



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA

ÁREA
DISEÑO DE CIRCUITOS

TEMA
DISPOSITIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA
MATEMÁTICA PARA NIÑOS INVIDENTES USANDO
MICROCONTROLADOR PIC

AUTOR
MERCHÁN VARGAS STEVEN ISAURO

TUTOR
ING. ELECT. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, M.SC.

GUAYAQUIL, NOVIEMBRE 2020



ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Dispositivo de apoyo a la enseñanza matemática para niños invidentes usando microcontrolador PIC		
AUTOR:	Merchán Vargas Steven Isauro		
REVISOR / TUTORA:	Ing. Parra López Rodolfo / Ing. Gallegos Zurita Diana		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD / FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Industrial		
MAESTRÍA / ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniería en Teleinformática		
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	106
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño de circuitos		
PALABRAS CLAVES:	Discapacidad visual, deficiencia visual, educación inclusiva.		
<p>El presente trabajo de titulación está centrado en las personas que tienen discapacidad visual o deficiencia visual, se ha hecho uso de la tecnología electrónica para el desarrollo del dispositivo de apoyo en la enseñanza matemática hacia los niños invidentes. Para realizar el dispositivo se utilizó la herramienta de comunicación de las personas invidentes como medio fundamental en el reconocimiento de los números y signos. El método de enseñanza utilizado consiste en el reconocimiento del Braille, el estudio de la comunicación escrita con la lectura que utilizan, desarrollando un dispositivo electrónico programado para que realice una operación matemática. Las pruebas realizadas en el dispositivo mostraron que los niños invidentes cuentan con un gran avance tecnológico para el desarrollo de sus tareas escolares,</p>			

donde el maestro docente podrá notar el avance que se obtiene y sobre todo se cumple con la ley establecida de la educación inclusiva.		
ADJUNTO PDF:	SI X	NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0967514879	E-mail: stevenmv1997@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, MG	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y DE
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRASFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO
ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **MERCHÁN VARGAS STEVEN ISAURO** con C.C. No. **0941196792**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“DISPOSITIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA MATEMÁTICA PARA NIÑOS INVIDENTES USANDO MICROCONTROLADOR PIC”** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

MERCHÁN VARGAS STEVEN ISAURO

C.C. No. 0941196792



ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrada *ING. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA*, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por *MERCHAN VARGAS STEVEN ISAURO*, C.C.: 0941196792, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **“DISPOSITIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA MATEMÁTICA PARA NIÑOS INVIDENTES USANDO MICROCONTROLADOR PIC”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 1% de coincidencia.

URKUND

Documento: [TESIS_FINAL_MERCHAN.docx](#) (D97641316)

Presentado: 2021-03-08 13:11 (-05:00)

Presentado por: steven.merchanv@ug.edu.ec

Recibido: diana.gallegosz.ug@analysis.orkund.com

Mensaje: Análisis Urkund [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 24 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
100%	https://docplayer.es/67866501-Universidad-tecnica-de-ambato.html
	PIC18F873A PIC18F874A PIC16F876A PIC16F877A
	TG2-90%-10-07-2016-TATIANA ORTEGA.docx
	https://www.studocu.com/ec/document/universidad-nacional-de-loja/arquitectura-...
	http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14663/1/Tesis%20de%20microcontroladores.pdf

1 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

<https://secure.orkund.com/view/93180269-507327-648207>



DIANA ERCILIA
GALLEGOS
ZURITA

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C. 1204926313
2021

FECHA: 11 de marzo del



ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 11 de marzo del 2021

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, Mg.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mi consideración:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“DISPOSITIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA MATEMÁTICA PARA NIÑOS INVIDENTES USANDO MICROCONTROLADOR PIC”**, del estudiante **MERCHAN VARGAS STEVEN ISAURO**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**DIANA ERCILIA
GALLEGOS
ZURITA**

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C. 1204926313



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Guayaquil, .

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación “DISPOSITIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA MATEMÁTICA PARA NIÑOS INVIDENTES USANDO MICROCONTROLADOR PIC” del (la) estudiante Merchán Vargas Steven Isauro. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 19 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sub-líneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 5 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
RODOLFO
ANTONIO PARRA
LOPEZ

Ing. Rodolfo Parra López, Mg.

Docente Revisor

C.C.: 0909770448

FECHA: 23 de marzo de 2021

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo de titulación primero a Dios que me ha brindado la salud, sabiduría y conocimiento necesario para afrontar cada uno de los obstáculos que se han presentado a lo largo de la carrera y de la vida.

A mis padres Estenio Merchán y Francisca Vargas, por haberme apoyado a lo largo de toda mi vida, instruyéndome desde pequeño por el camino del bien y enseñándome a realizar cada cosa con perseverancia y optimismo.

A todos mis familiares, hermanas, primos y primas, tíos y tías que en su momento me brindaron parte de su apoyo para continuar firmemente en los estudios y no desmayar. En especial a mi abuela Teresa Cruz, que a pesar de la distancia siempre estaba pendiente y me cuidaba cada vez que iba a visitarla.

A mis amigos y compañeros que estuvieron presentes en cada paso, con los que hacíamos tareas y nos divertíamos en cada momento.

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios por darme salud, vida, sabiduría y conocimiento a lo largo de toda la carrera estudiantil que he llevado, y poder culminar una meta más de las muchas que llevo planteadas.

Les agradezco a mis padres que ellos son los pilares fundamentales de que yo esté aquí en este momento, brindándome su apoyo continuo para continuar y mantener una mirada fija para concretar cada meta que me proponga.

A mis hermanas, Joselyn y Pamela, primos y primas, Anthony, Daniel, Gabriela y Karen con los que compartimos viajes y experiencias, que me sacaban de la rutina diaria de estudios para mantener un equilibrio perfecto y no sufrir de estrés universitario.

A mis demás amigos y compañeros de la universidad, Joselyn Tumbaco y Melissa Ortiz, que supieron reprenderme en los momentos que no cumplía con los trabajos que debíamos realizar, y todos mis compañeros de la universidad con los que aprendía y en ocasiones nos divertíamos. A Erick Ortega amigo y vecino de la infancia que muchas veces me ayudó en algunos circuitos electrónicos de los cuales no podía realizar. A esos amigos con los que jugábamos fútbol, a pesar que siempre perdíamos la diversión nunca faltaba.

A todos los docentes que brindaron parte de su conocimiento y la dedicación que tuvieron para instruirnos dentro y fuera de su tiempo laboral, a mi tutora la Ing. Diana Gallegos Zurita que tuvo la paciencia de guiarme e instruirme a lo largo de todo el trabajo de titulación, a pesar que en ningún semestre me impartió clases tuvo toda la dedicación y flexibilidad en este proceso.

Índice general

Nº	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

El problema

Nº	Descripción	Pág.
1.	El problema	3
1.1.	Planteamiento del problema	3
1.2.	Delimitación del problema	4
1.3.	Formulación del problema	4
1.4.	Justificación e importancia	4
1.5.	Objetivos	5
1.5.1.	Objetivo general.	5
1.5.2.	Objetivos específicos.	5
1.6.	Hipótesis prospectiva	6
1.7.	Variables e indicadores	6
1.7.1	Variable independiente.	6
1.7.2	Variable dependiente.	6
1.8.	Preguntas de investigación	7
1.9.	Alcance del proyecto	8

Capítulo II

Marco teórico

Nº	Descripción	Pág.
2.	Marco teórico	9
2.1.	Antecedentes del estudio	9
2.2.	Fundamentación teórica	12
2.2.1.	Discapacidad visual.	12
2.2.2.	Agudeza visual.	12
2.2.3.	Clasificación de la discapacidad visual.	13
2.2.4.	Principales causas del aumento de los de deficiencia visual.	14
2.2.5.	Discapacidad visual en Ecuador.	14

2.2.6.	Sistema Braille.	15
2.2.7.	Métodos de enseñanza del sistema Braille.	17
2.2.8.	Materiales de enseñanza del sistema Braille.	20
2.2.9.	Matemáticas en personas invidentes.	23
2.2.10.	Componentes electrónicos.	25
2.3.	Definiciones conceptuales	41
2.4.	Fundamento legal	42

Capítulo III

Propuesta

Nº	Descripción	Pág.
3.	Propuesta	43
3.1.	Metodología del proyecto	43
3.1.1.	Determinar participantes.	43
3.1.2.	Fase preliminar.	43
3.1.3.	Fase de análisis.	43
3.1.4.	Fase final.	43
3.2.	Descripción	44
3.2.1.	Factibilidad técnica.	44
3.2.2.	Factibilidad legal.	45
3.2.3.	Factibilidad económica.	46
3.2.4.	Factibilidad operacional.	46
3.3.	Esquema general del proyecto	47
3.4.	Recursos de construcción	48
3.5.	Procedimiento	49
3.6.	Diseño y construcción	51
3.7.	Prueba de funcionalidad	52
3.7.1.	Escenario 1 suma.	52
3.7.2.	Escenario 2 resta.	53
3.7.3.	Escenario 3 multiplicación.	53
3.7.4.	Escenario 4 división.	54
3.8.	Cálculos y resultados	54

3.8.1.	Cálculos del sensor.	54
3.8.2.	Cálculos de entrada al microcontrolador.	58
3.9.	Conclusiones	59
3.10.	Recomendaciones	59
	Referencia bibliográfica	61
	Anexos	66

Índice de tablas

Nº	Descripción	Pág.
1	Variables e Indicadores	7
2	Pines del DFPlayer	39
3	Elementos de Hardware utilizados	44
4	Elementos de Software utilizados	45
5	Presupuesto total	46
6	Recursos hardware	49

Índice de figuras

Nº	Descripción	Pág.
1	Modo de operación del prototipo	9
2	Calculadora parlante	10
3	Tablero lúdico	10
4	Anillo de lectura	11
5	Braille Hands	11
6	Rango de visión baja	13
7	Ubicación de los puntos en celda Braille	15
8	Letras Braille desde la A hasta la J	16
9	Letras Braille desde la K hasta la T	16
10	Letras Braille desde la U hasta la Z	16
11	Números en Braille	17
12	Números de dos cifras	17
13	Otros símbolos	17
14	Método Bliseo	18
15	Método punt a punt	20
16	Ábaco chino	20
17	Muñeco Braillín	21
18	Punzón y regleta	21
19	Máquina de Perkins	22
20	Impresora Braille	22
21	Pac Mate con teclado braille	22
22	Calculadora parlante	23
23	Caja aritmética	23
24	Ábaco japonés	24
25	Números en el ábaco	24
26	Calculadora parlante	25
27	Esquema de bloques	26
28	Arquitecturas (a) von Neumann y (b) Harvard	27
29	Familia de Microcontroladores PIC	28

30	PIC16F877A	30
31	Diagrama de bloque PIC16F877A	31
32	PIC18F4550	32
33	Diagrama de bloque PIC18F4550	33
34	Programador quadX (a) hardware y (b) software	34
35	Programador K-150	35
36	PICKit 3	36
37	PICKit 4	36
38	Software MPLAB X IDE	37
39	Ejemplo de sensores	38
40	Fotorresistencia LDR	38
41	Partes del DFPlayer	39
42	Resistencia eléctrica	40
43	Transistor (a) NPN y (b) PNP	41
44	Diagrama de bloque	47
45	Diagrama de flujo	48
46	Dip Switch	49
47	Pantalla LCD 16x2	50
48	Programación MPLAB X	51
49	Diseño y construcción del dispositivo	52
50	Suma Braille	53
51	Resta Braille	53
52	Multiplicación Braille	54
53	División Braille	54
54	Circuito del sensor	55
55	Reubicación del circuito	55
56	Conversión de fuente	56
57	Resistencias en paralelo	56
58	Circuito final	57
59	Circuito con pulso en 5V	58
60	(a) Sin interrupción de luz, (b) Con interrupción de luz	58



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“DISPOSITIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA MATEMÁTICA PARA NIÑOS INVIDENTES USANDO MICROCONTROLADOR PIC”

Autor: Merchán Vargas Steven Isauro

Tutor: Gallegos Zurita Diana Ercilia

Resumen:

El presente trabajo de titulación está centrado en las personas que tienen discapacidad visual o deficiencia visual, se ha hecho uso de la tecnología electrónica para el desarrollo del dispositivo de apoyo en la enseñanza matemática hacia los niños invidentes. Para realizar el dispositivo se utilizó la herramienta de comunicación de las personas invidentes como medio fundamental en el reconocimiento de los números y signos. El método de enseñanza utilizado consiste en el reconocimiento del Braille, el estudio de la comunicación escrita con la lectura que utilizan, desarrollando un dispositivo electrónico programado para que realice una operación matemática. Las pruebas realizadas en el dispositivo mostraron que los niños invidentes cuentan con un gran avance tecnológico para el desarrollo de sus tareas escolares, donde el maestro docente podrá notar el avance que se obtiene y sobre todo se cumple con la ley establecida de la educación inclusiva.

Palabras claves: Discapacidad visual, deficiencia visual, educación inclusiva.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (INGLÉS)**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**‘DEVICE TO SUPPORT MATHEMATICAL TEACHING FOR INIDENT
CHILDREN USING PIC MICROCONTROLLER’**

Author: Merchán Vargas Steven Isauro

Advisor: Gallegos Zurita Diana Ercilia

Abstract:

This degree work is focused on people who have visual disabilities or visual deficiency, use of electronic technology has been made for the development of the support device in the teaching of mathematics to blind children. To make the device, the blind people communication tool was used as a fundamental means in the recognition of numbers and signs. The teaching method used consists of the recognition of Braille, the study of written communication with the reading they use, developing an electronic device programmed to perform a mathematical operation. The tests carried out on the device showed that blind children have a great technological advance for the development of their school tasks, in which the teacher will be able to notice the progress that is obtained and above all, the established law of inclusive education is complied with.

Keywords: Visual impairment, visual deficiency, inclusive education.

Introducción

Las personas invidentes no cuentan con la posibilidad de recibir una educación adecuada en especial los niños ya que ellos están limitados para realizar muchas actividades ya sean físicas como intelectuales, a pesar que hay niños invidentes con un gran intelecto eso no les quita la posibilidad de aprender de una manera más divertida y didáctica. Para el aprendizaje de las personas invidentes se creó el sistema universal de lectoescritura Braille, dicho sistema que consta de tres filas y dos columnas.

Hoy en día el avance de la tecnología ha permitido crear muchos dispositivos para ayudar a muchas personas con algún tipo de discapacidad ya sea física, sensorial, visual o intelectual. La tecnología ha ayudado a crear desde prótesis pequeñas hasta prótesis grandes que ayudan a cada persona dependiendo de su necesidad. Para las personas invidentes se han creado dispositivos parlantes o con motores vibradores que permitan a las personas conocer cuando tengan un objeto cerca de ellos, y para el aprendizaje de los niños invidentes se crearon calculadoras parlantes en donde solo se puede ingresar una cantidad.

En este proyecto se realizó un dispositivo que hace ende a una calculadora basada en el sistema Braille, por medio de un microcontrolador PIC, poniendo en práctica todo el conocimiento adquirido a lo largo de la carrera con materiales de bajo costo, utilizando sensores de luz, conocidos como fotorresistencia, fotocelda o LDR. Cada sensor posibilita el ingreso de los números y los signos en los cuales se busca realizar una operación básica como la suma, resta o multiplicación. El resultado será mencionado por medio de audio y también por medio de una pantalla LCD que permitirá al guía ver que el dispositivo funciona a la perfección.

El dispositivo está estructurado en la representación de números y signos de las operaciones en el signo generador de lectoescritura braille, los puntos del signo generador son representados por medio de cilindros con alto relieve permitiendo a los niños interpretar de mejor manera el sistema braille, es decir, al obstruir el paso de luz a uno de los sensores este enviará una señal de pulso al microcontrolador el cual se activará dependiendo el puerto que fue activado y así mencionando el número correspondiente.

Para el desarrollo de esta tesis se ha dividido en tres capítulos, que los detallaremos a continuación:

Capítulo I: En este capítulo se encuentran desarrollados los diferentes temas como el problema en el que se enfrentan en la presente investigación, examinando causas y consecuencias provenientes de los riesgos a los que se enfrentan, también se especifican los objetivos que se buscan alcanzar, identificando las variables y el alcance de este proyecto.

Capítulo II: En este capítulo se encuentran desarrollados los antecedentes del estudio, previos a una amplia búsqueda de investigación con los temas relacionado a la problemática que se planteó anteriormente, junto a la fundamentación teórica ayudados con las referencias bibliográficas y también con la constitución del Ecuador en el marco legal.

Capítulo III: En este capítulo se considera la descripción y factibilidades que tuvo el proyecto ya sea operativa, técnica y económica, presentando el esquema general del dispositivo y mostrando el procedimiento, tomando en cuenta la realización y pruebas de funcionalidad del dispositivo con sus cálculos correspondientes, obteniendo las conclusiones y recomendaciones, tomando en cuenta las opiniones para realizar mejoras.

1. Capítulo I – El problema

1.1. Planteamiento del problema

Según los datos registrados en Ecuador existen 481.392 personas con alguna discapacidad, 219.781 personas con discapacidad física, 108.468 personas con discapacidad intelectual, 67.111 personas con discapacidad auditiva, 55.246 personas con discapacidad visual y 25.754 personas con discapacidad psicosocial.

Entre esas personas existen 49.109 estudiantes con discapacidades en educación básica, media y bachillerato, 25.237 personas con discapacidad intelectual, 12.890 personas con discapacidad física, 5.150 personas con discapacidad auditiva, 2.926 personas con discapacidad psicosocial y 2.906 personas con discapacidad visual. (CONADIS, 2020)

Las personas que carecen de visión tienden a tener problemas a la hora de entender muchas cosas que ocurren en la sociedad solo utilizan sus únicos medios que son el tacto y el oído. Ecuador tiene un total de 55.246 personas con discapacidad visual, entre esas personas hay 2.906 estudiantes en educación básica, media y bachillerato y en muchos casos no tienen los recursos necesarios para seguir con los estudios o la personalidad porque se sienten limitados en realizar actividades ya que no cuentan o tienen defectos con el medio principal del ser humano que son las vistas.

Debido a ese motivo se había implementado el sistema universal Braille que es para personas invidentes, dicho sistema ayuda a la comunicación escrita de las personas, sin embargo, en muchas ocasiones no cuentan con una manera interactiva para enseñarles a los niños como lo es la manera de enseñanza electrónica, y en este proyecto se realizará un dispositivo electrónico el cual permitirá que muchos niños puedan tener una ayuda especial al momento de aprender. Una de las asignaturas que muchos niños consideran difíciles e incluso los que cuentan con una visión adecuada son las matemáticas, cuando recién empiezan con la suma, resta o la más difícil la multiplicación.

El propósito de este estudio es el desarrollo de un prototipo para la ayuda de muchos niños invidentes en las operaciones básicas de la matemática como la suma, resta y multiplicación, que complemente lo aprendido anteriormente y facilitando su estilo de vida.

1.2. Delimitación del problema

Muchos estudiantes con discapacidad en la educación básica no tienen el mismo desenvolvimiento que los demás estudiantes, se sienten limitados en todas sus actividades como los estudiantes que carecen de su visión, una de las más importantes en el cuerpo humano, la cual ocasiona muchos retardos al momento de aprender cosas nuevas o tienen la dificultad de receptar todo lo enseñado en las clases, como es el área de la matemática, la dificultad de memorizar los números mediante el sistema empleado en la lectoescritura de las personas invidentes, empleando el tacto y el oído en una forma mejorada.

Campo: Educación especial.

Área: Discapacidad visual.

Aspecto: Desarrollo de un dispositivo en ayuda a niños invidentes en la educación básica que tienen problemas en las matemáticas como en la suma, resta y multiplicación.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo podrían diseñar un dispositivo que ayude a complementar el aprendizaje de suma, resta y multiplicación, en los niños invidentes de una manera más interactiva?

1.4. Justificación e importancia

Muchos niños que no cuentan con la visión suficiente tienen problemas a la hora de aprender provocando un lento aprendizaje o en muchas ocasiones el conocimiento no es adquirido, lo que hace que sufran psicológicamente y a su poca edad tengan estrés. Lo que hará este trabajo de titulación es ayudar a muchos niños invidentes en su aprendizaje diario en el uso de las matemáticas en la suma, resta y multiplicación, obteniendo una manera diferente de aprender.

El Ministerio de Educación, menciona en el artículo 3 y 4: “La educación especializada brinda apoyo a niños y adolescentes con discapacidad y puedan acceder a instituciones. Contará con recursos didácticos e infraestructura especializada y además con programas específicos de estimulación temprana tanto para padres y estudiantes.” (Espinosa, 2013)

La inclusión pone particular énfasis en aquellos grupos de estudiantes que podrían estar en riesgo de marginalización, exclusión o fracaso escolar que se encuentren en mayor riesgo o en condiciones de vulnerabilidad y por tanto es necesario que adopten medidas para asegurar su presencia (relacionado al lugar), participación (calidad de sus experiencias), aprendizaje y éxito académico dentro del sistema educativo. (Ministerio de Educacion, 2016)

El Ministerio de Educación con apoyo de la Federación Central de Impedidos Visuales de Finlandia, la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador obtuvo la primera imprenta Braille, a partir del año 2001, permitiendo el apoyo de la inclusión educativa, formativa e informativa a las personas con discapacidad visual, brindando beneficios a los invidentes en instituciones públicas y privadas. (FENCE, 2017)

La investigación a realizarse beneficiará a los niños invidentes en sus conocimientos matemáticos de la suma, resta y multiplicación para que su rendimiento académico avance, permitiendo que cada niño pueda interactuar con un dispositivo que ayude diariamente, incluso en los maestros una manera de distracción y aprendizaje hacia los niños.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Complementar la enseñanza de las matemáticas en niños invidentes a través del desarrollo de un prototipo que realice suma, resta y multiplicación usando el sistema Braille y una interfaz audible, todo esto con un microcontrolador PIC.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Analizar el uso del sistema lectoescritura Braille para el reconocimiento numérico de los niños invidentes, para así conocer las características técnicas del diseño.

- Investigar sobre herramientas y metodologías de enseñanza-aprendizaje más aceptados, que sirvan de base para el diseño de ejercicios interactivos que complementen el aprendizaje de las matemáticas.
- Revisar los fundamentos teóricos sobre las particularidades técnicas para el diseño del prototipo existente en el mercado a base de sensores de luz y microcontrolador pic.
- Explicar la metodología empleada para el desarrollo del dispositivo de ayuda en la enseñanza de matemática que cumple con los requerimientos técnicos, ajustados a las necesidades de los niños no videntes.
- Realizar las pruebas de funcionalidad del dispositivo de ayuda en la enseñanza de matemática en niños invidentes, afín de confirmar el correcto funcionamiento.

1.6. Hipótesis prospectiva

Si se desarrolla un dispositivo que realice operaciones de suma, resta y multiplicación, usando el sistema Braille y una interfaz audible, por ende, apoyará la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en niños invidentes.

1.7. Variables e indicadores

1.7.1. Variable independiente.

Desarrollo de un dispositivo que realice operaciones de suma, resta y multiplicación, usando el sistema Braille e interfaz audible.

Causa: Desarrollar un dispositivo para el beneficio de niños invidentes que realice las operaciones de suma, resta y multiplicación, mediante el sistema universal Braille.

1.7.2. Variable dependiente.

Apoyo a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en niños invidentes.

Consecuencia: Ayuda el aprendizaje de la matemática con un dispositivo que realiza las operaciones de suma, resta y multiplicación a través de un microcontrolador, sensores y una interfaz audible.

Tabla 1. Variables e Indicadores

Variables	Indicadores
Desarrollo de un dispositivo que realice operaciones de suma, resta y multiplicación, usando el sistema Braille e interfaz audible.	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación al sistema Braille. • Diseño del dispositivo. • Elementos electrónicos a utilizarse. • Programas necesarios para el desarrollo del dispositivo. • Tiempo de uso del dispositivo. • Fácil de usar.
Apoyo a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en niños invidentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de lectoescritura de los niños invidentes. • Reconocimiento de los métodos a utilizarse en la enseñanza. • Manejo y utilización del ábaco. • Manejo y utilización del Braille en la matemática.

Elaborado por: Steven Merchán Vargas

1.8. Preguntas de investigación

¿Cómo es la enseñanza de la matemática en los niños invidentes?

¿Cómo los niños invidentes realizan las operaciones matemáticas en las clases y en sus casas?

¿Se utiliza algún dispositivo que complemente la enseñanza matemática en niños invidentes?

¿Existe algún dispositivo que se utilice en las clases de los niños invidentes?

¿Con los conocimientos en electrónica, cómo se podría ayudar a los niños invidentes para que aprendan matemática de una forma más sencilla e interactiva?

¿Cómo se implementará este trabajo de calculadora hacia los niños invidentes?

¿Cómo los niños invidentes pueden leer, escribir e identificar una letra, número o signo?

¿Si el dispositivo realizado se lanza al mercado, será accesible hacia los niños invidentes?

1.9. Alcance del proyecto

Este proyecto se hará en el conocimiento del abecedario de las personas invidentes, el sistema Braille, dicho sistema consta que por cada letra se emplean seis espacios, dos columnas y tres filas, contando desde la parte superior izquierda hacia abajo y siguiendo en la parte superior derecha.

El dispositivo a diseñar contará con sensores que le permitirán ingresar los números para realizar la operación correspondiente basada en el sistema Braille, este material de apoyo es para reforzar la suma, resta y multiplicación de dos dígitos. Todo esto se realizará usando el microcontrolador PIC16F877A que será programado para controlar cada sensor y permitir el reconocimiento del número que se haya ingresado con su respectivo signo, para luego realizar la operación que requiera y presentar el resultado en una pantalla LCD y por medio de audio.

El ingreso de números y signo se realizará por medio de fichas redondas que sobresalga de la superficie, cuenta con cinco zócalos y cada uno será de 3x2, tres filas y dos columnas, donde cada zócalo tendrá seis espacios redondos, en los zócalos uno y dos será el ingreso de la primera cantidad, en el zócalo tres el ingreso del signo, en los zócalos cuatro y cinco el ingreso de la segunda cantidad.

El resultado de la operación realizada será por medio de la interfaz audible y una pantalla LCD, contará con dos botones, un botón que al presionar dará el resultado de la operación a realizar y el tercer botón permitirá realizar una nueva operación.

Una vez identificado el hardware y software a utilizar se realizará el dispositivo con todas las medidas mencionadas. Ya finalizado el dispositivo se realizarán las pruebas correspondientes y se capacitará a los niños invidentes en el reconocimiento del dispositivo para que puedan utilizarlo de una manera correspondiente y tengan un fácil uso del dispositivo electrónico como apoyo en el aprendizaje de la matemática.

2. Capítulo II – Marco teórico

2.1. Antecedentes del estudio

Este primer trabajo corresponde a (Sánchez Reinoso & Parra Solano, 2011), quienes realizaron el trabajo de grado con el tema de “Sistema braille con reproducción auditiva mediante un chip de voz ISD 1110p orientado para el aprendizaje de niños no videntes”. Este sistema de aprendizaje está formado por pulsadores donde cada pulsador cuenta con una letra, número y símbolo en braille, conectados en un microcontrolador el cual permite la reproducción de los sonidos, para que el usuario pueda reconocer mediante braille la letra que presionó.



Figura 1. Modo de operación del prototipo, elaborado por: Sánchez y Parra

Este segundo trabajo corresponde a (Pérez Rivera, 2016), quien realizó: “Prototipo de una calculadora braille para personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato”. El trabajo está enfocado en reforzar el aprendizaje en las personas invidentes, analizando el lenguaje braille con su respectiva determinación en las operaciones matemáticas básicas. Las personas invidentes no contaban con alguna instrucción educativa debido a su discapacidad visual, los métodos de investigación aplicados en este proyecto fue la identificación de los números, símbolos y letras en braille. Los resultados obtenidos de este proyecto fue la realización del prototipo en cual por medio de pulsadores selecciona un número (hecho con relieves de braille) y el símbolo del cual quiera realizar la operación matemática, enviando resultados por medio de una interfaz audible, también muestra en una pantalla LCD la operación matemática que realiza. El hardware utilizado en el prototipo fueron los pulsadores,

arduino uno, lector de tarjeta SD, una pantalla LCD y el entorno de desarrollo software fue el mismo Arduino IDE integrado con su propio software libre.



Figura 2. Calculadora parlante, elaborada por: Christian Pérez

Este tercer trabajo corresponde a (Chuquín López, 2019), quien realizó el trabajo de titulación “Diseño de un prototipo electrónico interactivo como elemento de apoyo para la enseñanza de la suma y resta en niños entre 6 y 7 años del área para no videntes de la Universidad Técnica del Norte”, el cual está enfocado en las operaciones de suma y resta de una cifra para niños no videntes, y su salida por medio de un reproductor de sonido, realizado con arduino mega y sensores, ya que este trabajo utiliza el sistema braille por signo generador para representar un número, también cuenta con una interfaz amigable de pulsadores el cual cada pulsador cuenta con un estudio de números, cuentos y canciones, el cual sirve para desarrollar las habilidades de una manera entretenida y divertida..



Figura 3. Tablero lúdico, elaborado por: Guisela Chuquín

Según los estudios realizados por (Barbuzano, 2015). Se encuentra un anillo para leer cualquier texto, el anillo es capaz de reconocer el texto y leerlo en voz alta a medida que va moviendo el dedo por la página, también emite sonidos o vibraciones para evitar el cambio de

reglón sin darse cuenta. Este dispositivo debe estar conectado a un ordenador o un teléfono móvil para su funcionamiento correspondiente. Fue desarrollado por los investigadores del MIT Media Laboratory.

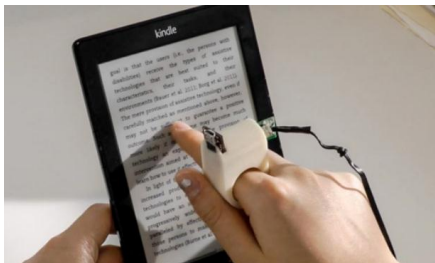


Figura 4. Anillo de lectura, elaborado por: MIT

Para (Rodríguez Espinel, 2016). La máquina de lectura inteligente “All-reader” permite que las personas ciegas y de visión baja puedan leer cualquier tipo de documento sin la necesidad de tener algún equipo de cómputo, en donde integra las funciones de un escáner, un sintetizador de voz y un reproductor de medios digitales. Además guarda los documentos para su edición e impresión en braille.

En la revista (ICEB, 2020) fue publicado el Braille Hands el cual consta de aplicaciones móviles y dos dispositivos electrónicos que se conectan por medio de USB o Bluetooth, cada dispositivo cuenta con seis botones Braille, cuatro de funciones y una palanca o Joystick para navegar por el menú, los seis botones están basados en el sistema braille, son multipunto, al conectar una laptop y un celular podemos ver su funcionamiento si presionamos los botones se refleja en el celular y en la monitor muestra la letra, y así mismo en la App Braille Calc es una calculadora, donde se ingresan los números y signos, por medio de audio dice el número o signo que estamos presionando de acuerdo al sistema braille. Dicha App se la encuentra en Google Play.



Figura 5. Braille Hands, elaborado por: Francisco García

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Discapacidad visual.

Los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), afirman que en el 2015 existían aproximadamente 217 millones de personas con baja visión y 36 millones son ciegas. Calcula un crecimiento, en 2020 de 237,1 millones de personas con baja visión y 38,5 millones de personas son ciegas. Para el 2050 calcula que 587,6 millones de personas serán de baja visión y 114,6 millones de personas ciegas. (Sánchez, 2020)

La discapacidad visual en las personas con deficiencias en el órgano de la visión, y funciones asociadas, incluidos los párpados. Está determinada por los niveles de deterioro de la función visual, y que se establece tras la medición de la agudeza visual y del campo visual de cada uno de los ojos por separado. (Sánchez, 2020)

2.2.2. Agudeza visual.

La agudeza visual, capacidad que tiene el ojo para detectar y reconocer los detalles de un objeto, en un test de alto contraste y con un buen nivel de iluminación. Al nacer se tiene una agudeza visual inferior a 1.0 logMAR (6/60 Snellen), que madura hasta un promedio de 0.3 logMAR (6/12 Snellen) hacia los 24 meses y se aproxima al nivel del adulto a los cinco o seis años. (Maldonado & Noriega, 2016, pág. 9 y 12)

2.2.2.1. Escalas o sistemas anotación de agudeza visual para visión de cerca.

Los principales tipos en la cual se puede registrar el valor de la agudeza visual de cerca son los siguientes: (Maldonado & Noriega, 2016, pág. 13 y 14)

- ❖ **Tamaño de letra:** Tamaño en milímetros (mm), letra más pequeña que puede ver el paciente.
- ❖ **Unidades M:** Viene dado por la notación “xM” donde x indica la distancia en metros. Letras de tamaño de 1M corresponde a un tamaño de 1.4 mm, pueden ser escritas en notación Snellen, donde el numerador es la distancia en metros y el denominador el tamaño de la letra en unidades M.

- ❖ **Sistema de puntos:** Equivale a un tamaño de letra de 1/72 pulgadas. Por ejemplo una letra de tamaño de 1.4 mm, en notación de puntos corresponde a una letra de 8 puntos, convirtiéndose en unidades M dividiendo por 8 (unidades M=puntos/8).
- ❖ **Notación N:** Utilizada en algunas cartas, el tamaño de la letra se especifica como N seguida de un número. La N indica el estilo de Times Roman y el número el tamaño de letras en punto.

2.2.3. Clasificación de la discapacidad visual.

Según la (OMS, 2018), clasifica la deficiencia visual en dos grupos:

Deficiencia de visión de lejos:

- Leve: agudeza visual inferior a 6/12 (0.5 cm)
- Moderada: agudeza visual inferior a 6/18 (0.333 cm)
- Grave: agudeza visual inferior a 6/60 (0.1 cm)
- Ceguera: agudeza visual inferior a 3/60 (0.05 cm)

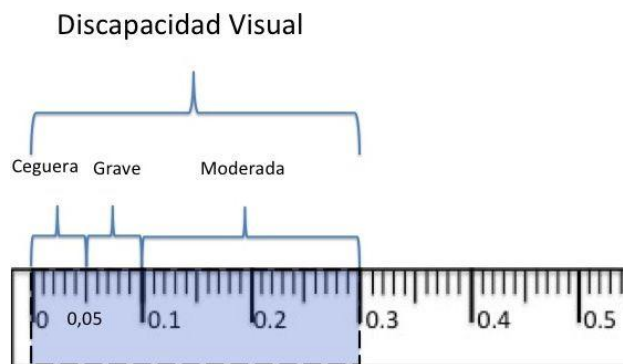


Figura 6. Rango de visión baja, elaborado por: Matías Sánchez

Deficiencia de la visión de cerca:

- Agudeza visual de cerca inferior a N6 o N8 a 40cm con la corrección existente.

Para la (Óptica ZEISS, 2017), la deficiencia en la visión de lejos tiene las siguientes definiciones:

2.2.3.1. Deficiencia de visión leve.

En un campo visual menos o igual a 20 grados en uno de los dos ojos, en un grado determinado del 30% al 49% de falla en la visión.

2.2.3.2. Deficiencia de visión moderada.

Distorsión de la capacidad visual en un grado determinado del 50% al 74% de falla en la visión.

2.2.3.3. Deficiencia de visión grave.

Restricciones en el campo visual, en un grado del 75% al 84% de falla en la visión.

2.2.3.4. Ceguera.

Capacidad visual está afectada por restricciones, equivale del 85% al 100% de falla en la visión.

2.2.4. Principales causas del aumento de los de deficiencia visual.

La deficiencia visual, como las cataratas, el tracoma y los errores de refracción, son los principales. La población mayor de edad aumentará significativamente la deficiencia visual. Otros factores más comunes que lo provocan son los siguientes:

- ❖ **Miopía:** Es provocado en espacios interiores y actividades que impliquen visión de cerca, teniendo mayor tiempo en el exterior puede reducir este riesgo.
- ❖ **Retinopatía diabética:** Personas con diabetes de tipo 2, puede afectar la visión si no es detectada a tiempo.
- ❖ **Detección tardía:** Falta de servicios y recursos para una atención oftalmológica que pueden servir para detectar afecciones y conducir a un tratamiento preventivo adecuado. (OMS, 2019)

2.2.5. Discapacidad visual en Ecuador.

En Ecuador, existe un aproximado de 55.246 personas que cuentan con un grado de discapacidad visual entre esos datos tenemos, 34.14% de personas con una deficiencia de visual leve, 26.85% de personas con una deficiencia visual moderada, 29.69% de personas con una deficiencia visual grave, 9.32% de personas con ceguera. Separando entre géneros y edades tenemos lo siguiente: 41.13% de género femenino y 58.87% de género masculino, y entre las edades se cuenta con el siguiente rango: de 0 a 3 años 0.14% de niños, de 4 a 6 años 0.38% de niños, de 7 a 12 años 1.79% de niños, de 13 a 18 años 3.05% de adolescentes. El rango de edad que cuenta con un mayor porcentaje de discapacidad visual se encuentra de 36 a 64 años con un total de 43.17% de personas. (CONADIS, 2020)

Ecuador cuenta con una fundación sin fines de lucro, para personas con alguna discapacidad visual reconocida con el nombre de Federación Nacional de Ciegos del Ecuador (FENCE), como objetivo principal es: “Impulsar en los ciegos el progreso y desarrollo, acorde con las corrientes modernas de la tiflología y velar por el mejoramiento cultural, educativo, económico y social de sus instituciones y personas asociadas.” (FENCE, 2010)

2.2.6. Sistema Braille.

El sistema Braille es un sistema de lectura y escritura a beneficio de las personas invidentes, basado en el sentido del tacto. Braille no es una lengua ni idioma, es un mecanismo en base de puntos de relieve sobre una superficie lisa. Fue creado a mediados del siglo XIX por Louis Braille, pedagogo francés. (Uriarte, 2020)

El sistema Braille está conformado por seis puntos en relieve, organizando una matriz de 3x2, tres filas por dos columnas, los puntos se cuentan de arriba hacia abajo empezando desde la izquierda y se continua en la derecha así mismo de arriba hacia abajo.

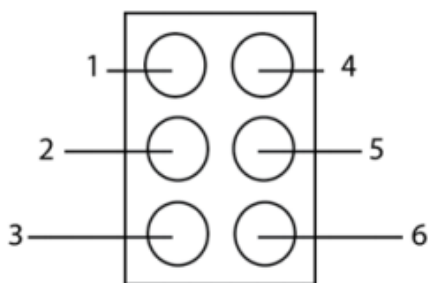


Figura 7. Ubicación de los puntos en celda Braille, elaborado por: Paola Herrera

2.2.7.1. Representación de Braille en el alfabeto.

Según (Herrera Moya, 2017, págs. 48 - 49), para el reconocimiento del alfabeto en Braille debemos tener en cuenta lo siguiente:

La primeras 10 letras, desde la A hasta la J, se identifican los cuatro puntos de arriba, es decir, los puntos 1, 2, 4 y 5.

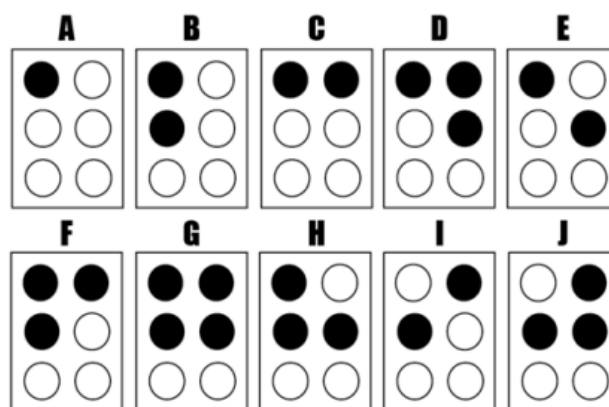


Figura 8. Letras Braille desde la A hasta la J, elaborado por: Paola Herrera

Las siguientes 10 letras son más sencillas debido a que se le aumenta un relieve al punto 3

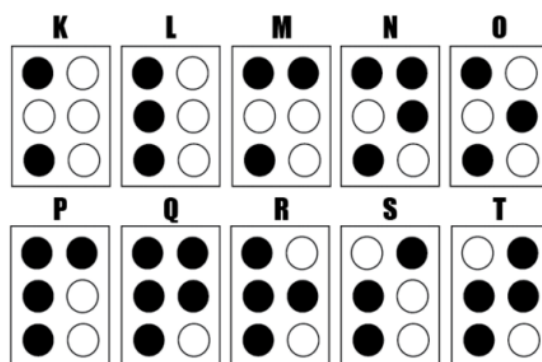


Figura 9. Letras Braille desde la K hasta la T, elaborado por: Paola Herrera

Finalmente en las letras U, V, X, Y y Z se mantiene el mismo patrón de las letras A hasta la E, adicionando relieve al punto 3 y 6, a excepción de la W debido a que Braille es originario de Francia, que en ese momento no utilizaba la letra W.

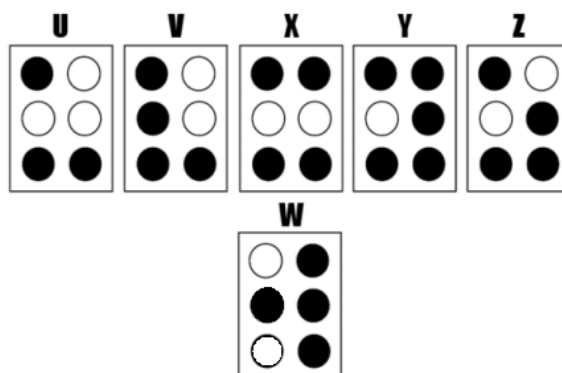


Figura 10. Letras Braille desde la U hasta la Z, elaborado por: Paola Herrera

2.2.7.2. Representación de Braille en los números.

Los números en Braille se representan con los 10 primeros dígitos del abecedario anteponiendo el signo numérico (#).

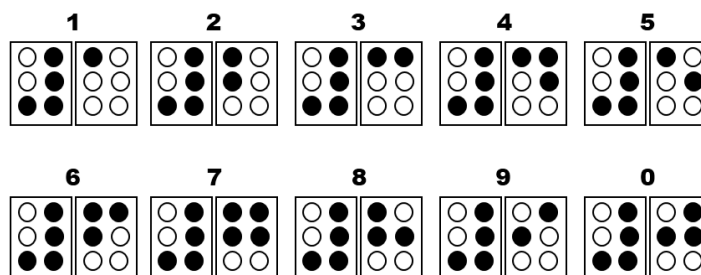


Figura 11. Números en Braille, elaborado por el autor

Para redactar números de dos o más cifras solo debemos colocar el signo de número solo al principio.

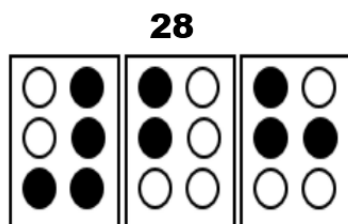


Figura 12. Números de dos cifras, elaborado por el autor

2.2.7.3. Representación de Braille en otros símbolos.

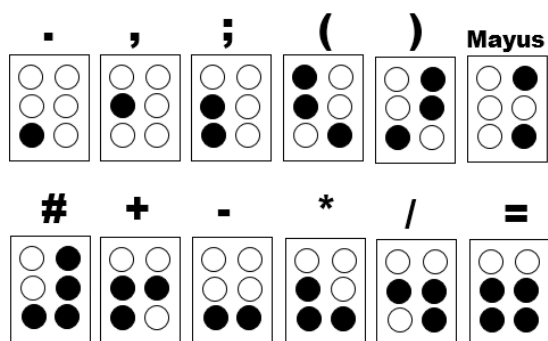


Figura 13. Otros símbolos, elaborado por el autor

2.2.7. Métodos de enseñanza del sistema Braille.

“La lectura Braille es un proceso simple a lo más complejo, analítico y sintético, al percibir un conjunto de puntos que forman cada letra.” (Martínez & Polo, 2004, pág. 31)

Los requisitos más importantes para el aprendizaje del sistema Braille son los siguientes:

- Para reforzar lo aprendido y ejercitar las actividades es primordial la motivación y practica constante de la lectura y escritura.
- Desde el primer momento tener en cuenta la forma de postura del cuerpo y de las manos, con una muñeca firme y relajada para que los dedos queden al máximo con la superficie.
- Realizar seguimientos de lo aprendido, facilitando textos y actividades.

Para el aprendizaje de una persona adulta invidente deberá desarrollar las destrezas manipulativas, del tacto y sobre todo una adaptación psicológica a su nueva situación.

2.2.8.1. Método alborada.

El orden de las letras es bastante lógico y complejo, resulta fácil para los alumnos adultos ya que se enfoca en una cartilla para el aprendizaje de lectura. Presenta los otros símbolos como el punto, la coma, punto y coma, interrogación, mayúsculas, signo de número, las letras con tilde y énfasis, entre otros más. El orden de las letras es: a, o, u, e, l, p, i, b, m, s, n, v, d, ñ, g, t, f, ll, r, c, y, j, q, h, z, x, ch, k. (Lafuentes, 2016)

2.2.8.2. Método bliseo.

Este método empieza está separado por serie, es decir, memorizar la primera serie (desde A hasta J) todos sus puntos exactos, para luego continuar con la siguiente serie que será añadiendo el punto 3 (desde la K hasta T) y las letras que hacen faltan solo se añadirá el punto 6, este método es para personas adultas. (Lafuentes, 2016)

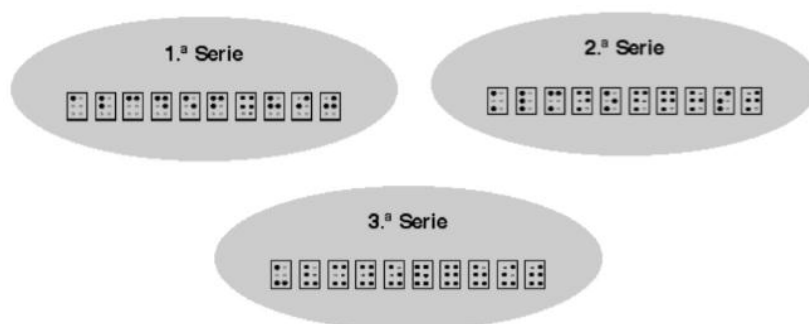


Figura 14. Método Bliseo, elaborado por: Ismael Martínez

2.2.8.3. *Método pérgamo.*

Este método es para personas adultas, evita confusiones e introduce las letras en el siguiente orden: a, e, i, o, u, l, s, p, m, f, d, n, t, ñ, c, h, á, é, b, v, ll, y, r, í, ó, ú, g, j, z, mayúsculas, punto y coma. Al final las letras menos comunes (x, q, ch, w) con las sílabas trabadas (pl, cl, bl, etc.), el signo de números y los signos de puntuación. (Lafuentes, 2016)

2.2.8.4. *Método punt a punt.*

Este método consta de dos series de 5 y 4 tomos, la primera muestra un programa de prelectura y preescritura y la segunda se dedica a la enseñanza del sistema braille. Este método también utiliza dibujos e imágenes en relieve.

- ❖ **Primera serie:** en los tres primeros tomos se ofrecen una serie de ejercicios de prelectura, para el reconocimiento de formas (cuadrado, círculo, triángulo, rectángulo) y tamaños, líneas horizontales y verticales, y seguimiento de líneas y orientación espacial con cuadrados, líneas y series de varios elementos (conjuntos de puntos), para proceder a su discriminación, aun sin darles un significado. En el cuarto tomo es cuando se inicia el aprendizaje del sistema braille: el signo generador, en grandes caracteres con el objetivo de ir disminuyendo el tamaño e ir reconociendo las diferentes posiciones y las primeras letras: a, b, l, e, o. También se comienza la preescritura. En el último tomo se hacen consideraciones metodológicas para el profesor. (Lafuentes, 2016)
- ❖ **Segunda serie:** en los tres primeros tomos, se van presentando una a una todas las letras del alfabeto, se hacen ejercicios de reconocimiento táctil, identificación y discriminación, combinando con las letras ya sabidas, para pasar a la lectura de sílabas, palabras y frases. El orden de presentación de las letras es el siguiente: a, o, u, e, l, p, b, m, n, f, i, signo de mayúscula y punto, r, s, apóstrofe, t, ll, c, admiración, d, interrogación, g, j, á, í, ú, v, coma, x, h, q, punto y coma, ñ, z, dos puntos, é, ó, ü, t y k; (en la versión en catalán, se añaden las letras è, ò, ç, ï) El cuarto tomo está dedicado a los maestros, donde se les explica en qué consiste el método y cómo utilizarlo. (Lafuentes, 2016)

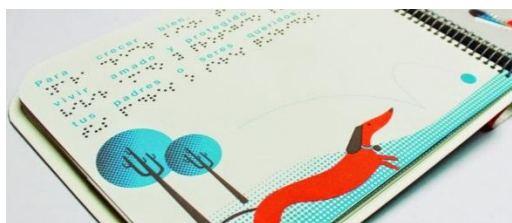


Figura 15. Método punt a punt, elaborado por: Rodríguez

2.2.8.5. Método del tomillo.

Este método de lectura Braille está dirigido hacia los niños, las adaptaciones de exploración táctil, utiliza palabras cortas que son fáciles de percibir para el tacto, el sentido lingüístico es muy familiar para el niño, las vocales con tilde se introducen desde el principio y con doble espacio. (Lafuentes, 2016)

2.2.8. Materiales de enseñanza del sistema Braille.

Los materiales y herramientas más utilizadas por los niños invidentes para que tengan un mejor conocimiento sobre el sistema Braille son los siguientes:

2.2.9.1. Ábaco.

“Caja rectangular que realiza las operaciones matemáticas, consta de 24 o 12 varillas que llevan 4 bolas móviles en la parte inferior y 1 en la parte superior.” (Lafuentes, 2016)



Figura 16. Ábaco chino, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.2. Muñeco Braillín.

Se trata del reconocimiento y manejo básico de los puntos de relieve, interactuar con los puntos, ubicar cada punto para la letra que desea mencionar, también la colocación de los números y signos especiales. Este material también se lo puede realizar de una forma más divertida para los niños, se concentra en un muñeco de trapo o peluche, conocido como el muñeco Braillín, que contenga en su centro seis puntos de relieve, más se utiliza para el

reconocimiento del abecedario, números y otros símbolos ya que solo es para una letra. (Lafuentes, 2016)



Figura 17. Muñeco Braillín, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.3. Signo generador.

El signo generador es realizado por material de reciclaje como los son las cubetas de huevo, cubetas de hielo y entres otras más. Está formado por una matriz de 3x2, tres filas y dos columnas, es como el muñeco Braillín solo que con material de reciclaje.

2.2.9.4. Punzón y regleta.

“Punta de acero redondeada para que no pueda romper el papel, sirve para escribir en Braille utilizando la regleta que está formado por una rejilla y su base.” (Lafuentes, 2016)

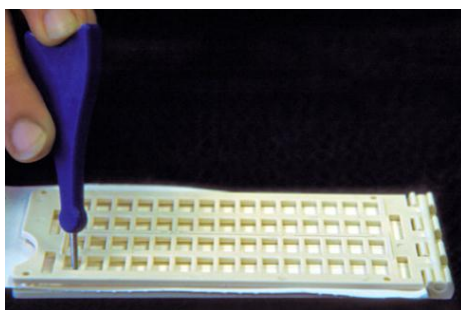


Figura 18. Punzón y regleta, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.5. Hojas de dibujo positivo.

“Son las hojas especiales de plástico que se colocan sobre la regleta y con el punzón se van haciendo los puntos de relieve para realizar la escritura o un dibujo.” (Lafuentes, 2016)

2.2.9.6. Máquina de escribir Perkins.

Facilita la lectura del braille sin necesidad de retirar el papel, consta de nueve teclas, una por cada punto braille, una barra espaciadora, una tecla de retroceso, una para el salto de línea y un timbre que notifica cuando se está terminando la hoja. (Lafuentes, 2016)



Figura 19. Máquina de Perkins, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.7. Impresora braille.

“Funciona con la información enviada desde un ordenador.” (Lafuentes, 2016)



Figura 20. Impresora Braille, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.8. Anotadores parlantes.

“Sistema de almacenamiento portátil, introduce los datos por el teclado braille y produce de salida una síntesis de audio. Incluye funciones como alarmas, reloj, calendario, directorio telefónico y calculadora.” (Lafuentes, 2016)



Figura 21. Pac Mate con teclado braille, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.9. *Calculadora parlante.*

“Realiza las operaciones matemáticas, con una interfaz audible, además cuentan con alarma y fecha.” (Lafuentes, 2016)



Figura 22. Calculadora parlante, fuente: Banco de imágenes de la ONCE

2.2.9.10. *Caja aritmética.*

Es una caja de madera o plástico, en una de sus tapas está dividida con las fichas, cada ficha cuenta con su respectivo número, puede ser en sistema braille o en números normales, y el otro lado de la tapa cuenta con las rejillas donde se colocaran las fichas de los números para realizar la operación que desea. (Lafuentes, 2016)



Figura 23. Caja aritmética, fuente: Steemit

2.2.9. **Matemáticas en personas invidentes.**

Para las matemáticas en las personas invidentes es muy importante reconocer cada número realizado en braille, cada punto de relieve debe ir en la posición exacta para ser correctamente identificado. Tiempos atrás la matemática ha sido una atención muy requerida por parte de las autoridades según él (Ministerio de Educación, 2012, pág. 9), en su artículo 28, la autoridad educativa nacional implementará las medidas pertinentes, para promover la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales que requieran apoyos técnico-tecnológicos y

humanos, tales como personal especializado, temporal o permanente y/o adaptaciones curriculares y de accesibilidad física, comunicacional y espacios de aprendizaje, en un establecimiento de educación escolarizada. La autoridad educativa nacional formulará, emitirá y supervisará el cumplimiento de la normativa nacional que se actualizará todos los años e incluirá lineamientos para la atención de personas con necesidades educativas especiales, con énfasis en sugerencias pedagógicas para la atención educativa a cada tipo de discapacidad.

Los métodos más comunes para realizar las operaciones matemáticas en niños invidentes son los siguientes, según su situación económica:

2.2.10.1. Uso del ábaco.

El ábaco japonés o ábaco soroban está representado por unidades, decenas, etc. Como lo mostramos a continuación:



Figura 24. Ábaco japonés, fuente: Sociedad Canaria Isaac Newton de Profesores de Matemáticas

A diferencia de los ábacos comunes, estos cuentan solo con 4 bolitas móviles en la parte de abajo y 1 bolita móvil en la parte de arriba, la manera de contar los números se hace de la siguiente manera:

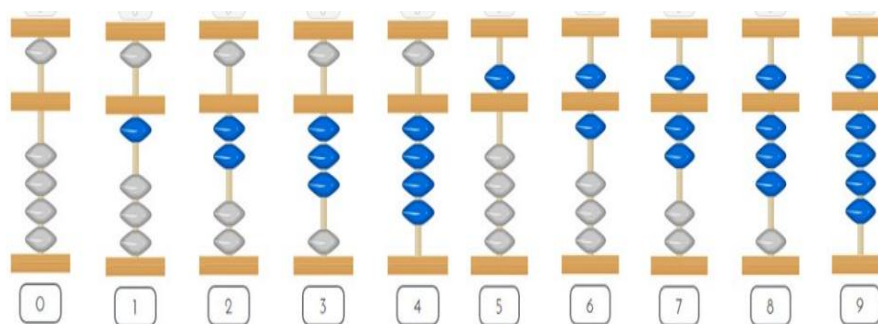


Figura 25. Números en el ábaco, fuente: Sociedad Canaria Isaac Newton de Profesores de Matemáticas

2.2.10.2. *Uso de la caja aritmética.*

La caja aritmética como lo mencionamos anteriormente en los materiales de enseñanza, se encarga en realizar las operaciones matemáticas de una forma manual como lo mostraremos a continuación:

Y así se seguirá realizando con las demás operaciones: resta y multiplicación.

2.2.10.3. *Uso de calculadora parlante.*

Existen muchos prototipos de calculadoras parlantes basadas en el sistema braille, como lo mencionamos en los materiales de enseñanza. (Pérez Rivera, 2016), realizaron un prototipo de calculadora en la ciudad de Ambato, utilizando el sistema de arduino, mediante pulsadores, pantalla LCD e interfaz audible.



Figura 26. Calculadora parlante, elaborada por: Christian Pérez

2.2.10. Componentes electrónicos.

2.2.11.1. *Microcontrolador.*

El microcontrolador, un circuito integrado de bajo costo, programable con la característica principal de subir, guardar y ejecutar un programa. Las arquitecturas en el microcontrolador pic son las RISC (Reduced Instruction Set Computer) un computador con set de instrucciones reducido, son instrucciones cortas y fáciles de recordar mientras tanto el CISC (Complex Instruction Set Computer) un computador con set de instrucciones complejas, son instrucciones

grandes y difíciles de recordar. El microcontrolador pic también es programado por los lenguajes de programación Ensamblador y C.

“Un microcontrolador combina los recursos fundamentales disponibles en un microcomputador, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de la entrada y salida, en un único circuito integrado.” (Valdés Pérez & Pallás Areny, 2007, pág. 14)

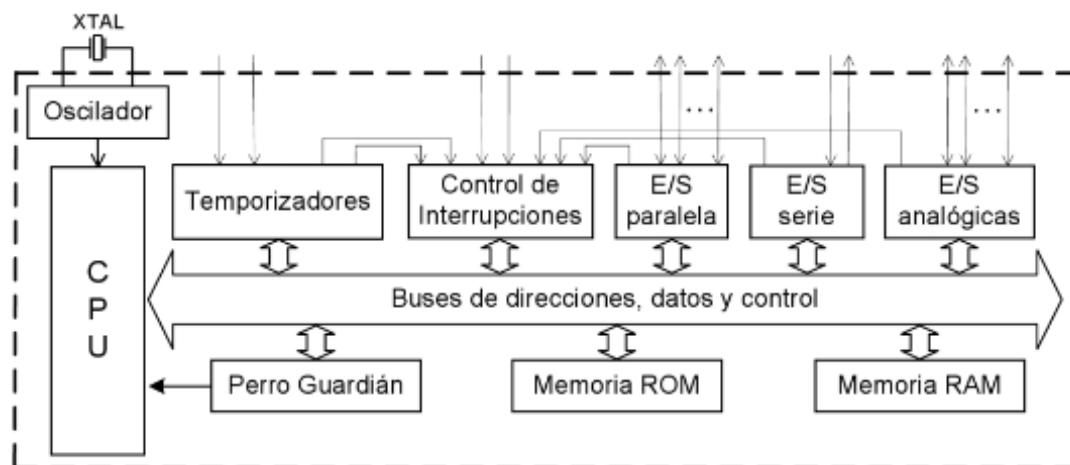


Figura 27. Esquema de bloques, elaborado por: Fernando Valdés y Ramón Pallás

También cuenta con dos arquitecturas: “La arquitectura de von Neumann es la idea de un ordenador con el programa almacenado. Y la arquitectura de Harvard utiliza las memorias separadas para instrucciones y datos.” (Valdés Pérez & Pallás Areny, 2007)

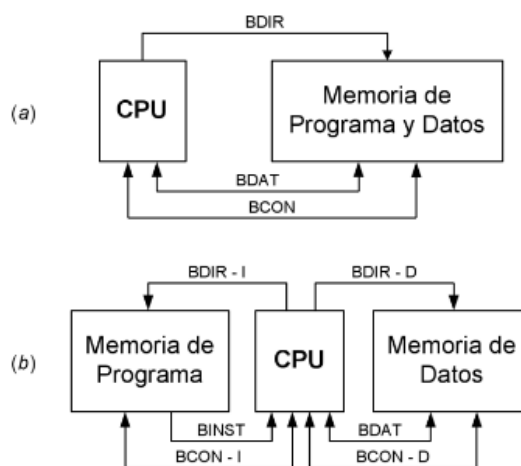


Figura 28. Arquitecturas (a) von Neumann y (b) Harvard

- **Procesador.** Es el cerebro del microcontrolador, interpreta las instrucciones del programa almacenado en la memoria y las ejecuta. Está segmentado (pipe-line) descompuesto en etapas, procesa una instrucción diferente en cada una de ellas y trabaja con varias a la vez.
- **Memoria de programa.** Las instrucciones del programa se almacenan en la memoria, el programa debe ser grabado de forma permanente. Mascara ROM, el programa es grabado en la fabricación y no es modificado por usuarios. EPROM (Electrical Programmable Read Only Memories), se puede borrar y volver a grabar el código por medio de un grabador. Memoria PROM (Programmable Read Only Memories) u OTP (One Time Programmable), solo se puede grabar una vez. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memories), se graba con un grabador, puede ser programada y borrada eléctricamente tantas veces se quiera, un millón de ciclos de escritura/borrado. FLASH, se puede grabar y borrar eléctricamente, memoria de bajo consumo y no volátil, hasta mil ciclos de escritura/borrado.
- **Memoria de datos.** Guarda la información que el procesador requiere para almacenar los datos. Dispone de dos memorias la EEPROM (no volátil) y la RAM (volátil).
- **Líneas de E/S.** es la interfaz del mundo exterior y el procesador, los de entrada codifican los mensajes para que el procesador los identifique y los de salida observan los resultados obtenidos por el procesador.
- **Recursos auxiliares.** Los circuitos de reloj (osciladores RC, XT), temporizadores, perro guardián (provoca un reset del microcontrolador cuando se desborda), conversores AD y DA. (Martínez Álvarez, 2019, págs. 11-13)

Gama de los microcontroladores

Los microcontroladores son fáciles de integrar en los circuitos electrónicos, por la capacidad de almacenar y ejecutar programas únicos. Implementan la arquitectura Harvard, la memoria está conectada a la CPU, dependiendo del ancho de bus, hay microcontroladores de 8 bit, 16 bit y 32 bit, estos comparten muchos atributos como el diseño de la memoria y el envase. (Aguilar Jaramillo, 2014, pág. 6)

Según (Martínez Álvarez, 2019) los microcontroladores de 8 bits cuentan con cuatro gamas:

- **Gama baja (PIC16X5X).** Encapsulados de 18 y 28 pines, su alimentación es a partir de 2,5 V, repertorio de 33 instrucciones de 12 bits cada una.
- **Gama media (PIC16XXX).** Encapsulados de 18 hasta 68 pines, repertorio de 35 instrucciones de 14 bits y compatible con gama baja, disponen de interrupciones.
- **Gama alta (PIC17XXX).** Consta de 58 instrucciones de 16 bits, interrupciones vectorizadas, permite ampliar el microcontrolador con elementos externos a través de buses de datos.
- **Gama mejorada (PIC18XXX).** Estos modelos soportan aplicaciones avanzadas de automatización, su velocidad (40 MHz) y su gran rendimiento.

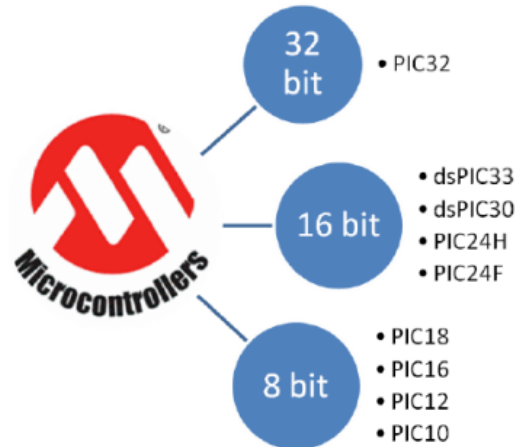


Figura 29. Familia de Microcontroladores PIC, elaborado por: José Aguilar

PIC16F877A

Este microcontrolador procedente de Microchip de 8 bit de una gama media, viene incluido con los siguientes dispositivos:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

Cuenta con un CPU de alto rendimiento RISC con sus respectivas especificaciones:

- 8K x 14 palabras de memoria FLASH.
- 100, 000 ciclos de borrado/escritura en memoria FLASH.

- Velocidad de operación de 20 MHz de entrada de reloj y 200 ns de instrucciones por ciclo.
- 368 x 8 bytes de RAM.
- 256 x 8 bytes de EEPROM.
- 1, 000,000 ciclos de borrado/escritura en datos EEPROM.
- Rango de alimentación de 2V a 5.5V.
- Tres temporizadores: Timer0 de 8 bit con 8 bit de preescalador. Timer1 de 16 bit de temporizador con preescalador. Timer2 de 8 bit de temporizador con 8 bit de periodo.
- Resolución de PWM de 10 bit.
- 40 pines E/S programables.
- 10 bit en 8 canales de análogo a digital.

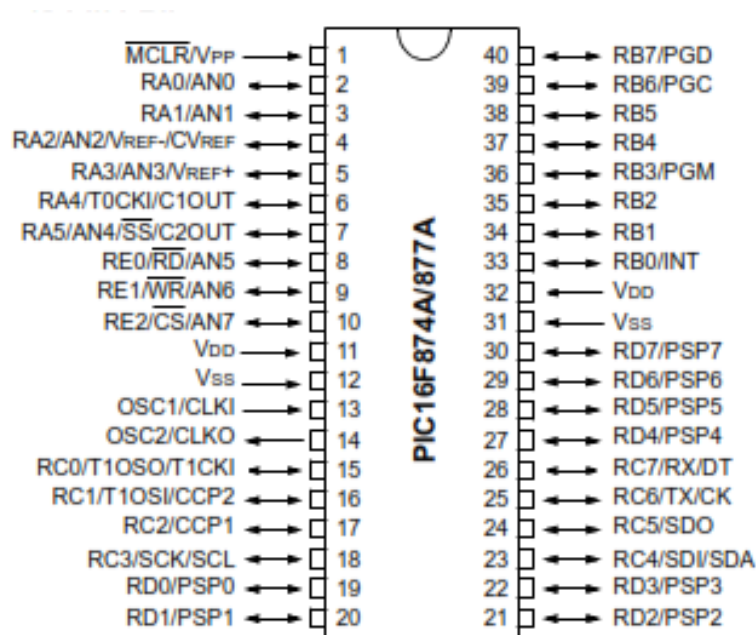


Figura 30. PIC16F877A, elaborado por el autor

El PIC cuenta con cinco puertos de entrada/salida entre esos tenemos los RA, RB, RC, RD y RE. Cada puerto puede ser configurado según la necesidad de cada usuario puede ser todo el RB de entrada o como de salida, también podemos configurar puertos por separados, es decir, el RB0 puede ser entrada y el RB3 puede ser salida, de esa manera podemos configurar todo el microcontrolador, se debe tener en cuenta la colocación de un oscilador externo, puede ser un oscilador RC o un oscilador de Crystal en los pines 13 y 14. En el puerto RA y RE contamos

con puertos analógicos y al querer trabajar con esos puertos en forma digital se deben convertir mediante el código ADCON1. Más información ver el datasheet, anexo 1.

Para programar el microcontrolador debemos identificar los pines que debemos utilizar, la mayoría de los casos son: MCLR, VDD, VSS, PGD y PGC o sino dependiendo del programador que se utilice, en este proyecto se utilizará el Pick it 3. Los lenguajes de programación que utiliza el microcontrolador son dos: ensamblador y lenguaje C, el más común y fácil de usar es el C ya que es una interfaz familiar para muchos usuarios.

A continuación veremos el diagrama de bloques del microcontrolador PIC16F877A:

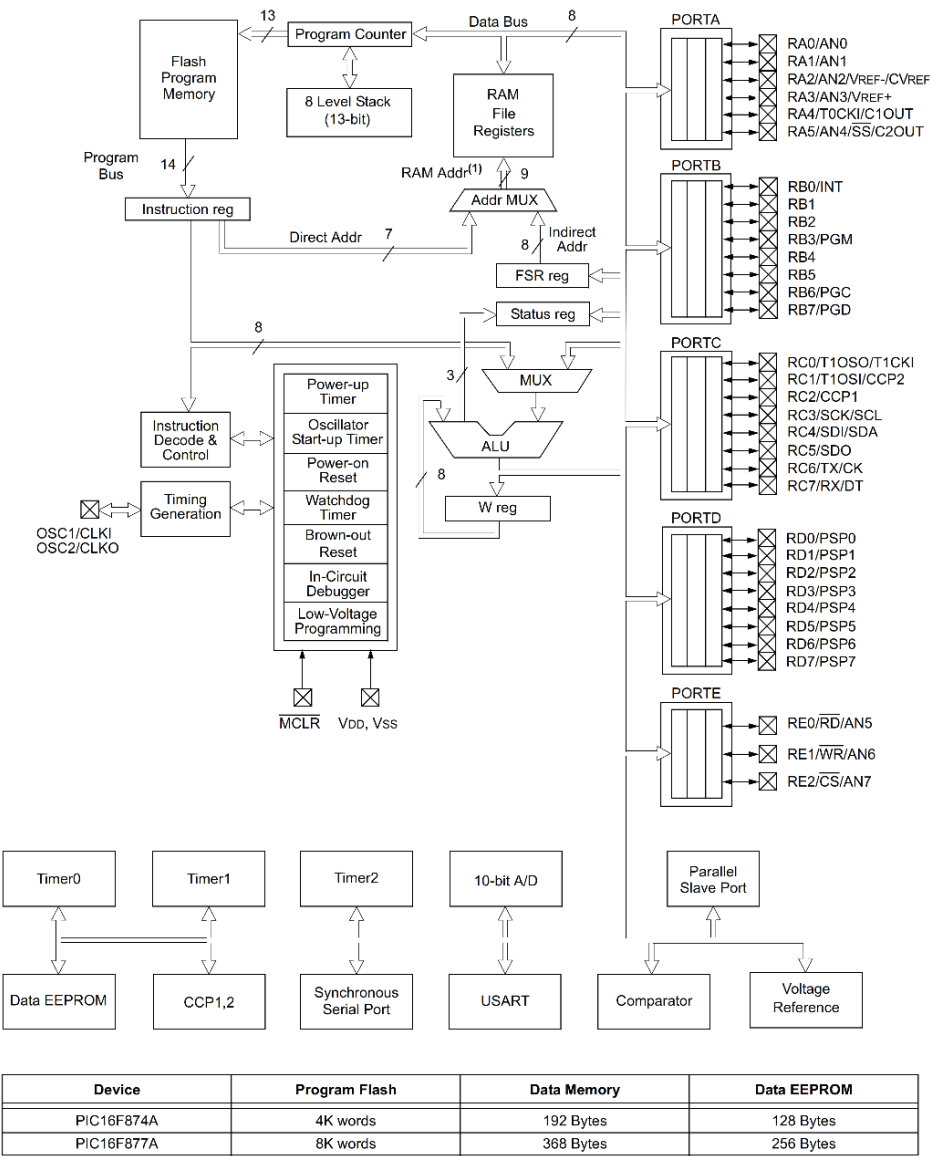


Figura 31. Diagrama de bloque PIC16F877A, elaborado por: el autor

PIC18F4550

Este microcontrolador procedente de Microchip de 8 bit de una gama mejorada, viene incluido con los siguientes dispositivos:

- PIC18F2455
- PIC18F2550
- PIC18F4455
- PIC18F4550

Cuenta con un CPU de alto rendimiento RISC con sus respectivas especificaciones:

- Velocidad de operación de 1.5 Mb/s hasta 12 Mb/s.

- 32 puntos finales, 16 bidireccionales.
- Memoria RAM dual de 1 Kbyte.
- Dos bloques de osciladores: frecuencia interna de 31 KHz hasta 8 MHz y oscilador externo.
- Temporizador de 32 KHz.
- 40/44 pines.
- Compilador C con arquitectura optimizada, opción de extender las instrucciones.
- Multiplicador de hardware con ciclo único de 8x8.
- 100, 000 ciclos de borrado/escritura en memoria FLASH.
- 1, 000,000 ciclos de borrado/escritura en datos EEPROM.
- FLASH/EEPROM mayor a 40 años.
- Voltaje de operación de 2 V hasta 5.5 V.

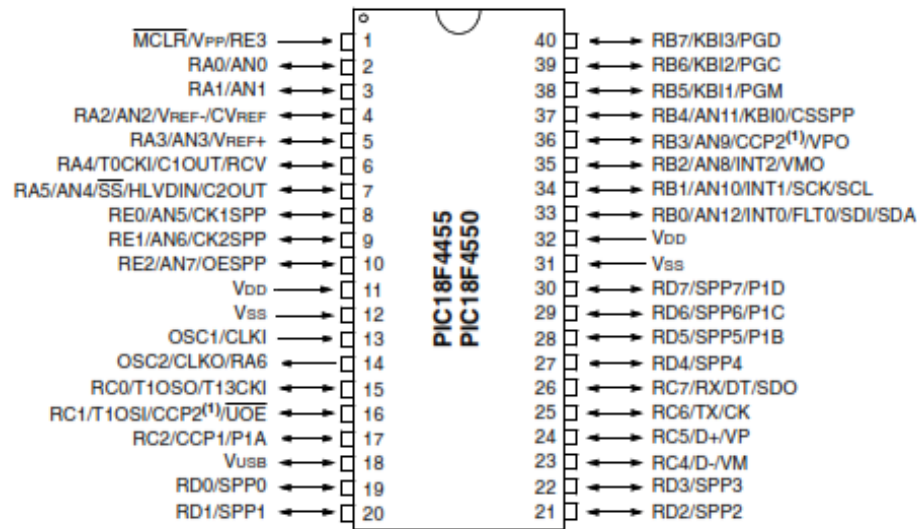


Figura 32. PIC18F4550, elaborado por el autor

La configuración de los puertos es la misma que el microcontrolador anterior, a excepción que este puede oscilar de dos maneras, es decir, el oscilador interno que viene integrado en el microcontrolador o sino un oscilador externo de RC o de Crystal. Una de las diferencias que podemos ver en este microcontrolador con el anterior es que cuenta con más puertos analógicos. Más información ver el datasheet, anexo 2.

A continuación veremos el diagrama de bloques del microcontrolador PIC18F4550:

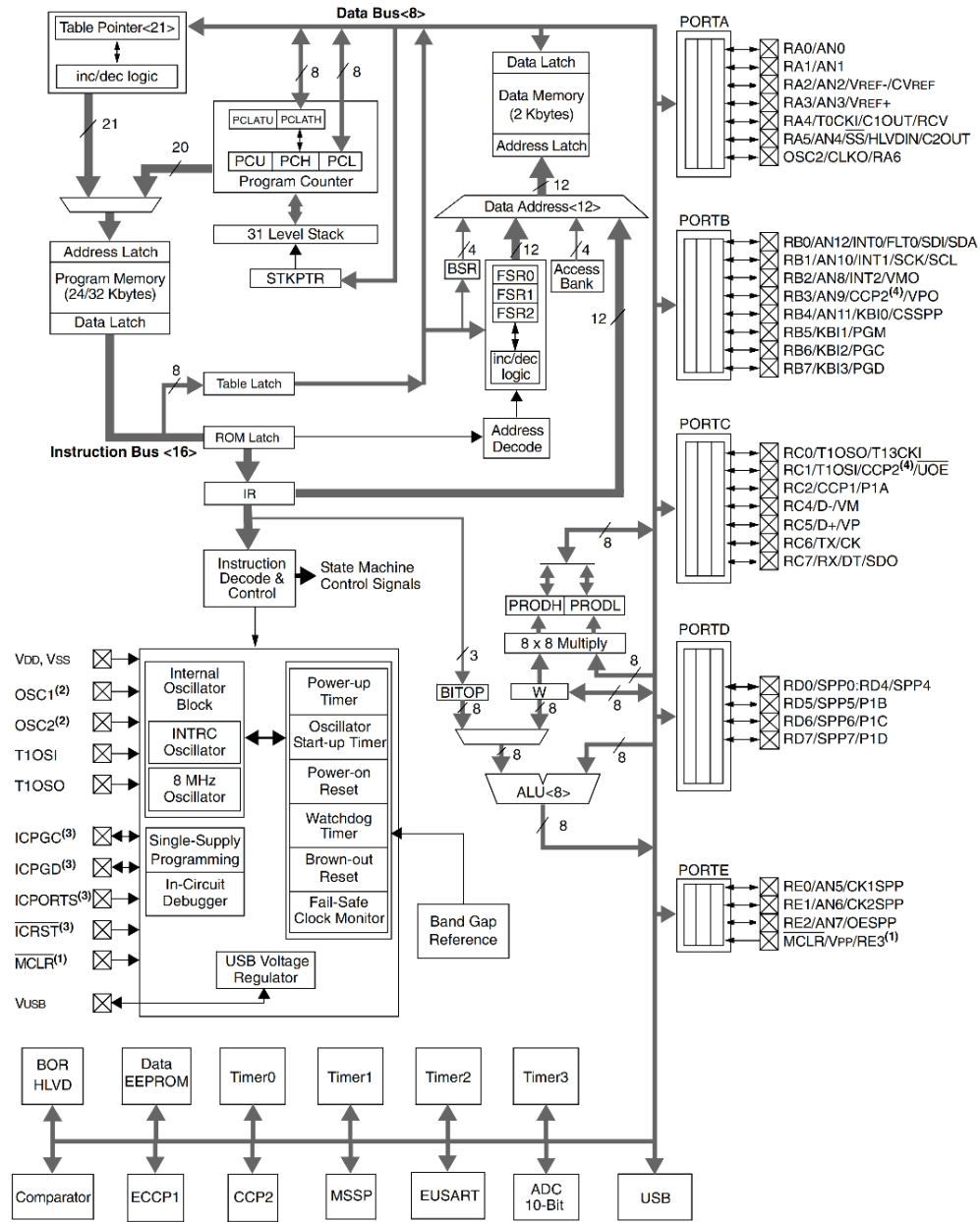


Figura 33. Diagrama de bloque PIC18F4550, elaborado por: el autor

2.2.11.2. Programador y software del microcontrolador

Para que un microcontrolador pic pueda funcionar es necesario que tenga un programa cargado y un programador por el cual se pueda subir dicho programa, a continuación mencionaremos los programadores y programas que más se utilizan para que un microcontrolador pic funcione correctamente de acuerdo a lo especificado en el programa o como el usuario lo desee.

Programador QUADX.

Programador para microcontrolador de Microchip y memorias EEPROM por puerto USB, puede ser utilizado desde MPLAB, realiza tareas de manera más rápida y sencilla. Cuenta con un PIC18F2550 lo que hace es controlar las funciones del sistema, un Crystal de 20 MHz y una base ZIF de 48 pines. Es compatible con las versiones de Windows 7 y Windows 8. Este programador cuenta con la versión de hardware y software. Los dispositivos pic requieren 4.75V en VDD como mínimo para programarse, las familias de los PIC compatibles con este programador son los siguientes: (DIIGNAL, 2019)

- Familia Baseline
- Familia Midrange/Standard
- Familia Midrange/1.8V
- Familia PIC18F
- Familia PIC18F_J_
- Familia PIC18F_K_
- Familia PIC24
- Familia dsPIC33
- Familia dsPIC30
- Familia dsPIC30 SMPS
- Familia PIC32
- Familia KEELOQ HCS
- Familia CAN MCP250xx
- Memorias seriales EEPROM

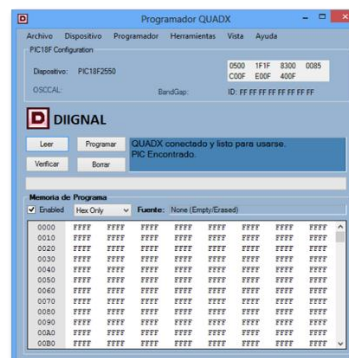
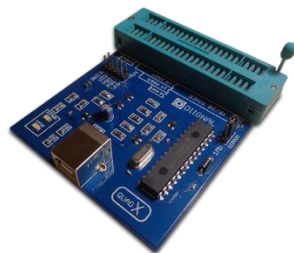


Figura 34. Programador quadX (a) hardware y (b) software, elaborado por DIIGNAL

Programador K-150.

Programador de microcontroladores PIC por puerto USB, zócalo ZIF de 40 pines, posee un cristal de 6 MHz y un PIC16F628A, software de programación de fácil uso y la compatibilidad se garantiza hasta Windows 7, al igual que el anterior cuenta con su propio instalador y también es compatible con MPLAB, es compatible con las siguientes series de PIC: (Balderas, 2017)

- Serie PIC10
- Serie PIC12C
- Serie PIC12F
- Serie 16C
- Serie 16F
- Serie 18



Figura 35. Programador K-150, elaborado por: Alejandra Balderas

Programador PICkit.

PICkit 3. Programador de microcontrolador controlado por un computador que ejecuta el software MPLAB X IDE y MPLAB C Compiler, desarrollado por Microchip, se utiliza para la familia de PIC10F, PIC12F, PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, PIC32, dsPIC30F y dsPIC33F. Voltaje de programación de 2V a 6V, se programa con 5 pines, compatible con Windows 7, 8 y 10, Mac y Linux, velocidad de 12 Mbits/seg y el programa de hasta 512 Kbyte Flash.

El programador cuenta con una indicación para conectar al microcontrolador, es decir, el primer pin será el que cuente con la flecha y así seguirá avanzando, como lo muestra la figura 37. También cuenta con un cable USB para la conexión al computador, cuenta con un PIC18F45K20 de 44 pines. (Microchip Technology, 2010)

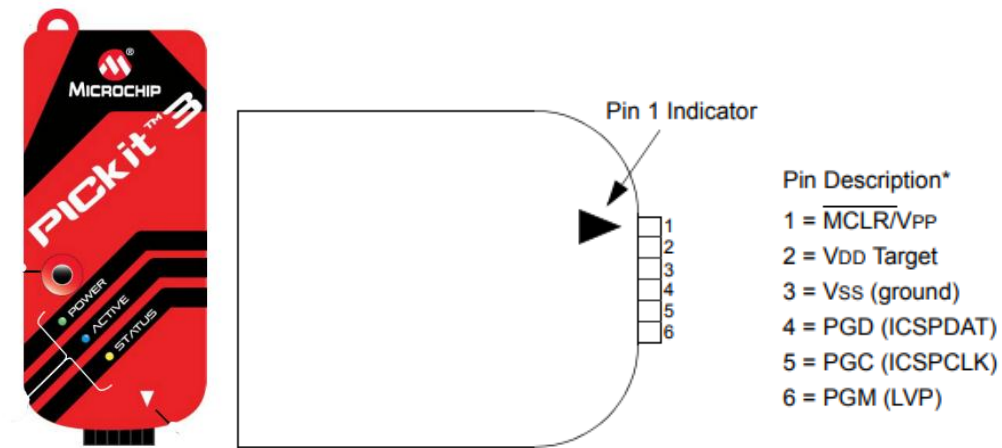


Figura 36. PICkit 3, elaborado por: Microchip

PICKit 4. Este programador es muy similar al anterior las únicas diferencias son las siguientes: cabezal de 8 pines (compatible con ICSP de 2 conexiones, JTAG de 4 conexiones, JTAG/SWD) y adicional posee una ranura SD para guardar los datos del programa, se alimenta con 2.7V a 5.5V, cuenta con un consumo mínimo de 100uA. MPLAB X IDE versión 4.15 o superior, Windows 7, y 10, Mac y Linux. Diseña en un espacio de 8 bits, pero también lo realiza en 16 y 32 bits, por un microcontrolador de alto rendimiento de 300 MHz. (Microchip Technology, 2018)



Figura 37. PICkit 4, elaborado por: Microchip

Software MPLAB X IDE

Es un software ampliamente configurable, incorpora las herramientas para ayudar a descubrir, configurar, desarrollar, depurar/programar y calificar diseños integrados para los microcontroladores de Microchip. Soporta los sistemas operativos como Windows, Mac OS y Linux (de 64 bits), ofrece una serie de funciones como:

- **Visualizador de datos.** Transmisión de datos en tiempo real.
- **Vista E/S.** Verifica y manipula los pines del hardware.
- **Recursos de diseño útiles.** Enlaces a bibliotecas de software, hojas de datos y guías de usuarios.
- **Fácil de usar.** Los bits están a un solo clic.
- Entorno de programación a nivel de producción

Cuenta con un compilador llamado MPLAB XC Compiler esta es la versión gratuita la de 8 bit, mientras que la de 16 y 32 bits son versiones con las que se debe aportar una cuota para utilizar sus servicios. (Microchip Technology, 2020)



Figura 38. Software MPLAB X IDE, elaborado por: Microchip

2.2.11.3. Sensores

El sensor es un dispositivo de entrada, es un intermediario entre la variable física y el sistema de medida. Entregan señales eléctricas de salida, analógicas o digitales, y este tipo de dominio físico es más utilizado en los sistemas de medidas actuales. (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014, pág. 17)

- **Sensores analógicos.** Pueden asumir cualquier valor en la señal de salida a un determinado tiempo, se asocia con circuitos electrónicos con salidas no digitales.
- **Sensores digitales.** Pueden asumir dos valores en una señal de salida a un determinado tiempo, que son interpretados como ceros (OFF) y uno (ON). (Thomazini & Braga de Albuquerque, 2020)

“Un sensor es conocido como entrada, detecta acciones o estímulos externos y responde en consecuencia. Mide magnitudes físicas y las transforma en señales eléctricas capaces de ser entendidas por un microcontrolador.” (Guimeráns, 2018)

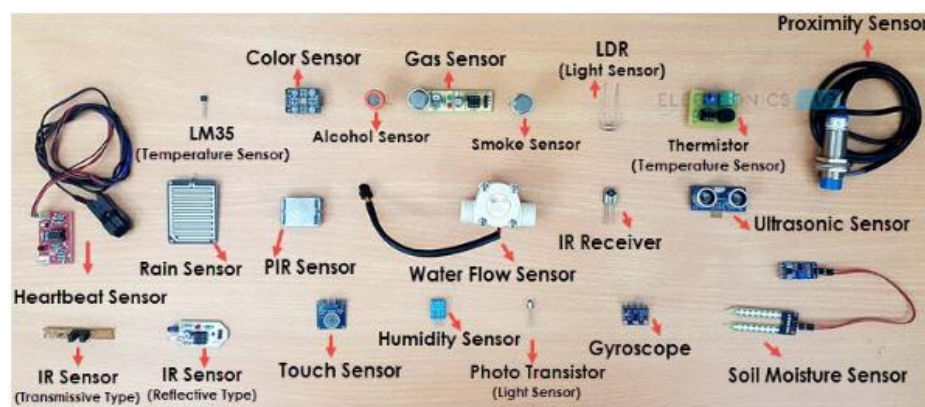


Figura 39. Ejemplo de sensores, elaborado por: Paola Guimeráns

Fotorresistor LDR

“Es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de la intensidad de la luz. Las siglas LDR (Light Dependent Resistor), son sensibles a la luz infrarroja, luz visible y hasta ultravioleta.” (Serna Ruiz, Ros García , & Rico Noruega, 2010)

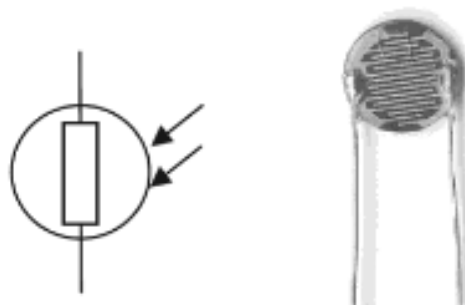


Figura 40. Fotorresistencia LDR, elaborado por: Antonio Serna

- **Sensor de luz solar o ambiental.** Es la fuente más habitual para el encendido y apagado del alumbrado público.
- **Sensor de luz de colores.** Son visibles y afectadas por el ambiente, generadas en aplicaciones industriales.
- **Sensor de luz infrarroja.** No son visibles, generalmente en largas distancias y no son afectadas por el ambiente.

2.2.11.4. Módulo DFPlayer

Reproductor de MP3, este dispositivo es más común para Arduino y también para cualquier microcontrolador con capacidad de RX / TX, soporta tarjetas SD de hasta 32 GB en formato FAT16 y FAT32, se recomiendan que los archivos lleven nombre de 001.mp3 y organizarlos en carpetas, reproduce audios de formatos MP3, WMA y WAV. (Morales, 2017)

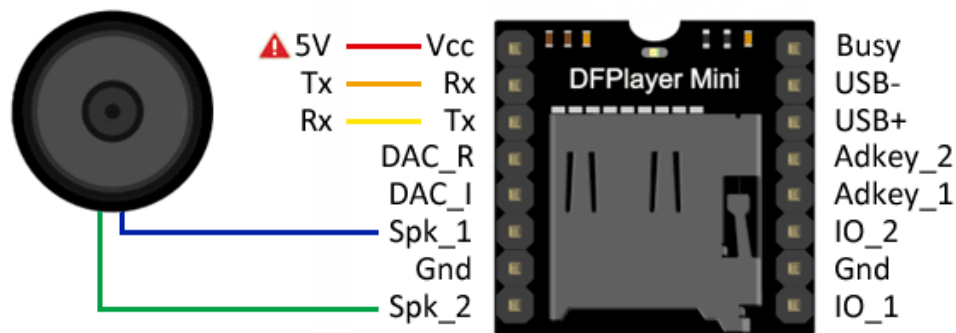


Figura 41. Partes del DFPlayer, elaborado por el autor

A continuación se detalla cada pin del DFPlayer:

Tabla 2. Pines del DFPlayer

Número	Nombre	Descripción	Nota
1	VCC	Input Voltaje	DC 3.2-5.0V; Típica: DC4.2
2	RX	UART serial input	
3	TX	UART serial output	
4	DAC_R	Audio output right channel	Drive earphone and amplifier
5	DAC_L	Audio output left channel	Drive earphone and amplifier
6	SPK_1	Speaker	Drive speaker less than 3W
7	GND	Ground	Power Ground

8	SPK_2	Speaker	Drive speaker less than 3W
9	IO1	Trigger port 1	Short pree to play previous(long press to decrease volume)
10	GND	Ground	Power Ground
11	IO2	Trigger port 2	Short pree to play next(long press to increase volume)
12	ADKEY_1	AD port 1	Trigger play first segment
13	ADKEY_2	AD port 2	Trigger play fifth segment
14	USB+	USB+ DP	USB Port
15	USB-	USB- DM	USB Port
16	BUSY	Playing Status	Low means playing\High means no

Elaborado por: Morales

2.2.11.5. Resistencias

La resistencia es el elemento en el que se disipa la energía eléctrica, el valor viene dado en ohmio, en honor al físico alemán Georg Simón Ohm, la primera y segunda banda indica la cifra más significativa, la tercera banda el factor multiplicador y la cuarta banda la tolerancia. (Fraile Mora, 2012, pág. 17)

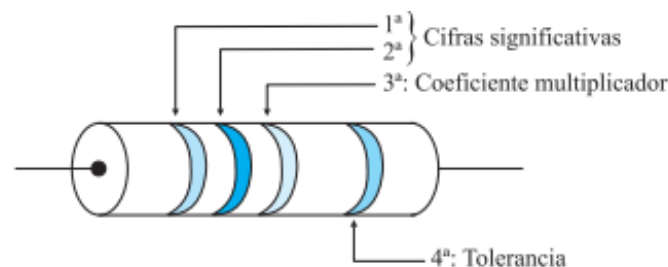


Figura 42. Resistencia eléctrica, elaborado por: Jesús Fraile

2.2.11.6. Transistores

El transistor bipolar es un dispositivo de tres terminales: emisor (E), base (B) y colector (C). Se considera abruptas, es decir, si no se aplica ningún tipo de polarización el dispositivo no generará ningún tipo de señal de salida, hay dos tipos los NPN y PNP. (Valiente García, Fernández de Ávila López, Ferrer Millán, & Ruiz Gómez, 2018)

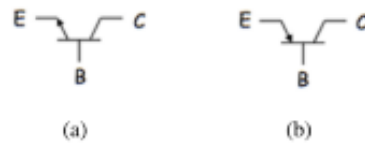


Figura 43. Transistor (a) NPN y (b) PNP

En este proyecto el transistor funcionará como un interruptor, pasará la corriente entre el emisor y colector y la base envía una señal.

2.3. Definiciones conceptuales

El presente prototipo busca que los niños invidentes puedan aprender matemática de una manera más interactiva utilizando el sistema braille, el sistema por el cual se comunican. La utilización del ábaco, la calculadora parlante y también la caja aritmética son una gran ayuda para ellos, sin embargo, son materiales muy mecánicos y el niño invidente no interactúa conociendo y mejorando cada vez más el sistema braille. Este prototipo realizará la suma, resta y multiplicación de números de dos cifras, cada número y signo de operación se ingresará de acorde al sistema braille, al presionar un botón dará el resultado por medio de una interfaz audible. Para que sea más interactivo se realizará una opción de comprobación en donde el niño podrá ingresar el número que le dio por resultado.

Microcontrolador.

Un microcontrolador es un circuito integrado, incluye un procesador, memorias, entradas y salidas, son controladas de acorde a cada programación. Será la encargada de que el prototipo funcione correctamente, esperando que los sensores envíen datos, en otras palabras será el cerebro que realizará las operaciones matemáticas y las guardará en una de las memorias, para luego enviarlas a una salida de audio.

Sensor.

El sensor es un dispositivo de entrada que enviará datos al microcontrolador, es decir, ingresa una señal física, sin embargo, realiza la función de dar una señal electrónica lo que hará que el PIC16F877A detecte dicha señal, realice la operación y procese la información, gracias a esta medición por parte del sensor, dando así a conocer cada número y cada operación que se vaya

a realizar. Para este proyecto se utilizará un Fotorresistor LDR un sensor sensible a la luz, a mayor intensidad de luz la resistencia disminuye y es lo que permite que ingrese la señal al microcontrolador.

Software.

Es el programa informático el cual hace posible la ejecución y puesta en marcha del microcontrolador. Se utiliza el MPLAB X IDE para poner a funcionar el microcontrolador, programando por medio del lenguaje C y también con pequeñas simulaciones por medio de Proteus. Se debe tener en cuenta el uso del compilador proveniente de MPLAB y también el PICkit 3, un dispositivo que es intermediario para que el programa pueda ser ejecutado y subido al microcontrolador con el cual se está trabajando.

2.4. Fundamento legal

La Constitución de la República del Ecuador garantiza los derechos en educación, salud, alimentación y seguridad para sus habitantes. Todos los ciudadanos tienen el derecho de acceder a las tecnologías de información y comunicación de toda forma visual, auditiva, sensorial, sobre todo permitir la inclusión de personas con discapacidad. Como lo menciona en los siguientes artículos, ver anexo 1. (Asamblea Constituyente, 2008)

3. Capítulo III - Propuesta

3.1. Metodología del proyecto

Este proyecto busca el aprendizaje de las matemáticas en los niños invidentes, mostrando una manera muy didáctica y práctica para el manejo del sistema braille. La implementación del dispositivo se desarrollará por medio del microcontrolador PIC16F877A, que será el encargado de realizar la operación matemática, los sensores LDR, serán los encargados de ubicar los números y las operaciones que deseemos realizar, el resultado de la operación será dada por medio de audio y mostrado en una pantalla LCD 16x2, en el anexo 2 se podrá observar el circuito completo. La metodología que se emplea en el presente proyecto se desarrolló en diferentes fases:

3.1.1. Determinar participantes.

Este proyecto estará enfocado hacia los niños invidentes que tengan problemas en realizar y aprender las operaciones básicas de la matemática (suma, resta y multiplicación), además de eso, obtendrá un mejor manejo del sistema braille.

3.1.2. Fase preliminar.

En esta fase se realiza la investigación del proyecto, analizando el uso del sistema braille y el diseño del prototipo, elaborando un esquema y realizando simulaciones en programas como Proteus. Tomando en cuenta que se colocaron pulsadores en vez de sensores para una mejor simulación, como lo muestra la imagen, utilizando el microcontrolador PIC16F877A.

3.1.3. Fase de análisis.

En esta fase se realizará el análisis de cada uno de los dispositivos a utilizar, configurando las funciones del microcontrolador pic mediante el software MPLAB con su compilador. Se realizó la separación correspondiente de cada sensor y ubicados según la configuración del pic y de acorde el sistema braille, ensamblando cada una de las partes en sus respectivas posiciones.

3.1.4. Fase final.

En esta fase final se realizaron las pruebas necesarias para verificar el correcto funcionamiento del prototipo que realizará las operaciones básicas de la matemática,

comprobando que el hardware (microcontrolador pic) que no sufra un sobrecalentamiento innecesario. Luego de todas las pruebas necesarias y obtener un éxito rotundo se procederá a brindar el proyecto.

3.2. Descripción

El desarrollo del dispositivo de apoyo a la enseñanza matemática para niños invidentes, usando microcontrolador PIC16F877A, se realizará mediante sensores LDR y su salida por medio de audio. Este dispositivo realizará las operaciones básicas como suma, resta y multiplicación de dos cifras, todo esto estará relacionado al sistema braille, donde el usuario ingresará desde el número que se desea calcular hasta el signo de la operación que se desea realizar, el resultado será por medio de audio e incorporarle una pantalla LCD el cual imprimirá los números ingresados, el signo y la operación realizada, facilitando las tareas y mejorando el uso del braille.

3.2.1. Factibilidad técnica.

Cumple con la factibilidad técnica ya que el hardware que necesitaremos se puede encontrar en el mercado económicamente y el software para la programación se lo desarrolla con un lenguaje de programación de bajo nivel, por lo tanto el proyecto a realizar es técnicamente factible. A continuación los recursos técnicos tomando en cuenta la siguiente categoría:

3.2.1.1. Hardware.

En el hardware se especifican los elementos físicos para la realización del proyecto, a continuación se muestran los elementos del hardware que se necesitan para este trabajo:

Tabla 3. Elementos de Hardware utilizados

Hardware	Característica
Microcontrolador PIC	El microcontrolador es un circuito integrado, programable con la característica principal de subir, guardar y ejecutar un programa.
Sensor LDR	Es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de la intensidad de la luz, este enviará señales al microcontrolador para que identifique la operación que se desea.

Módulo DFPlayer	Reproductor de MP3, este dispositivo es más común para Arduino y también para cualquier microcontrolador con capacidad de RX / TX, reproduce audios de formatos MP3, WMA y WAV.
PICKit 3	Programador de microcontrolador controlado por un computador, que solo ejecuta si se encuentra instalado el software MPLAB.

Elaborado por el autor

3.2.1.2. Software

En el software se especifican los programas necesarios para la ejecución del proyecto, a continuación se mostrarán los que se utilizaran en este proyecto:

Tabla 4. Elementos de Software utilizados

Software	Característica
MPLAB	Programa que incorpora las herramientas para ayudar a descubrir, configurar, desarrollar, depurar/programar y calificar diseños integrados para los microcontroladores de Microchip y para que este programa funcione se debe instalar el XC Compiler.
Proteus	Es utilizado para la simulación del circuito, una comprobación antes de montarlo al microcontrolador pic.

Elaborado por el autor

En estos puntos hemos reconocido que nuestro proyecto es técnicamente factible.

3.2.2. Factibilidad legal.

En la factibilidad legal, debido a que el programa desarrolla un software de código abierto y libre. Sobre todo garantiza la inclusión de personas con discapacidad visual, se toma en consideración la ley vigente en la Constitución de la República del Ecuador, de igual manera se encuentra respaldado por la Ley Orgánica de Educación superior, Ley Orgánica de Discapacidades y el Código Orgánico De La Economía Social De Los Conocimientos Creatividad E Innovación, basándose a las leyes y reglamentos que mantiene vigente el estado ecuatoriano.

3.2.3. Factibilidad económica.

El dispositivo cumple con la factibilidad económica dado que el software se realiza con un lenguaje de programación de bajo nivel y el hardware es de fácil acceso en cualquier tienda electrónica, la mano de obra empleada en el proyecto se encuentra relacionada con los materiales y el tiempo en el cual se realizó todo el trabajo, es decir, a mayor tiempo y pocos materiales será mayor la mano de obra, esto se detalla a continuación:

Tabla 5. Presupuesto total

Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
PIC16F877A	1	\$ 8.00	\$ 8.00
Fotorresistor LDR	35	\$ 0.50	\$ 17.50
PICkit 3	1	\$ 35.00	\$ 35.00
Transistor 2N2222A	35	\$ 0.25	\$ 8.75
Resistores	100	\$ 0.05	\$ 5.00
DFPlayer	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Pantalla LCD	1	\$ 3.50	\$ 3.50
Otros gastos		\$ 10.00	\$ 10.00
Mano de obra		\$ 100.00	\$ 100.00
Total			\$ 192.75

Elaborado por el autor

3.2.4. Factibilidad operacional.

El dispositivo está enfocado para que ayude a niños invidentes en las operaciones básicas de la matemática como sumar, restar y multiplicar, haciendo interacción con el sistema braille, lo que hace que sea más didáctico, amigable y práctico. Este proyecto es operacionalmente factible debido a la ayuda brindada hacia los niños invidentes.

¿Los métodos de aprendizaje del braille en este proyecto son los más aceptados por los usuarios?

¿Existe aceptación de la propuesta por parte de la comunidad a la que va dirigido?

¿Los usuarios han participado en la planeación y el desarrollo?

3.3. Esquema general del proyecto

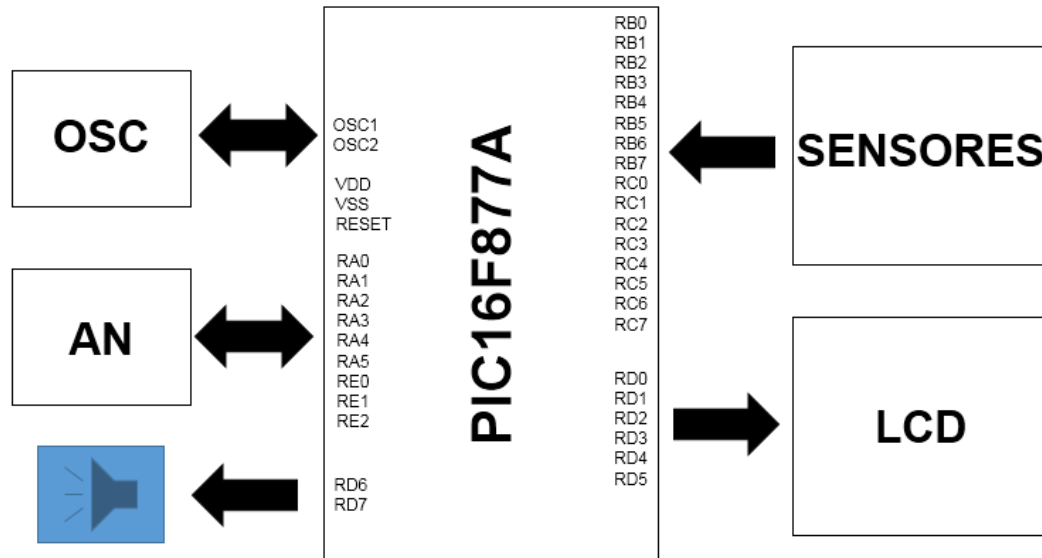


Figura 44. Diagrama de bloque, elaborado por el autor

El diagrama de bloque detalla las entradas y salidas que tendrá el microcontrolador pic con todos los puertos disponibles, ya que cuentan con entradas, salidas y ambas al mismo tiempo, obteniendo lo siguiente:

Las entradas de los sensores se darán mediante una fotorresistencia o fotocelda LDR, que es un sensor de luz, se utilizaran 20 sensores para el ingreso de los números y los signos, donde 8 sensores serán para obtener el primer número, 8 sensores más para el segundo número y 4 sensores para los signos de operación. Al obstruir el paso de la luz los sensores se activarán enviando un pulso al microcontrolador y diciendo el número que deseo ingresar y así mismo sucede con los signos a emplearse, todo esto con el orden del sistema Braille.

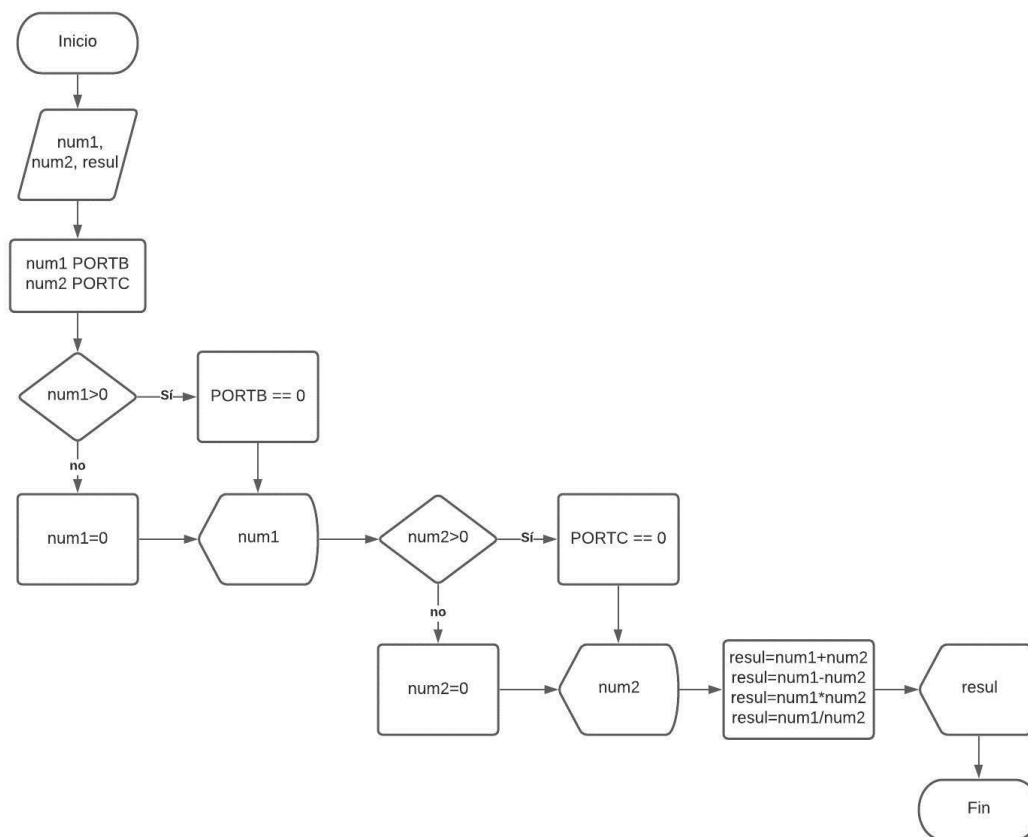


Figura 45. Diagrama de flujo, elaborado por el autor

En la salida de la pantalla LCD tendremos la información que se envían a través de los sensores, teniendo el mensaje de bienvenida y empezando a mostrar los números con el respectivo signo con su resultado. Y por último tenemos la salida por medio de audio el cual nos dirá el resultado de la operación que se realizó.

3.4. Recursos de construcción

Los recursos indispensables para la construcción del prototipo estarán basados en el desarrollo de la simulación, ejecución del microcontrolador, funcionamiento de los sensores y por último la salida de audio y pantalla.

Una vez analizado cada uno de los elementos anteriores se comprobó el funcionamiento de la computadora con la que se trabajó, los programas se ejecutaron sin ningún problema. En la siguiente tabla se detallará cada uno de los recursos.

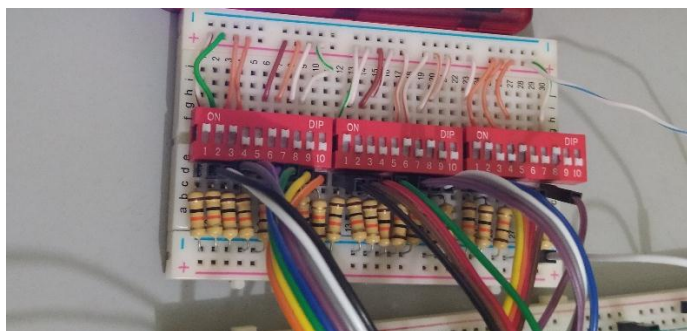
Tabla 6. Recursos hardware

Producto	Especificaciones
Hardware	
PIC16F877A	40 pines, 8 bytes, 20 MHz
Pantalla LCD 16x2	Código ASCII, 2 filas 16 columnas
Sensores LDR	Sensores de luz
Reproductor MP3	Reproductor de audios
Computador	
Procesador	Intel Pentium Dual de 1.80GHz
Almacenamiento	500 Gb
Memoria RAM	3 Gb
Conexión a internet	Conexión Ethernet
Software	
MPLAB X	IDE gratuito de Microchip, se programa en Ensamblador y C++
Proteus	Versión 8, diseño y construcción de esquemas electrónicos
PICkit 3	Programador del microcontrolador

Elaborado por el autor

3.5. Procedimiento

Para realizar las pruebas de verificación y de funcionamiento, el circuito fue montado en un protoboard en el cual se hicieron las conexiones físicas del microcontrolador, en reemplazo de los sensores se utilizaron Dip Switch, los que funcionan como la entrada de los datos.

**Figura 46.** Dip Switch, elaborado por el autor

En la pantalla LCD se mostrarán las operaciones para que el maestro pueda guiar al niño invidente.

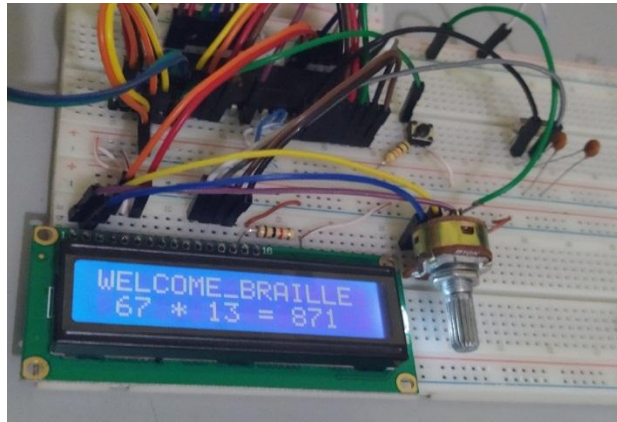


Figura 47. Pantalla LCD 16x2, elaborado por el autor

Se utilizó el programa MPLAB X IDE con el compilador XC8 gratuito de Microchip, para la creación de código en lenguaje de programación C++, donde se utilizó la siguiente lógica, la operación a realizarse será de números de dos cifras:

En el PORTB (los sensores del 1 – 8) se realiza la colocación del primer número, si al activar el sensor 5 o 6 es decir el puerto RB4 o RB5 se activará y dará el número correspondiente. Si activamos el puerto RB4 nos dará el número 1 y así sucesivamente, todo esto es basado en el sistema Braille, y dicho número será mostrado en la pantalla automáticamente, con retrasos de milisegundos. Para ser más exactos la programación de los números y signos se mostrarán en el anexo 2.

En el PORTA (los sensores del 9 – 12) se coloca el signo correspondiente así mismo basado en Braille, donde nos muestra el signo en la pantalla.

En el PORTC (los sensores del 13 – 20) se coloca el segundo número haciendo lo mismo que sucede en el PORTB y será mostrado en la pantalla.

Y para que muestre el resultado se mantendrá presionado el botón del RE0 es decir el botón 2, donde dicho resultado será mostrado en la pantalla LCD y también se dará en el reproductor de MP3 para que el niño invidente pueda conocer la respuesta correcta.

Para realizar una nueva operación se procederá a quitar cada obstáculo del sensor de luz y se pulsará el botón 1 para limpiar la pantalla de los números, mientras se mantendrá el mensaje de bienvenida.

```

1  /*
2   * File: prueba4.c
3   * Author: Steven Merchán Vargas
4   *
5   * Created on 23 de febrero de 2021, 22:33
6   */
7
8
9  #include <xc.h>
10 #include <stdio.h>
11 #include "confi.h"
12 #include "lcd_hd44780.h"
13 #include "Numeros.h"
14
15 #define _XTAL_FREQ 20000000 //20MHz
16
17 char num1,num2;
18 int resul;
19 char num[20],opera[20];
20
21 void main(void) {
22
23     ADCON1 = 7;
24     TRISA = 0xFF;
25     TRISB = 0xFF;
26     TRISC = 0xFF;
27     TRISD = 0x00;
28     PORTD = 0x00;
29
30     Lcd_Init(); //iniciamos el lcd
31     Lcd_Command(LCD_CLEAR); //limpiamos lcd
32
33     Lcd_Command(LCD_CURSOR_OFF); //apagamos el cursor
34     Lcd_Text(1,1,"WELCOME BRAILLE");//mensaje bienvenida
35     __delay_ms(1000);
36
37     while(1){
38         if(RB4==0 || RB5==0){
39             sprintf(num, "%d", Num1());
40             Lcd_Text(2,2,num);
41             __delay_ms(500);
42         }
43         if(RA0==0 && RA1==0 && RA2==0 && RA3==1){
44             Lcd_Text(2,5,"+");
45             resul = Num1() + Num2();
46             __delay_ms(500);
47         }
48         if(RA0==1 && RA1==0 && RA2==1 && RA3==0){
49             Lcd_Text(2,5,"-");
50             resul = Num1() - Num2();
51             __delay_ms(500);
52         }
53         if(RA0==0 && RA1==0 && RA2==1 && RA3==0){
54             Lcd_Text(2,5,"*");
55             resul = Num1() * Num2();
56             __delay_ms(500);
57         }
58         if(RA0==0 && RA1==1 && RA2==0 && RA3==0){
59             Lcd_Text(2,5,"/");
60             resul = Num1() / Num2();
61             __delay_ms(500);
62         }
63     }

```

Figura 48. Programación MPLAB X, elaborado por el autor

3.6. Diseño y construcción

Para la implementación del dispositivo de ayuda para los niños invidentes en la matemática, se utilizó el programa Proteus 8, como herramienta principal para el diseño del mismo.

El dispositivo cuenta con sensores de luz los que envían la señal al microcontrolador, sin embargo, se utilizó pulsadores para que faciliten la simulación y la ejecución del mismo dispositivo, ya que dicho sensor funciona como un interruptor. Los sensores están ubicados en el orden que se encuentra el sistema de lectoescritura braille, como se pudo ver en el capítulo 2 de la sesión 2.2.6, cuando se menciona al abecedario, números y signos en braille.

Se observa en los números que la fila 3 del braille se encuentra desocupada, lo que facilita el uso de los sensores, ya que solo se utilizan los puntos 1, 2, 4 y 5, en braille. El primer número está ubicado en todo el puerto B y el segundo número en todo el puerto C. Así mismo para la colocación del signo, colocado en el puerto A, se obtiene que toda la fila 1 está desocupada, donde solo se utiliza los puntos 2, 3, 5 y 6, en braille. Teniendo dos pulsadores adicionales el pulsador 1 será de reseteo y el pulsador 2 será el encargado de mostrar el resultado de la operación realizada.

El dispositivo realiza la suma, resta, multiplicación y división de números de dos cifras, debido a eso debemos colocar ocho sensores que facilitan la identificación de los números a los que desea operar. Enviando el resultado de la simulación por pantalla, para visualizar que se encuentren en perfectas condiciones el dispositivo antes de implementarlo.

En la siguiente figura se observa detalladamente como está ubicado cada sensor, en este caso pulsador, para que funcionen como entradas que envían señales a microcontrolador e identifican los números y la operación a realizar. Los resultados son mostrados en la pantalla que está conectada en el puerto D, y se encuentra definido como salida. Sin embargo en el prototipo se ha implementado un sistema de audio para que los niños invidentes puedan conocer el resultado de la operación.

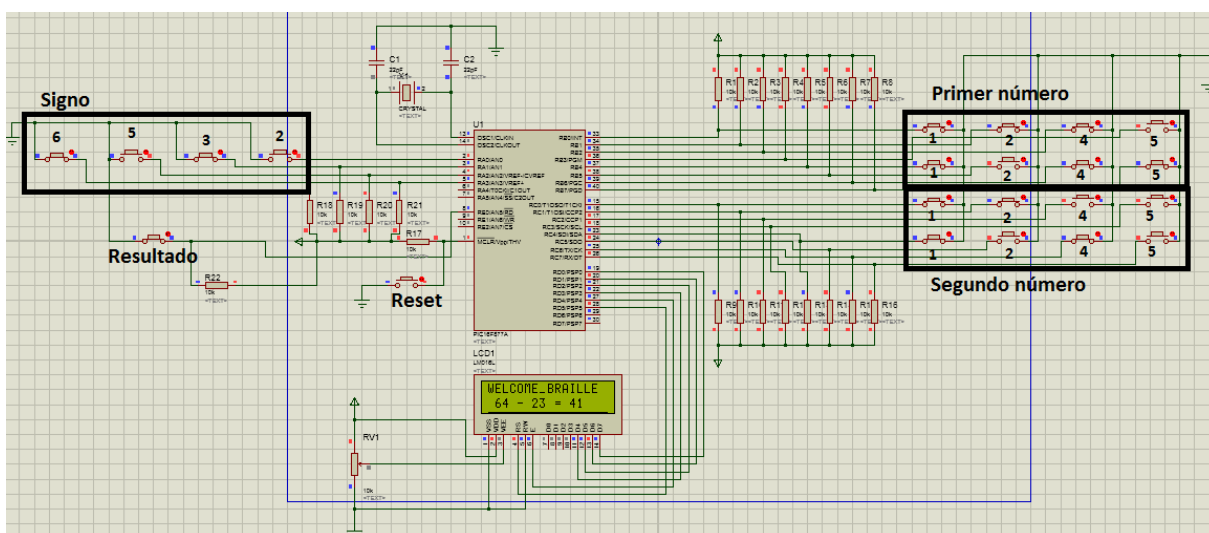


Figura 49. Diseño y construcción del dispositivo, elaborado por el autor

3.7. Prueba de funcionalidad

En esta parte se procederá a realizar las pruebas correspondientes de la calculadora Braille para niños invidentes, realizando 3 escenarios, es decir, un escenario de suma, otro escenario de resta y otro escenario de multiplicación, logrando validar los alcances y objetivos del proyecto.

3.7.1. Escenario 1 suma.

Al activar los sensores de los puertos RA0, RA1 y RA2 se acciona la suma de los dos números que ya se activaron, mostrando por pantalla el resultado de la siguiente manera.

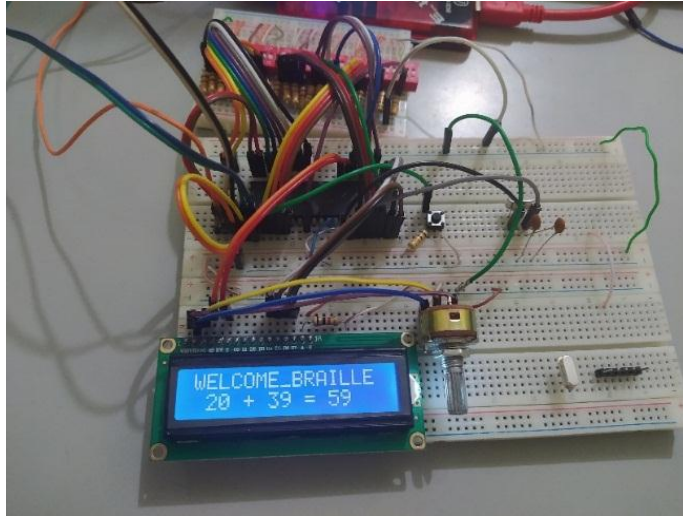


Figura 50. Suma Braille, elaborado por el autor

3.7.2. Escenario 2 resta.

Al activar los sensores de los puertos RA1 y RA3 se acciona la resta de los dos números que ya se activaron, mostrando por pantalla el resultado de la siguiente manera.

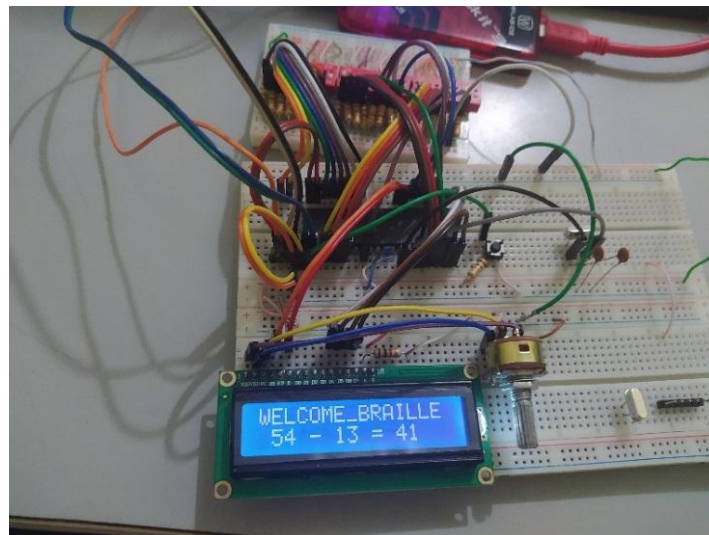


Figura 51. Resta Braille, elaborado por el autor

3.7.3. Escenario 3 multiplicación.

Al activar los sensores de los puertos RA0, RA1 y RA3 se acciona la multiplicación de los dos números que ya se activaron, mostrando por pantalla el resultado de la siguiente manera.

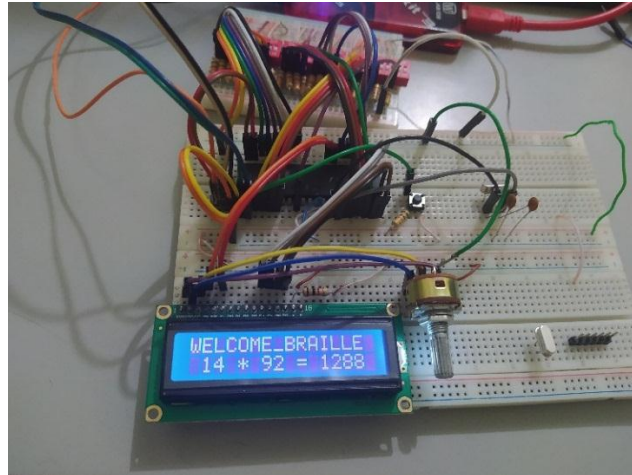


Figura 52. Multiplicación Braille, elaborada por el autor

3.7.4. Escenario 4 división.

Al activar los sensores de los puertos RA0, RA2 y RA3 se acciona la multiplicación de los dos números que ya se activaron, mostrando por pantalla el resultado de la siguiente manera.

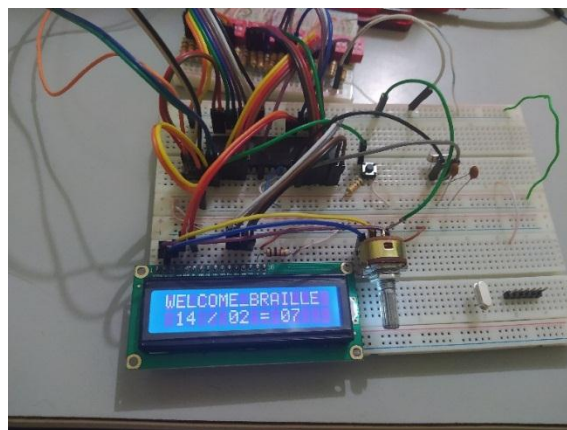


Figura 53. División Braille, elaborada por el autor

3.8. Cálculos y resultados

3.8.1. Cálculos del sensor.

El sensor es el medio de entrada para que el microcontrolador pueda realizar su trabajo de una manera más eficiente, para el funcionamiento del sensor se realizó el siguiente circuito con sus cálculos respectivos:

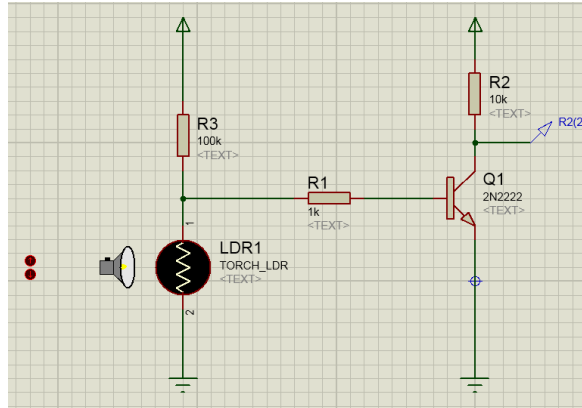


Figura 54. Circuito del sensor, elaborado por el autor

El sensor trabaja de la siguiente manera, a mayor cantidad de luz su resistencia disminuye y a menor cantidad de luz la resistencia aumenta, cuando hay luz la resistencia es de $10k\Omega$ y cuando no hay luz la resistencia es de $100k\Omega$, haremos trabajar al sensor como una resistencia normal de $10k\Omega$, eso haría actuar al transistor con un interruptor cada vez que haya una saturación, obteniendo los siguientes cálculos:

Se reubica el circuito de la siguiente manera, solo cambiando el sensor con una resistencia normal, obteniendo el siguiente circuito:

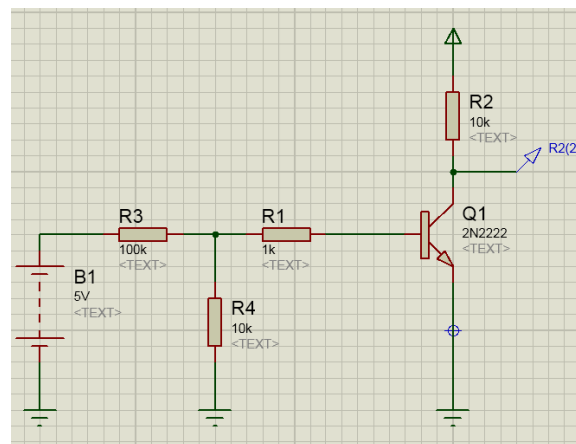


Figura 55. Reubicación del circuito, elaborado por el autor

En el siguiente paso se realizó una conversión de fuente entre la resistencia R3 y la fuente de voltaje DC, obteniendo siguiente circuito:

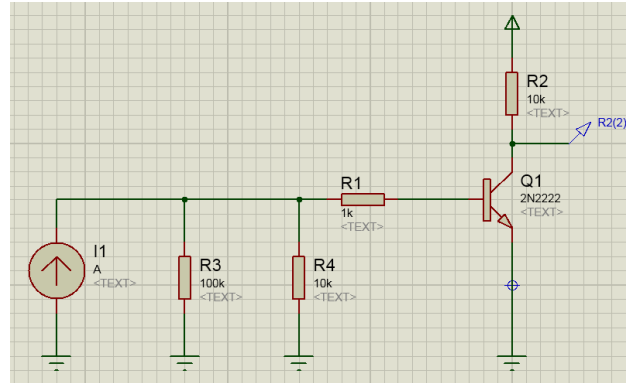


Figura 56. Conversión de fuente, elaborado por el autor

Al obtener la conversión de fuente hemos obtenido dos resistencias en paralelo en las que podemos realizar el cálculo correspondiente, obteniendo los siguientes datos:

$$RE = \frac{R3 * R4}{R3 + R4}$$

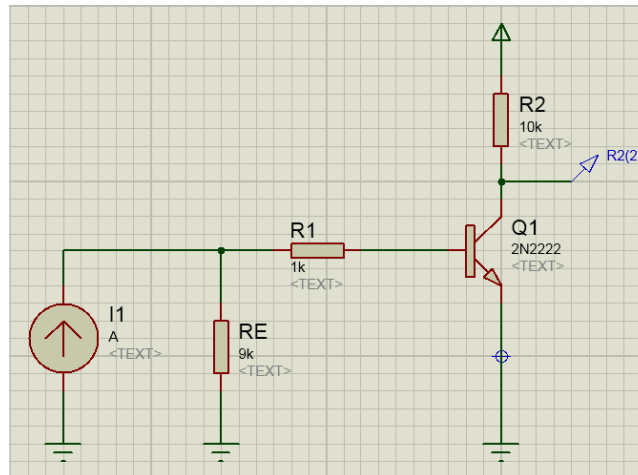


Figura 57. Resistencias en paralelo, elaborado por el autor

En este caso realizaremos otra conversión de fuente entre la fuente de corriente y la resistencia, obteniendo una nueva serie de resistencias entre la R1 y la RE, al final el circuito quedará de la siguiente manera:

$$RB = RTH = RE + R1 = \frac{R3 * R4}{R3 + R4} + R1$$

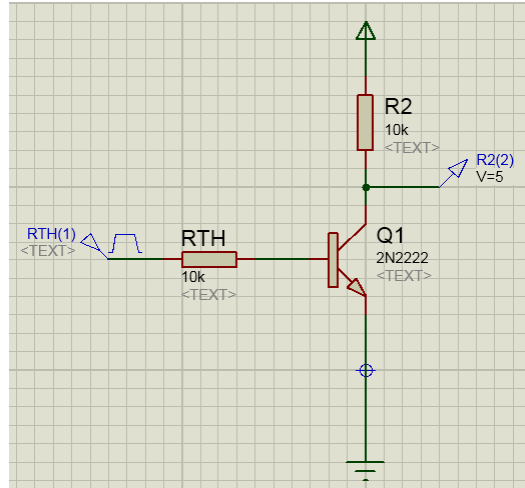


Figura 58. Circuito final, elaborado por el autor

Ahora analizaremos el circuito final de la siguiente manera, tenemos un pulso de ingreso, es decir cada vez que nuestro pulso de entrada se encuentre en $0V$, nuestra salida o voltaje de colector emisor será de $V_{CE} = 5V$.

En cambio cuando nuestro pulso envía una entrada de $5V$ nuestra salida cambiará a $V_{CE} = 0V$, y gracias al pulso de ingreso nuestro circuito de cierra obtenido una corriente de entrada que hará que ocurra una saturación entre el emisor y colector y para que deba haber esa saturación se plantea la regla que la corriente de la base debe ser mayor a la corriente del colector:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{TH}} = \frac{(5 - 0.7)V}{10k\Omega} = 430\mu A$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_2} = \frac{5V}{10k\Omega} = 0.5mA$$

$$\text{Si } I_C = 0.5mA \text{ entonces } V_{CE} = 0V$$

$$I_B > \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.5mA}{2000} = 2.5\mu A \Rightarrow 430\mu A > 2.5\mu A$$

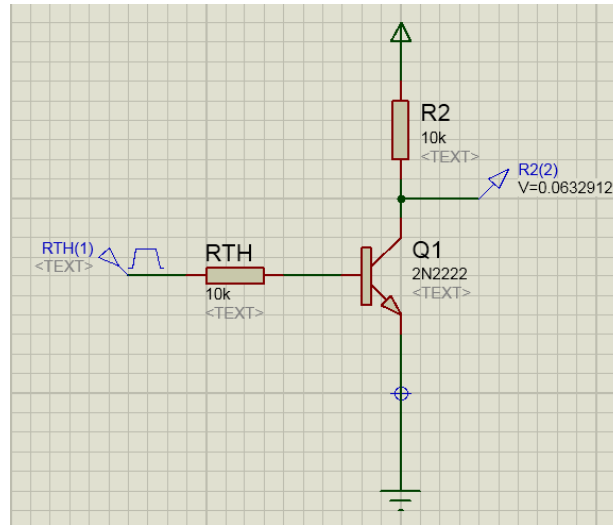


Figura 59. Circuito con pulso en 5V, elaborado por el autor

De esa manera el sensor con un transistor envía la señal de entrada hacia el microcontrolador y así poder visualizar los números y que también realice las operaciones.

3.8.2. Cálculos de entrada al microcontrolador.

Para que los microcontroladores funcionen correctamente se debe poner una resistencia Pull-Up, es decir que mientras no exista una interrupción hacia la entrada siempre estará recibiendo un voltaje de 5V, y cuando reciba una interrupción el voltaje será enviado a tierra lo que hará que reciba un voltaje de 0V.

En el caso del sensor siempre se encuentra recibiendo luz es decir que estará enviando hacia la entrada del microcontrolador un voltaje de 5V. Pero cuando reciba una interrupción el sensor, enviará un voltaje de 0V, lo que activará al microcontrolador para que realice la actividad programada como se muestra a continuación.

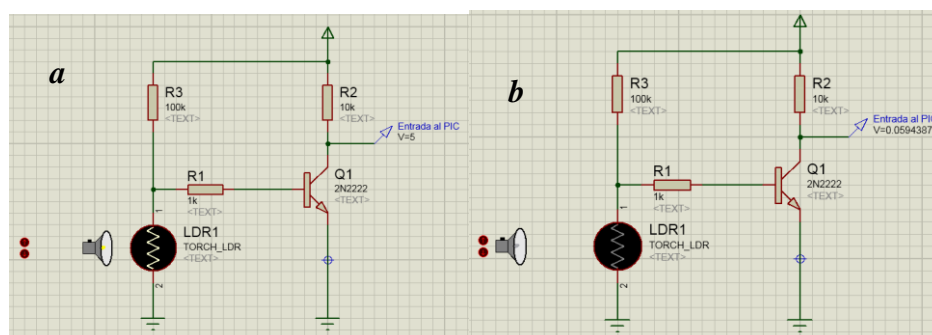


Figura 60. (a) Sin interrupción de luz, (b) Con interrupción de luz, elaborado por el autor

Para que el circuito de resistencia Pull-Up es recomendable colocar resistencias de $10k\Omega$, el beneficio de utilizar este circuito es el eliminar los ruidos eléctricos que pueden afectar al circuito general.

3.9. Conclusiones

- En el análisis del problema se determinó que los niños invidentes en ocasiones sufren exclusión en su aprendizaje, mediante este prototipo que se realizó para la ayuda de los niños invidentes ahora pueden sumar, restar y multiplicar de una manera más sencilla e interactiva.
- Se realizó el estudio y aprendizaje del sistema lectoescritura Braille, en el que los niños invidentes pudieron reconocer cada uno de los números y signos matemáticos, interactuando con todos los métodos de enseñanza mencionados en este proyecto.
- Se determinó que el microcontrolador pic y los sensores de luz LDR son de bajo costo y fáciles de conseguir, estando al alcance de las personas de bajo recursos, siendo útil el desarrollo del prototipo de ayuda a la enseñanza matemática.
- Se explicó la metodología aplicada en este proyecto obteniendo de una manera organizada las fases que describe cada una el desarrollo del prototipo, solventando la necesidad de los niños invidentes en la suma, resta y multiplicación.

3.10. Recomendaciones

- El prototipo fue creado con un tipo de microcontrolador, se recomienda cambiarlo con uno de más capacidad tanto en pines como memorias, para obtener una mejor funcionalidad de la que ya se está obteniendo y poder agregar otras funciones como canciones para los niños invidentes ya que eso lo haría más divertido para ellos.
- Se recomienda que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Teleinformática hagan estudios relacionados a los microcontroladores pic, que es muy parecido al arduino, donde pueden hacer cuadros comparativos de los mismos mostrando ventajas y desventajas de ambos.

➤ Se recomienda que un estudiante cree un programador de microcontrolador pic bien diseñado y estructurado para los demás, así facilita la utilización de todos los microcontroladores, incentivando a muchos estudiantes a desarrollar los trabajos con un microcontrolador pic.

➤ Se recomienda que realicen el estudio en profundidad entre la comunicación de dos microcontroladores, es decir, colocar a un microcontrolador de maestro y otro microcontrolador de esclavo. No solo teniendo un solo esclavo sino varios esclavos que puedan responder hacia el maestro.

Referencia bibliográfica

- Aguilar Jaramillo, J. M. (02 de Mayo de 2014). *Diseño e implementación a escala de un robot acuático radiocontrolado mediante comunicación inalámbrica*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil:
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1804/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-43.pdf>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador*. Obtenido de Asamblea Constituyente: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>
- Balderas, A. (01 de Septiembre de 2017). *Programador K-150*. Obtenido de ElectroCrea:
<https://electrocrea.com/blogs/tutoriales/como-usar-programador-de-pic-k-150>
- Barbuzano, J. (15 de Abril de 2015). *OpenMind*. Obtenido de OpenMind:
<https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/tecnologia-para-invidentes-mas-alla-del-braille/>
- Chuquín López, G. S. (28 de Noviembre de 2019). *Diseño de un prototipo electrónico interactivo como elemento de apoyo para la enseñanza de la suma y resta en niños entre 6 y 7 años del área para no videntes de la Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte:
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9654>
- CONADIS. (Noviembre de 2020). *Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades*. Obtenido de Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades:
<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). *Sensores y actuadores, aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco: Patria.
- DIIGNAL. (2019). *DIIGNAL*. Obtenido de DIIGNAL: <http://dignal.com/programadorpic/>
- Espinosa, A. X. (15 de Agosto de 2013). *Ministerio de educación*. Obtenido de Ministerio de educación: https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/ACUERDO_295-13.pdf

- FENCE. (24 de Diciembre de 2010). *Federación Nacional de Ciegos del Ecuador*. Obtenido de Federación Nacional de Ciegos del Ecuador: <http://fenceecuador.org/>
- FENCE. (2017). *Federación Nacional de Ciegos del Ecuador*. Obtenido de Federación Nacional de Ciegos del Ecuador: <http://fenceecuador.org/imprenta-braile/>
- Fraile Mora, J. (2012). *Circuitos Eléctricos*. Madrid: Pearson .
- Guimeráns, P. (05 de Mayo de 2018). *Plataforma de recursos para la creacion de E-textiles*. Obtenido de prototipadoLAB: [http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/#:~:text=Una%20magnitud%20el%C3%A9ctrica%20puede%20ser,a%20la%20luz\)%2C%20etc%E2%80%A6](http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/#:~:text=Una%20magnitud%20el%C3%A9ctrica%20puede%20ser,a%20la%20luz)%2C%20etc%E2%80%A6)
- Herrera Moya, P. A. (2017). *Elaboración de un juguete interactivo sonoro para la enseñanza del sistema Braille*. Obtenido de Elaboración de un juguete interactivo sonoro para la enseñanza del sistema Braille: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6806>
- ICEB. (2020). Braille Hands. *International Council on English Braille*, 7-8.
- Lafuentes, Á. (2016). *Educación inclusiva: Personas con discapacidad visual*. Obtenido de [riate.org](http://www.riate.org/): http://www.riate.org/version/v1/materiales_en_prueba/e_inclusiva_discapacidad/index.htm
- Maldonado, L. N., & Noriega, A. L. (2016). *Universidad Santo Tomás*. Obtenido de repositorio USTA: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9338/MaldonadoLuzNiyirethNoriegaNoriegaAlba2016.pdf?sequence=1>
- Martínez Álvarez, J. (06 de Junio de 2019). *Diseño e implementación de una placa entrenadora/programadora para microcontroladores PIC*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena: <https://212.128.20.127/bitstream/handle/10317/7900/tfg-mar-dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martínez, I., & Polo, D. (2004). *Guía didáctica para la lectoescritura Braille*. Obtenido de bibliorepo.umce.cl:
http://bibliorepo.umce.cl/libros_electronicos/diferencial/edtv_30.pdf
- Microchip Technology. (2010). *PICkit 3*. Obtenido de microchip.com:
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51795B.pdf>
- Microchip Technology. (2018). *PICkit 4*. Obtenido de microchip.com:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PICkit4%20In-Circuit%20DebuggerUG-DS50002751B.pdf>
- Microchip Technology. (2020). *MPLAB X IDE*. Obtenido de microchip.com:
<https://www.microchip.com/en-us/development-tools-tools-and-software/mplab-x-ide>
- Ministerio de Educación. (Noviembre de 2012). *Ministerio de Educación del Ecuador*. Obtenido de Ministerio de Educación del Ecuador: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Proyecto-Inclusiva.pdf>
- Ministerio de Educación. (2016). *Ministerio de Educación*. Obtenido de Ministerio de Educación: <https://educacion.gob.ec/escuelas-inclusivas/>
- Ministerio de Educación. (Noviembre de 2012). *Diseño e implementación del nuevo modelo de educación inclusiva*. Obtenido de Ministerio de Educación:
<https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Proyecto-Inclusiva.pdf>
- Morales. (Marzo de 2017). Obtenido de <http://www.playbyte.es/electronica/arduino/dfplayer-mini-mp3/>
- OMS. (11 de Octubre de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- OMS. (8 de Octubre de 2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news/item/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>

- Óptica ZEISS. (16 de Octubre de 2017). *zeiss*. Obtenido de zeiss: <https://www.zeiss.es/vision-care/mejor-vision/entender-la-vision/que-es-una-deficiencia-visual.html>
- Pallás Areny, R. (2003). Sensores y acondicionadores de señal 4º Edición. En R. Pallás Areny, *Sensores y acondicionadores de señal 4º Edición* (pág. 3). Barcelona: Marcombo.
- Pérez Rivera, C. F. (Octubre de 2016). *Prototipo de una calculadora braille para personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24019>
- Rodríguez Espinel, C. A. (2016). *Encuentro Distrital de Educación Matemática EDEM*. Obtenido de Herramientas de cálculo para estudiantes con limitación visual: <http://funes.uniandes.edu.co/10192/1/Rodriguez2016Herramientas.pdf>
- Sánchez Reinoso, J. S., & Parra Solano, G. E. (Junio de 2011). *Sistema braille con reproducción auditiva mediante un chip de voz ISD 1110p orientado para el aprendizaje de niños no videntes*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1422>
- Sánchez, C. M. (29 de Mayo de 2020). *WebMati*. Obtenido de webmati: http://www.webmati.es/index.php?option=com_content&view=article&id=182:incremento-de-la-discapacidad-visual-a-nivel-mundial&catid=13&Itemid=160#:~:text=De%20acuerdo%20con%20los%20informes,millones%20de%20personas%20en%202050.
- Serna Ruiz, A., Ros García , F. A., & Rico Noruega, J. C. (2010). *Guía practica de sensores*. España: Copyright.
- Thomazini, D., & Braga de Albuquerque, P. U. (2020). *Sensores industriales: Fundamentos y aplicaciones*. Sao Paulo: Érica.
- Uriarte, J. M. (25 de Marzo de 2020). *Braille*. Obtenido de <https://www.caracteristicas.co/braille/>

Valdés Pérez, F. E., & Pallás Areny, R. (2007). *Microcontroladores Fundamentos y Aplicaciones con PIC*. España: Marcombo.

Valiente García, D., Fernández de Ávila López, S., Ferrer Millán, J. C., & Ruiz Gómez, A. (2018). *Electrónica general. Polarización de transistores: Conceptos básicos*. Universitas Miguel Hernández.

Anexos

Anexo 1

Constitución de la República del Ecuador

Título I

Elementos Constitutivos del Estado

Art. 6.- Todas las ecuatorianas y ecuatorianos son ciudadanos y gozaran de los derechos establecidos en la Constitución.

Título II – Derechos

Capítulo II – Derechos del buen vivir

Sección tercera – Comunicación e información

Art. 16.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

- El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad.

Sección quinta – Educación

Art. 26.- La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.

Capítulo III – Derechos de las personas y grupos de atención prioritaria

Sección quinta – Niñas, niños y adolescentes

Art. 46.- El Estado adoptará, entre otras, las siguientes medidas que aseguren a las niñas, niños y adolescentes:

- Atención preferente para la plena integración social de quienes tengan discapacidad. El Estado garantizará su incorporación en el sistema de educación regular y en la sociedad.

Sección sexta – Personas con discapacidad

Art. 47.- El Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social. Se reconoce a las personas con discapacidad, los derechos a:

- La atención especializada en las entidades públicas y privadas que presten servicios de salud para sus necesidades específicas, que incluirá la provisión de medicamentos de forma gratuita, en particular para aquellas personas que requieran tratamiento de por vida.
- Una educación que desarrolle sus potencialidades y habilidades para su integración y participación en igualdad de condiciones. Se garantizará su educación dentro de la educación regular. Los planteles regulares incorporarán trato diferenciado y los de atención especial la educación especializada. Los establecimientos educativos cumplirán normas de accesibilidad para personas con discapacidad e implementarán un sistema de becas que responda a las condiciones económicas de este grupo.
- La educación especializada para las personas con discapacidad intelectual y el fomento de sus capacidades mediante la creación de centros educativos y programas de enseñanza específicos.
- El acceso a mecanismos, medios y formas alternativas de comunicación, entre ellos el lenguaje de señas para personas sordas, el oralismo y el sistema braille.

Título VII – Régimen del buen vivir

Capítulo I – Inclusión y equidad

Sección octava – Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

- Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
- Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Ministerio de Educación

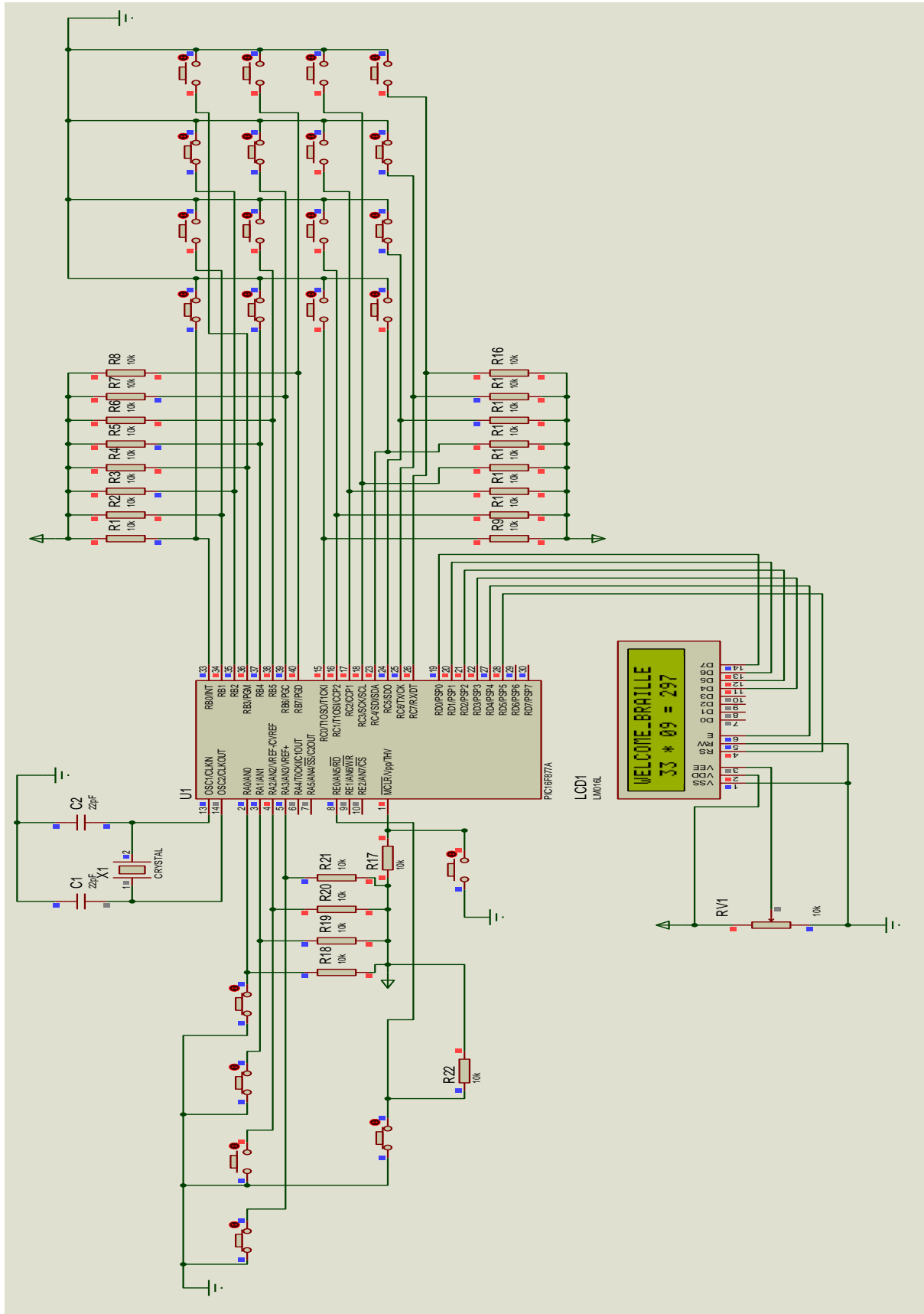
Diseño e implementación del nuevo modelo de educación inclusiva

Art. 28. Educación inclusiva. La autoridad educativa nacional implementará las medidas pertinentes, para promover la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales que requieran apoyos técnico-tecnológicos y humanos, tales como personal especializado, temporal o permanente y/o adaptaciones curriculares y de accesibilidad física, comunicacional y espacios de aprendizaje, en un establecimiento de educación escolarizada.

Artículo 34. Equipos multidisciplinarios especializados. La autoridad educativa nacional garantizará en todos sus niveles la implementación de equipos multidisciplinarios especializados en materia de discapacidades, quienes deberán realizar la evaluación, seguimiento y asesoría para la efectiva inclusión, permanencia y promoción de las personas con discapacidad dentro del sistema educativo nacional. Las y los miembros de los equipos multidisciplinarios especializados acreditarán formación y experiencia en el área de cada discapacidad y tendrán cobertura según el modelo de gestión de la autoridad educativa nacional.

Artículo 35. Educación co-participativa. La autoridad educativa nacional y los centros educativos inclusivos, especiales y regulares, deberán involucrar como parte de la comunidad educativa a la familia y/o a las personas que tengan bajo su responsabilidad y/o cuidado a personas con discapacidad, en la participación de los procesos educativos y formativos, desarrollados en el área de discapacidades. (Ministerio de Educación, 2012)

Anexo 2



Anexo 3**Programación del microcontrolador PIC****Librería para identificar el número**

```

#include <xc.h>

#include "Numeros.h"

#define _XTAL_FREQ 20000000 //20MHz

char num1,num2;

int numa,numb;

char Num1(void);

char Num2(void);


char Num1(void){

    num1=numa;

    if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=0;}

    if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=1;}

    if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=2;}

    if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=3;}

    if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=4;}

```

```
if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=5;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=6;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=7;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=8;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=9;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=10;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=11;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=12;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=13;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=14;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=15;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=16;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=17;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=18;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=19;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=20;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=21;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=22;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=23;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=24;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=25;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=26;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=27;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=28;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=29;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=30;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=31;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=32;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=33;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=34;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=35;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=36;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=37;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=38;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=39;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=40;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=41;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=42;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=43;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=44;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=45;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=46;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=47;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=48;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=49;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=50;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=51;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=52;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=53;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=54;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=55;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=56;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=57;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=58;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==1 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=59;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=60;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=61;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=62;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=63;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=64;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=65;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=66;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=67;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=68;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=69;}
```



```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=70;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=71;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=72;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=73;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=74;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=75;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=76;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=77;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=78;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=79;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=80;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=81;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=82;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=83;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=84;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=85;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=86;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=87;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==0){num1=88;}
```

```
if(RB0==0 && RB1==0 && RB2==1 && RB3==0 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==1){num1=89;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
&& RB7==0){num1=90;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==1){num1=91;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
&& RB7==1){num1=92;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==1){num1=93;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==0
&& RB7==0){num1=94;}
```

```
if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==1 && RB6==1
&& RB7==0){num1=95;}
```

```

    if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
    && RB7==1){num1=96;}

    if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==0
    && RB7==0){num1=97;}

    if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==0 && RB5==0 && RB6==1
    && RB7==0){num1=98;}

    if(RB0==1 && RB1==0 && RB2==0 && RB3==1 && RB4==1 && RB5==0 && RB6==0
    && RB7==1){num1=99;}

}

```

```

char Num2(void){

    num2=numb;

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
    && RC7==0){num2=0;}

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
    && RC7==1){num2=1;}

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
    && RC7==1){num2=2;}

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
    && RC7==1){num2=3;}

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
    && RC7==0){num2=4;}

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
    && RC7==0){num2=5;}

    if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
    && RC7==1){num2=6;}
}

```

```
if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=7;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=8;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=9;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=10;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=11;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=12;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=13;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=14;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=15;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=16;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=17;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=18;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=19;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=20;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=21;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=22;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=23;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=24;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=25;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=26;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=27;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=28;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=29;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=30;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=31;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=32;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=33;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=34;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=35;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=36;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=37;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=38;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=39;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=40;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=41;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=42;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=43;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=44;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=45;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=46;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=47;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=48;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=49;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=50;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=51;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=52;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=53;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=54;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=55;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=56;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=57;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=58;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==1 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=59;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=60;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=61;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=62;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=63;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=64;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=65;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=66;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=67;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=68;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=69;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=70;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=71;}
```



```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=72;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=73;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=74;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=75;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=76;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=77;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=78;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=79;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=80;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=81;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=82;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=83;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=84;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=85;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=86;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=87;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==0){num2=88;}
```

```
if(RC0==0 && RC1==0 && RC2==1 && RC3==0 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=89;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=90;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==1){num2=91;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
&& RC7==1){num2=92;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==1){num2=93;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==0
&& RC7==0){num2=94;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==1 && RC6==1
&& RC7==0){num2=95;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==1){num2=96;}
```

```
if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==0
&& RC7==0){num2=97;}
```

```

    if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==0 && RC5==0 && RC6==1
    && RC7==0){num2=98;}

    if(RC0==1 && RC1==0 && RC2==0 && RC3==1 && RC4==1 && RC5==0 && RC6==0
    && RC7==1){num2=99;}

}

```

Programación general de todo el microcontrolador

```

#include <xc.h>

#include <stdio.h>

#include "confi.h"

#include "lcd_hd44780.h"

#include "Numeros.h"


#define _XTAL_FREQ 20000000 //20MHz


char num1,num2;

int resul;

char num[20],opera[20];


void main(void) {

    ADCON1 = 7;

    TRISA = 0xFF;

```

```
TRISB = 0xFF;
```

```
TRISC = 0xFF;
```

```
TRISD = 0x00;
```

```
PORTD = 0x00;
```

```
Lcd_Init(); //iniciamos el lcd
```

```
Lcd_Command(LCD_CLEAR); //limpiamos lcd
```

```
Lcd_Command(LCD_CURSOR_OFF); //apagamos el cursor
```

```
Lcd_Text(1,1,"WELCOME_BRAILLE");//mensaje bienvenida
```

```
__delay_ms(1000);
```

```
while(1){
```

```
    if(RB4==0 || RB5==0){
```

```
        sprintf(num, "%.2d",Num1());
```

```
        Lcd_Text(2,2,num);
```

```
        __delay_ms(500);
```

```
    }
```

```
    if(RA0==0 && RA1==0 && RA2==0 && RA3==1){
```

```
        Lcd_Text(2,5,"+");
```

```
        resul = Num1() + Num2();
```

```
        __delay_ms(500);
```

```
    }
```

```
    if(RA0==1 && RA1==0 && RA2==1 && RA3==0){
```

```

    Lcd_Text(2,5,"-");

    resul = Num1() - Num2();

    __delay_ms(500);

}

if(RA0==0 && RA1==0 && RA2==1 && RA3==0){

    Lcd_Text(2,5,"*");

    resul = Num1() * Num2();

    __delay_ms(500);

}

if(RA0==0 && RA1==1 && RA2==0 && RA3==0){

    Lcd_Text(2,5,"/");

    resul = Num1() / Num2();

    __delay_ms(500);

}

if(RC4==0 || RC5==0){

    sprintf(num, "%.2d",Num2());

    Lcd_Text(2,7,num);

    __delay_ms(500);

}

if(RE0==0){

    sprintf(opera, "= %.2d",resul);

    Lcd_Text(2,10,opera);

    __delay_ms(50);

```

```
    }  
  }  
  return;  
}
```