuerte ya que el mismo podría llegar a lastimar el dedo del usuario.

Para corregir este problema se buscaron solenoides que generan una resistencia 33.33Ω , es requerido un voltaje de 12 V, con esta configuración la corriente que consumé es de 0,5 A. En la Figura 15 se puede observar el solenoide el cual genera el campo magnético para atraer el núcleo de metal con la adición de cobre (Figura 16) esta adición de cobre servía para indicarle al invidente el punto de cada letra. En la Figura 20 se puede observar el núcleo de metal y la parte de cobre la cual interactuaba con el discapacitado visual.

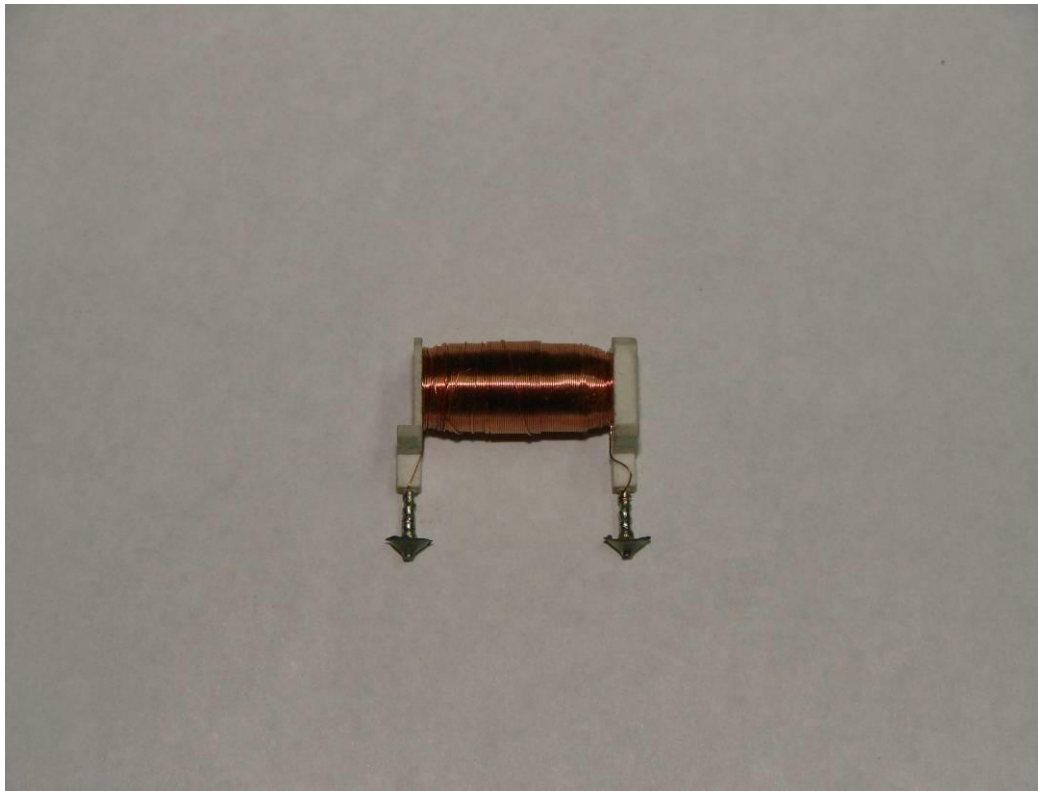


Figura 15. Solenoide utilizado en el Prototipo Braille

La dimensión de los puntos fue el primer inconveniente presentado al construir el primer prototipo, este problema fue solucionado investigando las dimensiones estándares de escritura del sistema Braille. En la Figura 12 se observa las distancias de cada punto, en la Tabla 4 se pueden apreciar las distancias que se pueden tomar para la escritura Braille.

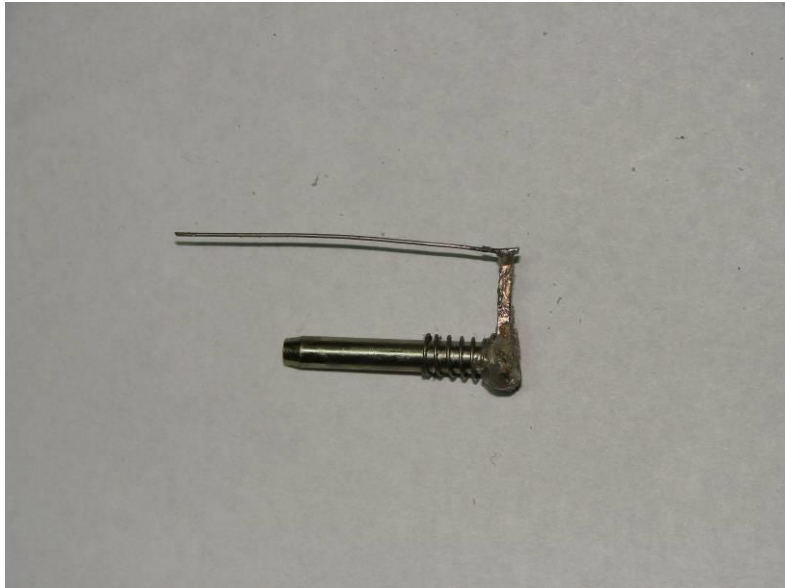


Figura 16. Primer Núcleo de metal con la barra de cobre.

La primera solución da como resultado la siguiente caja del prototipo Braille la cual no cumplía con las especificaciones exigidas por el INCI y presentaba un mal funcionamiento de sus partes mecánicas, por este motivo se hizo el cambio definitivo de la caja de madera, por una caja de acrílico.

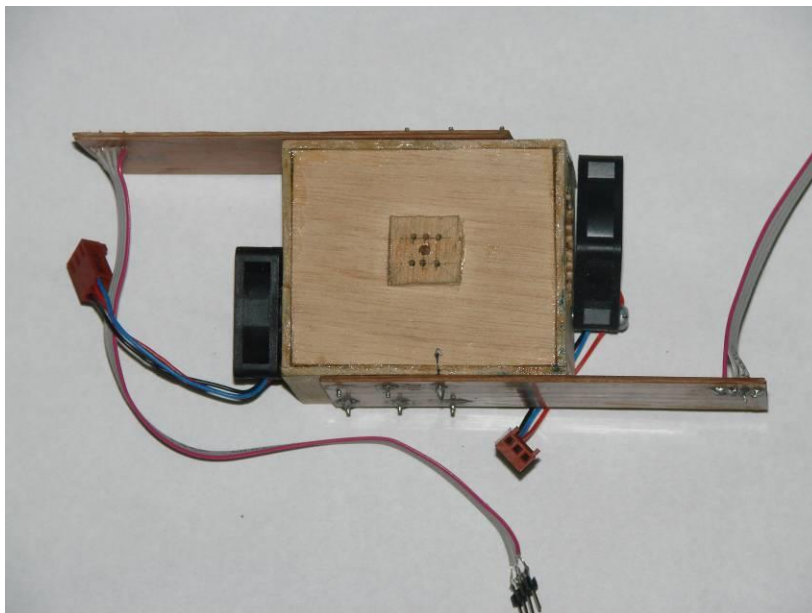


Figura 17. Primer Prototipo Braille.

Para solucionar este inconveniente se genera otro prototipo Braille, en el mismo los puntos eran redondeados y tenían mayor diámetro, el sistema mecánico no presentaba las fallas del prototipo anterior en el que el movimiento de un punto interfería con el movimiento de los puntos vecinos, se calentaba menos gracias a la implementación de un sistema de refrigeración más potente.



Figura 18. Prototipo Braille.

En el interior del Prototipo Braille se encuentra Instaladas los solenoides como se ven en la Figura 19, esta distribución es espaciosa previniendo el calentamiento de estos; en el anterior prototipo se presentó el problema de temperatura, por este motivo se tomó la decisión de colocar los solenoides a una distancia mayor.

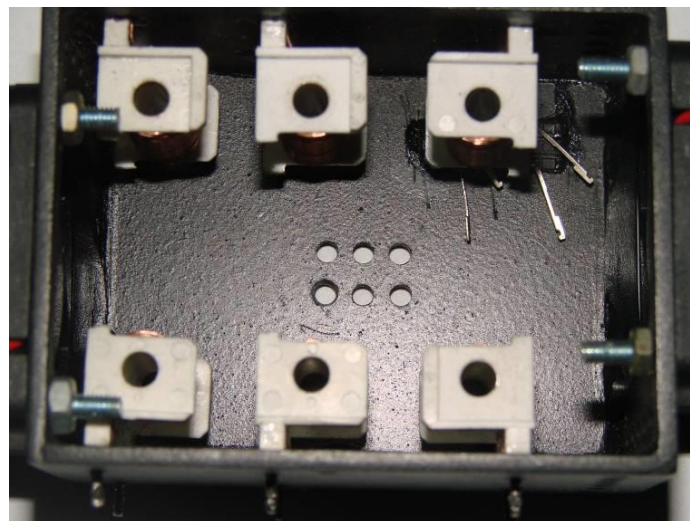


Figura 19. Prototipo Braille Interior con los Solenoides instaladas.

También se realizó un cambio en los núcleos de metal, a estos nuevos núcleos de metal se le agregaron los puntos de acrílico (Figura 20).



Figura 20. Nuevos núcleos de metal con puntos Braille en acrílico.

En la Figura 21 se puede observar como se unen las Figuras 19 y 20, en esta figura se instalan los núcleos de metal dentro de los solenoides y los puntos del sistema Braille.

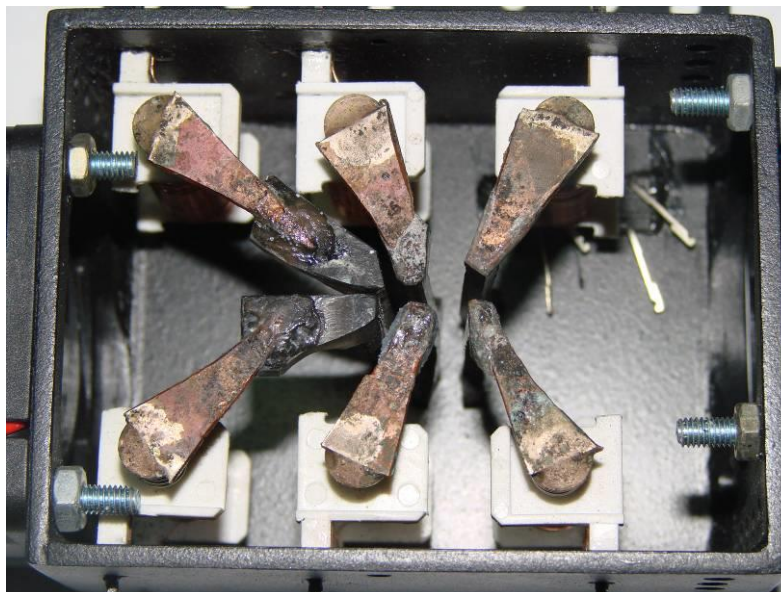


Figura 21. Prototipo Braille con los núcleos de metal en el interior.

6.2 SEGUNDA FASE, SELECCIÓN MICROCONTROLADOR

Se busca el microcontrolador a utilizar, para la realización de este proyecto, se utilizó el microcontrolador de la Familia MICROCHIP y como tal la referencia PIC16F877A.

Es necesario utilizar todos los puertos, ya que en cada uno de ellos se usan, para el control del prototipo Braille, de la Pantalla LCD, el control de velocidad para la persona no vidente y las entradas del Teclado PS2.

Se hace un programa en el microcontrolador en el cual solo se muestra cada una de las letras, se comienza a realizar pruebas con los discapacitados visuales, con estas pruebas se pudo determinar la velocidad adecuada para que los niños o personas mayores que están en el proceso de aprendizaje pudieran tener una primera aproximación a la lectura en sistema Braille.

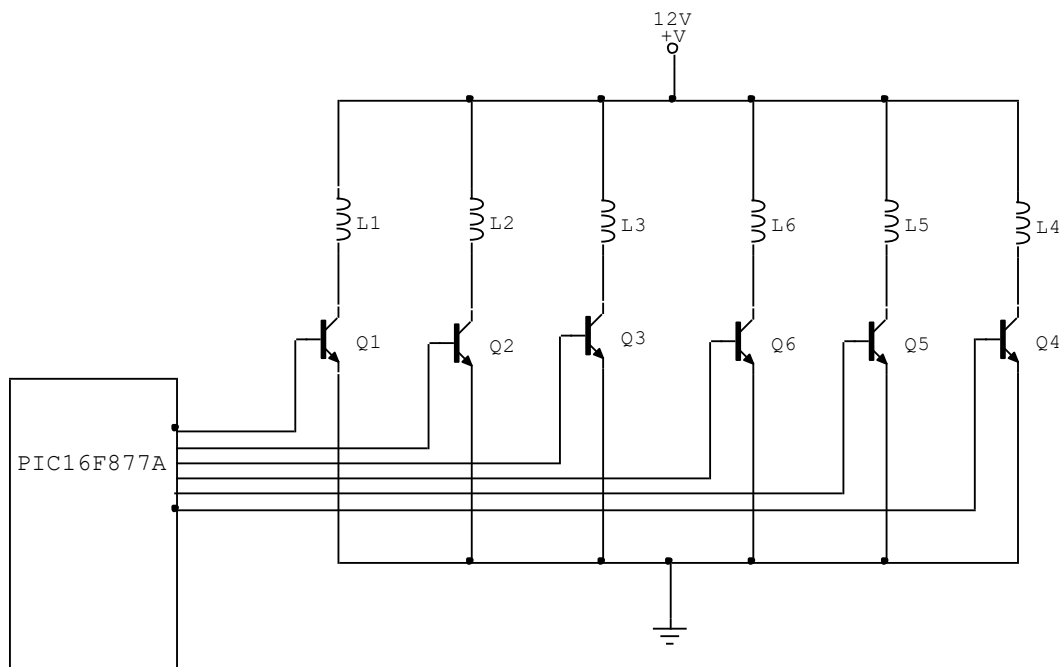


Figura 22. Plano de potencia del primer Prototipo.

La etapa de potencia requirió la protección del microcontrolador, esto se logró aislando los pines con transistores, tal y como se muestra en la Figura 22. En la Figura 23 se observa como es que se realizan las pruebas del primer prototipo con personas con limitación visual.



Figura 23. Primer escenario de pruebas.

En el primer prototipo Braille se utilizaron distancias entre puntos mayores a las distancias usadas para el Braille en idioma Español, ya que lo que se quiere es ir acoplado el sentido del tacto del estudiante. Cuando el estudiante haya logrado la suficiente habilidad podrá usar un cajetín más pequeño que cumpla con las distancias del estándar.

6.3 TERCERA FASE, INVESTIGACIÓN DE CONFIGURACIÓN DEL TECLADO

Los mensajes a codificar en Braille son introducidos al sistema a través de un teclado PS2. Es por ello que en esta etapa se procedió a investigar el protocolo de comunicación usado por el teclado. Con esta información se logró que el microcontrolador capturara eficientemente las tramas generadas al introducir el mensaje.

La captura de tramas se pudo realizar a través de la utilización de las interrupciones del microcontrolador, las cuales detienen el programa que se este ejecutando y observan la trama recibida, antes de retornar al programa principal se espera que pase la trama de rectificación del teclado.

6.4 CUARTA FASE, CREACIÓN CÓDIGO, CONTROL TECLADO, PROTOTIPO BRAILLE, PANTALLA LCD E INTERFAZ ADMINISTRADOR.

Una vez el microcontrolador captura las tramas del teclado procede a convertir esta secuencia en caracteres en código ASCII, ya que la pantalla LCD requiere que los datos sean suministrado en ASCII.

Una vez visualizado el carácter en la pantalla LCD, el microcontrolador acciona el sistema mecánico que mueve los puntos del cajetín, se hace imperioso implementar un circuito de protección para proteger al microcontrolador, ya que los solenoides tienen un consumo de voltaje y corriente muy altos. Para solucionar este inconveniente se utilizaron transistores que conectan microcontrolador y los solenoides (ver Figura 22). La función realizada por los transistores fué la de elevar el voltaje de 5 V suministrados por el microcontrolador al voltaje de 12 V requerido por los solenoides, con el fin de generar el movimiento de los núcleos de metal.

En esta fase también se generó el código de la interfaz para el Administrador, en la primera pantalla se le pregunta al Administrador que función desea realizar, las posibles opciones son las siguientes:

- Presione la tecla F1: En esta función explica al Administrador cuales son las otras funciones que posee el prototipo Braille.
- Presione la tecla F2: En esta función se produce el modo de funcionamiento directo, en el que cuando una tecla es presionada se muestra inmediatamente el correspondiente código Braille. Lo mostrado en el dispositivo no cambiará hasta que no se presione alguna otra tecla. En este modo se encuentran deshabilitados los controles de velocidad.
- Presione la tecla F3: En esta función se habilita el modo de almacenamiento de información. Inicialmente se almacena en el sistema hasta 250 caracteres en la memoria EEPROM. El paso siguiente es acceder a la función que proporciona la tecla F4.
- Presione la tecla F4: En esta función se muestra de manera secuencial en el cajetín Braille todos los caracteres almacenados en la memoria EEPROM (Función F3). En esta función se habilitan los controles de velocidad.

En cada una de estas opciones se cambia la pantalla, indicándole al Administrador en que pantalla se encuentra actualmente, este procedimiento se realiza para generar una interfaz gráfica más amigable con el Administrador.

6.5 QUINTA FASE, MEMORIA DEL PROTOTIPO PARA ALMACENAR CÓDIGO BRAILLE

Se investiga sobre la mejor forma de almacenar los caracteres dentro del microcontrolador. Para almacenar datos en la memoria EEPROM (ver anexo 4), se debe hacer carácter por carácter, el tiempo de almacenamiento es de aproximadamente 10ms por carácter, por este motivo se tiene que crear un vector, en este vector se almacena cada dato a ingresar por teclado (ver anexo 4). Después que el Administrador presione la tecla Enter, el dispositivo comienza a leer las letras almacenadas en el vector y las guarda en la memoria EEPROM. Al guardar estos datos en la memoria EEPROM, se tiene la opción de poder leer los datos después de cortar el suministro de energía al dispositivo.

Una vez ejecutados estos pasos se procede a unir los códigos creados para controlar el Teclado, la pantalla LCD, el cajetín Braille y los controles de velocidad en un solo programa.

Al terminar de unir los códigos anteriores, el programa no funciona correctamente, esto se debe a que la información sobrepasa la primera página de memoria del microcontrolador, para solucionar este inconveniente se procede a distribuir el código en diferentes páginas, esta solución se observa en el anexo 4.

6.6 SEXTA FASE, AJUSTES FINALES INCI

Se realiza la investigación en el INCI de las normas que se deben cumplir, se realizaron los ajustes necesarios para lograr el cumplimiento de los requerimientos y se procedió a efectuar las pruebas finales para obtener la carta de aprobación (ver Anexo 6).

Para culminar este proceso se procede a crear los circuitos impresos, esto se realiza para unir todos los dispositivos en uno solo y dejarlo en la caja final (ver Figura 24).



Figura 24. Prototipo Braille finalizado.

7. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para verificar el correcto funcionamiento del prototipo es necesario realizar pruebas, esto se hace con el fin de mostrar el correcto trabajo o fallas que presente. A continuación se mostrarán las estrategias utilizadas para determinar si el prototipo es viable o no.

Se generó la primera encuesta (ver Anexo 1) para determinar si el prototipo Braille es entendible para los discapacitados visuales, se grabaron dentro del microcontrolador diferentes palabras a diferentes velocidades, con estos cambios de palabras y velocidades, se espera determinar cuales son los posibles errores de cada combinación de puntos y también se quiere saber cuales son las velocidades promedio a la cual leen los discapacitados visuales.

Para realizar los ensayos, fue necesario generar un escenario de pruebas, este escenario consta de la caja Braille, un microcontrolador y 6 transistores; estos transistores tienen la función de independizar la parte de potencia de la parte de control, con esto se logra manejar dos voltajes independientes, esta separación es necesaria para la protección del microcontrolador ya que se requería, porque los solenoides que están dentro del prototipo Braille, requieren una corriente alta y un voltaje mayor para generar el movimiento de los puntos. En este experimento se grabó en la memoria del microcontrolador la palabra "Hola Mundo", los resultados obtenidos fueron los siguientes datos:

Al probar con una velocidad de 385ms la persona presentó problemas para la lectura, al realizar un cambio de velocidad a 1,925s la persona argumentó que era muy lento para él. La persona detectó la palabra escrita "Hola Mundo", se siguieron realizando cambios en palabras y velocidades, con estos cambios la persona se fue acoplando. En la última prueba la velocidad adecuada fue de 770ms, con esta prueba se afirma que con mas tiempo de práctica se acopla cada vez más.

Con esta prueba se observó que con más práctica, el discapacitado leerá a velocidades más rápidas, se determina que se debe modificar el programa y generar tiempos menores y el tiempo mayor debe ser máximo de 2s. Esta afirmación es considerable para personas con un grado alto de lectura del código Braille.

En la siguiente prueba se varían las velocidades de lectura y se cambian las palabras y se obtienen los siguientes resultados:

Al realizar las pruebas se observa que las personas detectan en su totalidad las palabras que se escriben en el dispositivo, en algunos casos hay que variar la velocidad a una mayor, por ejemplo, a una velocidad de 385ms casi nadie puede leer, pero al variar la velocidad a otra mayor detectan las palabras que están escritas en la memoria del microcontrolador.

Afirman las personas que realizan la prueba que la fuerza generada por los puntos del prototipo es correcta y no les incomoda para la lectura, al realizar la encuesta y preguntar sobre la fuerza ejercida por los puntos, afirman que es adecuada y no le lastima el dedo.

Con tiempos altos entre carácter y carácter (tiempo de 1,925 segundos), el 100% de las personas encuestadas detectan las palabras y algunos piden que el tiempo sea menor, en algunas ocasiones necesitan de otra lectura para entender, esto se presenta por que el tiempo es muy alto y la persona se desconcentra y pierde la memoria de las letras que han pasado.

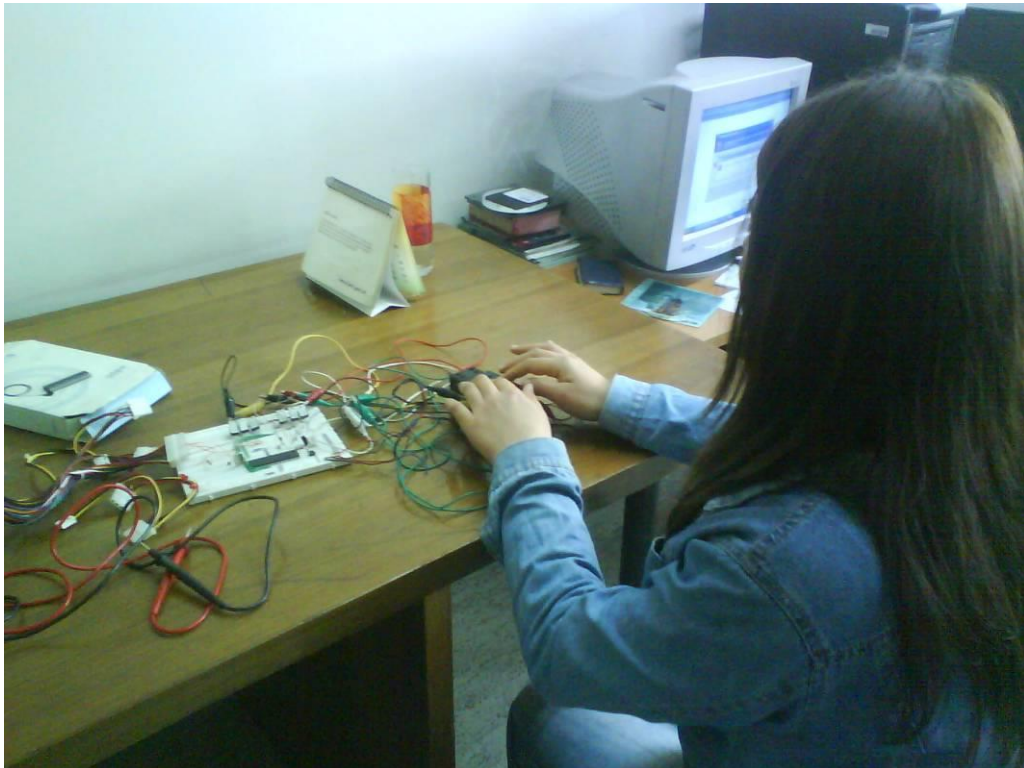


Figura 25. Pruebas con discapacitados visuales

Con todas estas afirmaciones obtenidas de las pruebas realizadas (ver Anexo 1), se tomó la decisión de dejar las velocidades que están dispuestas en el primer

código creado para realizar pruebas. En el primer escenario de pruebas generado se presenta 7 velocidades cada una de ellas múltiplo de 385ms por carácter. Al terminar de realizar la primera encuesta se analizó, que con la velocidad 1,925s por carácter, las personas con algún conocimiento previo del código Braille afirman que esta es muy lenta para ellos, la velocidad de 385ms por carácter es muy rápida para ellos pero con más tiempo de practica podrán leer a esta velocidad. Con la recopilación de la información de las primeras pruebas realizadas, se procede a crear la encuesta número 2 (ver Anexo 2), con estas nuevas pruebas se procede a obtener estadísticas de acierto y error en diferentes velocidades, solo se utilizan las velocidades de 1,925s, 1,540s y 1,115s esto se realiza por la gran aceptación de estas velocidades.

Al realizar la encuesta con 26 palabras y tiempo entre carácter y carácter de 1,925s se obtiene la siguiente estadística en la primera lectura.

	PRUEBAS	PORCENTAJE
ACIERTOS	49	94,23
ERRORES	3	5,77
TOTAL DE PRUEBAS	52	100

Tabla 5. Resultados de la primera lectura con velocidad 1,925s por carácter.

Al realizar la segunda lectura con los mismos valores anteriores se obtiene los siguientes resultados.

	PRUEBAS	PORCENTAJE
ACIERTOS	51	98,08
ERRORES	1	1,92
TOTAL DE PRUEBAS	52	100

Tabla 6. Resultados de la segunda lectura con velocidad 1,925s por carácter.

Al realizar la encuesta con 27 palabras y tiempo entre carácter y carácter de 1,540s se obtiene la siguiente estadística

	PRUEBAS	PORCENTAJE
ACIERTOS	49	90,74
ERRORES	5	9,26
TOTAL DE PRUEBAS	54	100

Tabla 7. Resultados de la primera lectura con velocidad 1,540s por carácter.

Al realizar la segunda lectura con los mismos valores anteriores se obtiene los siguientes resultados.

	PRUEBAS	PORCENTAJE
ACIERTOS	49	90,74
ERRORES	5	9,26
TOTAL DE PRUEBAS	54	100

Tabla 8. Resultados de la segunda lectura con velocidad 1,540s por carácter.

Al realizar la encuesta con 27 palabras y tiempo entre carácter y carácter de 1,115s se obtiene la siguiente estadística

	PRUEBAS	PORCENTAJE
ACIERTOS	43	79,63
ERRORES	11	20,37
TOTAL DE PRUEBAS	54	100

Tabla 9. Resultados de la primera lectura con velocidad 1,115s por carácter.

Al realizar la segunda lectura con los mismos valores anteriores se obtiene los siguientes resultados.

	PRUEBAS	PORCENTAJE
ACIERTOS	50	92,59
ERRORES	4	7,41
TOTAL DE PRUEBAS	54	100

Tabla 10. Resultados de la segunda lectura con velocidad 1,115s por carácter.

El consolidado total sobre las pruebas realizadas son las siguientes:

	PRUEBAS
ACIERTOS	291
ERRORES	29
TOTAL DE PRUEBAS	320

Tabla 11. Resultados globales de acierto del prototipo Braille.

En la siguiente figura se observa el porcentaje de los aciertos y errores globales, estos datos se observan en el anexo 3.

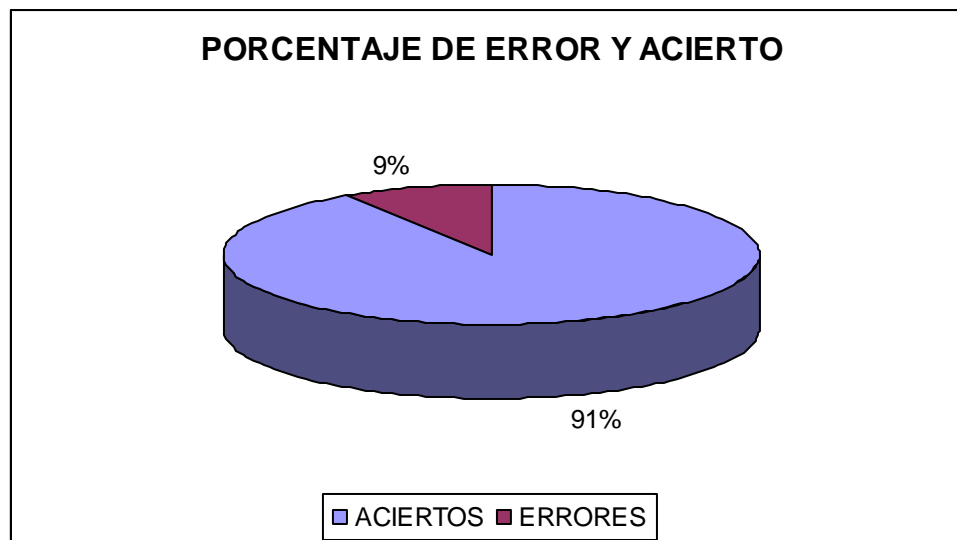


Figura 26. Porcentaje de error y acierto del prototipo Braille.

Al terminar estas pruebas se procede a solicitar la carta de aprobación por parte del INCI, para obtener la certificación, se debe presentar el dispositivo con sus demás funciones terminadas y en la caja final

8. CONCLUSIONES

- Este sistema está concebido para ayudar a facilitar el aprendizaje del código Braille, si a esto se le suma la labor realizada por un instructor, se puede obtener un proceso integral, donde se conjugan la tecnología y la pedagogía.
- La labor realizada en este proyecto de grado, es un importante aporte a la tecnología de este país, demostrando que es posible desarrollar proyectos con sentido social.
- El prototipo Braille desarrollado es bastante flexible aparte de la aplicación básica de servir como herramienta de ayuda en el proceso de aprendizaje del sistema Braille también puede utilizarse como dispositivo de entrega de todo tipo de información (Geográfica ubicación) o para mostrar publicidad.
- Al trabajar con el microcontrolador de la familia Microchip se tiene que tener en cuenta que la memoria de este dispositivo esta dividida en páginas, si no se tiene esto en cuenta, cuando se llena la primera, el programa presenta fallos, ya que este realiza saltos a páginas no deseadas.
- Los datos entregados a la pantalla LCD deben estar en formato ASCII.
- Cuando se realiza un diseño de movimiento mecánico, se deben ajustar firmemente las partes, de no ser así se presenta problemas de fricción que impiden el correcto funcionamiento de todo el sistema.
- Las personas que pierden algún sentido, siempre los demás sentidos se les agudizan, por esta razón es que con el tacto pueden identificar los puntos.
- Antes de realizar pruebas, hay que adecuar los puntos del Braille para no lastimar el tacto de los usuarios, por esto se tuvo que hacer la migración de la caja de madera a una caja en acrílico.
- Para facilitar la forma de almacenamiento en memoria EEPROM fué necesario crear un vector. Este proceso se realiza para agilizar la interacción con el administrador.

- Los errores presentados en las estadísticas no son del dispositivo, son de los usuarios, ya que cuando se envía la palabra ellos en algún momento se distraen y pierden la memoria de las letras que han pasado.
- La comunicación del teclado con el microcontrolador presenta un problema de identificación de inicio de trama que se soluciona cuando se empieza a leer el carácter inmediatamente después de que se genera la interrupción.
- Cuando se comienza a grabar los datos en la memoria EEPROM hay que desactivar las interrupciones, porque si se genera una interrupción en ese momento la información se pierde.
- Se usaron campos magnéticos generados por solenoides para mover los puntos Braille ya que su eficiencia fue superior a la mostrada por las implementaciones con motores e imanes. Los motores hacían muy grande el prototipo y los imanes no respondían con la velocidad adecuada.
- Las pruebas realizadas dan como resultado que la velocidad 2 (1,155 s) es la más adecuada para la lectura del código Braille. El porcentaje de acierto a esta velocidad y a las demás fué bastante alto, por encima del 90%

9. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos de grado se recomienda diseñar los solenoides más pequeños y con mayor fuerza de subida de los puntos, así se podrá mejorar el diseño y disminuir el tamaño del dispositivo.

Otra posible cambio es la interacción con el computador, ya que en el mercado se encuentra dispositivos muy costosos, esto se debe, a que en Colombia no se encuentra mucha tecnología para este segmento de la población, por otro lado, los productos los tienen que importar y por este motivo ayuda al incremento de los costos del producto.

10. TRABAJO FUTURO

Con el desarrollo de este proyecto, se dará un avance tecnológico, para los discapacitados, además se abre la brecha para seguir investigando en el tema, asimismo de masificarlo si es posible, y no dejarlo como un proyecto mas en los laboratorios.

Otra forma para actualizar este trabajo de grado, puede ser generar un enfoque diferente, se puede ayudar a los discapacitados visuales dándoles información en los centros comerciales o sitios especiales dentro de la ciudad. Pero al realizar este cambio se debe crear una forma de seguridad, esta afirmación se hace para evitar que otras personas puedan perjudicar el dispositivo.

Una posible solución a este problema es, crear un sistema de seguridad en el cual solo las personas discapacitadas tengan acceso a este servicio, para esto se tiene que crear una base de datos con las personas discapacitadas, la gran innovación será la creación de un lector de huella digital, esta nos dará una mayor cobertura, ya que por medio de la huella digital solo se les prestará el servicio a personas con discapacidad.

Para poder realizar lo anteriormente dicho, el INCI deberá contar con una base de datos de todas las personas discapacitadas, con su respectiva huella. La comunicación entre el INCI “la base de datos” con los semáforos de la ciudad se podrá hacer una comunicación bidireccional por medio Inalámbrico o por PLC

11. GLOSARIO

ASTM o **ASTM International** es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América, su cobertura temática incluye metales, construcción, productos de petróleo, textiles, pinturas, plásticos, hules, aisladores electrónicos, y eléctrico. [ENCA2007]

COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL: Consiste enviar y recibir datos en dos estaciones. [ENCA2007]

CONDENSADOR: Sistema de dos conductores, separados por una lámina dieléctrica, que sirve para almacenar cargas eléctricas. [ENCA2007]

ELASTOMÉTRICO: Material flexible utilizado para la fabricación de resortes. [ENCA2007]

LCD: Display de Cristal Liquido, pantalla por la cual se muestra información. [ENCA2007]

PLC: Comunicación por la línea de poder o red eléctrica. La cual transporta y distribuye la energía eléctrica. [ENCA2007]

SOLENOIDE: Circuito formado por un hilo conductor enrollado en espiral, por el que circula una corriente eléctrica y en cuyo interior se crea un campo magnético. [ENCA2007]

TRANSISTOR: Dispositivo electrónico constituido por un pequeño bloque de materia semiconductor, que cuenta con tres electrodos, emisor, colector y base, y sirve para rectificar y amplificar los impulsos eléctricos. [ENCA2007]

TRANSMISIÓN INALÁMBRICA: Consiste en enviar y recibir datos por medio de la atmósfera “sin cables”. [ENCA2007]

12. BIBLIOGRAFÍA

12.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[SITE2005] Alfonso Cétares Salas, Carlos Andrés Cortés Rivera, Luis Fernando Silva Olarte. Sistema de Enseñanza del Código Braille Para Niños con Limitaciones Visual. Colombia Bogotá D.C. 2005

12.2 REFERENCIAS DE INTERNET

[FACU2007] Facultad de Ingeniería – UNNE. Argentina. 2007. Campo Magnético. <http://ing.unne.edu.ar/pub/tema4cm.pdf> navegada en Marzo de 2007.

[INCI2007] Instituto Nacional Para Ciegos. INCI. Colombia. 2007. <http://www.inco.gov.co> navegada en Marzo de 2007.

[INTE2007] Interfacing the PC's Keyboard. Estados Unidos 2007 <http://www.beyondlogic.org/keyboard/keybrd.htm> navegada en Mayo de 2007

[LION2007] Lions Clubs International. Braille http://www.lionsclubs.org/SP/content/vision_services_braille.shtml visitada en Febrero de 2007

[REBA2007] Facultad Regional Bahía Blanca. Argentina. 2007. Resortes. <http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/elementosdemaquinas/cap05-01.pdf> navegada en Marzo de 2007

[WIKI2007] La Enciclopedia Libre. España 2007. Puerto PS/2. <http://es.wikipedia.org/wiki/PS/2> navegada en Mayo de 2007

12.3 REFERENCIAS AUDIOVISUALES

[ENCA2007] Microsoft Corporation: enciclopedia de consulta. 2007

13. ANEXOS

13.1 ENCUESTA PROTOTIPO BRAILLE 1

1. NOMBRE

2. HACE CUANTO APRENDIÓ A LEER BRAILLE (AÑO)

PRIMER PRUEBA "HOLA MUNDO" VELOCIDAD 4

3. QUE PALABRA ENTENDIÓ

4. LA VELOCIDAD EJERCIDA POR EL PROTOTIPO COMO LE PARECIÓ

SEGUNDA PRUEBA "ANITA LAVA LA TINA" VELOCIDAD 3

5. QUE PALABRA ENTENDIÓ

6. LA VELOCIDAD EJERCIDA POR EL PROTOTIPO COMO LE PARECIÓ

TERCERA PRUEBA "PROBLEMAS DE LECTURA" VELOCIDAD 2

7. QUE PALABRA ENTENDIÓ

8. LA VELOCIDAD EJERCIDA POR EL PROTOTIPO COMO LE PARECIÓ

CUARTA PRUEBA "PROTOTIPO BRAILLE DE ENSEÑANZA" VELOCIDAD 1

9. QUE PALABRA ENTENDIÓ

10. LA VELOCIDAD EJERCIDA POR EL PROTOTIPO COMO LE PARECIÓ

QUINTA PRUEBA "MUCHAS GRACIAS Y LO ESPERO EN OTRA OPORTUNIDAD" VELOCIDAD 0

11. QUE PALABRA ENTENDIÓ

12. LA VELOCIDAD EJERCIDA POR EL PROTOTIPO COMO LE PARECIÓ

13. LA FUERZA EJERCIDA POR EL PROTOTIPO COMO LE PARECIÓ

14. COMO DETECTO LOS PUNTOS DEL PROTOTIPO

15. SUGERENCIA PARA PODER OPTIMIZAR EL PROTOTIPO

16. COMO CALIFICARÍA LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTE TIPO PROTOTIPO

MALO: ___ REGULAR: ___ BUENA: ___ EXCELENTE: ___

13.2 ENCUESTA PROTOTIPO BRAILLE 2

1. NOMBRE

2. HACE CUANTO APRENDIÓ A LEER BRAILLE AÑO

PRIMERA PRUEBA

“alma Bogotá casa dado elefante faro gato huevo iglesia julio kilo lazo madre Nariño oscar pizza queso rata sapo tango unión vida whisky xilófono yuca zapato”

VELOCIDAD 4

3. PRIMERA LECTURA QUE PALABRAS ENTENDIÓ

4. SEGUNDA LECTURA QUE PALABRAS ENTENDIÓ

SEGUNDA PRUEBA

“aro bebe cuna dedo enano fruta ganso hiena imperio jarra kimono limón marrano nido ñandú opera papagayo quito rosa saco tetero uña vivero waterpolo Xiomara Yopal zorro”

VELOCIDAD 3

5. PRIMERA LECTURA QUE PALABRA ENTENDIÓ

6. SEGUNDA LECTURA QUE PALABRAS ENTENDIÓ

TERCERA PRUEBA

“almendra bastón cartas durazno eléctrico futuro galaxia humano ironía Júpiter koala lanza maduro norma ñame oveja pájaro quinta redondo sandía Trinidad umbilical velocidad walkman boxeo yegua zapote”

VELOCIDAD 2

7. PRIMERA LECTURA QUE PALABRA ENTENDIÓ

8. SEGUNDA LECTURA QUE PALABRAS ENTENDIÓ

13.3 TABLAS DE DATOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS 2

FRASES	WATER AZULA						PEDRO ANDRADE LOZADA					
	VELOCIDAD 4		VELOCIDAD 3		VELOCIDAD 2		VELOCIDAD 4		VELOCIDAD 3		VELOCIDAD 2	
	PR 1	PR 2	PR 1	PR 2	PR 1	PR 2	PR 1	PR 2	PR 1	PR 2	PR 1	PR 2
1	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B
2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5	B	B	B	B	X	X	B	B	B	B	B	B
6	B	B	B	X	X	B	X	B	B	B	B	B
7	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
9	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
10	B	B	B	X	X	X	B	B	B	B	X	B
11	B	B	X	B	B	X	B	B	B	B	B	B
12	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B
13	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
14	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B	B
15	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B
16	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B
17	B	B	B	X	X	B	B	B	B	B	X	B
18	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B
19	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
20	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
21	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B
22	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B	B	B
23	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B	B	B
24	B	B	X	X	B	B	B	B	X	B	B	B
25	B	B	B	B	X	X	B	B	B	B	B	B
26	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B
27			B	B	B	B			B	B	B	B

B = Lectura correcta

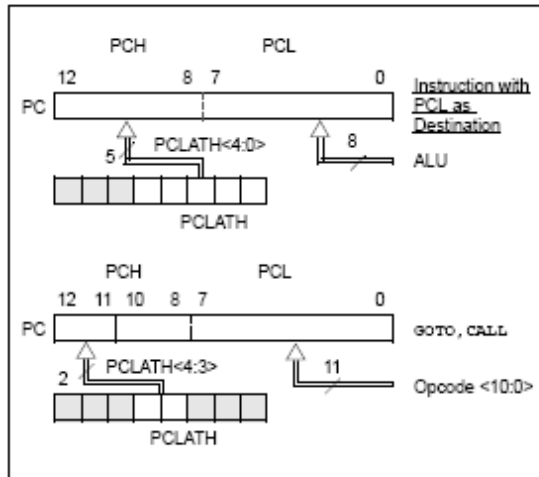
X = Lectura errónea

13.4 DATA SHEET DEL MICROCONTROLADOR PIC16F877A

2.3 PCL and PCLATH

The Program Counter (PC) is 13 bits wide. The low byte comes from the PCL register which is a readable and writable register. The upper bits (PC<12:8>) are not readable, but are indirectly writable through the PCLATH register. On any Reset, the upper bits of the PC will be cleared. Figure 2-5 shows the two situations for the loading of the PC. The upper example in the figure shows how the PC is loaded on a write to PCL (PCLATH<4:0> → PCH). The lower example in the figure shows how the PC is loaded during a CALL or GOTO instruction (PCLATH<4:3> → PCH).

FIGURE 2-5: LOADING OF PC IN DIFFERENT SITUATIONS



2.3.1 COMPUTED GOTO

A computed GOTO is accomplished by adding an offset to the program counter (ADDWF PCL). When doing a table read using a computed GOTO method, care should be exercised if the table location crosses a PCL memory boundary (each 256-byte block). Refer to the application note, AN556, "Implementing a Table Read" (DS00556).

2.3.2 STACK

The PIC16F87XA family has an 8-level deep x 13-bit wide hardware stack. The stack space is not part of either program or data space and the stack pointer is not readable or writable. The PC is PUSHed onto the stack when a CALL instruction is executed, or an interrupt causes a branch. The stack is POP'ed in the event of a RETURN, RETLW or a RETFIE instruction execution. PCLATH is not affected by a PUSH or POP operation.

The stack operates as a circular buffer. This means that after the stack has been PUSHed eight times, the ninth push overwrites the value that was stored from the first push. The tenth push overwrites the second push (and so on).

Note 1: There are no status bits to indicate stack overflow or stack underflow conditions.

2: There are no instructions/mnemonics called PUSH or POP. These are actions that occur from the execution of the CALL, RETURN, RETLW and RETFIE instructions or the vectoring to an interrupt address.

2.4 Program Memory Paging

All PIC16F87XA devices are capable of addressing a continuous 8K word block of program memory. The CALL and GOTO instructions provide only 11 bits of address to allow branching within any 2K program memory page. When doing a CALL or GOTO instruction, the upper 2 bits of the address are provided by PCLATH<4:3>. When doing a CALL or GOTO instruction, the user must ensure that the page select bits are programmed so that the desired program memory page is addressed. If a return from a CALL instruction (or interrupt) is executed, the entire 13-bit PC is popped off the stack. Therefore, manipulation of the PCLATH<4:3> bits is not required for the RETURN instructions (which POPs the address from the stack).

Note: The contents of the PCLATH register are unchanged after a RETURN or RETFIE instruction is executed. The user must rewrite the contents of the PCLATH register for any subsequent subroutine calls or GOTO instructions.

Example 2-1 shows the calling of a subroutine in page 1 of the program memory. This example assumes that PCLATH is saved and restored by the Interrupt Service Routine (if interrupts are used).

EXAMPLE 2-1: CALL OF A SUBROUTINE IN PAGE 1 FROM PAGE 0

```

ORG 0x500
BCF PCLATH,4
BSF PCLATH,3 ;Select page 1
               ;(800h-FFFh)

CALL SUB1_P1 ;Call subroutine in
:           ;page 1 (800h-FFFh)
:
ORG 0x900 ;page 1 (800h-FFFh)
SUB1_P1
:           ;called subroutine
               ;page 1 (800h-FFFh)
:
RETURN ;return to
               ;Call subroutine
               ;in page 0
               ;(000h-7FFh)
    
```

2.5 Indirect Addressing, INDF and FSR Registers

The INDF register is not a physical register. Addressing the INDF register will cause indirect addressing.

Indirect addressing is possible by using the INDF register. Any instruction using the INDF register actually accesses the register pointed to by the File Select Register, FSR. Reading the INDF register itself, indirectly (FSR = 0) will read 00h. Writing to the INDF register indirectly results in a no operation (although status bits may be affected). An effective 9-bit address is obtained by concatenating the 8-bit FSR register and the IRP bit (Status<7>) as shown in Figure 2-6.

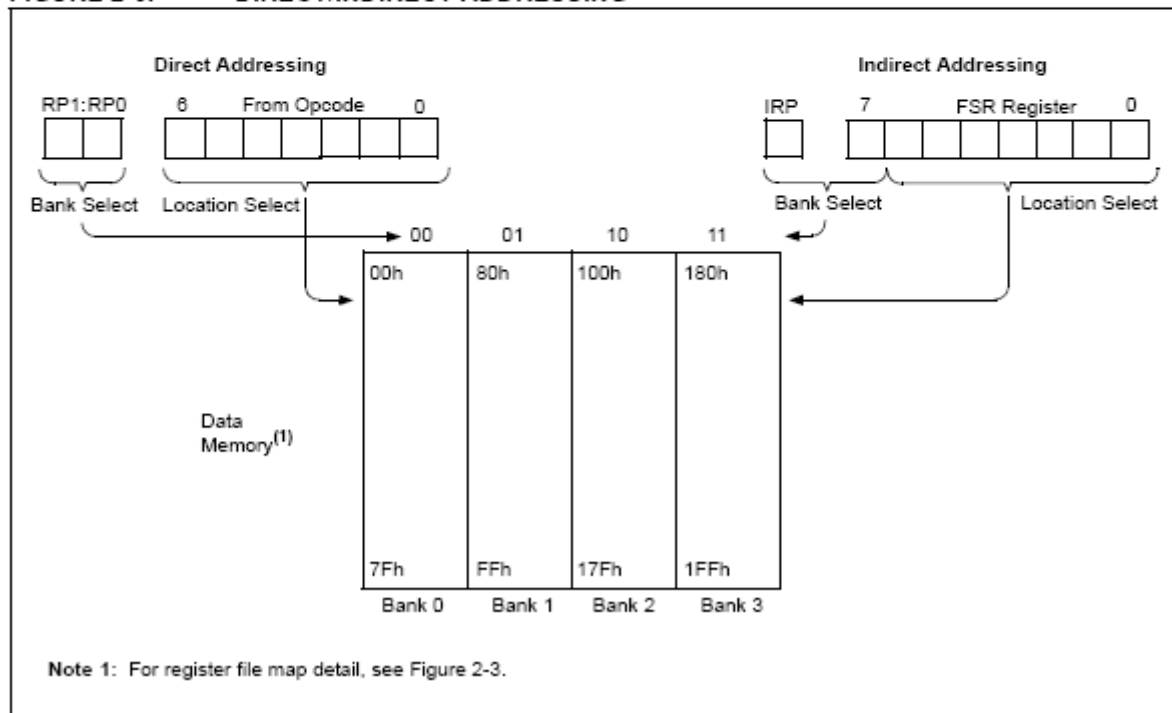
A simple program to clear RAM locations 20h-2Fh using indirect addressing is shown in Example 2-2.

EXAMPLE 2-2: INDIRECT ADDRESSING

```

MOVLM 0x20 ;initialize pointer
MOVWF FSR ;to RAM
NEXT   CLRF INDF ;clear INDF register
       INCF FSR,F ;inc pointer
       BTFSS FSR,4 ;all done?
       GOTO NEXT ;no clear next
CONTINUE
       : ;yes continue
    
```

FIGURE 2-6: DIRECT/INDIRECT ADDRESSING



3.3 Reading Data EEPROM Memory

To read a data memory location, the user must write the address to the EEADR register, clear the EEPGD control bit (EECON1<7>) and then set control bit RD (EECON1<0>). The data is available in the very next cycle in the EEDATA register; therefore, it can be read in the next instruction (see Example 3-1). EEDATA will hold this value until another read or until it is written to by the user (during a write operation).

The steps to reading the EEPROM data memory are:

1. Write the address to EEADR. Make sure that the address is not larger than the memory size of the device.
2. Clear the EEPGD bit to point to EEPROM data memory.
3. Set the RD bit to start the read operation.
4. Read the data from the EEDATA register.

EXAMPLE 3-1: DATA EEPROM READ

```

BSF   STATUS,RP1   ;
BCF   STATUS,RP0   ; Bank 2
MOVF  DATA_EE_ADDR,W ; Data Memory
MOVWF EEADR       ; Address to read
BSF   STATUS,RP0   ; Bank 3
BCF   EECON1,EEPGD ; Point to Data
                        ; memory
BSF   EECON1,RD   ; EE Read
BCF   STATUS,RP0   ; Bank 2
MOVF  EEDATA,W    ; W = EEDATA

```

3.4 Writing to Data EEPROM Memory

To write an EEPROM data location, the user must first write the address to the EEADR register and the data to the EEDATA register. Then the user must follow a specific write sequence to initiate the write for each byte.

The write will not initiate if the write sequence is not exactly followed (write 55h to EECON2, write AAh to EECON2, then set WR bit) for each byte. We strongly recommend that interrupts be disabled during this code segment (see Example 3-2).

Additionally, the WREN bit in EECON1 must be set to enable write. This mechanism prevents accidental writes to data EEPROM due to errant (unexpected) code execution (i.e., lost programs). The user should keep the WREN bit clear at all times, except when updating EEPROM. The WREN bit is not cleared by hardware.

After a write sequence has been initiated, clearing the WREN bit will not affect this write cycle. The WR bit will be inhibited from being set unless the WREN bit is set. At the completion of the write cycle, the WR bit is cleared in hardware and the EE Write Complete Interrupt Flag bit (EEIF) is set. The user can either enable this interrupt or poll this bit. EEIF must be cleared by software.

The steps to write to EEPROM data memory are:

1. If step 10 is not implemented, check the WR bit to see if a write is in progress.
2. Write the address to EEADR. Make sure that the address is not larger than the memory size of the device.
3. Write the 8-bit data value to be programmed in the EEDATA register.
4. Clear the EEPGD bit to point to EEPROM data memory.
5. Set the WREN bit to enable program operations.
6. Disable interrupts (if enabled).
7. Execute the special five instruction sequence:
 - Write 55h to EECON2 in two steps (first to W, then to EECON2)
 - Write AAh to EECON2 in two steps (first to W, then to EECON2)
 - Set the WR bit
8. Enable interrupts (if using interrupts).
9. Clear the WREN bit to disable program operations.
10. At the completion of the write cycle, the WR bit is cleared and the EEIF interrupt flag bit is set. (EEIF must be cleared by firmware.) If step 1 is not implemented, then firmware should check for EEIF to be set, or WR to clear, to indicate the end of the program cycle.

EXAMPLE 3-2: DATA EEPROM WRITE

```

BSF   STATUS,RP1   ;
BSF   STATUS,RP0   ;
BTFSZ EECON1,WR   ;Wait for write
GOTO  $-1         ;to complete
BCF   STATUS,RP0   ;Bank 2
MOVF  DATA_EE_ADDR,W ;Data Memory
MOVWF EEADR       ;Address to write
MOVF  DATA_EE_DATA,W ;Data Memory Value
MOVWF EEDATA      ;to write
BSF   STATUS,RP0   ;Bank 3
BCF   EECON1,EEPGD ;Point to DATA
                        ;memory
BSF   EECON1,WREN  ;Enable writes

BSF   INTCON,GIE  ;Disable INTs.
MOVLW 55h         ;
MOVWF  EECON2     ;Write 55h
MOVLW AAh         ;
MOVWF  EECON2     ;Write AAh
BSF   EECON1,WR   ;Set WR bit to
                        ;begin write
BSF   INTCON,GIE  ;Enable INTs.
BCF   EECON1,WREN ;Disable writes

```

13.5 COSTO DE OTRO DISPOSITIVO BRAILLE

The screenshot shows the TWIPS.com website interface. At the top left is the TWIPS.com logo. A banner for 'lens.com' with the text 'WHY PAY MORE?' and 'BUY!' is visible. Below the banner is a search bar with the text 'Buscar:' and a 'Buscar' button. To the right of the search bar are the links 'PRECIOS CON IVA INCLUIDO' and 'Contacto ONLINE. Pulse aquí'. A small image of a woman is on the far right of the top navigation bar.

The main content area is titled 'Home / Teclados / Teclados antivandálicos / Teclado Antivandálico con Trackball de acero BRAILLE'. On the left side, there is a 'ESTADO DEL CARRITO' section with a shopping cart icon and the text 'Aún no ha registrado un pedido'. Below this is a 'CATEGORIAS' section with a list of categories: 'Acceso a internet', 'AG-NEOVO', 'Antivirus AVIRA', 'APPLE', 'BIOS', 'Destrucción de datos', 'Duplicadoras DVD y HD', 'eDNI-DNIe - DNI electrónico', 'Epiphan', and 'GODEX'.

The main product section is titled 'DETALLE DEL PRODUCTO' and features the product name 'Teclado Antivandálico con Trackball de acero BRAILLE'. Below the name is a description: 'De acero y trackball también de acero. y BRAILLE. ERG3F/Braill/3/ES/PS2'. To the right of the text is an image of the keyboard. Below the image is a 'Recomienda este producto' button. The price is listed as 'Precio: € 500.00' and the quantity is set to '1'. A 'Sumar al Carrito' button is present, with a note '(Puede cancelarse luego)'. The 'SASKEY' logo is displayed at the bottom of the product section, along with the text 'Marca: SASSE/SASKEY' and 'Sitio Web: http://www.sasse-'. On the right side of the page, there are several logos: 'Ortrack Recuperación de Datos', 'Socio Autorizado', 'Buscavuelos.com', '@pemit', and 'MORA ESPAÑA'.

<http://www.twips.com/detalle-producto.php?id=674>

13.6 CARTA DE APROBACIÓN DEL INCI



SDT 4

Bogotá D.C. 04 NOV. 2008

Ingeniero
RAMSÉS MARTÍNEZ MARTÍNEZ
Director Programa
Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Fundación Universitaria San Martín
Bogotá D.C.

081173

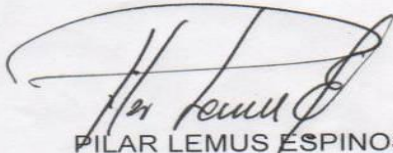
Respetado Ingeniero Martínez:

Mediante la presente nos permitimos informar que el estudiante RICARDO ANDRÉS JIMÉNEZ CANTOR, ha culminado a satisfacción el proyecto "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN EN SISTEMA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES VISUALES", el cual se había acordado realizar a principios del presente año y que contó con la asesoría y acompañamiento del Instituto Nacional para Ciegos.

El prototipo cumple con los requisitos y especificaciones solicitadas por el Proyecto Investigación, Sujeto y Diversidad de nuestra Institución.

Esperamos seguir contando con la valiosa colaboración y conocimientos de los estudiantes en proyectos de grado de su Universidad, en beneficio de la población con limitación visual del país.

Cordialmente,



PILAR LEMUS ESPINOSA
Subdirectora General

Carrera 13 No. 34-91 A.A. 7816 Z1 PBX. 510 16 25 Fax: 232 90 76
E-MAIL: subdireccion@inci.gov.co
WEB: www.inci.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia