

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**“SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA INCLUSIÓN DE NO VIDENTES
EN LA ACTIVIDAD LABORAL DE MANEJO DE ESTANTERÍA DE
BIBLIOTECA”**

JUAN JAVIER VACA ANDRADE

FRANCISCO XAVIER ESPINEL SIGCHA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certificamos que el proyecto de grado, titulado “Sistema electrónico para la inclusión de no videntes en la actividad laboral de manejo de estantería de biblioteca”, fue desarrollado en su totalidad y bajo nuestra dirección y supervisión por los señores “Juan Javier Vaca Andrade con cédula de identidad 1716110653” y “Francisco Xavier Espinel Sigcha con cédula de identidad 1713981049”.

Atentamente,

Ing. Jaime Andrango

DIRECTOR

Ing. Patricio Vizcaíno

CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros,

**FRANCISCO XAVIER ESPINEL SIGCHA
JUAN JAVIER VACA ANDRADE**

Declaran que:

El proyecto de grado denominado “**SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA INCLUSIÓN DE NO VIDENTES EN LA ACTIVIDAD LABORAL DE MANEJO DE ESTANTERÍA DE BIBLIOTECA**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 9 de mayo 2012

Francisco Xavier Espinel Sigcha

Juan Javier Vaca Andrade

AUTORIZACIÓN

Nosotros,

FRANCISCO XAVIER ESPINEL SIGCHA
JUAN JAVIER VACA ANDRADE

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA INCLUSIÓN DE NO VIDENTES EN LA ACTIVIDAD LABORAL DE MANEJO DE ESTANTERÍA DE BIBLIOTECA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 9 de mayo de 2012

Francisco Xavier Espinel Sigcha

Juan Javier Vaca Andrade

DEDICATORIA

A mi familia, su apoyo y comprensión fueron mi mayor apoyo para cumplir con este proyecto.

Juan Javier Vaca

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi madre, a mis abuelitos y una persona que aunque no sea mi padre lo es sentimentalmente, ya que ellos han estado a mi lado y me han apoyado desde el principio de mi carrera, a las cuales les agradezco por su apoyo incondicional

Francisco X. Espinel

PRÓLOGO

El presente trabajo está enfocado en el desarrollo de un dispositivo electrónico basado en tecnología RFID, destinado a ser utilizado como herramienta de apoyo para que personas no videntes puedan desempeñarse en actividades laborales propias de una biblioteca.

Para cumplir con este objetivo se parte de un análisis de la tecnología RFID, con la finalidad de conocer sus características principales y analizar las razones por las cuales se considera adecuada para cumplir con el objetivo planteado. A continuación se realiza un análisis de los procesos internos que ocurren en una biblioteca, para así determinar cuáles son propicios para ser realizados por una persona no vidente teniendo en cuenta su discapacidad.

Posteriormente se presenta el diseño del dispositivo electrónico, documentando su desarrollo tanto a nivel de hardware como de software, y detallando aspectos técnicos de su funcionamiento. Finalmente se realizan pruebas para comprobar el dispositivo diseñado al momento de ser utilizado por una persona no vidente.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla una herramienta útil para las personas no videntes, ayudándolas a la identificación de libros o textos en las bibliotecas lo que les permitiría realizar una o varias actividades laborales con mayor comodidad e independencia.

Para cumplir con estas demandas se ha desarrollado un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de identificar los libros mediante una etiqueta RFID adherida al libro, esta etiqueta está asociada a un mensaje de audio mediante una base de datos almacenada en una memoria externa (SD-CARD), este mensaje de audio contiene las características más relevantes del libro, el dispositivo lo reproduce, a través del códec SI3000 el cual es un códec de voz. También cuenta con un reloj y alarmas audibles.

Los componentes principales del dispositivo son: un micro-controlador de alto desempeño (dsPIC30F50) el cual está programado en C30, una tarjeta de lectura RFID Skytek M7, un codificador de audio para la grabación y reproducción de la voz SI3000 y un reloj a tiempo real RTCC MCP79410. Todos estos componentes están controlados por el dsPIC. Para que el dispositivo logre identificar los libros o los textos, debe estar a una distancia no mayor a 20 cm. de la etiqueta.

Por último se presentan las pruebas de funcionamiento realizadas con el prototipo identificador, con la finalidad de verificar el funcionamiento del mismo y documentar las capacidades reales con las que cuenta. Se realizan pruebas básicas tales como el consumo de energía, la distancia de lectura, si existen errores de lectura, qué sucede si existe más de una etiqueta dentro de la zona de lectura. Se toman distintos tipos de etiquetas para comprobar las diferencias al realizar la lectura entre estos. Los resultados se presentan en el presente trabajo.

ABSTRACT

This document details the development of tool based on RFID technology to help blind people to identify books or texts in libraries allowing them to perform one or more work activities with greater ease and independence.

To meet these demands, has been developed an electronic device that has the ability to identify books by an RFID tag attached to the book, this tag is associated with an audio message via a database stored in external memory (SD-CARD), this message audio contains the most relevant features of the book, the device plays through SI3000 codec which is a speech codec. It also has a clock and audible alarms..

The main components of the device are: a micro-controller high performance (dsPIC30F50) which is programmed in C30, an RFID card reader Skyetek M7, an codec for recording and playback of voice SI3000 and a time clock RTCC (real time clock calendar) MCP79410. All these components are controlled by the dsPIC. To identify the books o texts with the device, it should be spaced no more than 20 cm. of the RFID tag.

Finally presents the test runs performed with the prototype identifier, the purpose is to verifying the operation of the device. The tests are energy consumption, the reading distance, read errors, what happens if more than one tag in the reading area. It takes different types of labels to check the differences between them in the reading. The results are presented in this thesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	CAPITULO I.....	1
	CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Conceptualización de discapacidad visual.....	2
1.2.1.	Orientación y movilidad en una persona no vidente.....	3
1.2.2.	Problemática social de las personas no videntes.....	5
1.3.	Conceptos fundamentales de bibliotecología.....	8
1.3.1.	Bibliotecas.....	8
1.3.2.	Sistema de clasificación o catalogación de libros.....	11
1.3.2.1.	Sistema clasificación Dewey.....	12
1.3.2.2.	Sistema de clasificación universal.....	14
1.4.	Conceptos básicos de la tecnología RFID.....	15
1.4.1.	Etiqueta RFID.....	16
1.4.2.	Lector RFID.....	19
1.4.3.	Funcionamiento de un sistema RFID.....	20
1.4.4.	Clasificación de un sistema RFID.....	21
1.4.5.	Estándares RFID.....	22
1.4.6.	Ventajas comparativas del RFID sobre el código de barras.....	23
1.4.7.	Parámetros de diseño de un sistema RFID.....	24
1.5.	Conceptos básicos de la tiflotecnología.....	25
1.5.1.	Dispositivos tecnológicos o tiflotécnicos.....	26
2	CAPÍTULO II.....	29
	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	29
2.1.	Introducción.....	29
2.2.	Procesos de biblioteca.....	30
2.2.1.	Proceso de selección.....	31
2.2.2.	Proceso de adquisición y contratación.....	32
2.2.3.	Proceso técnico de catalogación y mantenimiento.....	34
2.2.4.	Proceso de préstamos y consultas.....	36
2.3.	Análisis para la inclusión laboral de las personas no videntes.....	38

2.3.1.	Proceso de selección	38
2.3.2.	Proceso de adquisición y contratación	38
2.3.3.	Proceso técnico de catalogación.....	39
2.3.4.	Proceso de préstamos y consultas	39
2.3.5.	Entrevistas a encargados de bibliotecas	44
2.3.6.	Entrevista a no videntes	50
2.4.	Determinación del sistema.....	51
3	<i>CAPITULO III</i>	58
	DISEÑO E IMPLEMETACION DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO	58
3.1.	Introducción.....	58
3.2.	Criterios de diseño	59
3.3.	Componentes del dispositivo	61
3.3.1.	Control del sistema.....	61
3.3.2.	Configuración de los módulos de comunicación	67
3.3.2.1.	Módulo UART.....	68
3.3.2.2.	Módulo I2C.....	71
3.3.2.3.	Módulo SPI.....	75
3.3.2.4.	Módulo DCI.....	76
3.3.3.	Sistema de radiofrecuencia	78
3.3.4.	Sistema de audio	90
3.3.4.1.	Códec de audio	91
3.3.4.2.	Amplificador de audio	97
3.3.5.	Almacenamiento de memoria externa.....	99
3.3.6.	Interfaz de usuario.....	102
3.3.7.	Reloj con chip RTCC.....	104
3.3.8.	Programación del micro-controlador	106
3.4.	Diagrama esquemático del prototipo identificador.....	113
4	<i>CAPITULO IV</i>	115
	PRUEBAS Y AJUSTES DEL PROTOTIPO.....	115
4.1.	Introducción.....	115
4.2.	Consumo de energía.....	115
4.3.	Pruebas de lectura del RFID	118
4.3.1.	Antenas y distancia de lectura.....	118
4.3.2.	Pruebas con etiquetas.....	121
4.3.3.	Pruebas de lectura bajo diferentes polarizaciones	123

4.3.4.	Lectura de varias etiquetas en cercanía	125
4.4.	Análisis del desempeño del prototipo	127
5	CAPITULO V.....	133
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
5.1.	Conclusiones.....	133
5.2.	Recomendaciones	134
6	ANEXO 1	138
	FORMATO DE ENCUESTAS	138
7	ANEXO 2	139
	CÓDIGO DEL PROGRAMA	139
8	ANEXO3	140
	SKYETEK M7 y protocolo de comunicación	140
	Índice de figuras	142
	Índice de tablas	144
	Índice de ecuaciones	145
	GLOSARIO	146

CAPITULO I

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.1. Introducción

En el presente capítulo se detallan conceptos básicos necesarios para el desarrollo del proyecto. El objetivo del presente trabajo es generar un medio tecnológico que permita a una persona invidente desempeñarse laboralmente en algún proceso que se lleva a cabo en bibliotecas para la cual inicialmente se describen conceptos relacionados con la discapacidad visual, teniendo en cuenta estos conceptos se detalla la problemática social de las personas no videntes en el Ecuador.

Posteriormente se mencionan conceptos de la bibliotecología, también conocida como la ciencia de la información, esta se encarga de las actividades técnicas y científicas relacionadas con las colecciones de los libros. Algunas de estas actividades se realizan en las bibliotecas para el manejo del material bibliográfico; estos conceptos son utilizados como apoyo en el análisis para determinar las tareas en las cuales una persona no vidente podría trabajar.

Finalmente, se analizan características de la tecnología RFID, la cual es un componente primordial en el desarrollo del prototipo electrónico.

1.2. Conceptualización de discapacidad visual

Para la OMS (Organización Mundial de Salud) la discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano, por lo tanto la discapacidad visual es la deficiencia, disminución o defectos en la visión que dificultan que una persona realice actividades cotidianas. [1]

La agudeza visual se refiere a la habilidad para discriminar objetos a distancia determinada por el tamaño y la distancia de la imagen respecto de nuestra retina. Según las pruebas de agudeza visual utilizando la carta de Snellen¹(Figura 1.1) se pueden establecer categorías de discapacidad visual:

- Ceguera totalo amaurosis, es la ausencia de respuesta visual.
- Ceguera legal, 1/60 de agudeza visual en el ojo de mayor visión, con correctivos y/o 20 grados de campo visual.
- Disminución o limitación visual (visión parcial), 3/60 de agudeza visual en el ojo de más visión, con corrección y/o 20 grados de campo visual total.

¹ Herman Snellen, oftalmólogo holandés que introdujo la carta de Snellen utilizada para medir la agudeza visual

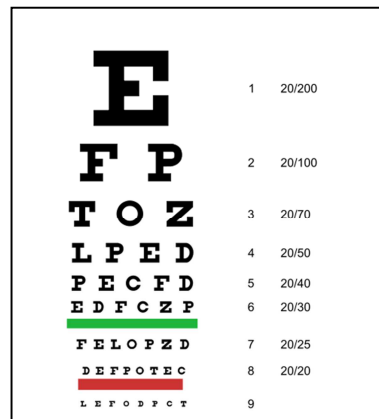


Figura 1.1. Carta de Snellen

La ceguera consiste en la pérdida total o parcial del sentido de la vista, se denomina total cuando una persona no ve ni siente absolutamente nada con los ojos, y parcial cuando la persona puede ver con baja visión o no tiene la suficiente capacidad de tener una buena visión y se ven obligados a usar anteojos para tener la visión normal.

Una persona con baja visión es quien aún después de un tratamiento tiene en su mejor ojo una agudeza visual de 3/60 y un campo visual menor o igual a 20 grados, pero que usa o es potencialmente capaz de usar su visión para la planificación o ejecución de una tarea [1].

Cabe recalcar que agudeza normal es de 10/10 mientras que los límites del campo visual son 90° en la parte externa o temporal, 60° en la interna o nasal, 50° en la parte superior y 70° en la inferior.

1.2.1. Orientación y movilidad en una persona no vidente

“Orientación” se define como el “conocimiento de la posición física de la persona en relación con los objetos que se encuentren en el medio”. Hay dos consideraciones básicas en la orientación de una persona ciega. La primera es el “conocimiento del ambiente” que es la

necesidad que tiene de conocer el medio ambiente que le rodea, qué clase de objetos hay en determinado lugar, el tamaño y la forma de estos, su ubicación, etc. La segunda consideración es el “conocimiento de la posición”, el cual le permite saber cuál es su posición en relación con todos los objetos y qué pasa con estos cuando la persona cambia de posición

Se define movilidad como la “habilidad de la persona ciega para moverse de una posición a otra dentro de su medio ambiente”. En síntesis: cada vez que una persona ciega da un paso hacia delante, hacia atrás, a derecha, a izquierda, está realizando movilidad. Podemos considerar a la movilidad como “la acción de moverse en el espacio”. [2]

Existen tres formas para orientar a una persona no vidente. La forma más común consiste en la descripción verbal de lo que le rodea, y requiere que una persona vidente describa con exactitud la ubicación, el tamaño, la forma, la posición relativa, etc., de todos los objetos importantes que están cerca de la persona no vidente. Otra forma consiste en “ver” lo que le rodea con sus dedos y sus manos, es decir utilizar su sentido del tacto para reconocer los objetos. [2]

La tercera forma para orientar a la persona no vidente es mediante el sentido del tacto. Se hace recorriendo un camino determinado junto con la persona no vidente a fin de que aprenda a reconocer curvas, cambios de dirección, desniveles, etc. Un método más efectivo se obtiene combinando las tres formas.

Cuando una persona con vista normal camina junto con la persona no vidente debe describirle con precisión los objetos más importantes que ve a su alrededor, ya que mucho de lo que se observa puede tocarse y explorarse con las manos.

1.2.2. Problemática social de las personas no videntes

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el mundo hay aproximadamente 38 millones de personas no videntes y 110 millones con baja visión y la cifra va en aumento de uno a dos millones por año, pero lo más importante es que se estima que al menos dos tercios de los casos de ceguera se pueden tratar, prevenir o ayudar, mejorando de esta manera su calidad de vida. Entonces, según la OMS, existen muchas razones para considerar a la prevención de la ceguera como una política pública importante, tomando en cuenta además, que la mayoría de las personas no videntes, estimadas aproximadamente en un 85%, están en países desarrollados[3].

En el Ecuador, según el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), existen 1.608.334 personas con algún tipo de discapacidad, lo que representa el 12,24% de la población total [4] y que se desglosa de la siguiente manera:

- 592.000 personas con discapacidad por deficiencias físicas
- 432.000 personas con discapacidad por deficiencias mentales y psicológicas
- 363.000 personas con discapacidad por deficiencias visuales
- 213.000 personas con discapacidad por deficiencias auditivas y del lenguaje

Es decir que el 22,7% de las personas que sufren de alguna discapacidad, son no videntes, lo que constituye el 2,8% de la población del Ecuador, que son 13 millones de habitantes. Además, el 26% de personas discapacitadas con limitación grave, utiliza al menos una ayuda técnica, y la ayuda técnica más utilizada es la que compensa la limitación de la movilidad (11%), seguida de las ayudas técnicas para ver (9%). El resto no usa ninguna ayuda.

La carencia de tecnología se hace notoria, puesto que al hacer entrevistas verbales a personas no videntes en CENFOCLAC (Centro de Formación y Capacitación Laboral para Ciegos), en la FENCE (Federación Nacional de Ciegos del Ecuador) y al personal que trabaja en el área de no videntes de la Biblioteca de la Escuela Politécnica del Ejército, se pudo constatar que el 92% de los entrevistados no poseía ningún tipo de ayuda electrónica que les ayude en su desenvolvimiento diario y tan solo se ayudaban con un bastón. El 1% de las personas entrevistadas poseían un celular audible que decía la hora y leía un mensaje de texto.

Otro factor importante para la dotación de ayudas tecnológicas para las personas no videntes es su ingreso per cápita, la CONADIS resalta que el 50 % de las personas con discapacidad están ubicadas según la Tabla 1.1, en los quintiles 1 y 2, es decir se trata de más de 789.998 personas con los menores ingresos en el país, (ingreso per cápita promedio entre 0 a 30 dólares mensuales), y la cifra va en aumento [4].

Tabla 1.1. Ingreso per cápita en el Ecuador

Quintil	USD
Quintil 1	9.93
Quintil 2	31.23
Quintil 3	58.69
Quintil 4	105.3
Quintil 5	2935.8

La sociedad ecuatoriana ha excluido a estas personas por tener una discapacidad, a pesar que ellas han demostrado que están en condiciones de actuar en los más diversos ámbitos laborales y sociales.

Para poder ayudar a mejorar las condiciones de este grupo de personas, el gobierno ecuatoriano creó una ley sobre discapacidades cuyos objetivos principales son:

- Crear mecanismos para la atención e integración social de las personas con discapacidad atendiendo las necesidades particulares de cada sexo; y,
- Garantizar la igualdad de oportunidades para desempeñar un rol equivalente al que ejercen las demás personas y la participación equitativa de hombres y mujeres en las instancias de decisión y dirección [5].

Además, en el artículo 4, establece la garantía del Estado para el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la formación, capacitación e inserción laboral, entre otras acciones, el artículo 19 garantiza la accesibilidad al empleo de las personas con discapacidad y el art. 33 establece que el empleador está obligado a contratar por lo menos a una persona con discapacidad por cada 25 trabajadores.

A pesar de que existe esta ley sobre discapacidades hace más de 5 años, y de las recientes enmiendas a este texto legislativo, orientadas a mejorar la situación laboral de las personas con discapacidad visual, este grupo de personas sigue siendo discriminadas por los empresarios ya que nueve de cada diez empresarios califican a las personas con esta discapacidad como difíciles o imposibles de emplear [5].

Comprendiendo la problemática mencionada de este grupo de personas se propone el presente trabajo de tesis, cuyo objetivo es inicialmente un estudio de un nicho laboral en las bibliotecas y aplicar la tecnología necesaria que permita desarrollar unaherramienta que sea útil para la personas no videntes y así introducirlas en este campo laboral.

1.3. Conceptos fundamentales de bibliotecología

La bibliotecología, conocida también en algunos países como biblioteconomía, es el conjunto de actividades técnicas y científicas que tiene como finalidad el conocimiento de la información, de los materiales en que se presenta y del lugar en que se hace uso de ella. Su función es de buscar una mejora en la calidad y cantidad a las demandas de información que hace la sociedad. El término deriva de las palabras griegas *biblion* ("libro"), *theke* ("caja") y *nomos* ("ley")[6]. Una de las actividades de la bibliotecología es el estudio de las bibliotecas y sus sistemas de clasificación.

1.3.1. Bibliotecas

La biblioteca es el espacio físico utilizado para el almacenamiento de una gran cantidad de libros, publicaciones, filmaciones u otras fuentes de información, incluidas las que están en formato digital. Estas colecciones pueden ser de material impreso, audio y video en numerosos formatos y de diversas temáticas, la colección debe encontrarse organizada en un orden sistemático para su uso, el cual puede ser público o privado [6].

Las bibliotecas públicas e institucionales están destinadas para ser utilizadas por personas que no tienen acceso por cuenta propia al material, ya sea porque no se cuenta con los fondos suficientes para adquirirlo o porque se requiere asistencia profesional para la búsqueda de información. Generalmente cuentan con varios servicios,entre los cuales se encuentran:

- Sala de lectura
- Préstamo y consultas (personal, colectivo e ínter bibliotecario)
- Información y referencia
- Reprografía
- Multimedia
- Servicios para los niños
- Servicios a personas discapacitadas

También cuenta con zonas destinadas para el estudio, en las cuales se debe guardar silencio, y zonas destinadas para facilitar el estudio en grupo, cuentan además con equipo para facilitar el acceso a los recursos electrónicos y al Internet.

Las bibliotecas modernas se están redefiniendo como sitios en donde se puede obtener acceso a la información en varios formatos y de varias fuentes. El servicio prestado está siendo extendido más allá de su localización física proporcionando acceso mediante medios electrónicos, ofreciendo asistencia en navegar y analizar grandes cantidades de información utilizando una variedad de herramientas digitales.

La mayoría de bibliotecas tienen materiales organizados en un orden específico de acuerdo a un sistema de clasificación, de manera que los textos o libros puedan ser localizados de manera rápida y se pueda acceder al contenido de la colección de manera eficiente.

Estos sistemas pueden estar abiertos para ser utilizados por el público en general, o también puede utilizarse un sistema de pedido, en el cual se requiere la ayuda de un asistente para que recupere el material de su sitio de almacenamiento.

Las bibliotecas más grandes generalmente están divididas en departamentos que están encargados de varios procesos y son manejados por bibliotecarios profesionales, estos procesos se puede apreciar en Figura 1.2 [7].

- **Circulación o servicios de acceso:** Se encarga del préstamo y retorno de los materiales y su ubicación en estanterías.
- **Adquisición:** Ordena la compra de los materiales y mantiene el presupuesto de los materiales.
- **Servicios técnicos:** Trabaja catalogando y procesando nuevo material y descontinuando el material que ya no se puede usar.
- **Mantenimiento de almacenamiento:** Se encarga de devolver a las estanterías el material que ha sido retornado a la biblioteca por los usuarios o que ha sido procesado por los servicios técnicos. También se encarga de comprobar que el orden del material concuerde con el sistema de clasificación utilizado por la biblioteca.

El objetivo de estos procesos es que la biblioteca cuente con información actualizada, ordenada y de fácil acceso.

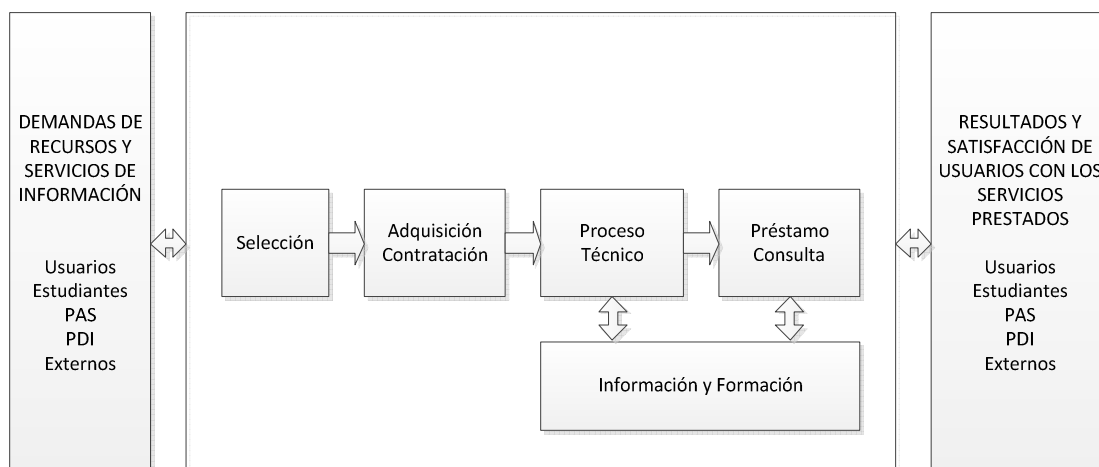


Figura 1.2. Mapa de procesos de una biblioteca [7]

1.3.2. Sistema de clasificación o catalogación de libros

El objetivo de toda biblioteca es facilitar la recuperación de documentos o de la información que estos contienen, es decir, hacer accesible el conocimiento. Para esto la bibliotecología indica que es necesario someter al material bibliográfico a un tratamiento documental. Este tratamiento, que persigue la representación conceptual de la información, se encuadra dentro del llamado análisis de contenido.

Las operaciones documentales que se desarrollan para el análisis del contenido de los documentos son la *clasificación*, la *indización* y el *resumen*. Asimismo, para llevar a cabo estas técnicas documentales se usan los llamados lenguajes documentales. Según doctora Blanca Gil, un lenguaje documental es un “sistema artificial de signos normalizados que facilitan la representación formalizada del contenido de los documentos para permitir la recuperación manual o automática” [7].

La Clasificación es, por tanto, una técnica documental que pretende agrupar los materiales por su contenido con objeto de facilitar su situación y búsqueda. Supone, por tanto, adscribir su contenido lo más exactamente posible a una rama del saber, de manera que quede agrupado a sus semejantes. Así pues, para dar materia a un documento, tendremos que

encuadrarlo en un lugar exacto dentro del sistema de clasificación que se utilice. Entonces un sistema de clasificación es aquel que divide un dominio de la realidad en una serie ordenada de clases y subclases, yendo de lo general a lo particular.

Las bibliotecas públicas y universitarias eligen aquel que concluya que es el más adecuado, dependiendo de la colección y de los servicios que presta la biblioteca. Existen varios sistemas diseñados para clasificar las piezas que forman parte de las colecciones de una biblioteca, tres de estos sistemas más comunes en las bibliotecas en el hemisferio occidental según el doctor Jhon H. Stinson analista bibliotecario [7] son: el sistema de clasificación de la biblioteca del congreso de los Estados Unidos, el sistema de clasificación decimal Dewey y el sistema de clasificación universal. Ambos sistemas se caracterizan por la asignación de una variable numérica a las categorías de materia, autor y título. En sentido práctico estos sistemas también sirven para agrupar los libros, revistas y diferentes tipos de material audiovisual físicamente en los estantes de la biblioteca.

A la numeración asignada se le conoce como **número identificador** o “*call number*”.

1.3.2.1. Sistema clasificación Dewey

Este sistema fue formulado en 1873 por Melvil Dewey, para responder a las necesidades prácticas de un determinado tipo de bibliotecas. La DDC es un sistema jerárquico, que se estructura en 10 grandes grupos temáticos que se subdividen de 10 en 10 y van de lo general a lo específico. La notación es numérica y consta de tablas principales, tablas auxiliares, subdivisiones generales y especiales y signos de correspondencia, además de los índices.

Los 10 grandes grupos que lo conforman son:

000 - Obras generales.

100 - Filosofía y psicología.

200 - Religión, teología.

300 - Ciencias sociales, ciencias políticas.

400 - Lenguaje y Lingüística.

500 - Ciencias puras (Matemáticas, ciencias naturales, etc.)

600 - Ciencias aplicadas: medicina, tecnología.

700 - Bellas artes, juegos, deportes.

800 - Literatura.

900 - Geografía, historia.



Figura 1.3. Clasificación Dewey en la biblioteca Alejandro Segovia

Un ejemplo del sistema Dewey es

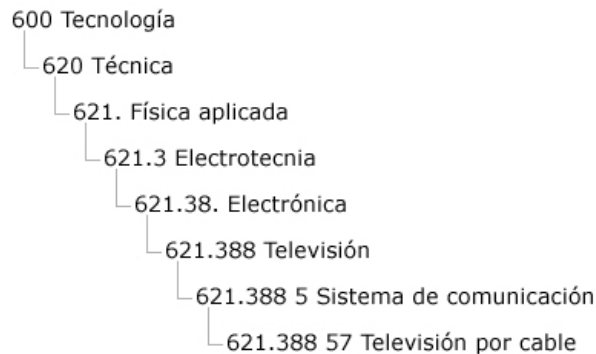


Figura 1.4. Ejemplo del sistema Dewey

1.3.2.2. Sistema de clasificación universal

Es el más sencillo de los sistemas numéricos que se utilizan para clasificar y localizar los recursos bibliotecarios. Este sistema, de origen belga, fue creado a finales del siglo XIX y estuvo inspirado en el sistema de clasificación que con anterioridad había desarrollado Melvin Dewey en los Estados Unidos. El sistema se basa en la asignación numérica de tres dígitos a una materia a partir de un esquema amplio establecido de 10 materias fundamentales. Los dígitos a asignar tienen un carácter decimal, aunque el punto no se escribe, y pueden ser asignados de acuerdo a tantas materias y subtemas en las materias pueden ocurrir. La lista de materias es la siguiente

0 (0-099)	Generalidades
1 (100-199)	Filosofía
2 (200-299)	Religión, teología
3 (300-399)	Ciencias sociales
4 (400-499)	No tienen asignación

- 5 (500-599) Ciencias naturales
- 6 (600-699) Tecnología, ciencias aplicadas, ingeniería, medicina
- 7 (700-799) Las artes, música, arquitectura
- 8 (800-899) Lengua, lingüística, literatura
- 9 (900-999) Geografía, historia, biografía.

Como se mencionó, la biblioteca tiene varios departamentos y procesos, el presente trabajo se enfoca en la parte de préstamos y consultas, realizando una disertación para la inserción laboral de una persona no vidente, con la ayuda del dispositivo identificador y el número identificador o “*call number*” de los libros o textos, y así poder mejorar la calidad de vida del individuo.

1.4. Conceptos básicos de la tecnología RFID

La identificación por radio frecuencia RFID (Radio Frequency Identification) se basa en tecnologías que usan ondas de radio para identificar automáticamente ítems individuales. Existen varios métodos para la identificación de objetos usando radio frecuencia, el más común consiste en codificar un número de serie que identifique únicamente a una persona, lugar o cosa. Esta información es guardada en un microchip al cual se acopla una antena. Juntos, antena y microchip, son llamados transpondedor o “tag” RFID. La antena le permite al chip transmitir la información de identificación al lector. [8]

El módulo de lectura convierte las ondas de radio en datos digitales, los cuales son utilizados por el microprocesador. RFID es un ejemplo de la tecnología de auto-identificación, en la cual, cualquier objeto es identificado automáticamente.

Un sistema RFID básico tiene tres componentes principales: etiquetas, lectores y antenas.

1.4.1. Etiqueta RFID

Las etiquetas RFID (también llamadas tag o transponders) están compuestas por un microchip y un elemento acoplador o antena, su característica principal es que cuentan con un código identificador único (tag ID), el cual es un número que el sistema RFID utiliza como mecanismo para asignar una identidad única a cada objeto etiquetado. Este número es único para cada etiqueta existente, no pueden existir dos etiquetas con el mismo código identificador, sin importar su fabricante. En la Figura 1.5. Partes de una etiqueta RFID se indica una etiqueta RFID, indicando sus componentes.

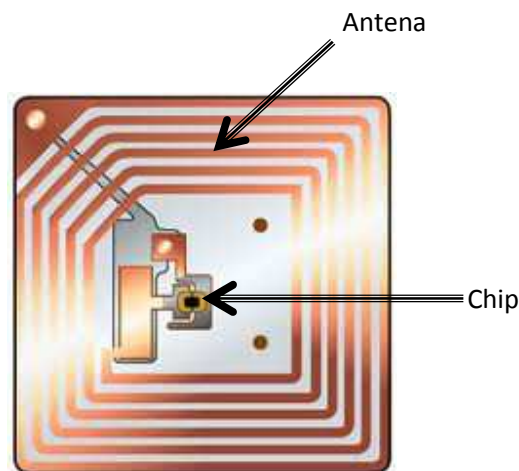


Figura 1.5. Partes de una etiqueta RFID

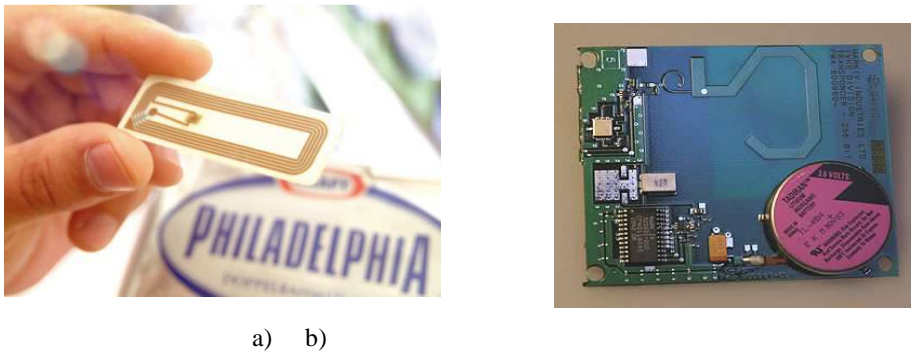
Las etiquetas RFID pueden ser de tipo pasivas o activas, las etiquetas pasivas son las que no cuentan con una fuente de alimentación propia, deben obtener la energía para su funcionamiento valiéndose del campo electromagnético generado por el lector. Las etiquetas activas, por otro lado, cuentan con alimentación propia.

Las características de las etiquetas pasivas y activas se pueden apreciar en la Tabla 1.2.
Características de las etiquetas pasivas y activas

Tabla 1.2. Características de las etiquetas pasivas y activas

	Etiqueta Pasiva	Etiqueta Activa
Distancia máxima de lectura	0.1 - 10 m	10 - 100 m
Fuente de Alimentación	Campo RF	Batería o mixta
Sensores	No	Típicamente si
Tiempo de vida	Ilimitado	Limitado por la batería
Costo	\$0.04 ~ \$0.9	\$1 ~ \$20
Dimensiones	Pequeño	Grande
Tipo de comunicación	Señalización pasiva	Señalización activa o pasiva

Las etiquetas activas ofrecen mejores prestaciones en cuanto a distancia máxima de lectura, sin embargo son más costosas debido a que cuentan con una circuitería más compleja, como se puede apreciar en la Figura 1.6.



a) b)

Figura 1.6. Etiqueta RFID a) activa, b) pasiva

Existen etiquetas diseñadas para diversos tipos de aplicaciones, entre las cuales se encuentran etiquetado de maquinaria, de animales, de equipaje, de ropa. En la Figura 1.7 se puede apreciar algunas etiquetas diseñadas para diferentes aplicaciones.

**Figura 1.7. Formas de etiquetas RFID**

Las etiquetas de tipo “*word tag*” son adheridas en la ropa y son utilizadas en lavanderías o almacenes de ropa, las etiquetas “*volcano*” se utilizan para etiquetar maquinaria en ambientes adversos tales como altas temperaturas (hasta 200°C) y líquidos corrosivos y las etiquetas “*glass*” se implantan en el cuerpo humano.



Figura 1.8. Formas de etiquetas adhesivas

1.4.2. Lector RFID

El lector RFID es el componente encargado de leer el código identificador de las etiquetas y de transmitirlo al resto del sistema. Dicha lectura se realiza por medio de ondas de radio enviadas hacia la etiqueta, esta responde enviando su código identificador hacia el lector. Una vez que la etiqueta ha enviado su respuesta el lector encarga de adquirir y procesar estos datos. La frecuencia de las ondas de radio generadas por el lector debe coincidir con la frecuencia a la que trabaja la etiqueta para que sea posible la comunicación. En la Figura 1.9 se indica el esquema de un lector RFID.

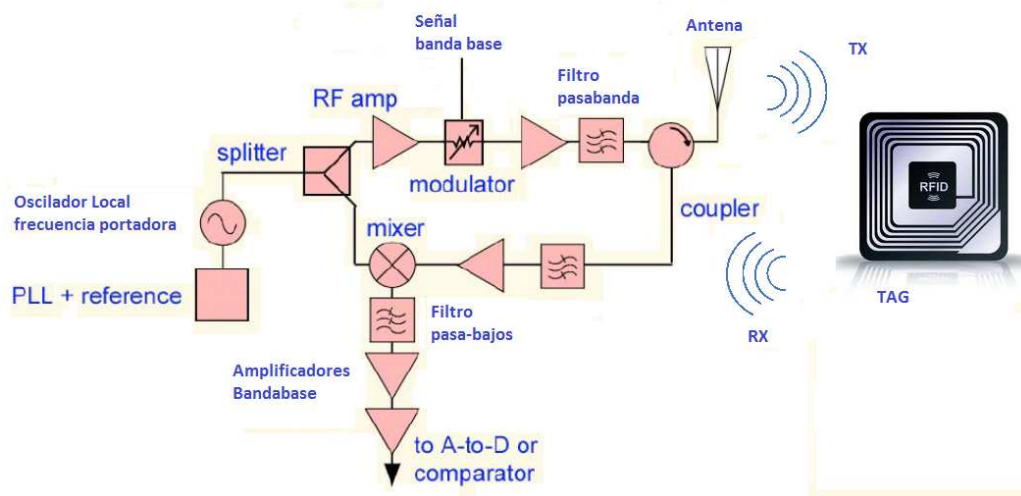


Figura 1.9. Esquemas interno de un lector RFID

1.4.3. Funcionamiento de un sistema RFID

La identificación de una etiqueta cualquiera se realiza siguiendo los siguientes pasos como se puede observar en la Figura 1.10

1. El lector envía la señal de radio a la frecuencia de trabajo.
2. La antena de la etiqueta recibe la señal y activa el chip.
3. El chip procesa la señal recibida y la modifica.
4. La antena de la etiqueta envía de regreso la señal modificada.
5. El lector recibe la señal modificada y extrae la información de identificación de la etiqueta.

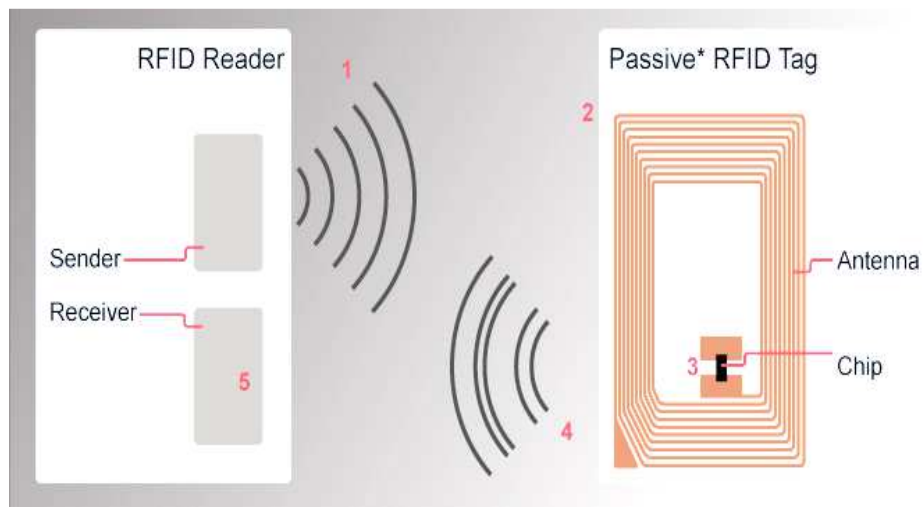


Figura 1.10. Funcionamiento del sistema RFID

1.4.4. Clasificación de un sistema RFID

Un sistema RFID se clasifica según la frecuencia de trabajo del lector y la etiqueta.

Baja frecuencia (100 KHz-500 KHz)

- Baja velocidad de lectura.
- Tamaño grande de la etiqueta.
- Identificación unitaria (no existe la multi-lectura).
- Corta distancia de lectura.

Media frecuencia (10 MHz –15 MHz)

- Velocidad media de lectura.
- Tamaño medio de la etiqueta.

- Estándar internacional a 13.56 MHz.
- Multi-lectura.

Alta frecuencia (850 MHz-950 MHz / 2.4 GHz-5 GHz)

- Conflicto de regulaciones por zonas.
- Más velocidad de lectura.
- Tamaño menor de la etiqueta / más distancia.
- Más sensible a interferencias.

1.4.5. Estándares RFID

Los estándares de RFID abordan tres áreas fundamentales:

- Protocolo en la interfaz aérea: especifica el modo en el que etiquetas RFID y lectores se comunican mediante radiofrecuencia.
- Contenido de los datos: especifica el formato y semántica de los datos que se comunican entre etiquetas y lectores.
- Certificación: pruebas para garantizar que los productos cumplan con los estándares y pueden inter-operar con otros dispositivos de distintos fabricantes.

Como en otras áreas tecnológicas, la estandarización en el campo de RFID se caracteriza por la existencia de varios grupos de especificaciones competidoras [9]. Por una parte está ISO, y por otra Auto-ID Center (conocida desde octubre de 2003 como EPC, Electronic

Product Code). Ambas comparten el objetivo de conseguir etiquetas de bajo coste que operen en UHF. [9]

Los estándares EPC para etiquetas son de dos clases:

- Clase 1: etiqueta simple, pasiva, de sólo lectura con una memoria no volátil programable una sola vez.
- Clase 2: etiqueta de sólo lectura que se programa en el momento de fabricación del chip (no reprogramable posteriormente).

ISO ha desarrollado estándares de RFID para la identificación automática y la gestión de objetos. Existen varios estándares relacionados, como ISO 10536, ISO 14443 e ISO 15693, pero la serie de estándares estrictamente relacionada con las RFID y las frecuencias empleadas en dichos sistemas es la serie 18000.

1.4.6. Ventajas comparativas del RFID sobre el código de barras

La tecnología RFID supera muchas de las limitaciones del código de barras, el sistema de identificación de objetos más utilizado hasta ahora. Algunas de las ventajas de las etiquetas RFID sobre el código de barras son las siguientes:

- Las etiquetas RFID pueden ser reprogramables por lo que se puede cambiar cualquier dato en cualquier momento.
- En la tecnología RFID el lector no necesita tener línea de vista con la etiqueta para poder identificarlas; los códigos de barras no pueden ser leídos si no se encuentran en línea de vista.
- A diferencia del código de barras, las etiquetas pueden ser identificadas hasta una distancia de 3 metros con una antena adecuada.

- El sistema RFID identifica a cada producto con un código único, por lo que no todos los productos son iguales; en cambio para el código de barras si lo es, ya que es el mismo código en todas las etiquetas de un producto.
- El lector RFID puede identificar varios productos a la vez, el código de barras no puede realizar esto.
- El código de barras no puede almacenar tanta información, solo puede almacenar un código y un precio; en cambio las etiquetas RFID pueden almacenar más información dependiendo de la memoria que tenga.
- El código de barras no permite escribir más de una vez, el sistema RFID permite escribir tantas veces como sea necesario dependiendo de la etiqueta.
- El código de barras puede ser reproducido nada más fotocopiando el código, por otro lado una etiqueta RFID necesita un equipo RFID y un cierto grado de conocimientos para su reproducción.
- El código de barras es más vulnerable a daños, que una etiqueta electrónica.

Frente a estas ventajas aparecen los siguientes inconvenientes:

- Poseen un alto coste, a pesar de que a futuro se prevé un considerable descenso en el mismo.
- Existe una carencia de regulación y de estándares comerciales que faciliten su difusión.

1.4.7. Parámetros de diseño de un sistema RFID

Al momento de diseñar un sistema RFID es importante tener en cuenta algunas características como:

- La frecuencia de operación del sistema.
- El rango de alcance (hasta qué distancia se puede mantener la comunicación entre el lector y las etiquetas).
- La alimentación eléctrica del lector.
- La cantidad de información que las etiquetas pueden almacenar (que van desde un bit hasta los KBytes).
- La velocidad de transferencia de datos entre el lector y las etiquetas.
- El tamaño que poseerán las etiquetas.
- La posibilidad de que un lector detecte varias etiquetas a la vez (anticolisión), o que sólo pueda realizar el reconocimiento de una etiqueta a la vez.
- El nivel de emisión que presentará el sistema para que esté acorde con los valores permitidos en el país, etc.

En conclusión los beneficios de la tecnología RFID se ven reflejados en la productividad, la simplificación de los procesos administrativos, en la realización de inventarios ya que se puede identificar de manera rápida los objetos con un número único, e incluso en la seguridad de estos para evitar el hurto. Es por esto que se elige a la tecnología RFID para la identificación de textos o libros en las bibliotecas.

1.5. Conceptos básicos de la tiflotecnología

El significado de las palabras que la componen, "tiflo" (viene del griego y significa ciego) y tecnología; podríamos decir que la tiflotecnología es la rama de la ciencia que estudia la tecnología aplicada como ayuda a la ceguera. Aunque dentro de este término entren

instrumentos no electrónicos, pero se aplica principalmente al estudio y manejo de equipos electrónicos de lectura, acceso y proceso de la información.

El campo de aplicación de la tiflotecnología es muy amplio, debido, sobre todo, al tipo de usuario de la misma, la deficiencia visual, que la utiliza como un medio imprescindible para el acceso a la información en distintos medios. Por ello, los equipos tiflotécnicos se emplean tanto como ayuda al estudio, como en labores de la vida diaria, en el trabajo, etc, y constituyen una herramienta decididamente “integradora” para este colectivo.

Existe una gran variedad de dispositivos tiflotécnicos, los cuales se dividen en dos grupos, los instrumentos más utilizados en la vida diaria que son catalogados como “tiflológica”, es decir no son de alta tecnología pero ayudan en su desenvolvimiento diario como un bastón que es una herramienta fundamental para la orientación y movilidad, y el segundo grupo, los que se entienden como “tiflotécnicos”. Dentro de estos, destacan, por un lado, los que poseen autonomía de funcionamiento, y por otro, aquellos que facilitan o permiten el acceso de las personas ciegas y deficientes visuales a la información de un ordenador. [1]

1.5.1. Dispositivos tecnológicos o tiflotécnicos

Dentro de este grupo se engloban todos los equipos electrónicos, portátiles y autónomos que desempeñan funciones similares a las de un computador y que se basan en la entrada de información a través de un teclado.

Entre estos se puede destacar el braille hablado el cual está dotado de un teclado braille tipo “Perkins” para introducir los datos y realizar con ellos las operaciones que desee. Ordenadores portátiles que utilizan una voz sintetizada para el procesamiento de textos o la ubicación en el ordenador, normalmente se utiliza para tomar nota y para recordatorios.

Existe una aplicación para celular (*app*) en desarrollo por el Doctor Mario Romero profesor del tecnológico de Georgia, la cual es un teclado braille “*touch*”, el cual ayuda a escribir mensajes de textos e interactuar con el celular específicamente un “*iPhone*”. [11]

Existe una gran variedad de software para lector de pantalla pero el mas difundido es JAWS (Job Access With Speech), su finalidad es hacer que ordenadores personales que funcionan con Microsoft Windows sean más accesibles para personas con alguna minusvalía relacionada con la visión y así proporcionar una herramienta para algún trabajo que puedan desempeñar. Para conseguir este propósito, el programa convierte el contenido de la pantalla en sonido, de manera que el usuario puede acceder o navegar por él sin necesidad de verlo. [12]

Otra aplicación para computador es el INICISOFT, que esta orientado para la educación de personas con discapacidad visual, contienen paquetes multimedia que los maestros utilizan para sus clases y otro paquete que contiene programas con síntesis de voz y magnificación de textos que facilitan a personas no videntes y con baja visión el manejo en el computador de operaciones como procesamiento de textos, cálculos matemáticos, navegación en la Web, lectura de libros y consulta de palabras del idioma inglés en español. Esta aplicación enlaza a todos los computadores hacia el maestro y este conoce como ellos están interactuando con el computador. [13]

Existen equipos electrónicos de reconocimiento ópticos de caracteres (OCR), un ejemplo de estos es el “INTEL E-book”, el cual es una agenda electrónica y posee una cámara de fotos de alta resolución, que al tomar una fotografía de cualquier texto lo transforma a voz y lo almacena teniendo una capacidad de hasta 32 Gb, es portátil su tamaño se asemeja a un cuaderno, y se conecta al internet para descargar cualquier tipo de “*e-book*”, este equipo se empezó a comercializar desde el primer trimestre del año 2012. [14]

Otro equipo OCR es el OPTELEC, es un equipo portátil que cuenta con una cámara de alta resolución y escáner para el reconocimiento de texto a lenguaje hablado pero su principal función es magnificar las letras para personas con baja visión, este equipo está siendo comprado por empresarios para poder dar una labor a este grupo de personas. [15]

Otro equipo electrónico en desarrollo que se destaca es un esfero inteligente “*Livescribe Smartpen*” que es capaz de capaces de digitalizar todo lo que se escribe, dibuja, y habla, pero su mayor importación es el reconocimiento texto a lenguaje hablado, al pasar el esfero sobre una palabra en algún texto, este lo reconoce y da conocer cual es la palabra en lenguaje hablado. [16]

Un sistema guía que está en desarrollo por JRC (Join Research Center) de la comisión de la unión Europea para personas con discapacidad visual consta de 3 componentes principales, un recorrido de transponders (tags RFID), un bastón y un teléfono inteligente. La idea es que el bastón contenga un módulo de lectura RFID y una modulo de comunicación con el celular, transmita esta información al pasar por los tags hacia el teléfono y este procese toda la información y le de una ubicación de donde se encuentra y si necesita de alguna ayuda o de alguna posición mediante el GPS que cuenta el teléfono inteligente. Este sistema está en estado de pruebas desde el tercer trimestre del año 2011. [17]

Según la OMS existen equipos de ayuda para la inclusión laboral en estado de desarrollo pero no han sido comercializados aún. El centro de investigaciones, desarrollo y aplicaciones tiflotécnicas (CIDAT) esta a cargo de 2 aplicaciones para el ámbito laboral como es un OCR para la clasificación de documentos y una agenda electrónica para la toma de notas, pero no solo se dedican al ámbito laboral, también para lamovilización, el aprendizaje, etc. Existen más de 100 aparatos electrónicos en desarrollo, poseen un catálogo que se encuentra en la siguiente página web “<http://cidat.once.es/home.cfm?excepcion=5>”

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

2.1. Introducción

Con la finalidad de desarrollar un sistema que apoye a la inclusión de personas no videntes dentro de actividades laborales de una biblioteca es necesario efectuar un análisis de las tareas que realiza un encargado de biblioteca. Se deben identificar las posibles dificultades que pueden presentarse tomando en cuenta que van a ser realizadas por una persona con discapacidad visual y proponer alternativas que permitan superar estas dificultades.

El análisis empieza con la recopilación de información acerca de los procesos que se llevan a cabo dentro de la biblioteca, a partir de esto se identificaran las actividades laborales en las cuales podría participar una persona no vidente. Se evalúan los requerimientos de cada actividad y se analiza la manera en la que una persona no vidente podría realizarla. Esta información servirá de base para determinar los requerimientos del sistema.

Adicionalmente se realizan entrevistas a los encargados de bibliotecas de universidades reconocidas en el país, específicamente en la ciudad de Quito, para recabar información acerca de los recursos con los que cuentan las bibliotecas y que pueden ser aprovechados en el diseño del sistema.

2.2. Procesos de biblioteca

Con la finalidad de recabar información acerca de las tareas que realiza un encargado de biblioteca, se realiza una revisión bibliográfica de fuentes tales como manuales bibliotecarios y el Internet. Se encontraron documentos pertenecientes a bibliotecas públicas, como por ejemplo la biblioteca Central de la Rioja y la biblioteca de la universidad Politécnica de Madrid [10], los cuales contienen diagramas de flujo que mencionan las tareas que se realizan en cada proceso.

Cada biblioteca tiene sus propios procesos, pero se asemejan en algunos aspectos, los cuales se detallan de manera general en el siguiente mapa de procesos.

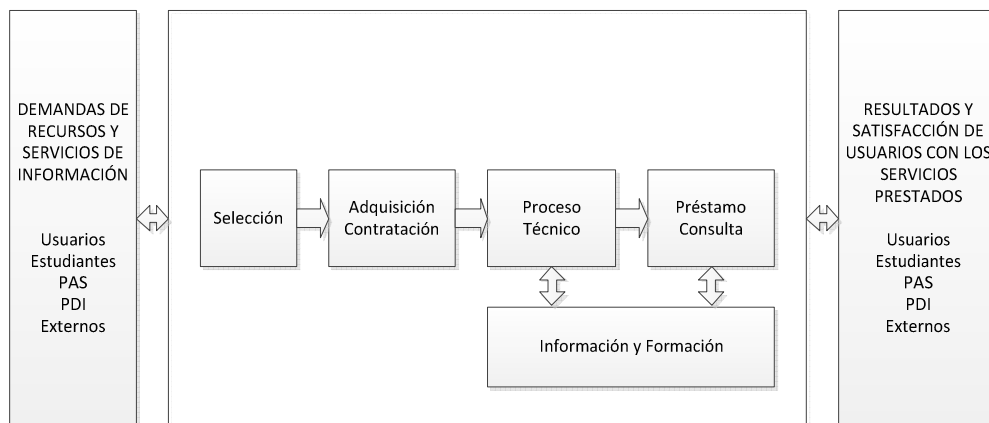


Figura 2. 1. Mapa de procesos de una biblioteca

Las bibliotecas realizan cuatro procesos principales para cumplir con sus tareas, como se puede observar en la Figura 2.1. Estos procesos se realizan de diversas formas de acuerdo a cada biblioteca pero poseen características similares.

- El proceso de selección, el cual es realizado con la finalidad de agregar nuevos ejemplares a la colección de una biblioteca.
- El proceso de adquisición y contratación, el cual está relacionado con la selección de proveedores y la adquisición de nuevo material bibliográfico.
- El proceso técnico, se encarga de la catalogación de los libros, asignando sus respectivos número de clasificación (*call number*) y discontinuar material que se encuentra viejo para su uso.
- El proceso de préstamos y consulta, se encarga de permitir el acceso al material bibliográfico al cual los usuarios desean acceder.

A continuación se describe de manera más detallada cada uno de estos procesos y su importancia.

2.2.1. Proceso de selección

El proceso de selección es necesario para discriminar que material resulta útil para ser agregado a la colección de la biblioteca. Empieza con solicitudes realizadas por los usuarios o por órdenes directas de la institución a la que pertenece. Un comité se encarga de evaluar si se debe realizar la adquisición. En caso de que la solicitud se apruebe se inicia el siguiente proceso de adquisición y contratación.

Como se puede apreciar en la Figura 2.2, el encargado de proceso de selección tiene a su cargo las siguientes actividades.

- Recibir las solicitudes realizada por los usuarios, con la finalidad de agregar un libro sugerido a la colección.
- Realiza una evaluación de la solicitud con la finalidad de que si procede o no la adquisición.

2.2.2. Proceso de adquisición y contratación

El proceso de adquisición y contratación se encarga de gestionar el proceso de compras y de controlar la recepción del nuevo material y verificar su estado. El encargado del proceso de adquisición realiza tres actividades principales como se puede apreciar en la Figura 2.3.

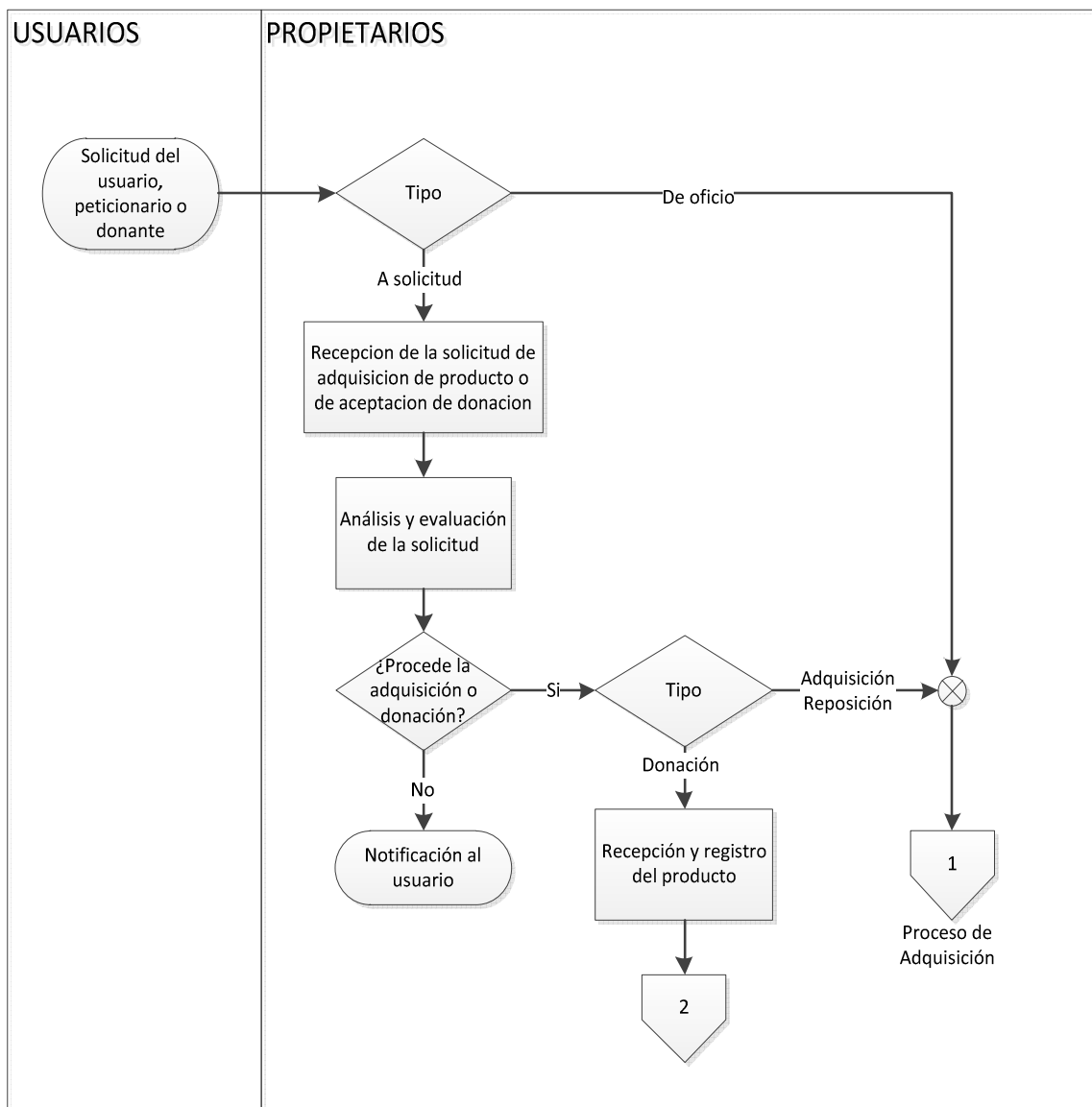


Figura 2. 2. Proceso de selección de una biblioteca

- Una vez que se aceptó la solicitud de agregar un nuevo libro, se encargade buscar el proveedor que tenga las mejores prestaciones.
- Se encargada de realizar los pagos al proveedor y supervisar la entregadel nuevo material bibliográfico.
- Entrega el nuevo material al departamento técnico para su catalogación.

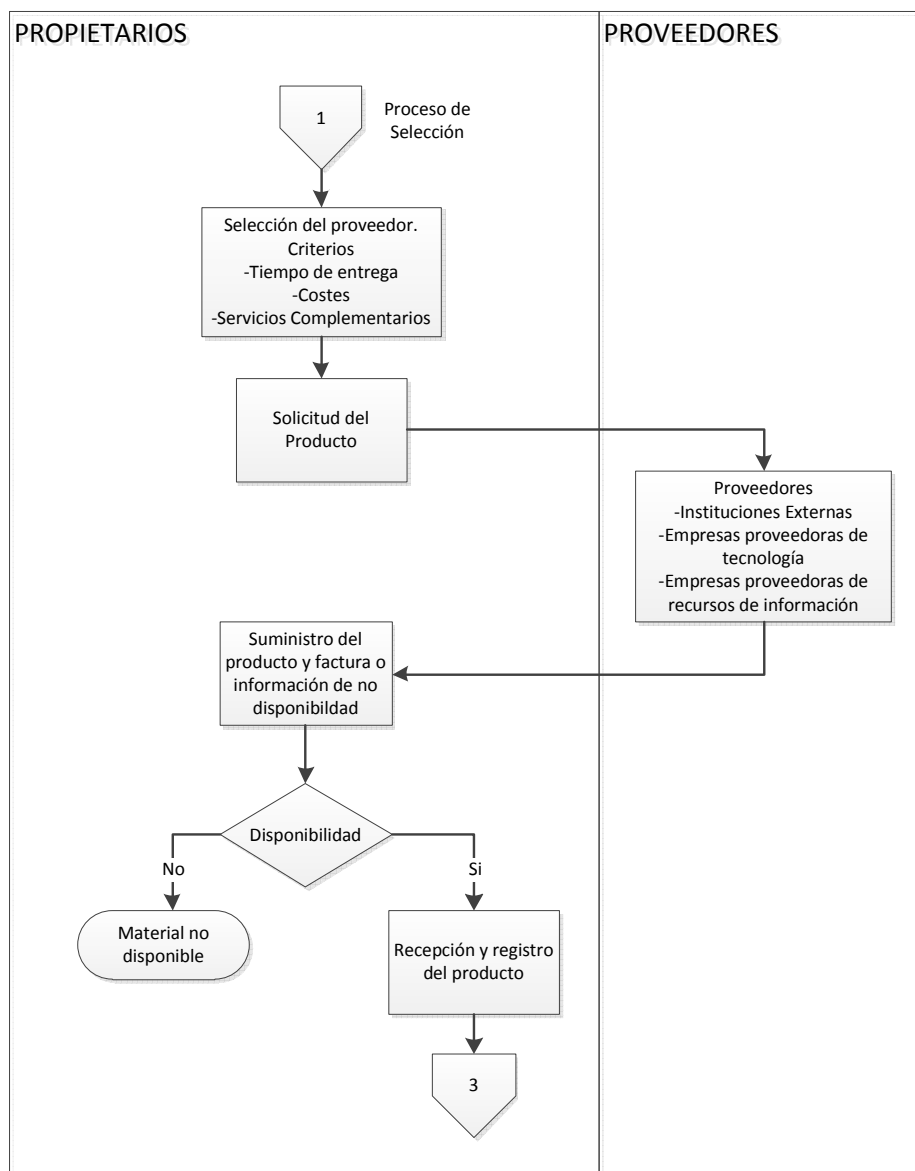


Figura 2. 3. Proceso de adquisición de una biblioteca

2.2.3. Proceso técnico de catalogación y mantenimiento

El proceso técnico se puede apreciar en las Figuras 2.4 y 2.5, sus funciones principales son las de catalogar el material bibliográfico y el mantenimiento físico de los libros, durante este proceso se realizan las siguientes tareas:

- Catalogar los textos o libros nuevos, asignándoles un número de clasificación (“*call number*”) e ingresando su información a la base datos de la biblioteca.
- Asignar la seguridad al libro.
- Poner a disposición de los usuarios los datos de los libros de manera que puedan acceder a la información.
- Realizar periódicamente un inventario, retirando de manera selectiva los documentos obsoletos.

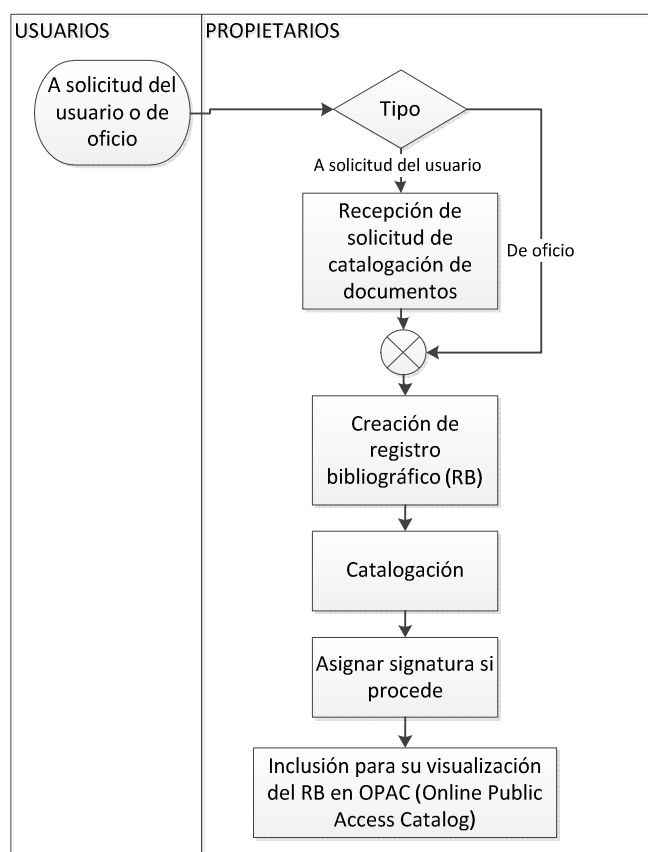


Figura 2. 4 Procesos para la catalogación de un texto

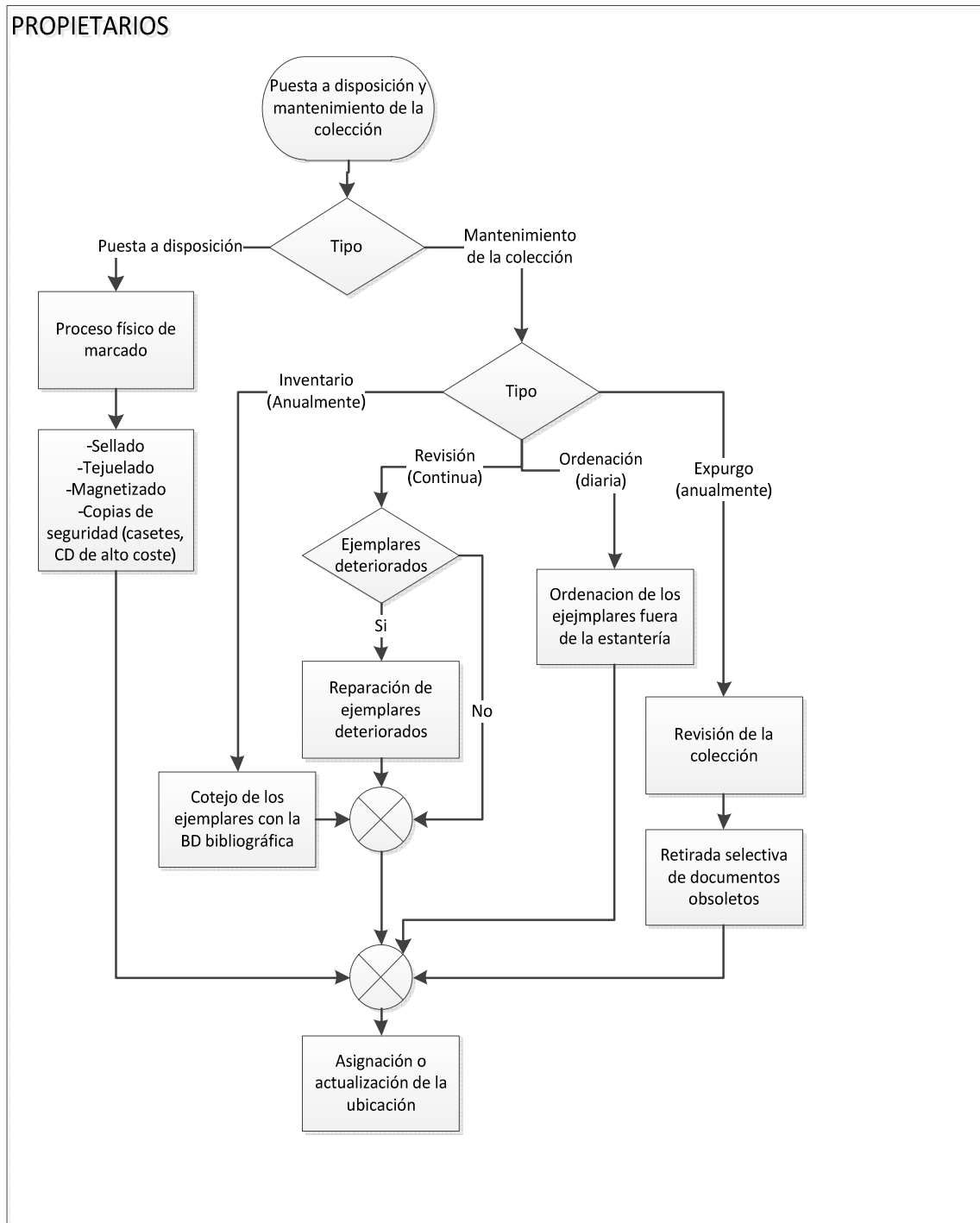


Figura 2. 5. Proceso de mantenimiento y puesta a disposición de la colección

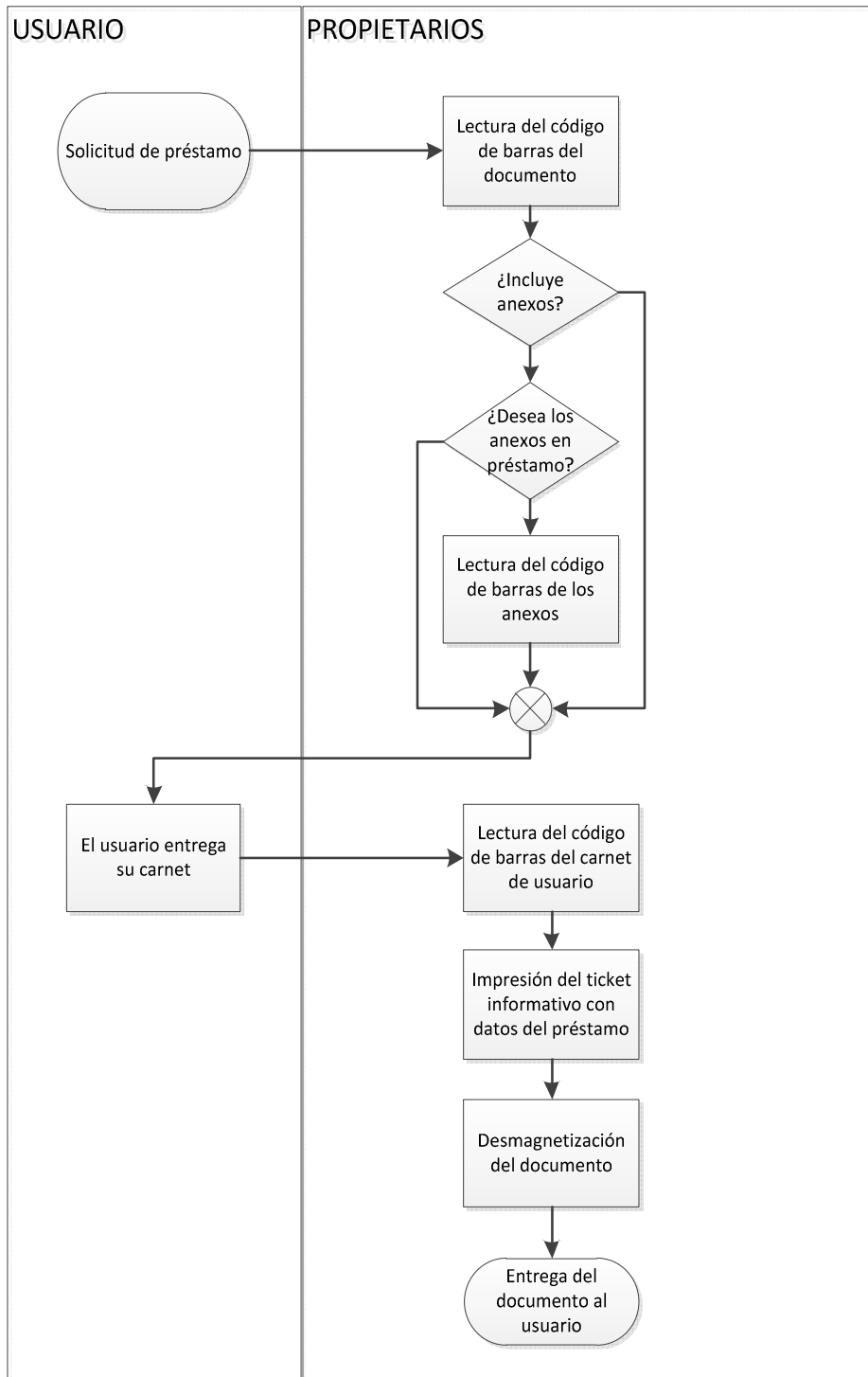
2.2.4. Proceso de préstamos y consultas

Como se puede apreciar en la Figura 2.6 el encargado del proceso de préstamos y consultas realiza las actividades

1. Leer la información del libro con la finalidad de localizarlo, ya sea utilizando código de barras o fichas nemotécnicas que se encuentran localizadas en los libros, o buscando en la base datos de la biblioteca.
2. Si el usuario desea en préstamo, debe solicitar un documento personal o identificación.
3. Se encarga de desactivar la seguridad del libro y entregarlo al usuario

Devolución

1. Cuando el usuario retorna el libro el encargado debe comprobar el estado del libro y buscar la identificación del usuario.
2. Activar la seguridad del libro
3. Reubicar el libro en su estantería correspondiente.

**Figura 2. 6. Proceso de préstamo**

2.3. Análisis para la inclusión laboral de las personas no videntes

Se procede a analizar la posibilidad de que una persona no vidente participe en estos procesos, basándose en la ventaja que puede ofrecer el uso de recursos tecnológicos y teniendo en cuenta las desventajas a causa de su discapacidad.

2.3.1. Proceso de selección

Para realizar el proceso de selección es necesario que la persona responsable sea capaz de evaluar la utilidad del material bibliográfico. Una persona no vidente podría encargarse de evaluar material especialmente creado para personas con su discapacidad, tales como textos en lenguaje braille y material audible. Para evaluar material tal como textos impresos o material audiovisual requiere de herramientas que le permitan tener acceso al contenido que se esta evaluando. Puede utilizar herramientas electrónicas que capturen el texto de los libros y lo conviertan a forma audible.

2.3.2. Proceso de adquisición y contratación

Las personas no videntes requieren acceso a información que comúnmente se encuentra en forma de texto escrito, tales como listas de precios, información de proveedores, catálogos. Esta información generalmente se transmite por medios como el correo electrónico, lo cual hace necesario el uso de una computadora. Se pueden utilizar herramientas que capturen textos y lo conviertan a formato audible como JAWS, para permitir a una persona no vidente el manejo de una computadora.

2.3.3. Proceso técnico de catalogación

El proceso técnico para la catalogación del material bibliográfico requiere que la persona encargadasea capaz de acceder a la información del su contenido. Adicionalmente debe poder acceder y ser capaz de modificar la base de datos informática de la biblioteca, por lo cual se requiere el uso de una computadora. La persona no vidente requiere un software especial que le permita manejar una computadora y así poder comprobar que la base de datos haya sido actualizada correctamente. En el caso del mantenimiento de los libros, la persona no vidente podría comprobar el estado físico de los libros utilizando el sentido del tacto.

2.3.4. Proceso de préstamos y consultas

En el proceso de préstamos la persona encargada necesita los datos del libro que se va a prestar, un conocimiento básico acerca de cómo se encuentran ordenados y poder localizar el libro por medio del sistema de clasificación utilizado en la biblioteca.

Una persona no vidente puede realizar todas estas tareas con ayuda de una herramienta que le proporcione la información de clasificación del libro. El encargado de préstamos necesita que se le indique el número de clasificación de los libros antes de proceder a la búsqueda en la estantería, estos datos se pueden transmitir mediante lenguaje hablado, o podría aprovecharse las capacidades del sistema informático para transmitir esta información. En la interfaz de búsqueda del usuario se podría contar con una opción que informe al encargado no vidente el libro que el usuario desea solicitar, de esta manera se optimiza el tiempo de búsqueda y de entrega de información.

Para encontrar el material bibliográfico solicitado, el encargado no vidente debe encontrar la ubicación de estos con la ayuda de una herramienta electrónica, el orden en el que

se encuentra el material bibliográfico puede ser explicado a la persona no vidente mediante una capacitación. Las personas no videntes tienen la ventaja de que se desenvuelven con mayor facilidad en un ambiente conocido que tiene un orden fijo.

Para poder localizar los libros por medio del sistema de clasificación necesitan una herramienta que le indique los números de clasificación de los libros, normalmente estos datos se encuentran visibles en las pastas en forma de texto. Una opción podría ser poner estos datos en forma braille pero con la manipulación de los libros podrían estropearse con facilidad. La solución propuesta en el presente trabajo es realiza un aparato electrónico que permita la identificación del libro, el cual indica de forma audible los datos de estos a las personas no videntes, permitiendo que se integren a esta actividad laboral.

A continuación se indican los pasos que se deben incluir a los procesos para que pueda ser efectuada por una persona no vidente.

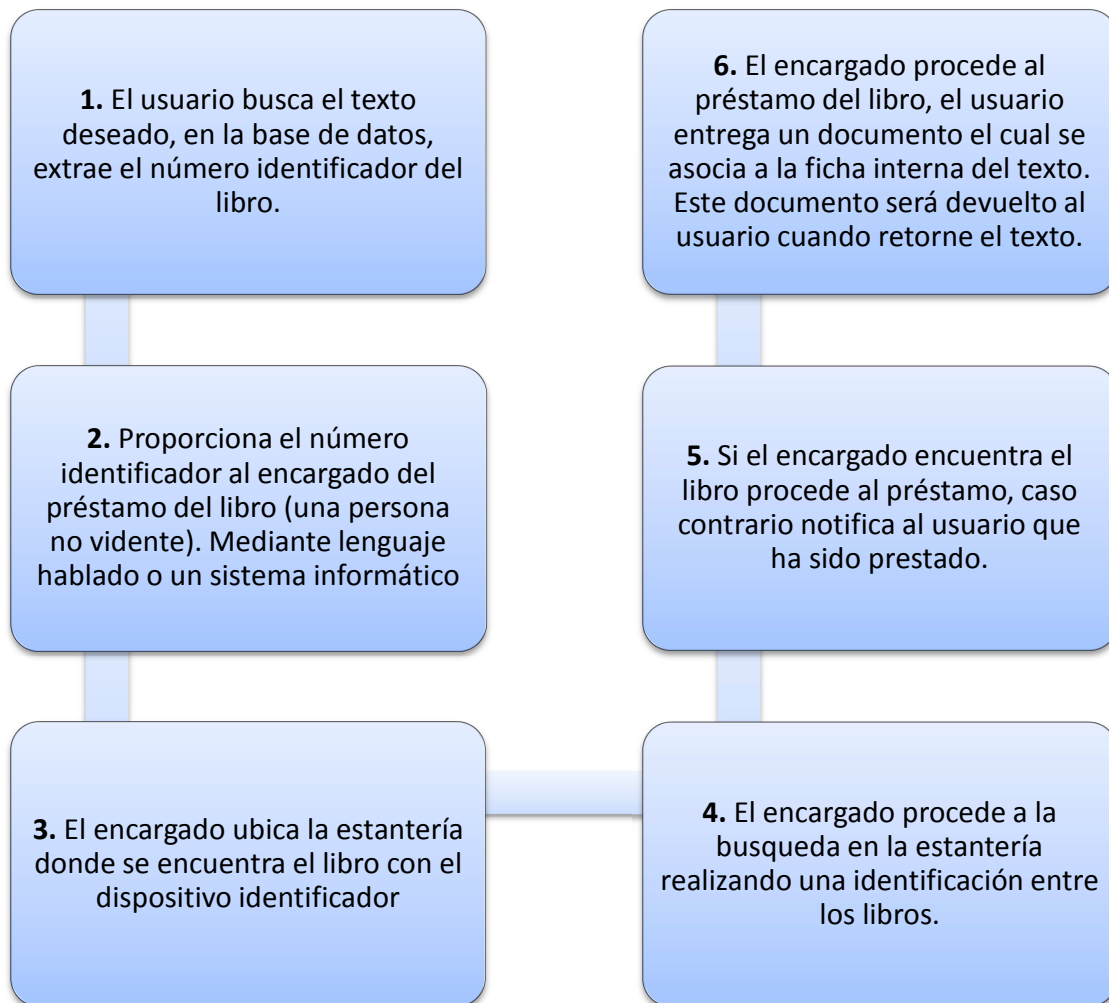


Figura 2. 7. Primer proceso propuesto para el préstamo de libros

El documento del usuario, mencionado en el paso 6 de la Figura 2.7, debe permitir que la persona no vidente compruebe la identidad de la persona a la que se está realizando el préstamo, por lo cual se sugiere el uso de carnets personales compatibles con la tecnología utilizada en el dispositivo identificador.

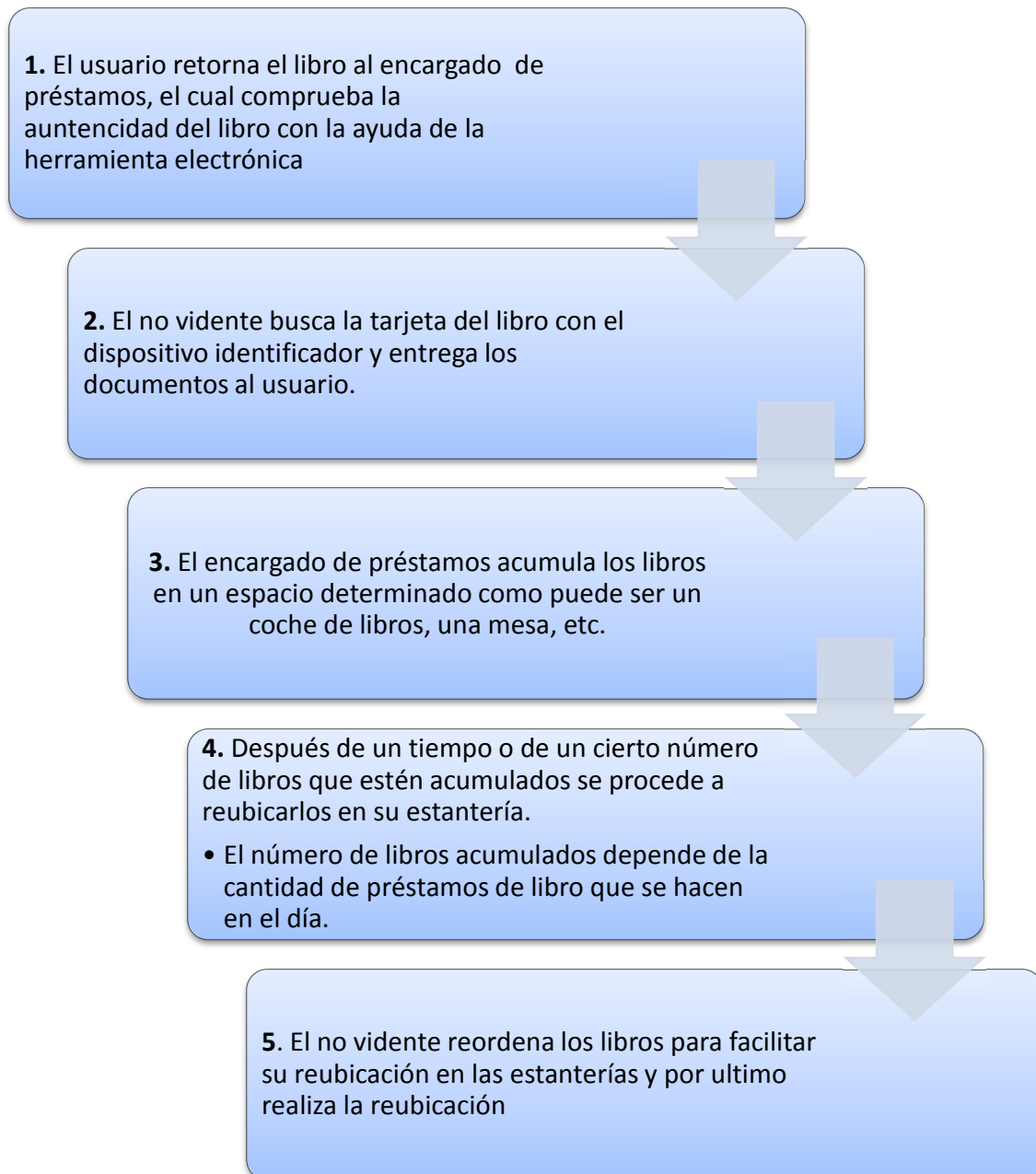


Figura 2. 8. Segundo proceso propuesto para el retorno de libros en las estanterías

Los procesos anteriormente descritos sirven, para bibliotecas que brindan un servicio de préstamos de libros cerrados, pero no se adecúa a las bibliotecas que mantienen un servicio de préstamos abiertos ya que el usuario de la biblioteca está realizando la actividad del encargado no vidente (búsqueda en estantería y entrega de libro al usuario).

El diagrama del proceso de préstamos con los cambios propuestos se indica en la Figura 2.9

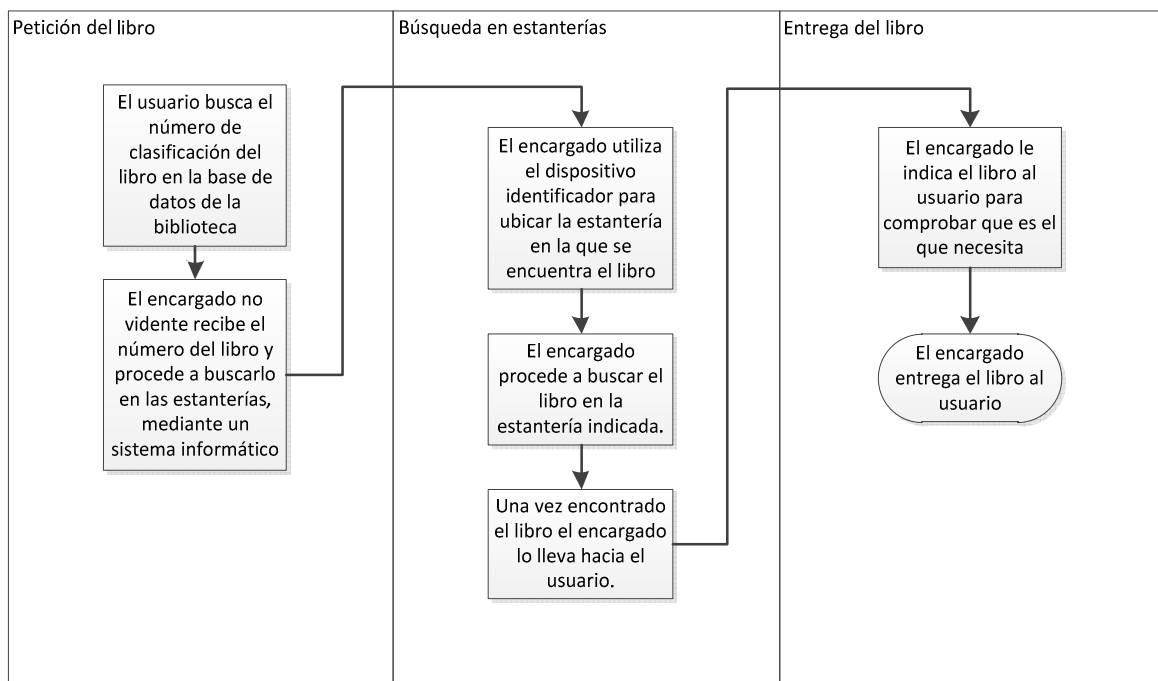


Figura 2. 9. Diagrama de procesos de préstamos propuesto

2.3.5. Entrevistas a encargados de bibliotecas

Con la finalidad de obtener información que permita orientar de mejor manera el diseño del prototipo electrónico se realizó visitas a bibliotecas públicas y universitarias. En estas visitas se realizan entrevistas a las personas encargadas de las bibliotecas, se les informa brevemente acerca del objetivo de la entrevista y posteriormente se realiza preguntas que tienen por objetivo identificar mecanismos internos que posee la biblioteca y que pueda ayudar al diseño del prototipo, por ejemplo con una base de datos de fácil acceso para contar con toda la información correspondiente a los libros, o un sistema RFID que se encuentre previamente implementado para inventario o seguridad, la manera en cómo se reubica los libros después de un préstamo. Las preguntas realizadas se encuentran en el Anexo 1.

Las bibliotecas en las cuales se realizan las entrevistas son la Universidad Tecnológica Equinoccial, Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Universidad de las Américas y la Escuela Politécnica del Ejército.

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos:

Las preguntas 1 y 2 tienen por objetivo determinar el conocimiento de las personas entrevistadas acerca de la ley de discapacidades y del ingreso mensual de una persona no vidente. El 100% de los entrevistados tienen conocimiento sobre la ley, pero el 80% desconocía cuanto es el ingreso mensual de una persona no vidente.

La tercera pregunta se refiere al tipo de acceso a los libros, el cual puede ser abierto, donde cada persona puede tomar los libros de la estantería, o controlado donde se necesita realizar una petición para el préstamo, con la finalidad de conocer qué porcentaje de bibliotecas necesitan una persona encargada de realizar este proceso

Como se puede observar en la Figura 2.10 el 80% de las bibliotecas, son de acceso controlado es decir necesitan de algún tipo de proceso para la petición interna de sus libros.



Figura 2. 10. Resultado de la pregunta 3

La pregunta cuatro, se refiere a la frecuencia y a la manera que se realiza el inventario de los libros, con el propósito de determinar si una persona no vidente puede colaborar en este proceso.

El resultado obtenido es que un 100% de las bibliotecas utiliza un sistema informático para realizar el inventario, es decir es necesaria la capacidad de manejar una computadora para el acceso a la base de datos de libros, por lo cual las personas no videntes tienen una clara desventaja en relación a las personas videntes.

La pregunta cinco se refiere a como se realiza la consulta de títulos de libros. Existe la posibilidad de búsqueda por medio de fichas nemotécnicas, de un sistema informático interno de la biblioteca y de un sistema informático de acceso al público mediante Internet. La finalidad es determinar si existe una base de datos digital a la que se pueda tener acceso externo, la cual resultaría útil para el desarrollo del prototipo electrónico de identificación de libros porque al existir una base de datos previamente creada el dispositivo puede acceder a ella para leer los datos de los libros.

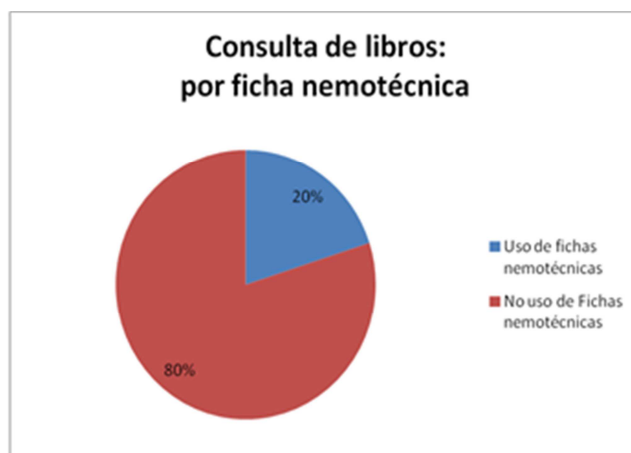


Figura 2. 11. Uso de fichas nemotécnicas

En la Figura 2.11 se puede apreciar que el método de búsqueda mediante fichas nemotécnicas es poco utilizado ya que tan solo un 20% de las bibliotecas lo hacen.



Figura 2. 12. Uso de un sistema informático interno

La Figura 2.12 indica que el 100% de las bibliotecas cuenta con un sistema informático interno

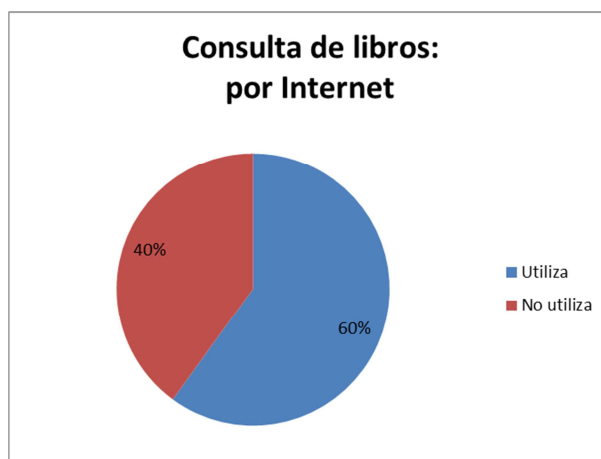


Figura 2. 13. Uso de un sistema informático de acceso público

La Figura 2.13 muestra que el 60% de las bibliotecas dispone de la posibilidad de realizar la búsqueda de títulos de libros mediante el acceso a Internet.

El objetivo de las preguntas seis, siete y ocho, es conocer el proceso de devolución y ubicación de los libros a las estanterías, esto se realiza con la finalidad de analizar la posibilidad de que no persona no vidente pueda colaborar en esta tarea.

En la Figura 2.14 se da conocer el resultado de la pregunta seis cuyo objetivo es determinar si una persona no vidente puede apoyar en el retorno de los libros. Como primera opción se tiene a una persona en el puesto de atención, en este caso la persona no vidente podría encargarse de la recepción de los libros y ubicarlos en las estanterías. Como segunda opción se tiene que las personas dejan los libros en las mesas de lectura, en este caso sería difícil para los no videntes la reubicación de los libros en las estanterías ya que aparte de identificar los libros, deben movilizarse dentro de la biblioteca para recoger los libros. La tercera opción es que las personas dejan los libros en coches destinados a la devolución de libros.

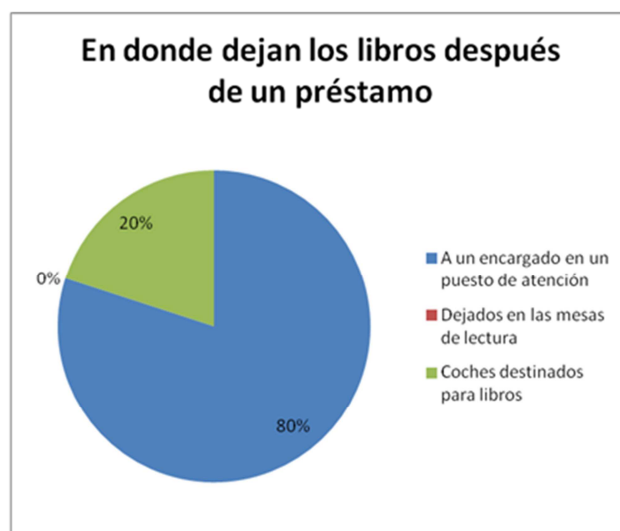


Figura 2. 14. Devolución de libros

La séptima pregunta ayuda a entender mejor el proceso de devolución de libros cuando existe una persona encargada de recibir los libros en un puesto de atención. Una posible opción es que la persona encargada después de recibir un libro se dirija inmediatamente a la estantería correspondiente y lo coloque en su sitio. Otra opción es que exista una acumulación de un número determinado de libros para ser devuelto a su ubicación y la última opción, a la final de una jornada de trabajo. Dando como resultado que el 100% de las bibliotecas entrevistadas acumulan un número determinado de libros para ser devueltos.

La pregunta ocho da a conocer, si el no vidente puede participar en la recepción de libros en caso de que sean prestados fuera de la biblioteca, tomando los datos importantes del libro como es su número de identificador, la fecha de préstamo, devolución y la sanción en caso de que sea necesaria.

El 100% de los entrevistados dicen que si es posible que una persona no vidente apoye en esta labor de recepción siempre que alguien esté identificando el título del libro.

Las preguntas 9 y 10 tienen por objetivo, dar a conocer como se realiza el mantenimiento de los libros, con qué frecuencia se lo realiza en las bibliotecas y si una persona no vidente puede apoyar en esta actividad.

El resultado fue que el 100% de las bibliotecas contratan una empresa que da el mantenimiento respectivo a los libros.

Por último la pregunta 11 da a conocer qué tipo de seguridad poseen los libros para evitar el hurto: protección electrónica (etiquetas electrónicas RFID), personal de seguridad, o Ninguna. El objetivo es que si las bibliotecas poseen un sistema anti hurto mediante RFID, se facilitaría la identificación de los libros, ya que cada etiqueta posee un número identificador único, y se lo asociaría a la base digital y se identificaría el libro. El resultado fue que el 85% de las bibliotecas poseen un sistema electrónico.

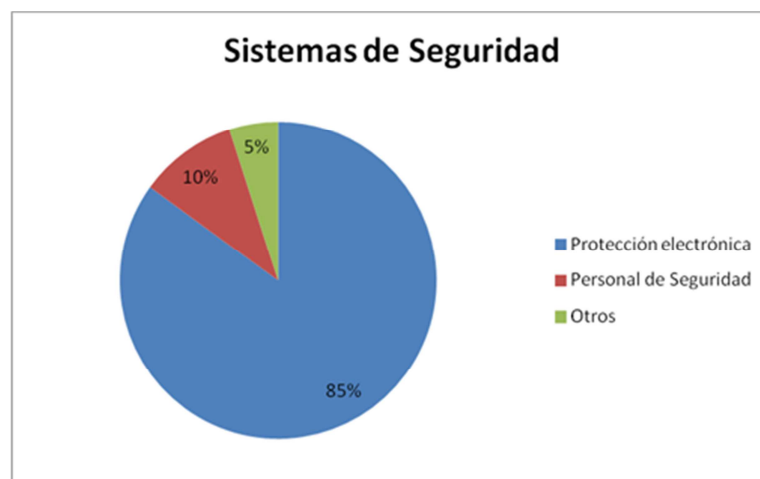


Figura 2. 15. Resultado pregunta 11

Los resultados de estas preguntas permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- Todas las bibliotecas (el 100%) utilizan una base de datos digital que puede ser aprovechada en la implementación del dispositivo identificador.
- La mayoría de las bibliotecas (el 80%) necesitan una persona encargada para los préstamos y devolución de los libros, la cual podría ser una persona no vidente.
- El 100% de las bibliotecas cuentan con un sistema informático de búsqueda de libros, el cual se encarga de proporcionar al usuario toda la información necesaria acerca del libro sin necesidad de ayuda externa, por lo tanto el usuario tiene la capacidad de entregar el número identificador a la persona encargada.
- El 85% de las bibliotecas tiene una protección electrónica anti-hurto, implementado mediante tecnología RFID, que podría ser aprovechado para la implementación del prototipo identificador.
- El diseño propuesto podría ser implementado en un 80% de las bibliotecas, ya que cuentan con el requerimiento de que sean una biblioteca cerrada y necesitan un encargado para los préstamos y devolución de libros.

2.3.6. Entrevista a no videntes

Adicionalmente se realizaron entrevistas a personas no videntes para conocer su opinión acerca del diseño que se realiza, con la finalidad obtener sugerencias acerca de componentes adicionales que resulten útiles para desempeñar su tarea.

Se pudo constatar, que estas personas no pueden distinguir el día de la noche, por lo tanto tienen una dificultad para controlar su jornada laboral, es por esto que un reloj audible les sería de gran ayuda. Comentaron acerca que la interfaz de usuario debe ser táctil ya que es uno de los sentidos más desarrollados.

Las personas no videntes aseguran que si tenían alguna forma para reconocer los objetos no tienen ningún problema para organizarlos, como por ejemplo utilizan adhesivos para identificar documentos y luego organizarlos.

Como conclusión a estas entrevistas se tiene que las personas no videntes se sienten capaces para realizar los procesos propuestos y existe una gran aceptación para el diseño del prototipo identificador.

2.4. Determinación del sistema

Según lo descrito, para que una persona no vidente pueda realizar las tareas relacionadas al préstamo y entrega de libros necesita:

- Tener una capacitación para familiarizarse con el entorno físico en donde va a desempeñar su labor, de esta manera el no vidente puede ubicar las estanterías con mayor facilidad y seguridad. Las personas no videntes tienen una gran capacidad para ubicarse espacialmente en entornos conocidos.
- La persona no vidente necesita conocer el número de clasificación del libro que está manejando, ya que utiliza esta información para ubicar a la estantería que pertenece
- Las herramientas que utiliza en el trabajo debe permitir la libertad de movimiento en el espacio determinado.

El objetivo del sistema es facilitar a las personas no videntes la ejecución de las tareas de un encargado de estantería de biblioteca, por lo cual resulta imprescindible que cuenten con un apoyo para poder identificar los libros. El funcionamiento del sistema estará basado en el uso de tecnología RFID como medio para identificar libros de manera automática, asignando a cada libro un número identificador único propio de cada etiqueta. Por lo tanto el papel de la herramienta electrónica es el de identificar las etiquetas RFID colocadas en los libros y reproducir un mensaje de audio con los datos importantes del libro.

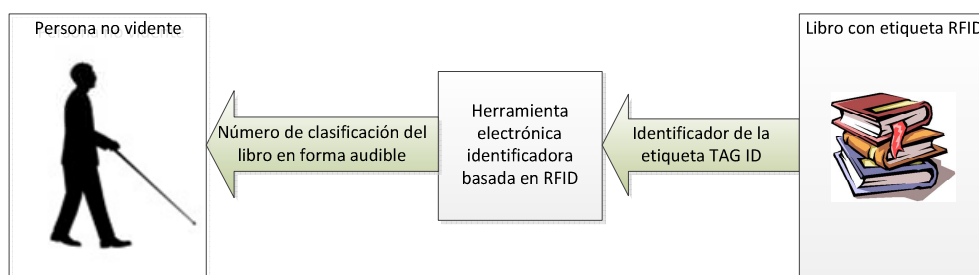


Figura 2. 16Uso de tecnología RFID para la identificación de libros

El sistema funcionara siguiendo los pasos que se detallan a continuación:



Figura 2. 17 Diagrama de bloques del sistema

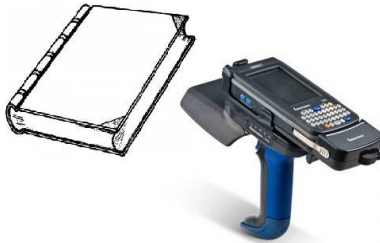
1. La biblioteca debe definir los datos necesarios para los mensajes de audio de la herramienta electrónica, los datos básicos para que la persona no vidente pueda localizar la ubicación de un libro en las estanterías son su número de clasificación, su título y la estantería a la cual pertenece, sin embargo la biblioteca puede requerir datos adicionales tales como la existencia de anexos del libro en formato DVD o CD o si existen restricciones para el préstamo del libro en caso de que sea un ejemplar raro.

2. Una vez definidos estos datos la persona encargada de la catalogación de los libros crea una base de datos que será almacenada en la memoria de la herramienta electrónica, en esta base se asocia el número identificador de la etiqueta RFID, con el mensaje de audio que debe reproducir la herramienta electrónica para informar al no vidente los datos del libro. Esto implica que el encargado de la catalogación debe contar con un lector RFID para obtener el identificador de cada etiqueta y con un medio para grabar mensajes de audio.

3. Una vez realizado el etiquetado de los libros utilizando los datos del sistema de clasificación de la biblioteca se procede a colocarlos en las estanterías y realizar la capacitación del encargado no vidente. Primero se le puede describir con exactitud como se encuentran organizados los objetos dentro de la biblioteca al mismo tiempo que se le permite reconocer dichos objetos con su sentido del tacto, con la finalidad de que se familiarice con su lugar de trabajo.

4. El encargado de la catalogación le explica a la persona no vidente como se deben organizar los libros, informándole acerca del sistema de clasificación que utiliza la biblioteca. Se le explica al no vidente el funcionamiento de la herramienta electrónica, mencionando los pasos que debe seguir para identificar un libro, tal como se aprecia en las siguientes Figuras.

- a. El no vidente debe acercar la herramienta al libro que desea identificar.



- b. Presiona un botón para realizar la búsqueda de libros.



- c. La herramienta utiliza el lector RFID para buscar etiquetas dentro del área de lectura.



- d. En caso de que el lector encuentre una etiqueta que exista en la base de datos la herramienta reproduce el mensaje de audio asociado a esta.



- e. El mensaje de audio reproducido por la herramienta contiene los datos necesarios para identificar el libro.
5. Finalmente se le pide que utilice la herramienta electrónica para que coloque los libros recientemente etiquetados en las estanterías, de esta manera se familiariza con la actividad de devolución de los libros. Para que se familiarice con la actividad de préstamo de libros se le solicita que busque varios libros utilizando los números de clasificación, simulando de esta manera las peticiones de libros que serán realizadas por los usuarios de la biblioteca. Al terminar estas actividades de capacitación la persona no vidente se encuentra lista para desempeñar el proceso de préstamos y entrega de libros.
6. Finalmente se debe realizar una evaluación con la finalidad de verificar si la persona no vidente tiene algún problema para desarrollar las actividades.

Utilizando los procesos anteriormente descritos, una persona no vidente puede desempeñar sin ningún problema los procesos de entrega y recepción de libros tal como se puede apreciar en las Figura 2.18 y 2.19.



Figura 2. 18 Diagrama de bloques para el préstamo de libros



Figura 2. 19 Diagrama de bloques para la devolución de libros

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLMETACION DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO

3.1. Introducción

En capítulos anteriores se analizaron las dificultades que tienen las personas no videntes para realizar tareas laborales propias de una biblioteca, se identificó queal momento de colocar los libros en sus estanterías respectivas, una persona no vidente no tiene acceso al número de clasificación que la biblioteca utiliza para ordenar los libros, debido a que se encuentra en forma de texto escrito, por lo tanto le resulta imposible realizar esa tarea por sí sola.

Este capítulo está enfocado al diseño de un prototipo identificador de objetos, el cual sirve como herramienta de apoyo a una persona no vidente para realizar dichas tareas, el cual estará basado en tecnología RFID como método de identificación de objetos, cuenta con una interfaz audible apropiada para el uso dichas personas y tiene características de portabilidad para que la persona no vidente pueda movilizarse con facilidad en su ambiente de trabajo.

A continuación se presenta los criterios del diseño del sistema, y posteriormente se presenta los aspectos técnicos del diseño, tales como el hardware y el software.

3.2. Criterios de diseño

La función principal de este prototipo es la de buscar e identificar etiquetas RFID dentro de un rango de lectura adecuado para la comodidad del usuario (estimado 10 cm), una vez identificada la etiqueta reproduce un mensaje de voz asociado a esta etiqueta con información que sea útil para la persona no vidente, informa al usuario de manera clara la función que se está ejecutando y el estado en la que se encuentra.

Para realizar las funciones ya descritas el prototipo debe contar con los siguientes:

- Un lector RFID para la identificación de los libros por medio de etiquetas adheridas a ellos, la distancia de lectura debe ser un mínimo de 10 cm, debe operar en la banda de UHF (862-955 MHz) ya que las etiquetas más difundidas comercialmente operan a estas frecuencias, debe ser compatible con los estándares más usados que son ISO y EPC, debe tener interfaces de comunicación compatibles con un micro-controlador (UART, I2C, SPI).
- Etiquetas RFID, deben ser pasivas, porque cumplen con los requerimientos de distancia máxima de lectura y ofrecen ventajas en cuanto a costos (entre 1 a 9 centavos de dólar) frente a las etiquetas activas.
- Un codificador/decodificador de audio que cumple la función de conversor análogo/digital en el sistema de audio. Debe tener una interfaz de comunicación compatible con el micro-controlador (DCI) Su frecuencia de muestreo mínima debe ser de 8 KHz para garantizar una buena calidad de audio y debe ser compatible con el estándar de datos PCM utilizado en archivos de audio en formato WAV.
- Un amplificador de audio monofónico que actuará como etapa de potencia en el sistema de audio. Debe ser compatible con audífonos de 32 ohmios y debe contar con

una salida para un parlante auxiliar de 8ohmios a 1W, debe operar en frecuencias desde 20 hasta 20000 Hz, que corresponden al espectro audible del oído humano. La potencia de salida mínima es 750 mW para asegurar que el nivel de intensidad del sonido este por encima del umbral de audición del ser humano (mayor a 0dB).[11]

- Una batería tipo Li-ion, ya que a comparación de otros tipos de baterías ofrecen una mayor densidad de energía es decir en el mismo espacio almacena hasta el doble de energía, tienen un alto tiempo de vida útil ya que el número de ciclos de carga y descarga se encuentra entre los 500 a 1000 ciclos, equivalente a 2 o 3 años, el voltaje estándar de cada celda es de 3,6 voltios por lo que comercialmente están disponibles en presentaciones de múltiplos de 3,6 de acuerdo al número de celdas.[12]
- Para el almacenamiento de memoria externa se utiliza una tarjeta SD-Card ya que son las más difundidas en el mercado, poseen una gran capacidad de almacenamiento de datos (hasta 32gb), son compatibles con la interfaz de comunicación SPI del micro-controlador y tienen un tamaño apropiado para un dispositivo portátil (32 x 34 x 2.1 mm).
- Una interfaz táctil apropiada para usuarios no videntes, es por esto que se escoge un teclado matricial.
- Un micro-controlador de alto desempeño, que tenga la capacidad para realizar procesamiento digital audio, que tenga interfaces para la comunicación DCI, UART, I2C, y SPI, para realizar el control de los otros componentes del prototipo, un mínimo de 8pines de entrada/salida de propósito general para la interfaz que utiliza un teclado matricial de 4x4 y un conversor análogo a digital, para el monitoreo del nivel de carga de la batería.

3.3. Componentes del dispositivo

El diagrama de bloques en la Figura 3.1 indica cómo interactúan cada uno de estos componentes mencionados

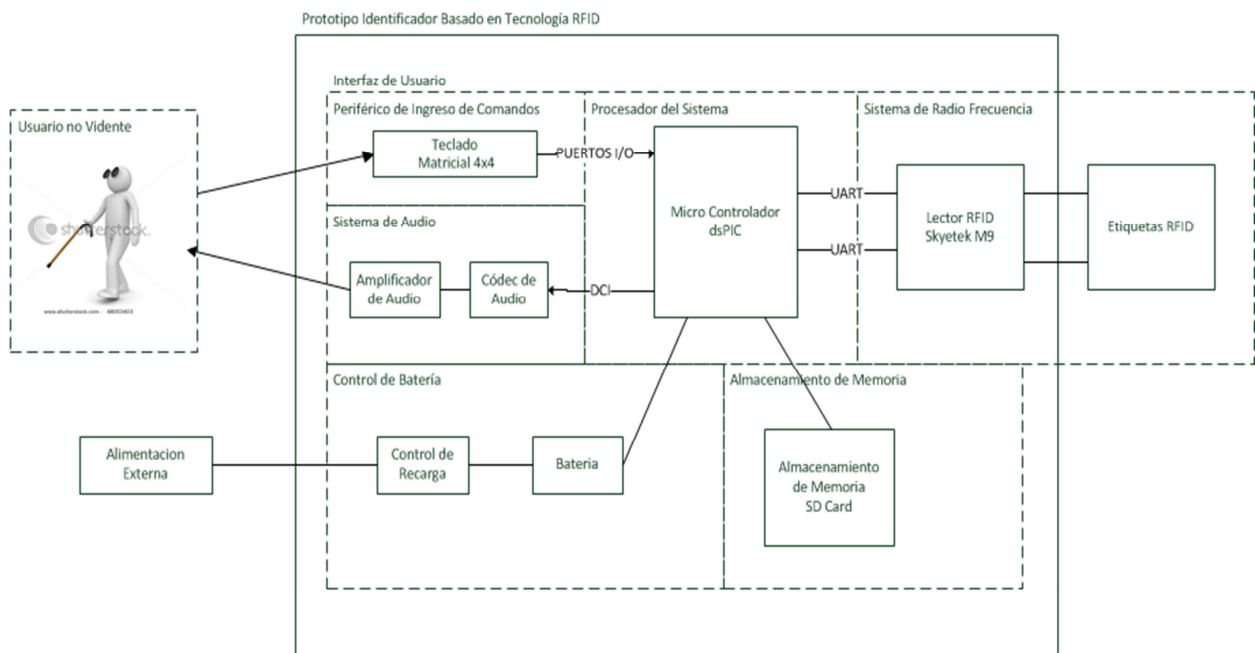


Figura 3. 1. Diagrama de bloques del sistema

A continuación se realiza un análisis más exhaustivo de las características de funcionamiento cada uno de estos componentes. Posteriormente se realiza una descripción detallada de los algoritmos programados para ejecutar las funciones.

3.3.1. Control del sistema

Es la parte central del prototipo que se encarga de controlar el funcionamiento de todo el sistema se elige un micro-controlador de alto desempeño, el cual se encarga de configurar y

controlar a los otros componentes del prototipo ejecutando algoritmos que han sido previamente programados. El chip utilizado es el dsPIC30F5013, perteneciente a la familia dsPIC del fabricante Microchip.

Los micro-controladores de la familia dsPIC presentan las siguientes características:

- Son dispositivos DSC (Digital Signal Controller), reúnen las características de control de un micro-controlador (MCU, Micro Controller Unit) con la capacidad de procesamiento de datos de un procesador digital de señales (DPS, *Digital Signal Processor*).
- Cuentan con varios tipos de interfaces para el manejo de periféricos externos, los cuales se encuentran implementadas a nivel de hardware, tales como el UART, I2C, SPI, DCI y CAN.
- Son capaces de ejecutar instrucciones a velocidades de hasta 40 MIPS (millones de instrucciones por segundo).
- Existen herramientas proporcionadas por el fabricante que permiten la programación en lenguaje ensamblador, así como en lenguajes de alto nivel tales como C++, Pascal y Basic.
- Requieren de pocos componentes externos (2 capacitores y 1 cristal) para su funcionamiento básico.
- Ejecutan las instrucciones aritméticas en un solo ciclo de instrucción, mientras que en los micro-controladores de la familia PIC16 y PIC18 se ejecutan en varios ciclos. Esto optimiza la velocidad con la que se ejecutan tareas de procesamiento de datos.

El micro-controlador dsPIC30F5013 es utilizado ya que cuenta con la interfaz DCI utilizada para la comunicación con los códec de audio.

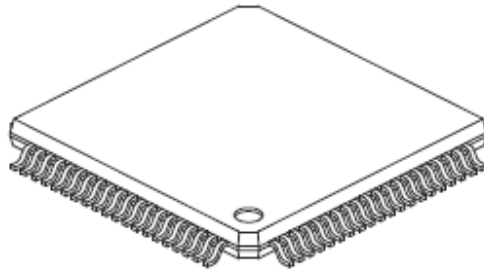


Figura 3. 2. Empaquetado TQFP-80 dspic30F5013

Las características técnicas de este micro-controlador de alto desempeño son:

Tabla 3.1. Características del micro-controlador dspic30F5013

Parámetro	Valor
Velocidad del CPU	30 MIPS (millones de instrucciones por segundo)
Memoria de Programa	66 KB
Memoria RAM	4Kbytes
Voltaje de Operación	Desde 3 hasta 5.5 Voltios
Número de Pines	80
Pines de Entrada/Salida	68
Oscilador Interno	7.37 MHz
Periféricos de Comunicación	2 UART 2 SPI 1 I2C

Interfaz de Códec	1 DCI
Empaquetado	TQFP de 80 pines (estándar)

80-Pin TQFP

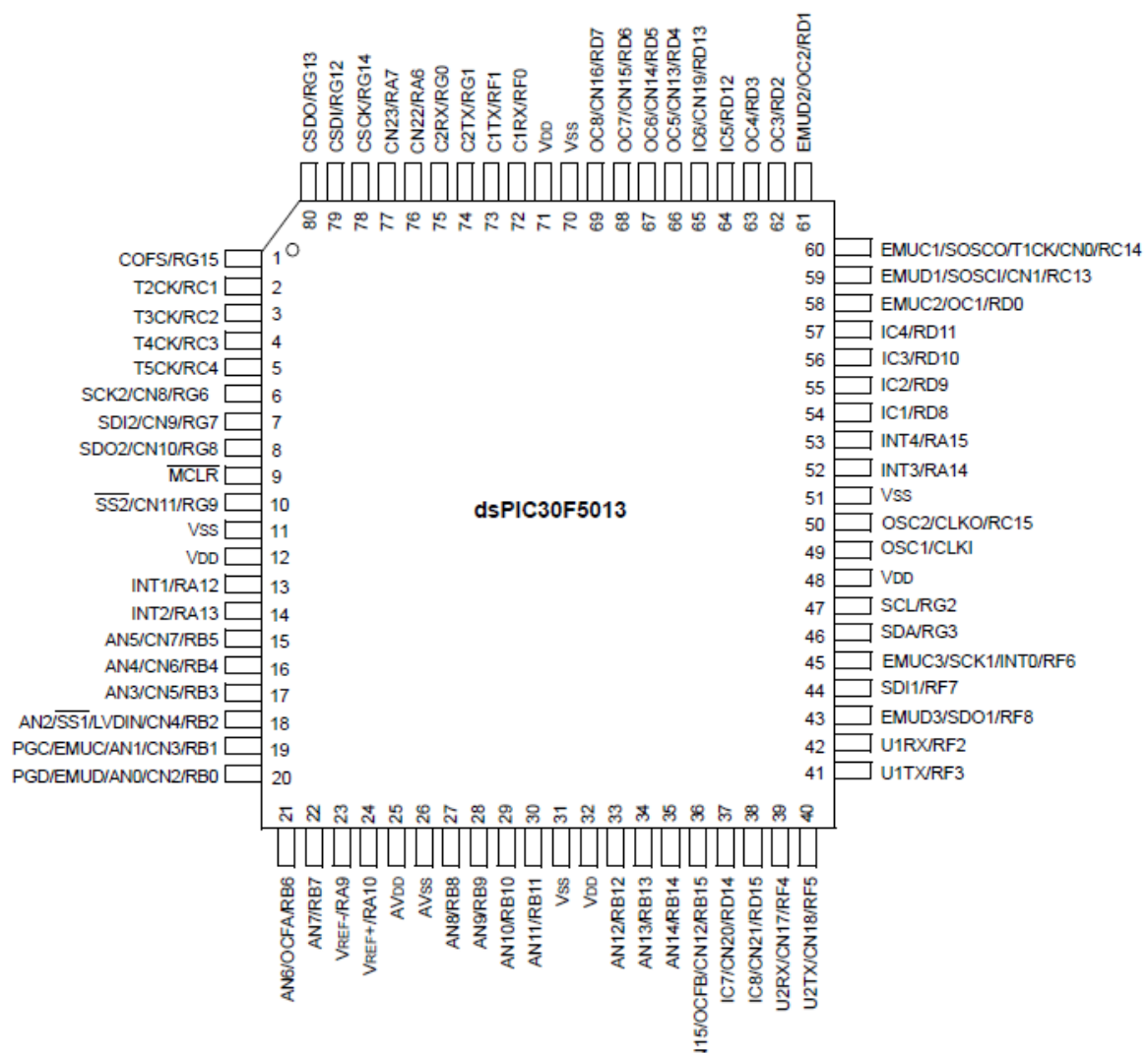


Figura 3. 3.Diagrama de pines del dspic30F5013

Para realizar la programación se utilizó el software MPLAB, propio de la empresa fabricante Microchip debido a la gran cantidad de herramientas y documentación que se encuentra en su página web. Cuenta con un agregado para la programación en lenguaje C, el MPLAB C30, el cual es un compilador de lenguaje C para micro-controladores de la familia dsPIC. La utilización de esta herramienta facilita mucho la programación ya que se pueden realizar cambios a los registros internos del dsPIC de manera sencilla. Se puede utilizar los nombres de los registros directamente y asignar el valor que se necesite.

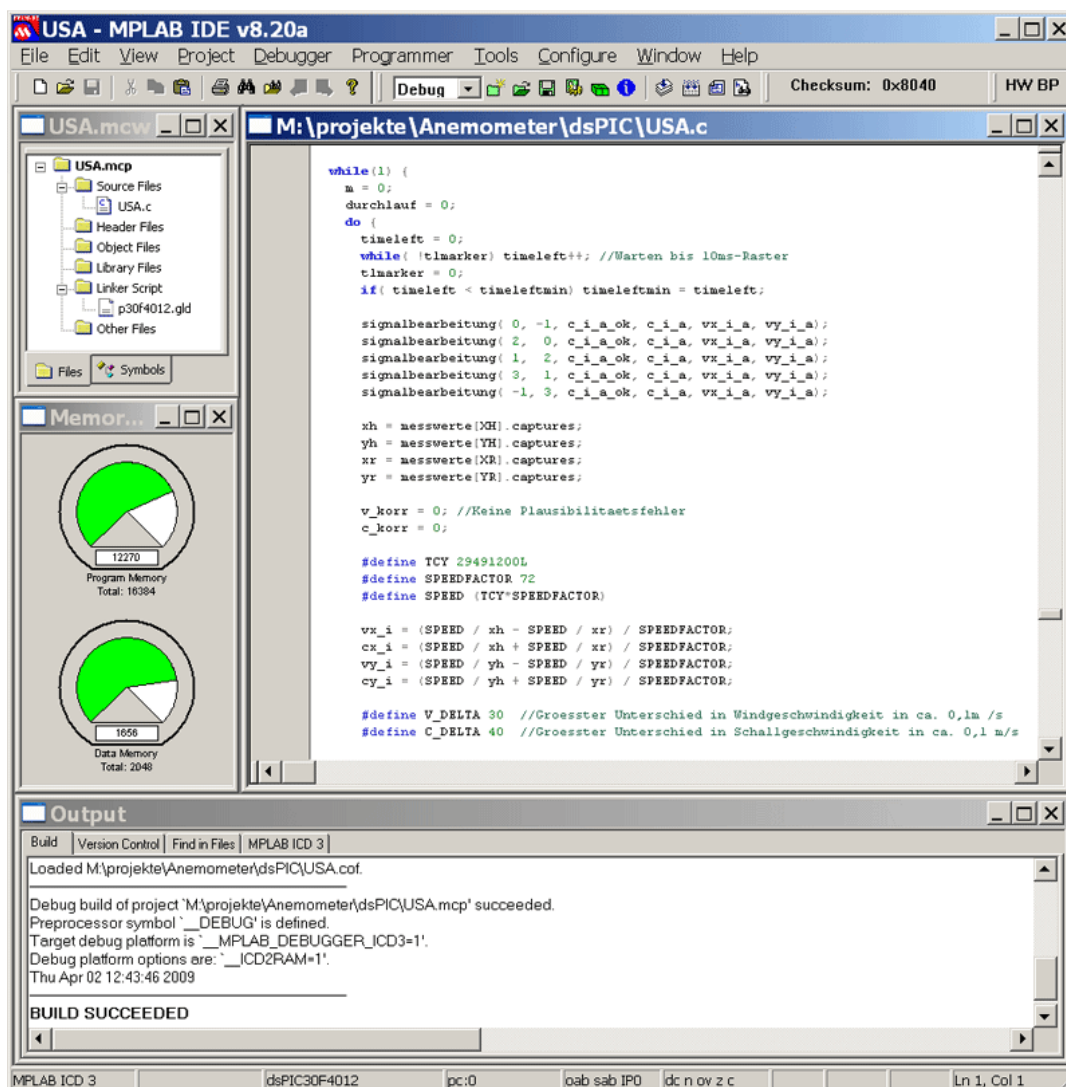


Figura 3. 4. Software de programación MPLAB

Para configurar el micro-controlador es necesario configurar el oscilador, los puertos de entrada/salida y los módulos de comunicación.

Primero se debe configurar el oscilador del sistema, se utiliza un cristal externo de 20 MHz y se aplica PLL para lograr una frecuencia de reloj de 80 MHz, que es la máxima a la que puede trabajar el micro controlador. Se deben calcular los valores de 3 registros, PLLPRE, PLLPOST y PLLDIV. Para calcular los valores de los registros se utilizan fórmulas que se encuentran detalladas en la hoja de datos del fabricante.

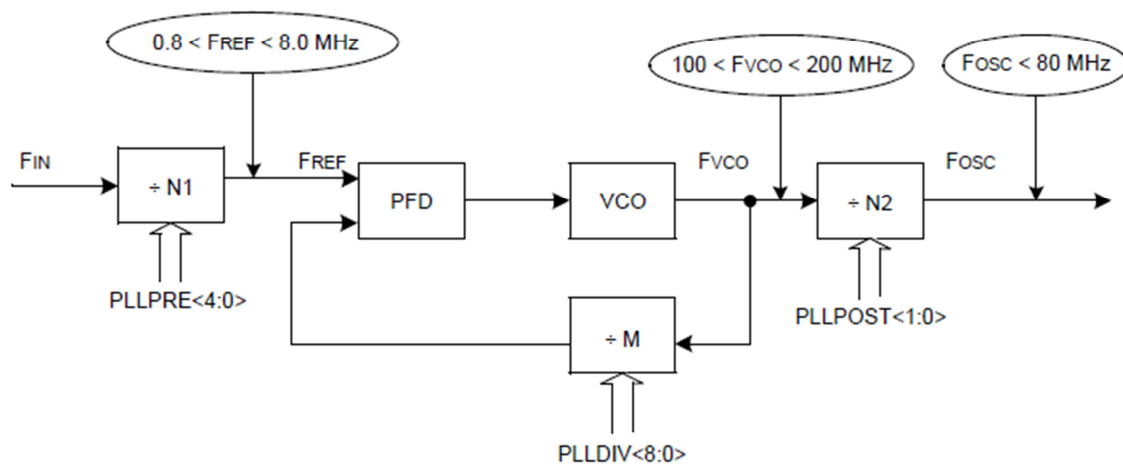


Figura 3. 5. Configuración del oscilador

Ecuación 3.1. Configuración del Oscilador interno del dsPIC

$$F_{osc} = F_{in} \left(\frac{M}{N1 \times N2} \right) = F_{in} \left\{ \frac{(PLLDIV + 2)}{(PLLPRE + 2) \times 2(PLLPOST + 1)} \right\}$$

$$F_{vco} = F_{in} \times \left(\frac{M}{N1} \right)$$

Dónde:

Fosc=Frecuencia de salida del módulo PLL del dsPIC

Fin=Frecuencia de entrada del módulo PLL del dsPIC

M=valor de los bits [8:0] del registro PLLDIV más 2

N1= valor de los bits [4:0] del registro PLLPRE más 2

N2= valor de los bits [4:0] del registro PLLPOST más 1

Fvco=Frecuencia de salida antes de aplicar el post escalador N2

En la que la frecuencia de entrada Fin es de 20 MHz, la frecuencia de salida Fosc es de 80 MHz Después de realizar los cálculos correspondientes se obtiene:

$$PLLDIV = 30$$

$$PLLPOST = 0$$

$$PLLPRE = 2$$

3.3.2. Configuración de los módulos de comunicación

El dsPIC30F5013 cuenta con módulos de comunicación implementados en hardware y controlados a través de registros, esto facilita la programación ya que las señales utilizadas en la comunicación son generadas automáticamente.

Los módulos de comunicación utilizados son:

- UART: Utilizado para la comunicación con el lector RFID.
- SPI: Utilizado para la comunicación con la Tarjeta de Memoria SD.
- I2C: Utilizado para la configuración y control del códec.
- DCI: Utilizado para la transmisión de datos entre el códec y el micro-controlador.

A continuación se detalla brevemente como se realiza la configuración de cada uno de estos módulos.

3.3.2.1. Módulo UART

El UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) es un componente de hardware que convierte información en formato paralelo a serial con la finalidad de ser transmitida. Se utiliza generalmente con estándares de comunicación tales como el EIA, RS-232, RS-422 o RS-485.

El micro-controlador cuenta con dos módulos UART independientes entre sí. Su función es la de transmitir información de manera bidireccional en formato serial hacia los periféricos externos.

La comunicación utilizando los módulos UART del dsPIC se realiza mediante la utilización de dos líneas, una para la transmisión UTX y otra para la recepción URX. Debido a que no se utiliza una señal de sincronización la transmisión se debe realizar a una frecuencia específica, la cual es conocida como el “*baud rate*”, para generarla se dispone de un generador de baudios con un pre divisor de frecuencia.

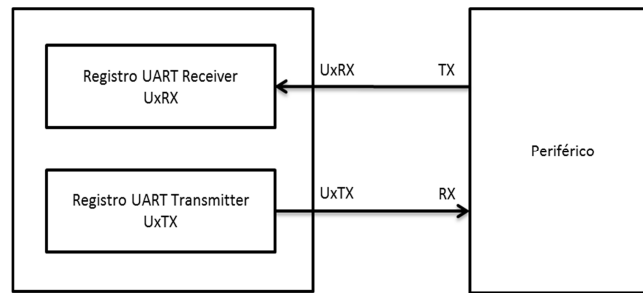


Figura 3. 6. Esquema del módulo UART del dsPIC

El módulo UART puede funcionar en modo full dúplex, con datos entre 8 o 9 bits, 1 o 2 bits de STOP, un bit de paridad par o impar y el margen de frecuencias que soporta abarca desde los 38 Hz hasta los 2.5 Mbps

Los registros utilizados en la configuración del módulo UART son U1MODE, U1STA y U1BRG.

Registro U1MODE. Es necesario modificar los siguientes bits:

- UARTEN: Activa la transmisión serial y hace que los pines U1RX y U1TX se configuren como entrada y salida.

U1MODE: UART1 MODE REGISTER							
Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
UARTEN	-	USILD	IREN	RTSMD	-	UEN <1:0>	
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
WAKE	LPBACK	ABAUD	URXINV	BRGH	PDSEL<1:0>		STSEL

Figura 3. 7. Bits del registro U1MODE

Registro U1STA. Es necesario modificar los siguientes bits:

- UTXEN: Habilita la transmisión serial, el pin U1TX es controlado por el módulo serial.

U1STA: UART1 STATUS AND CONTROL REGISTER							
Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
UTXISEL1	UTXINV	UTXISEL0	-	UTXBRK	UTXEN	UTXBF	TRMT
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
URXISEL <1:0>		ADDEN	RIDLE	PERR	FERR	OERR	URXDA

Figura 3. 8. Bits del registro U1STA

Registro U1BRG. Es utilizado para generar el baud rate de transmisión. Para calcular su valor se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 3.2. Cálculo del valor del registro U1BRG

$$U1BRG = \frac{Fosc/2}{16 \times BaudRate} - 1$$

Donde $Fosc$ = Frecuencia del oscilador del micro-controlador

Baud Rate = Es el valor del baud rate deseado

Por lo tanto para un valor de F_{osc} de 80 MHz y un baud rate de 38400 el valor de U1BRG es de 64.

Adicionalmente se utilizan los registros U1RXREG y U1TXREG, los cuales se utilizan para la transmisión de datos.

Registro U1RXREG. Cuando el dsPIC recibe un byte a través de la interfaz serial el valor recibido se queda almacenado en este registro, debe ser leído antes de poder recibir nuevos bytes.

Registro U1TXREG. Cuando se desea enviar un byte por la interfaz serial se debe escribir su valor en este registro y el micro-controlador se encarga de generar las señales apropiadas.

3.3.2.2. Módulo I2C

I2C (*Inter-Integrated Circuit*) es un bus serial multi-maestro utilizado para la comunicación entre dispositivos electrónicos y sus periféricos. Es un bus multi maestro, es decir pueden estar presentes varios maestros, el rol de maestro puede ser intercambiable con el de esclavo en caso de que la aplicación así lo requiera. El diseño de referencia básico de I2C es un bus de dos líneas (SDA y SCL) con direcciones de 7 bits. Cada nodo puede tener 2 roles, maestro o esclavo. El maestro se encarga de generar la señal de reloj y las direcciones para comunicarse con los esclavos, los esclavos se encargan de recibir la señal de reloj y de responder en caso de que la dirección enviada por el maestro coincida con la propia. El diseño I2C utiliza un espacio de dirección de 7 o 10 bits. Las velocidades de funcionamiento comunes son de 100 kbits/s y el modo de baja velocidad de 10 Kbits/s. Los voltajes típicos de funcionamiento son de 5 V y 3.3 V.

En I2C se utilizan dos líneas de transmisión, las cuales deben ser de colector abierto de acuerdo a la especificación y por lo tanto deben tener resistencias “pull-up”:

- SDA(*Serial Data Line*). Es la línea de datos. Es un canal bidireccional que actúa como salida o como entrada dependiendo de la dirección de la comunicación.
- SCL (*Serial Clock Line*). Es la línea de reloj. Es generada por maestro y recibida por el esclavo, sirve para la sincronización de la transmisión.

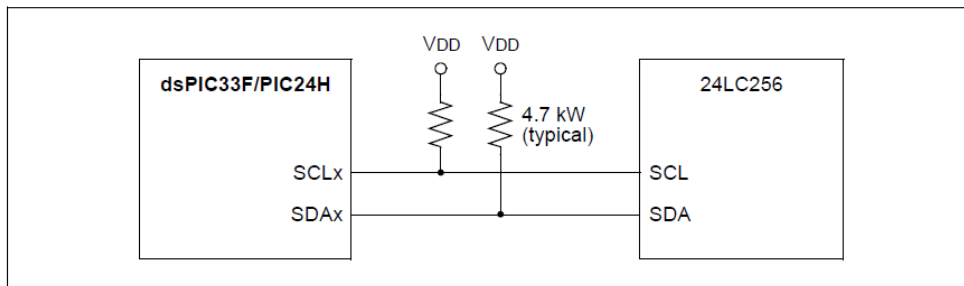


Figura 3. 9. Esquema de conexión entre dos elementos en el bus I2C

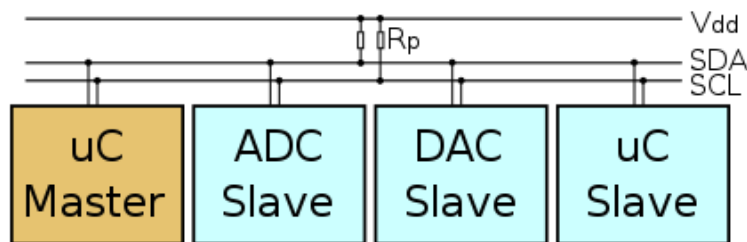


Figura 3. 10. Esquema del bus I2C con múltiples maestros/esclavos

Como solo se dispone de una línea de datos es necesario utilizar un protocolo de transmisión propio del estándar I2C. A continuación se detallan los pasos que se deben seguir para realizar una transmisión I2C entre dos dispositivos.

- El dispositivo maestro se encuentra inicialmente en modo de espera.
- Para iniciar la transmisión debe generar una condición de inicio, conocida como START, la cual ocurre cuando la línea SCL se encuentra en alto y en la línea SCL se pasa de alto a bajo.
- Posteriormente el maestro procede a enviar la dirección del dispositivo esclavo seguida de un bit que indica si el maestro desea enviar o recibir información. Cada bit es enviado en un pulso de la línea SCL y para que un bit sea considerado como válido es necesario que la línea SDA mantenga su estado durante todo este pulso.
- Una vez enviado esto el esclavo debe generar una condición de validación, conocida como ACK, la cual es mantener la línea SDA en bajo mientras ocurre el último pulso de SCL enviado por el maestro.
- Una vez recibida la señal ACK el maestro continúa la transmisión en modo de envío o recepción de datos mientras el esclavo realiza la tarea complementaria, recepción o envío de datos respectivamente.
- Finalmente la comunicación termina cuando el dispositivo maestro genera una condición de STOP, la cual ocurre cuando se produce una transición de bajo a alto de la línea SDA mientras la línea SCL se encuentra en alto.
- Si el maestro desea realizar una transmisión continua de datos no genera la señal de STOP, sino que genera continuamente la señal de ACK, esto le informa al esclavo que continúe con la transmisión.

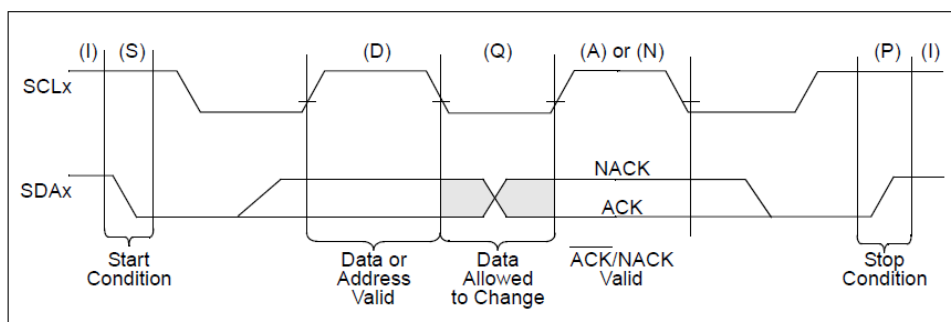


Figura 3. 11. Etapa de la transmisión utilizando el protocolo I2C

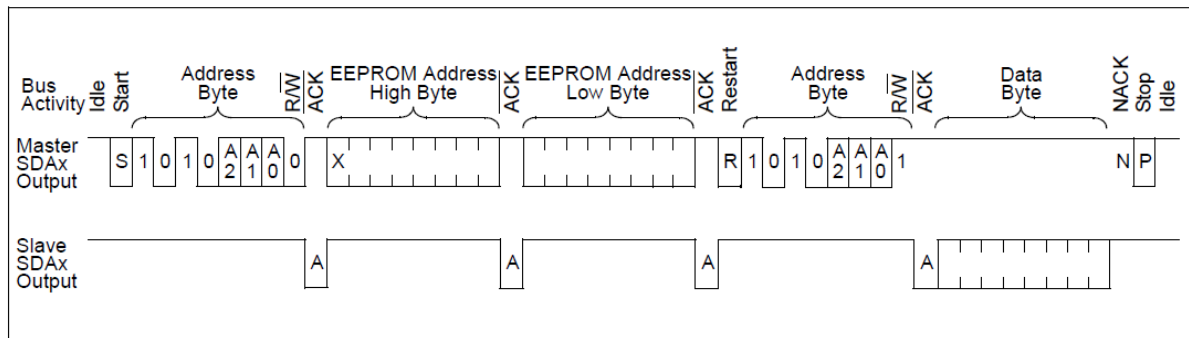


Figura 3. 12. Ejemplo de datos transmitidos durante el intercambio I2C

Para manejar el módulo I2C el micro-controlador utiliza el siguiente registro:

Registro I2CxCON. Registro de control del I2C. En este registro es necesario activar el bit I2CEN, el cual indica que el módulo I2C se encuentra activo. Se utilizan los bits PEN y SEN para generar condiciones de inicio y parada dentro del programa.

I2CxCON: I2Cx Control Register							
Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
I2CEN	-	I2CSILD	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN

Figura 3. 13. Bits que componen el registro I2CxCON

Una vez configurado este registro el módulo I2C se encuentra listo para ser usado.

3.3.2.3. Módulo SPI

SPI (del inglés *Serial Peripheral Interface*) es una interfaz de transmisión serial síncrona de datos. Es muy utilizada para la comunicación entre dispositivos electrónicos tales como micro-controladores, memorias EEPROM, conversores ADC / DAC.

Utiliza 4 líneas para la comunicación, 2 de transferencia de datos y 2 de control.

- SDI (Serial Data Input). Línea de transmisión de datos.
- SDO (Serial Data Output). Línea de transmisión de datos.
- SCK (*Shift Clock Input*). Línea de la señal de reloj, la cual será entrada si trabaja en modo esclavo, o salida si trabaja en modo maestro.
- SS (*Slave Select*). Es una línea de selección de esclavo. Con esta línea se controla el dispositivo que debe recibir los datos enviados por medio del bus.

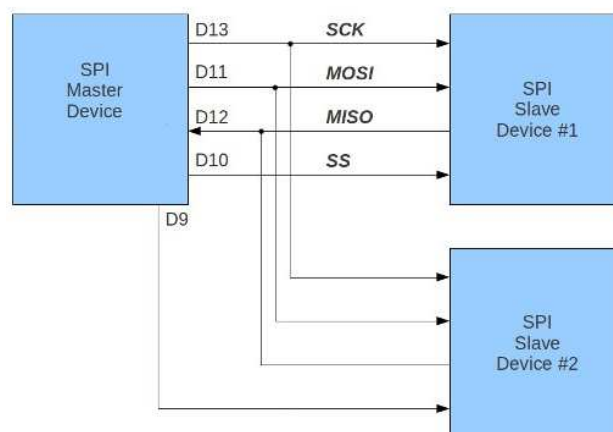


Figura 3. 14. Esquema de conexión de la interfaz SPI

El registro utilizado para la configuración del módulo SPI es el SPIxSTAT:

- Registro SPIxSTAT. Registro de estado y de control del SPI. En este registro es necesario activar el bit SPIEN, el cual se encarga de iniciar el módulo SPI y configurar los pines asociados a este como entradas y salidas respectivamente.

3.3.2.4. Módulo DCI

El módulo DCI (*Data Converter Interface*) permite una sencilla comunicación con muchos dispositivos comunes como los codificadores de audio y de voz (CODEC), telefonía, reconocimiento de voz, eliminación de eco, conversores AD y DA, etc.

La aplicación más interesante del módulo DCI es la destinada a las aplicaciones de voz y sonido de alta calidad con frecuencias comprendidas entre 8 y 48 KHz.

El tamaño de palabra es configurable hasta 16 bits y cada trama puede contener hasta 16 palabras, con lo cual la máxima longitud de una trama es de 256 bits. Puede almacenar hasta cuatro palabras sin la supervisión de la CPU, es decir entre cada interrupción del módulo DCI hasta 4 palabras pueden ser enviadas al buffer.

Utiliza 4 líneas, 2 de datos y 2 de control.

- CSCK. Línea de reloj.
- COFS. Línea de sincronización.
- CSDO. Línea de datos.
- CSDI. Línea de datos.

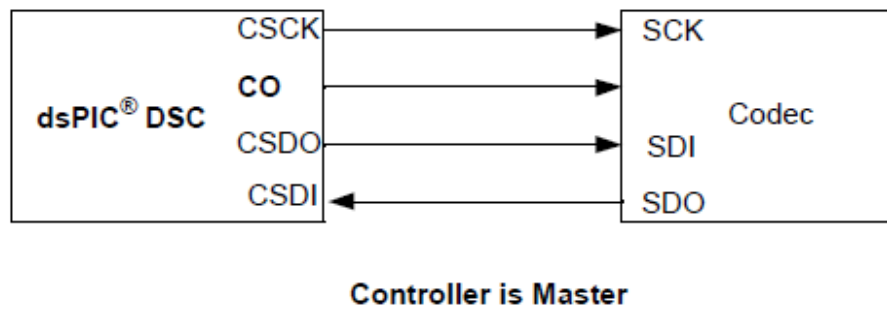


Figura 3. 15. Esquema de conexión del módulo DCI

Los registros de control y estado involucrados son los siguientes:

- DCICON1: bits para configurar el modo de sincronización de trama y los bits de habilitación.
- Es necesario modificar el bit DCIEN, el cual se encarga de inicializar el módulo DCI y configurar los pines asociados a este.
- DCICON2: para configurar la longitud de palabra, de trama y del buffer
- Es necesario modificar los bits BLEN <1:0>, COFSG <3:0>, WS <3:0>, los cuales contienen valores de sincronización del módulo DCI.
- DCICON3: para configurar el reloj del módulo DCI (Bit clock generator).
- DCISTAT: muestra información sobre el estado del módulo.
- RSCON: configura los time slots utilizados para la recepción.
- TSCON: configura los time slots utilizados para la transmisión.

Hay 4 registros para la transmisión TXBUF0, TXBUF1, TXBUF2 y TXBUF3, los cuales contienen los datos recibidos en el módulo a manera de buffer.

Hay 4 registros de recepción RXBUF0, RXBUF1, RXBUF2 y RXBUF3, en los cuales se debe escribir los datos que se desea enviar.

Estos módulos son los utilizados por el micro-controlador para configurar y controlar los periféricos. El código del programa se encuentra en el anexo [2]

3.3.3. Sistema de radiofrecuencia

Es la parte encargada de realizar la búsqueda e identificación de etiquetas. Su función principal es la de adquirir el número identificador propio de cada etiqueta como medio para ser identificarla. Es un componente muy importante del sistema ya que determina propiedades importantes tales como velocidad y distancia de lectura, fiabilidad y tamaño del equipo, consumo de energía.

Para realizar la lectura de las etiquetas por medio de radiofrecuencia se optó por utilizar el módulo Skyetek M7, el cual es un módulo lector RFID especialmente diseñado para ser usado en sistemas embebidos, cuenta con todos los componentes necesarios para realizar la lectura de etiquetas RFID en la banda de frecuencia de 862 a 955 MHz Anexo [3]

Las principales características de este dispositivo son las siguientes:

Tabla 3.2. Características fundamentales del lector RFID

Frecuencia de trabajo	862 – 955 MHz
Dimensiones	53 x 36 x 9 mm

Peso	7 g
Interfaces de comunicación	UART(TTL) 9.6 – 115.2 Kbps
Protocolos de etiquetas compatibles	EPC C1G1 EPC C1G2/ISO 18000-6C ISO 18000-6B ISO 18000-6A
Conector de antena	Puerto de 50 Ω con conector MMCX VSWR 1.5:1 o menos para desempeño óptimo
Consumo de corriente	En modo Inactivo 10 mA En modo Espera 120 mA En modo Escaneo 320 mA @ 24 dBm 240 mA @ 18 dBm 180 mA @ 12 dBm
Fuente de alimentación	4.5 – 5.5 V
Potencia de salida	Ajustable de 10 – 27 dBm en pasos de 0.1 dBm.
Rango de lectura	2 m con una antena de 6 dBi linealmente polarizada



Figura 3. 16. Módulo Skyetek M7

Como se puede apreciar en estas características, este dispositivo lector RFID es compatible con los estándares ISO de etiquetas, los cuales son los más difundidos a nivel comercial. Es muy compacto lo cual lo hace ideal para aplicaciones portátiles, además que consume poca energía, menor a 170ma cuando está en modo de espera, por lo que existe la posibilidad de ponerlo en modo inactivo para reducir el consumo de energía. El rango de lectura es hasta 1 m con una antena directiva cuya ganancia sea de 5 dBi.

La ventaja del uso de este módulo lector RFID es que tiene integrados todos los elementos de radiofrecuencia que permiten la lectura de las etiquetas. Esto quiere decir que no se necesita configuraciones especiales para su uso. Para la implementación únicamente se requiere un controlador que envíe comandos de configuración y control utilizando el protocolo de comunicaciones propio del módulo SkyeTek_Protocol_v3 [anexo 3], proporcionar una fuente de alimentación adecuada y conectar una antena de micro línea, directiva, de polarización lineal, con una ganancia de 2 dBi, impedancia de 50 ohmios y que sea compatible con la banda de UHF de 860 – 915 MHz

El módulo Skyetek M7 CF cuenta con un conector tipo Compact Flash de 80 pines. Para el funcionamiento básico se necesita proporcionarle la alimentación a través de estos pines, así como el envío de comandos a través de una de sus interfaces de comunicación. Para este prototipo se escogió el protocolo RS232 por ser estándar y fácil de implementar.

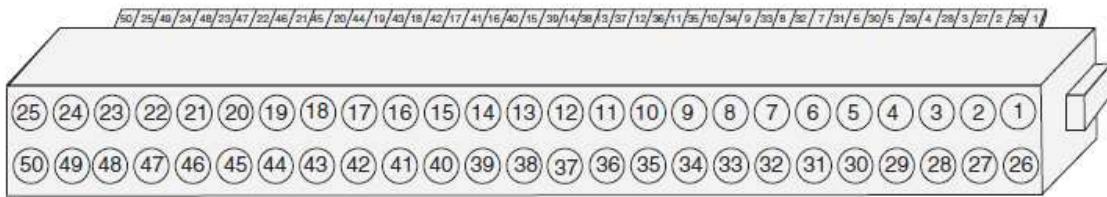


Figura 3. 17. Disposición de pines Skyetek M7

Los pines utilizados en la implementación son los siguientes:

Tabla 3.3. Descripción de pines del lector M7

Pin	Nombre	Descripción
1	GND	Tierra
2	VCC	Fuente de alimentación
3	VCC	Fuente de alimentación
6	GND	Tierra
14	RXD	Recibe UART
15	TXD	Transmite UART
25	GND	Tierra
26	GND	Tierra
27	GND	Tierra
49	GND	Tierra

Ya que el micro-controlador utiliza niveles de voltaje TTL para su salida RS232 se puede conectar directamente al módulo M7 y no hace falta hacer ninguna conversión adicional.

Para la comunicación con el M7 se utiliza la interfaz RS232 con una velocidad de 38400 bps, que es la configuración predeterminada con la que trabaja.

El micro-controlador debe configurar los parámetros de funcionamiento del módulo así como enviarle comandos cuando se requiera que haga alguna lectura. Por lo tanto, se debe utilizar el protocolo de comunicaciones propio del módulo, el cual es el Protocolo Skyetek V3 [anexo 3].

Los formatos de las instrucciones del cual es propietario Skyetek, permite la configuración y lectura de los datos del dispositivo de manera sencilla. Este tiene 2 modos de funcionamiento, el modo ASCII y el modo binario.

Se utiliza el modo ASCII ya que resulta más sencillo de implementar. Para utilizar este modo se envían los números que forman parte del comando en formato ASCII, es decir para enviar un valor de 0 se envía el carácter ASCII del 0, es decir 0x30 hexadecimal o 48 decimal. Para que el módulo M7 adquiera los datos de esta manera no es necesario ninguna configuración especial, pero se debe iniciar las instrucciones enviadas con el carácter correspondiente al retorno de carro <CR>. Esto asegura que pueda ser utilizado con facilidad desde cualquier terminal serial en la que normalmente se ingresan los datos en forma de texto, por ejemplo el programa *HyperTerminal de Windows*.

Los campos que forman las instrucciones son:

Tabla 3.4. Tabla de campos

Nombre	Longitud en Bytes	Descripción
Banderas	4	Banderas: alteran el funcionamiento del comando
Comando	4	Comando, es la función que se pide que realice el dispositivo
Tipo de etiqueta	4	Tipo de Tag: se debe especificarse si se quiere usar un tipo específico de tag, caso contrario debe estar presente pero con un valor de 0x0000 para que reconozca cualquier tipo de tag.
Dirección	4	Dirección, es un valor que indica la dirección de memoria que se va a modificar, se utiliza para cambiar los valores de configuración predeterminados del dispositivo.
Número de bloques	4	Longitud en bloques de los registros que se van a modificar.
Longitud de datos	4	Longitud de los datos que se van a escribir.
Datos	2 K máx.	Datos que se escribirán en la dirección de memoria determinada por address.

Los comandos que se utilizaran son los siguientes:

Tabla 3.5. Tabla de comandos

Comando	Código	Descripción
Seleccionar etiqueta	0x0101	Localiza un tag dentro del área de lectura y recibe la información básica del tag (tipo, fabricante, número de serie).
Leer datos del etiqueta	0x0102	Lee los datos almacenados en la memoria del tag seleccionado con el comando seleccionar tag. La cantidad de memoria y su contenido dependen del tipo de tag y de su fabricante.
Leer parámetro del sistema	0x1201	Lee un parámetro de configuración del sistema, se debe enviar la dirección de memoria apropiada y el módulo M7 enviara los datos con los cuales se encuentra funcionando.
Escribir parámetro del sistema	0x1202	Escribe un parámetro de configuración del sistema, se debe enviar la dirección y los valores adecuados para la configuración.

Un ejemplo de un comando que se puede enviar al lector es el de Seleccionar Etiqueta, el cual sirve para buscar etiquetas dentro del campo de lectura. Para que el dispositivo lea un tag que se encuentra dentro de un área de lectura se debe enviar la siguiente secuencia de datos en formato ASCII. Se debe tomar en cuenta que cada carácter ASCII equivale a 1 byte de información.

Flag	Command	Tag Type
0000	0101	0000

Esto llevado a formato ASCII en hexadecimal (0 en ASCII es 30 en hexadecimal, 1 en ASCII es 31 en hexadecimal) nos da lo siguiente:

Flag	Command	Tag Type
30303030	30313031	30303030

Y convertido de hexadecimal a bits es:

Flag	Command	Tag Type
00110000001100000011000000 110000	00110000001100010011000000 110001	00110000001100000011000000 110000

Esto último son los niveles lógicos que deberíamos enviar por medio del dispositivo que se va a encargar de controlar al módulo M7. Como se está utilizando una transmisión estándar RS232 se lo puede realizar desde cualquier dispositivo que sea capaz de soportar esta clase de transmisión. Cabe recalcar que la configuración de fábrica del módulo M7 es de transmisión por medio de RS232:

Tabla 3.6. Tabla de configuración

Velocidad	38400 bps
Bits de datos	8

Paridad	Ninguna
Bits de parada	1
Enviar XON/XOFF	No
Polaridad RX/TX	No invertida (normal)

Estos son los parámetros que se programarán en el micro controlador para realizar el control.

Cuando el módulo M7 recibe una instrucción se inicia el procesamiento de la instrucción y al final envía una respuesta con el siguiente formato:

Tabla 3.7. Campos en el mensaje de respuesta del dispositivo RFID

Response code	Tag type	Data length	Response data
4	4	4	2 K máx.

Nombre del campo	Longitud en bytes	Descripción
Response code	4	Código de la respuesta, este indica si el comando tuvo éxito o si ocurrió algún error.
Tag type	4	Tipo de tag, este campo contiene información acerca del tipo de tag que se encontró, es decir del estándar que utiliza y del fabricante.
Data length	4	Este campo contiene la longitud de los datos que

		contiene el campo response data.
Response data	2 K máx.	Este campo contiene la información que se solicitó mediante el comando si es que existe.

Los códigos de respuesta que se esperan de acuerdo a los comandos son las siguientes:

Tabla 3.8. Códigos de respuesta del dispositivo RFID

Nombre	Código	Descripción
Select tag pass	0x0101	Indica que se encontró un tag válido dentro del campo de lectura, el código viene acompañado del tipo de tag que se encontró y del identificador del tag.
Read tag Data pass	0x0102	Indica que se leyeron con éxito los datos de la memoria de un tag, viene acompañado de los datos leídos.
Read system parameter pass	0x1201	Indica que se leyeron con éxito los datos de configuración del módulo M7, viene acompañado de los datos leídos.
Write system parameter pass	0x1202	Indica que se modificaron con éxito los parámetros de configuración del módulo M7.
Select tag fail	0x8101	Indica que no se encontró ningún tag válido dentro de la zona de lectura del módulo.
Read tag data fail	0x8102	Indica que no se pudieron leer correctamente los datos de la memoria del tag seleccionado.
Invalid ASCII byte	0x9007	Indica que se envió un carácter no válido como comando, hay que recordar que solo se pueden enviar

		los caracteres correspondientes a los números del 1 al 9 y el retorno de carro <CR>.
Invalid number of blocks	0x9008	El número de bloques presente en el comando no corresponde con la longitud de datos presente en la instrucción.
Invalid data length	0x9009	El número de datos especificados en el comando no corresponde al valor especificado en la instrucción.
No antenna detected	0x900F	No se ha podido detectar la antena en el puerto del dispositivo.
Read system parameter fail	0x9201	No se pudieron leer los datos de configuración del módulo M7.
Write system parameter fail	0x9202	No se pudieron modificar los datos de configuración del módulo M7, se debe asegurar que los datos que se van a modificar estén dentro del rango de funcionamiento del dispositivo.

Parámetros de configuración del módulo RFID Skyetek M7

El módulo M7 tiene varios parámetros de funcionamiento que pueden ser modificados, pero los que competen al proyecto son los siguientes:

Tabla 3.9. Parámetros de configuración

Parámetro del sistema	Dirección (Hex)	Bloques(Hex)
Modo de operación	0x000C	1

Intentos de comando	0011	1
Nivel de potencia	0012	1
Frecuencia actual	0030	4

Modo de operación: Cuando se escribe un valor de 0x01 se pone al módulo en modo hibernación. Cuando se encuentra en este modo al enviar cualquier comando se sale de hibernación.

Intentos de comando: Es el número de veces que el módulo repetirá internamente el mismo comando antes de enviar un mensaje de error. Esto resulta útil cuando una etiqueta se encuentra en la zona límite del alcance del equipo y existe la posibilidad de que el lector no la reconozca inmediatamente porque su señal de respuesta es demasiado débil y genera un mensaje de error de lectura. Cuando este parámetro es mayor a uno el equipo realiza varios intentos de detectar las etiquetas sin necesidad de que el controlador intervenga, optimizando de esta manera el tiempo que se perdería al hacer que el controlador procese el mensaje de error y envíe nuevamente el comando de lectura. Por lo general tener un valor más alto hace que el sistema sea más confiable pero también más lento. El rango de valores es de 0 – 255 (0x00 – 0xFF). El valor por defecto es de 5.

Nivel de potencia: Es el nivel de potencia de radiofrecuencia que utilizará el módulo, el rango de potencia del módulo es de +10 dBm hasta +27 dBm en pasos de 0.1 dB. El valor predeterminado es de 0xDC que corresponde a 27 dBm. Para calcular la potencia a partir del valor de configuración se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 3.3. Valor de potencia en dBm del dispositivo RFID

$$\text{Valor decimal del parámetro} = \frac{\text{Potencia en dBm} - 5}{0.1}$$

Tabla 3.10. Valores de configuración para el nivel de potencia del lector RFID

Potencia deseada (dBm)	Valor decimal del parámetro	Valor hexadecimal
10	50	0x32
15	100	0x64
20	150	0x96
27	220	0xDC

Frecuencia actual: Configura la frecuencia a la cual trabaja el lector. El valor de este parámetro es de 4 bytes que es igual al valor de la frecuencia en hertzios en hexadecimal. El valor predeterminado es de 0x3689CAC0, que es igual a 915000000, es decir 915 MHz. Utilizando este parámetro se puede modificar la frecuencia central al cual trabajará el módulo de manera que se pueda adaptar a una antena o a una etiqueta que no esté trabajando bajo la frecuencia predeterminada.

3.3.4. Sistema de audio

El sistema de audio está formado por 2 componentes, primero contiene el códec de audio, el cual se encarga de la reconstrucción de la señal de audio a partir de las muestras

digitales almacenadas en memoria. Segundo el amplificador de audio, el cual se encarga de elevar el nivel de potencia de la señal analógica entregada por el códec de manera que pueda ser utilizada para reproducir el audio utilizando un parlante de 0.5 W o mediante audífonos.

3.3.4.1. Códec de audio

El códec de audio utilizado es el SI300, el cual es un codificador/decodificador de señales analógicas en el ancho de banda de voz. Utiliza una interfaz de comunicaciones DCI, la cual es estándar para dispositivos de este tipo y sirve para aplicaciones de audio.

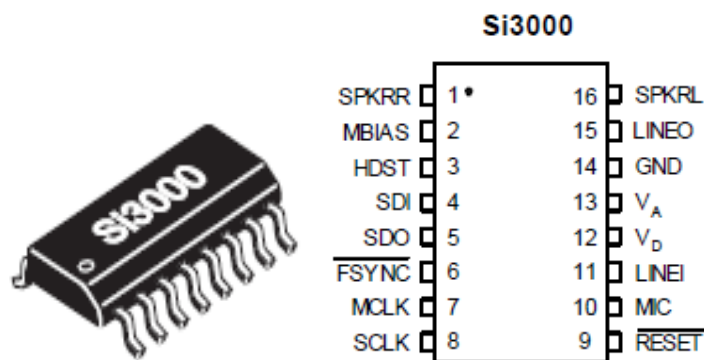


Figura 3. 18. Empaquetado y disposición de pines SI3000

Tabla 3.11. Características técnicas del códec SI3000

Convertor análogo – digital	84 dB dinámico
Convertor digital – análogo	84 dB dinámico
Frecuencia	4 – 12 KHz (Ancho de banda de voz)
Ganancia de entrada programable	-34.5 dB hasta 12 dB
Ganancia de salida programable	-34.5 dB hasta 12 dB
Soporta audífonos de	32 Ω
Fuente de alimentación	3.3 – 5 Vdc

El SI3000 puede funcionar como un dispositivo maestro o esclavo, es decir tiene la capacidad de generar la frecuencia de muestreo deseada a partir de una señal de reloj de referencia ya que dispone de un PLL interno para la generación de frecuencias.

Muchos códec destinados a ser utilizados en aplicaciones de audio soportan frecuencias de muestreo entre 8 KHz y 48 KHz y la utilización del protocolo de interfaz antes mencionada. El módulo DCI interno del micro controlador se encarga de forma automática de sincronizar y generar las señales necesarias para la transmisión.

Las 4 líneas para la comunicación con el controlador son 2 líneas de datos y 2 líneas de sincronización. La transmisión se inicia cuando hay un pulso en la línea de sincronización FSYNC, a partir de este pulso se contarán 16 pulsos de la señal de reloj SCLK y durante este período se enviarán y recibirán los datos del ADC y del DAC simultáneamente por las líneas de datos. Después de 128 pulsos de reloj después del pulso de FSYNC se enviarán datos de instrucciones, es aquí cuando se pueden enviar parámetros de configuración. Después de 256 pulsos de reloj después del pulso de FSYNC se reiniciará el proceso mediante un nuevo pulso de FSYNC.

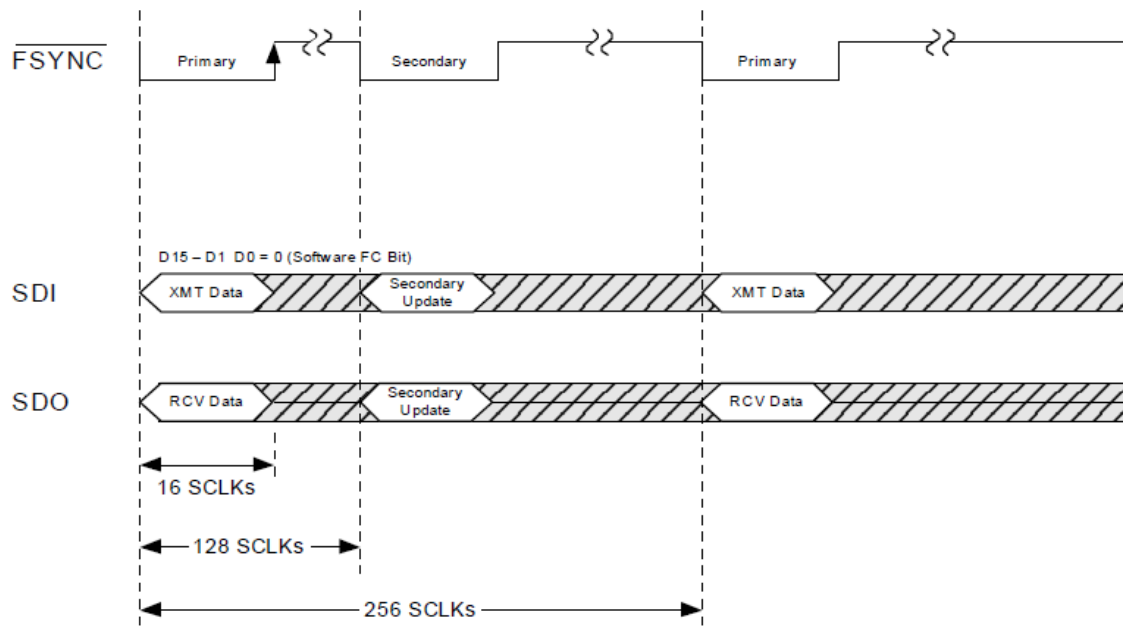


Figura 3. 19. Diagrama de transmisión del módulo DCI

Cuando el SI3000 está trabajando como maestro necesita una señal de reloj para que entre a su generador de frecuencias y obtener la frecuencia de muestreo adecuada. A partir de esta señal se aplica la siguiente fórmula para obtener la frecuencia de muestreo.

Ecuación 3.4. Frecuencia de muestreo

$$\frac{M1}{N1} = \frac{5 \times 1024 \times Fs}{MCLK}$$

M1= valor del registro PLL Divide M1 del SI3000

N1= valor del registro PLL Divide N1 del SI3000

F_s = frecuencia de muestreo de audio requerido

$MCLK$ = frecuencia de la señal de reloj en el pin $MCLK$

Donde $MCLK$ es una señal de reloj externa generada por el micro controlador, F_s es la frecuencia de muestreo de audio requerida y $M1$ $N1$ son los registros de configuración. Si se requiere que la frecuencia sea de 8 KHz y la señal de reloj se genera mediante el micro controlador es de 10 MHz, se obtiene reemplazando en la ecuación 3.2:

$$\frac{M1}{N1} = 4.096$$

Por lo que el valor para $M1$ es igual a 2 y para $N1$ es igual a 1.

Los registros internos del SI3000 que se deben modificar para su configuración son los siguientes:

Tabla 3.12. Registros internos del SI3000

Register	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
1	Control 1	SR			SPD	LPD	HPD	MPD	CPD
2	Control 2				HPFD	PLL	DL1	DL2	
3	PLL1 Divide N1	Divider N1							
4	PLL1 Multiply M1	Multiplier M1							
5	RX Gain Control 1	LIG		LIM	MCG		MCM	HIM	IIR
6	ADC Volume Control		RXG					LOM	HOM
7	DAC Volume Control		TXG					SLM	SRM
8	Status Report	SLSC	SRSC	LOSC					

Registro Control 1: Se deben modificar los siguientes bits:

- Bit SR: Si se escribe un valor de 1 en este registro se genera una condición de reinicio en el SI3000, esto es útil para salir del modo hibernación.
- Bit SPD: Es el que indica si están activadas las salidas de speaker del SI3000, debe ser activado para que sea posible enviar la señal de salida de audio del SI3000 hacia la etapa de amplificación de audio.
- Bit CPD: Es el que indica si el SI3000 está en funcionamiento normal o en modo hibernación. Al escribir un valor de 1 a este registro se pone al SI3000 en modo hibernación, lo cual hace que consuma menos energía. Para sacarlo de este modo se debe reiniciar al SI3000.

Registro Control 2: Configura parámetros que permiten realizar pruebas del dispositivo, así como activar el filtro pasa altos interno. No es necesario cambiar los valores predeterminados que tiene este registro, ya que no se utiliza estas opciones.

Registro PLL1 Divide N1: Este registro contiene el valor de N1 obtenido a partir de las ecuaciones de la frecuencia de muestreo.

Registro PLL1 Multiply M1: Este registro contiene el valor de M1 obtenido a partir de las ecuaciones de la frecuencia de muestreo.

Registro RX Gain Control 1: Este registro configura las ganancias y activaciones de las entradas del SI3000.

- Bit MCM: Es el bit que activa la entrada de micrófono, deber ser activado para que el usuario pueda ingresar mensajes de voz.

Registro *ADC Volume Control*: Este registro contiene el nivel de ganancia de entrada que tiene el SI3000, no es necesario modificarlo.

Registro *DAC Volume Control*: Este registro contiene el nivel de ganancia de salida del SI3000 y dos bits que activan o desactivan las salidas a parlante de este.

- Bit SLM: Debe activarse para que funcione la salida de audio izquierda del SI3000
- Bit SRM: Debe activarse para que funcione la salida de audio derecha del SI3000

Registro *Status Report*: Indica si hay problemas con el SI3000, en caso de que ocurra un cortocircuito en una de sus salidas. Debe ser leído con regularidad para evitar que haya daños en el sistema.

Registro *Analog Attenuation*: Este registro contiene atenuaciones para las salidas del SI3000, pueden ser utilizados en caso de que se necesite disminuir el nivel de la señal de audio. No es necesario modificar este valor ya que se utiliza otros medios para el control del volumen.

El programa del micro controlador se debe encargar de configurar apropiadamente todos los dispositivos de los que dispone el sistema.

3.3.4.2. Amplificador de audio

Se llama a los amplificadores de acuerdo con el rango de frecuencias a las cuales presenta una mayor ganancia, misma que depende de las características inductivas, capacitivas y resistivas del circuito. Un amplificador de audio es el que está diseñado para amplificar de forma relativamente plana o sea lineal, todas las señales de audio frecuencia (AF). Como sabemos, estas señales están comprendidas entre 10 y 20,000 Hertz. Cuando utilizamos un amplificador para la voz y no para música, no se requiere un ancho de banda amplio, en vista que la voz humana solo tiene sonidos que comprenden de 200 y 2,700 Hertz.

En este caso se utilizó el integrado LM4865 el cual es un puente de audio monofónico de bajo consumo de corriente a 0.7 uA al no estar activado, con control de voltaje DC para el volumen.

Este amplificador de audio es de tipo “*boomer*” y está diseñado específicamente para proporcionar una potencia de salida alta, mientras que el mantenimiento de la alta fidelidad es inferior y la ventaja es que se requieren pocos componentes externos y opera en baja tensión.

El LM4865 es capaz de entregar 750 mW de potencia media continua en una carga de 8Ω con una fuente de alimentación entre 3.3 a 5 voltios

Este integrado es capaz de utilizar altavoz y auriculares a través de un puente (*Single-ended*) se lleva a cabo por medio del pin HP Sense. Este pin al máximo voltaje activa los dos amplificadores Amp1 y Amp2, cuando el voltaje de este pin es inferior a los 200mV desactiva el Amp2 para dar salida solo al Amp1 para los auriculares como se puede observar en el diagrama de bloques de la figura 3.20

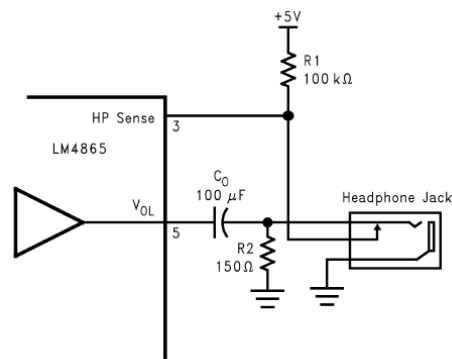


Figura 3. 20. Modo operación de auriculares

Para conservar la energía en las aplicaciones portátiles, el LM4865 entra en modo de micro-energía de apagado, cuando menos de 300mV se aplica al pin Vol. el cual es el control de ganancia del amplificador, el cual se colocó un potenciómetro para el manejo del control de volumen. En la Figura 3.21 se encuentra el circuito del amplificador

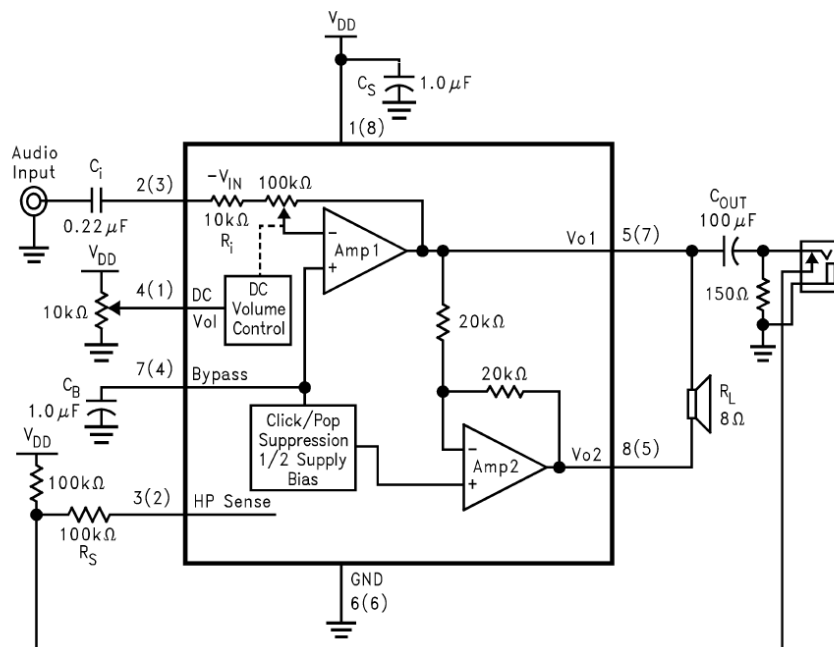


Figura 3. 21.Circuito amplificador de audio

El modo de puente que tiene el amplificador tiene una clara ventaja sobre la configuración de una sola terminal, su impulso diferencial a la carga doble de la oscilación de salida para una tensión de alimentación especificada, esto da lugar a cuatro veces la potencia de salida en comparación con un solo amplificador de composición en las mismas condiciones. Este aumento de potencia es posible cuando el amplificador no está limitado por corriente o la señal de salida no se recorta.

La amplificación de las frecuencias más bajas da como consecuencia un armónico producido en la banda de GSM que es a los 217Hz. Para anular estos armónicos se utilizan condensadores, estos condensadores de alto valor pueden ser costosos y puede comprometer la eficiencia del espacio en los diseños de portátiles.

Para anular el armónico se utiliza el capacitor C_i en dicha banda con la siguiente ecuación:

Ecuación 3.5. Anular armónicos

$$f_{-3 \text{ dB}} = \frac{1}{2\pi R_{\text{IN}} C_i}$$

Dando como resultado un capacitor de 0.22uf

3.3.5. Almacenamiento de memoria externa

Los mensajes audibles del equipo ocupan una cantidad de memoria bastante grande en comparación con la memoria típica de un micro-controlador, por lo cual es necesario contar

con un dispositivo externo de almacenamiento de memoria con la capacidad adecuada para grabar los datos de funcionamiento del sistema.

La tarjeta de memoria SD es el dispositivo en el cual se van a almacenar datos que resulten demasiado extensos para ser almacenados en la memoria interna del micro controlador. Por ejemplo los datos de audio propios de la interfaz de usuario y los de la base de datos que contiene la información de las etiquetas. Estos dispositivos tienen dimensiones pequeñas y gran capacidad de almacenamiento de datos, lo que los hace ideales para dispositivos portátiles.

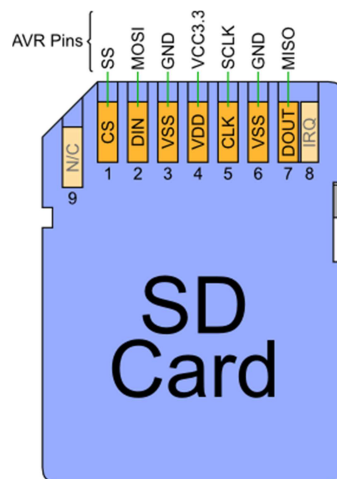


Figura 3. 22. Pines SD-CARD

Otra ventaja de utilizar esta clase de memoria externa es que tienen una gran capacidad de almacenamiento, su conexión es estándar y están muy extendidas comercialmente. Para el uso de las memorias SD como dispositivos de almacenamiento de memoria se tienen 2 modos de uso, el modo SPI y el modo SD. El modo SD utiliza un protocolo propietario propio de la SD Card Association y es necesario pagar una licencia para su uso. El modo SPI es un modo que se puede utilizar libremente pero es más lento que el modo SD y tiene menos funcionalidades.

Para el prototipo es suficiente utilizar el modo SPI ya que solo se va a almacenar y a leer datos.

Especificaciones:

Tabla 3.13. Especificaciones de una tarjeta SD

Capacidad	1 MB – 2 GB
Dimensiones	SD Standard 32 × 24 × 2.1 mm
Peso	Standard 2.0 g
Fuente de alimentación	3.3 Vdc
Conector	SD estándar
Velocidad de transferencia	Modo SD: 832 Mbit/s Modo SPI: 50 Mbit/s

Para la implementación física de este dispositivo solo se necesita un controlador con capacidad de utilizar una interfaz de comunicaciones por SPI (*Serial Peripheral Interface bus*). Utilizando la interfaz SPI el método de conexión es el siguiente:

Las líneas SDI/SDO son las que llevan los datos desde el micro controlador hacia la memoria SD y viceversa, la línea CLK es una señal de reloj generada por el dispositivo maestro que sincroniza los componentes y la señal CS es de *chip select*, sirve para activar la tarjeta SD cuando se necesite usarla y desactivarla cuando no se la esté usando.

Tanto la tarjeta de memoria como el micro controlador trabajan con un nivel de voltaje de 3.3 Vdc por lo cual no es necesario ningún tipo de conversión de niveles de voltaje.

Para la implementación en software se utiliza librerías propias del fabricante Microchip y su compilador de lenguaje C, el MPLAB C30, que permiten la manipulación de archivos directamente de la tarjeta SD.

Estas librerías se basan en la implementación del formato FAT16 para micro controladores compatibles con C30. Es decir las librerías crean y se encargan de la modificación de los encabezados y de las tablas de localización de este formato de almacenamiento de información.

La ventaja de utilizar estas librerías es que se logra una compatibilidad con computadoras personales que dispongan de un lector SD, permitiendo grabar archivos de sonido pregrabados y con un formato compatible con el códec de audio y no tener que grabar esa información desde el micro controlador o tener que hacer un programa a parte solo para grabar datos en la tarjeta SD.

3.3.6. Interfaz de usuario

Para que el usuario controle el funcionamiento del dispositivo lector es necesario un método de ingreso de comandos para el acceso a las diversas funciones. La solución que ofrece la funcionalidad más completa y sencilla y es el uso de un teclado matricial, el cual servirá para seleccionar la función que se desea que realice el dispositivo.

Para una persona no vidente es muy fácil el uso del teclado ya que tiene en los números 5 y 0 una guía táctil para su ubicación y esta es otra de las razones por las cuales se usó este tipo de teclado

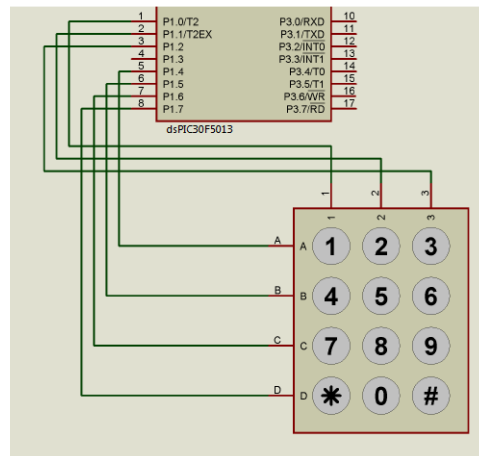


Figura 3. 23. Diagrama de conexión para un teclado matricial 4x3

El teclado matricial es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos. Un teclado matricial 4×3 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 3 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 12 teclas utilizando solamente 7 líneas de un micro controlador. Si asumimos que todas las columnas y filas inicialmente están en bajo (0 lógico), la pulsación de un botón se puede detectar al poner cada fila a en alto (1 lógico) y comprobar el estado de cada columna en busca de un cero, si ninguna columna está en bajo entonces el 1 de las filas se recorre hacia la siguiente y así secuencialmente.

Un modo simple de detectar la tecla presionada es incrementar una variable con la cuenta de las teclas revisadas, de este modo al detectar una pulsación el valor de la cuenta será el valor de la tecla presionada. Si al final no se presionó ninguna tecla la variable se pone a cero y la cuenta vuelve a comenzar. Para tener siempre un valor de 1 lógico en las columnas del teclado (parte alta del puerto B del dsPIC) es necesario conectar resistencias de pull-up.

3.3.7. Reloj con chip RTCC

El dispositivo cuenta con una función que permite la reproducción de la hora mediante mensajes de audio pregrabados. Esta funcionalidad puede resultar útil para un usuario no vidente que se encuentra trabajando en una biblioteca ya que de esta manera puede controlar por sí mismo su horario de trabajo, es decir su hora de entrada y salida, su hora de descanso o almuerzo.

Se utiliza el MCP79410 el cual es un chip de reloj a tiempo real (RTCC). Tiene registros internos que almacenan los valores de hora y fecha, los cuales se actualizan automáticamente a medida que pasa el tiempo. La actualización de los registros se realiza con bastante exactitud debido a que utiliza un cristal de 32.768 kHz propio para dispositivos de tiempo real. En caso de que se corte la energía del sistema el reloj puede mantenerse activo gracias a que puede funcionar a partir de una batería de respaldo. Se comunica con el micro controlador utilizando el protocolo I2C, el cual es un protocolo serial estándar. La conexión se indica en la Figura 3.28.

El protocolo I2C soporta transmisiones hacia múltiples esclavos con un solo maestro, aunque pueden existir varios maestros siempre y cuando solo uno de ellos tenga el control del bus en un cierto momento. Para que el maestro se comunique con un esclavo específico debe utilizar la palabra de control del esclavo, la cual es específica de cada dispositivo de acuerdo a su fabricante. En el caso del reloj a tiempo real se tienen dos opciones, '1010111' para modificar la EEPROM y '1101111' para referirse a la SRAM del chip. Para configurar las opciones del chip y para igualar al reloj se debe modificar los datos de la SRAM. Adicional a esta palabra de control debe enviarse un bit que indica si se desea realizar una operación de lectura o escritura de los datos.

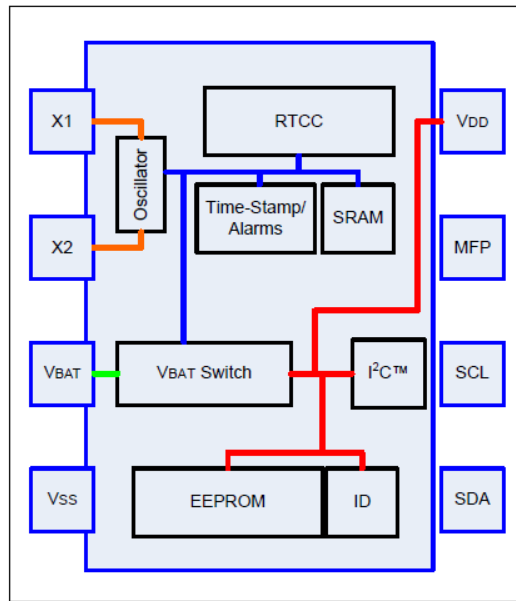


Figura 3. 24. Diagrama del RTCC MCP79410

Después que se ha enviado la palabra de control se debe enviar la dirección de los datos que se van a leer o a modificar. Una vez enviados estos dos parámetros se procede a enviar o a recibir los datos correspondientes.

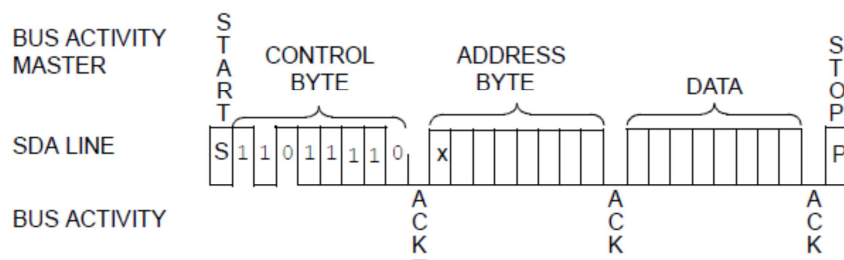


Figura 3. 25. Formato de transmisión de datos I2C

Los registros que contienen la hora y la fecha están en la memoria SRAM del chip, para igualar al reloj a una hora específica basta con sobrescribirlos con el valor deseado.

Address	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Function	Range	Reset State
Time and Configuration Registers											
00h	ST	10 Seconds			Seconds			Seconds	00-59	00h	
01h	N/A	10 Minutes			Minutes			Minutes	00-59	00h	
02h		12/24	10 Hour AM/PM	10 Hour	Hour			Hours	1-12 + AM/PM 00 - 23	00h	
03h		OSCON	VBAT	VBATEN	Day			Day	1-7	01h	
04h		10 Date			Date			Date	01-31	01h	
05h		LP	10 Month			Month			Month	01-12	01h
06h		10 Year			Year			Year	00-99	01h	
07h		OUT	SQWE	ALM1	ALM0	EXTOSC	RS2	RS1	RS0	Control Reg.	
08h	CALIBRATION								Calibration		00h
09h	UNIQUE UNLOCK ID SEQUENCE								Unlock ID		00h

Figura 3. 26. Registros del MCP7941

Los datos numéricos se encuentran en formato BCD, es decir en un número de 8 bits los cuatro primeros corresponden al dígito de las decenas y los cuatro restantes al dígito de las unidades. Se pueden configurar varios parámetros como presentar la hora en formato de 24 horas o en formato AM/PM.

3.3.8. Programación del micro-controlador

El micro-controlador está programado con un algoritmo que se encarga de la configuración de los componentes del sistema y de la ejecución de los procesos que se llevan a cabo para ejecutar las tareas.

El funcionamiento básico del programa permite que el usuario acceda a la función de identificación de etiquetas presionando un botón del teclado. El dsPIC ejecuta un algoritmo que trabaja en un ciclo, primero espera el ingreso de una función por parte del usuario, ejecuta

la función y presenta los resultados y regresa a la espera de ingreso de función. El código del programa del micro-controlado en el anexo 2.

Los pasos que se ejecutan al iniciar el sistema se encargan de configurar los registros internos del dsPIC que controlan los módulos de comunicaciones.

El algoritmo principal del programa se ejecuta siguiendo los pasos de la Figura 3.31. Una vez configurados cada uno de los registros necesarios para el funcionamiento del prototipo se procede a esperar los comandos por parte del usuario. Esto está a manera de menú principal en donde se puede ingresar la opción deseada mediante el teclado matricial. El micro-controlador lee continuamente los puertos para comprobar si una tecla ha sido presionada. De acuerdo a la tecla que se presione se ejecuta una función diferente, la tecla A sirve para acceder a la función de búsqueda de etiquetas mediante RFID, la tecla B reproduce de forma audible la hora actual y la tecla C sirve para igualar el reloj interno del prototipo. La manera en la que se ejecutan cada una de estas funciones se detalla a continuación.

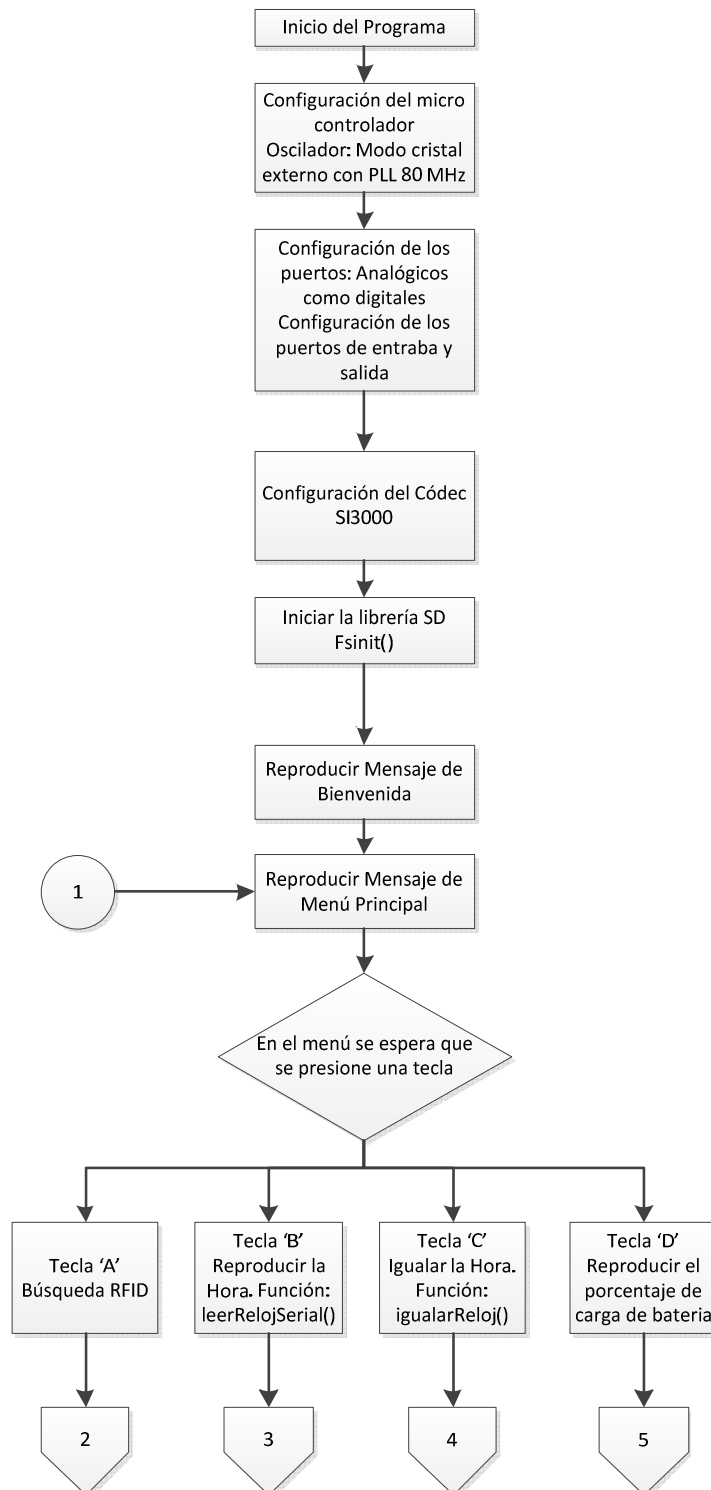


Figura 3. 27. Algoritmo de inicio e interfaz de usuario

La función de lectura de etiquetas se realiza siguiendo el algoritmo presentado en la Figura 3.32. Inicialmente se envía el comando que le indica al lector RFID que busque etiquetas dentro de su rango de lectura. Si la respuesta del lector indica que no se ha encontrado ninguna etiqueta se envía nuevamente el comando para que realice otro intento. Si no encuentra una etiqueta en 5 intentos el micro-controlador informa al usuario que no se ha encontrado ninguna etiqueta. En caso de que se encuentre una etiqueta entonces el mensaje de respuesta contiene el número identificador de la etiqueta, Tag ID, el cual será utilizado para comprobar en la base de datos si la etiqueta se encuentra asociada a un mensaje. En caso de que el Tag ID se encuentre en la base de datos se procederá a reproducir el mensaje audible asociado a la etiqueta.

La función para reproducir en forma audible la hora y fecha realiza un algoritmo que obtiene los datos desde el chip RTCC de reloj a tiempo real, realiza una conversión de datos de BCD a hexadecimal y reproduce los mensajes de audio correspondientes a los números de la hora, este proceso se puede apreciar en la Figura 3.33.

La función de comprobación de nivel de carga de la batería se realiza siguiendo el proceso indicado en la Figura 3.34. El nivel de carga de la batería se obtiene utilizando el conversor análogo digital del micro-controlador para convertir el nivel de voltaje leído en un porcentaje que indicará la carga restante de batería.

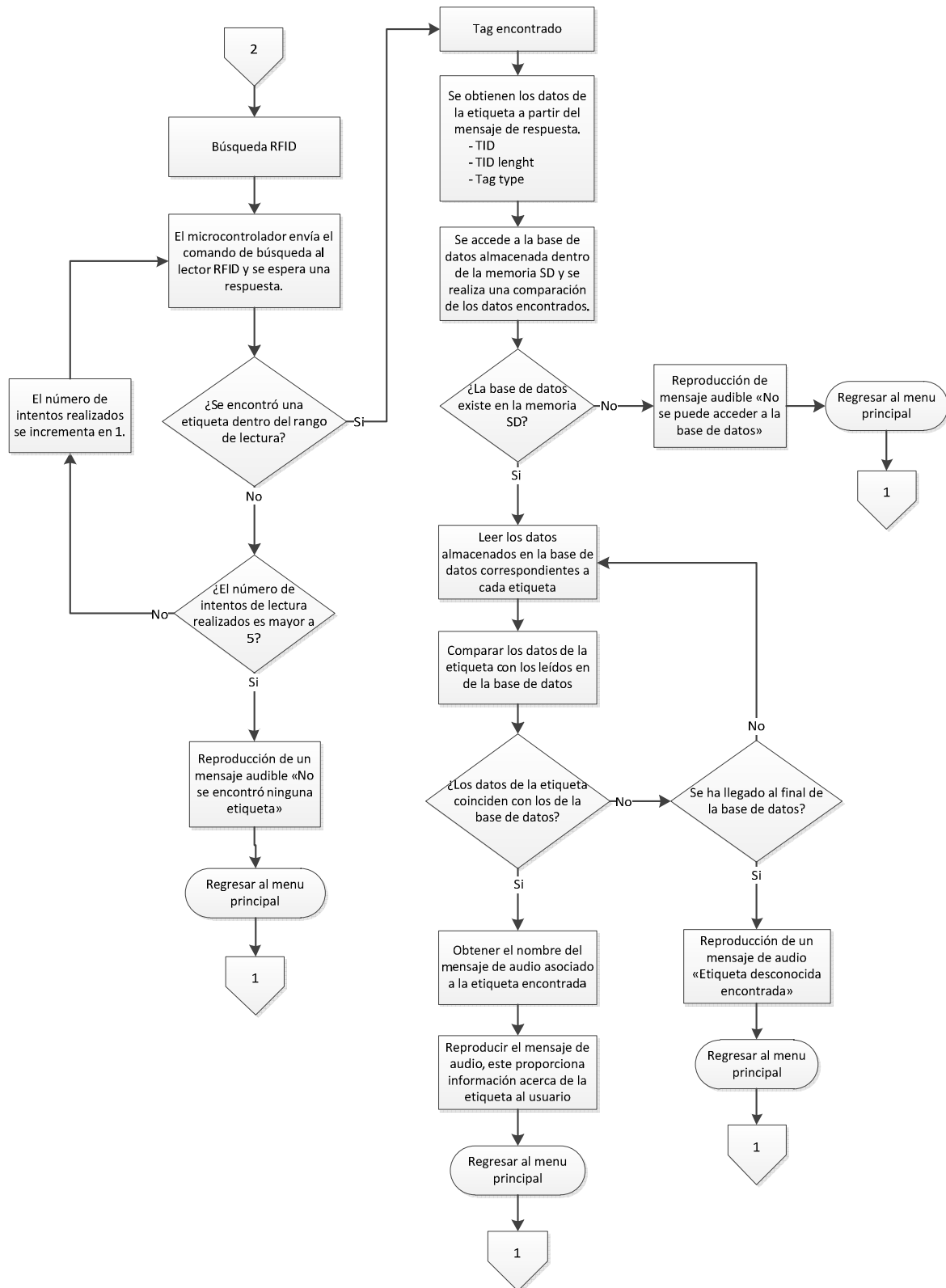


Figura 3. 28.Algoritmo de búsqueda de etiquetas median RFID

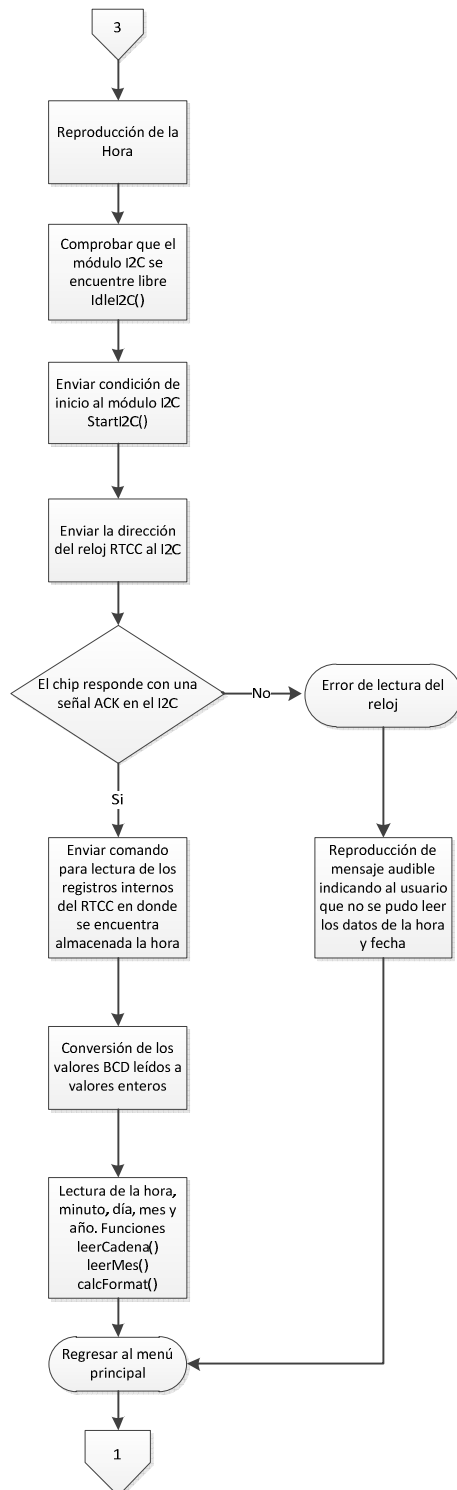


Figura 3. 29.Algoritmo de lectura de hora y fecha

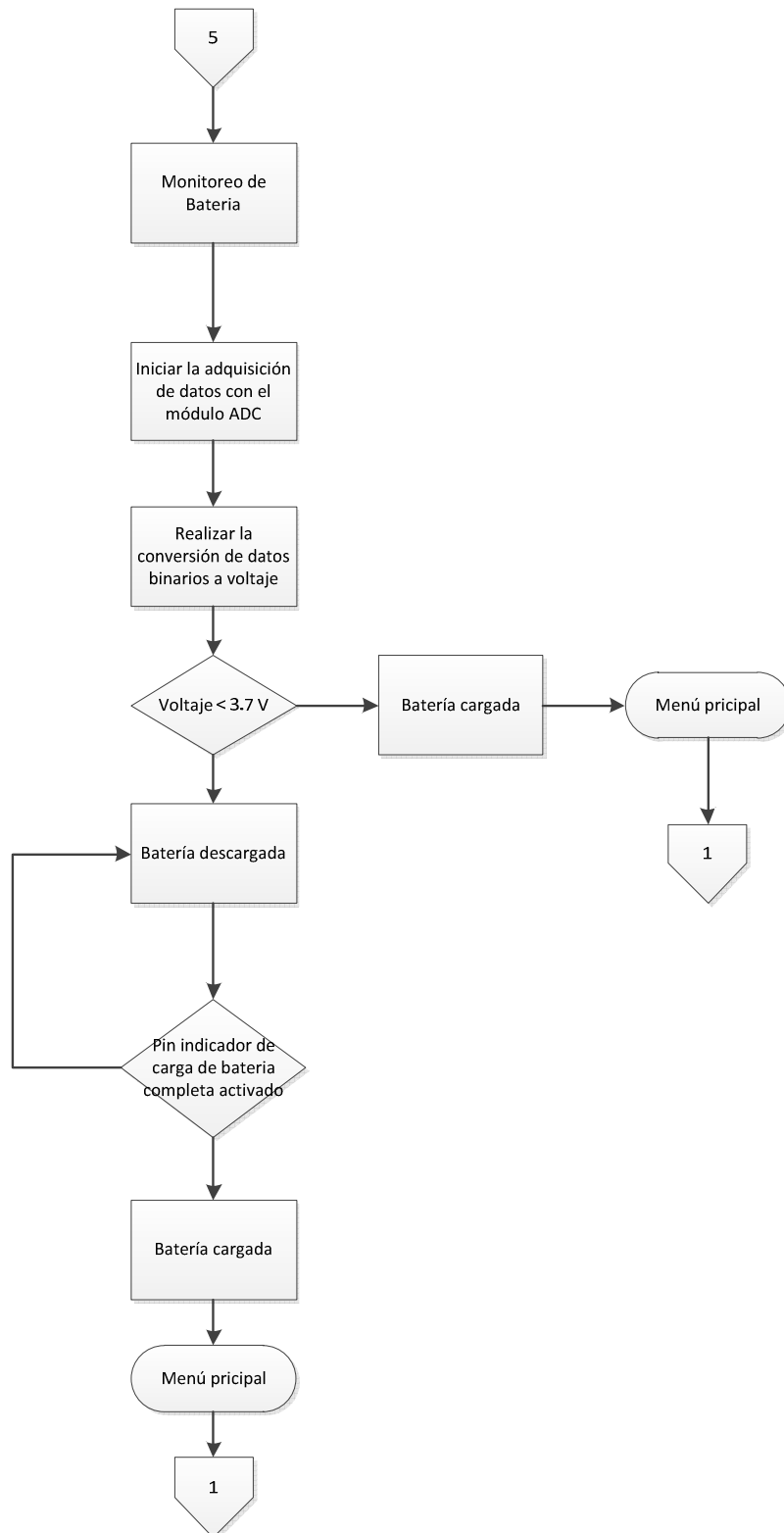


Figura 3. 30.Algoritmo de monitoreo de nivel de carga de la batería

3.4. Diagrama esquemático del prototipo identificador

En la figura 3.35 están las partes más importantes del prototipo implementado como son

- Micro-controlador de alto desempeño dspic30F5013.
- Memoria externa, tarjeta S.D.
- Reloj a tiempo real (RTCC), MCP79410.
- Módulo RFID en la banda UHF, Skyetek M7 862-955 MHz.
- Códec de audio SI3000.

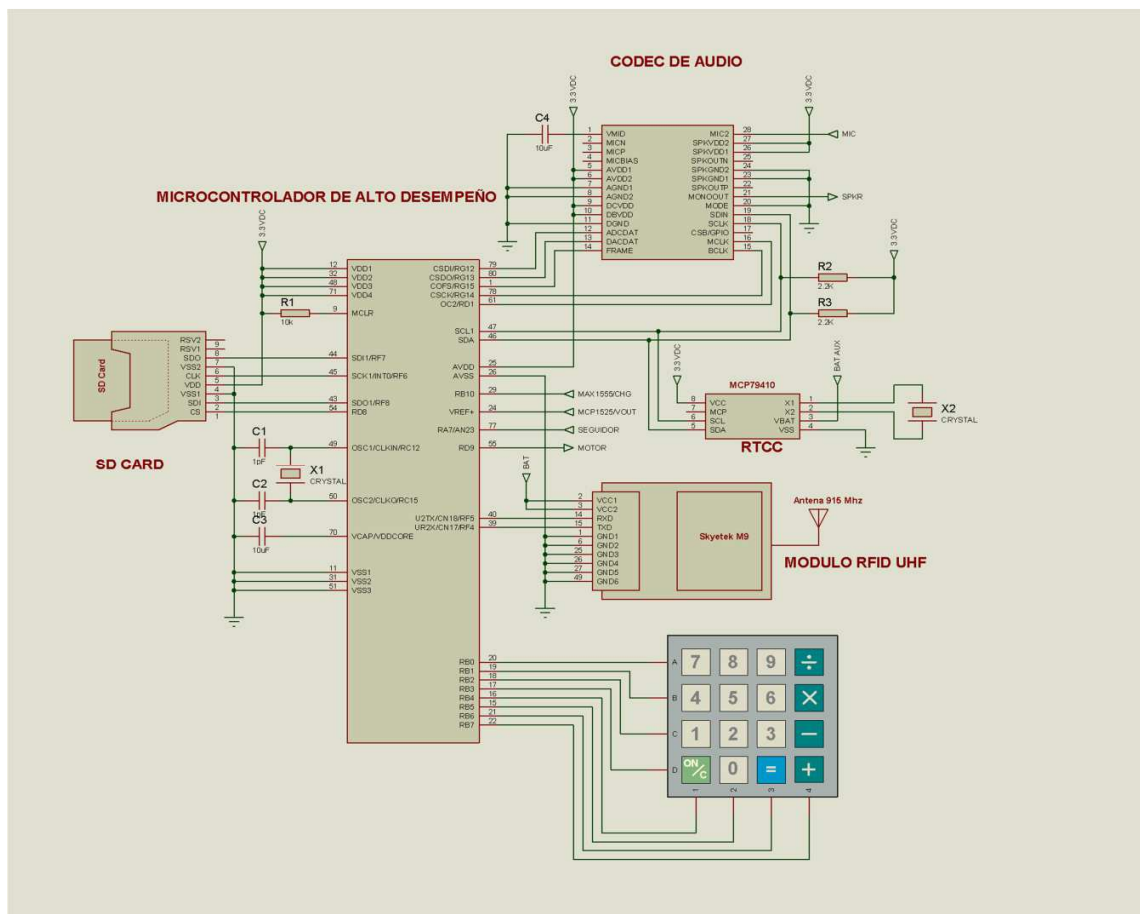


Figura 3. 31. Diagrama esquemática del prototipo identificador parte uno

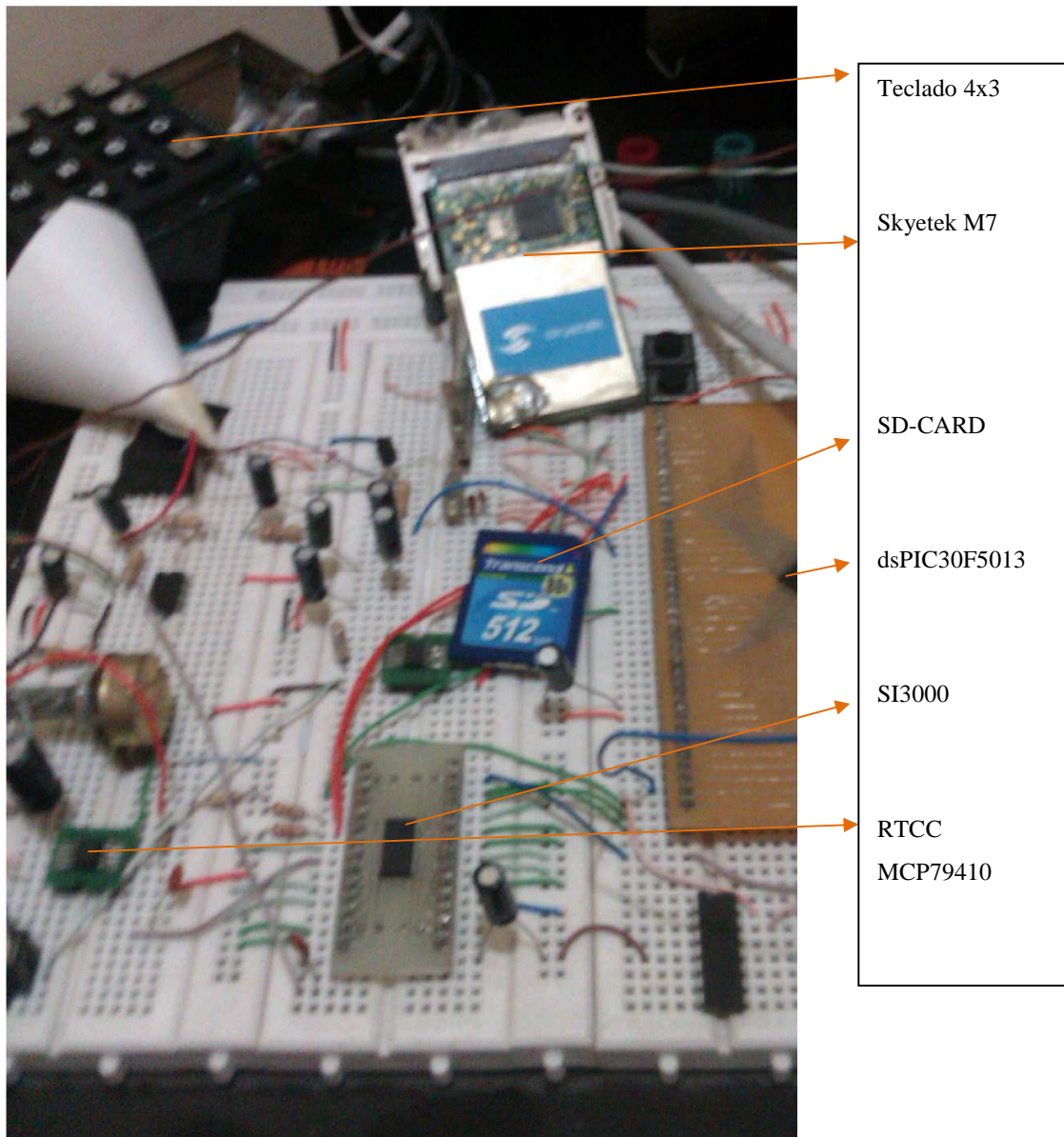


Figura 3. 32. Implementación del Prototipo

CAPITULO IV

PRUEBAS Y AJUSTES DEL PROTOTIPO

4.1. Introducción

En el presente capítulo se presentan las pruebas de funcionamiento realizadas con el prototipo identificador, con la finalidad de verificar el funcionamiento del mismo y documentar las capacidades reales con las que cuenta. Se realizan pruebas básicas tales como el consumo de energía, la distancia de lectura, si existen errores de lectura, qué sucede si existe más de una etiqueta dentro de la zona de lectura. Se toman distintos tipos de etiquetas para comprobar las diferencias al realizar la lectura entre estos. Los resultados de las mediciones se presentan a continuación.

4.2. Consumo de energía

El prototipo diseñado debe ser portátil, por lo cual su alimentación es proporcionada mediante una batería. Es importante realizar una medición aproximada del consumo del sistema con la finalidad de calcular el tiempo aproximado de duración de la batería. Cabe recalcar que existen baterías con diferentes capacidades, por lo que si se desea aumentar la

duración de la batería puede optarse por utilizar una batería de mayor capacidad, pero con la desventaja de que tienen un mayor costo y peso.

Para realizar la medición se utiliza el amperímetro interno de la fuente de laboratorio la cual es GWINSTEK GP30300. El cual presenta el consumo de corriente DC de la carga que se encuentra conectada

El lector RFID utiliza una fuente de alimentación de 5 V, mientras que el micro-controlador, el sistema de audio y la memoria SD utilizan la fuente de alimentación de 3.3 V.

El micro-controlador se encuentra inicialmente en modo de espera, es decir esperando que el usuario ingrese comandos por medio del teclado, durante esta etapa tiene un consumo de energía estable de 100 mA. Al momento de reproducir un mensaje de audio el consumo de corriente aumenta hasta un nivel no estable situado entre 120 mA. Hasta 140 mA.

El lector RFID mientras se encuentra en modo “*sleep*”, la etapa de radiofrecuencia se encuentra completamente desactivada y solo consume energía los componentes digitales de comunicación con el micro-controlador, el consumo de corriente se encuentra en un nivel estable de 10 mA.

Cuando el lector RFID pasa a modo de “espera”, es decir inicializa el sistema de radiofrecuencia y se encuentra listo para ejecutar los comandos de búsqueda, tiene un consumo estable de 180 mA.

El lector en modo de “espera” al recibir un comando pasa al modo “lectura” y este modo presenta una variación de consumo de corriente entre 600mA hasta 1 A.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Consumo de corriente del prototipo

Componente	Consumo de Corriente	Voltaje
Micro controlador (Espera de ingreso de comandos)	100 mA.	3.3 V
Micro controlador (Reproduciendo un mensaje de audio)	130 mA.	3.3 V
Lector RFID (modo Sleep)	10 mA.	5 V
Lector RFID (modo Espera)	180 mA.	5 V
Lector RFID (modo Lectura)	800 mA.	5 V

Durante la mayor parte del tiempo el prototipo se encuentra en un estado de bajo consumo de energía, correspondiente al micro-controlador en estado de “espera” y el lector RFID en modo “sleep”, su consumo es de 110 mA. Cuando el usuario realice una búsqueda de etiquetas el prototipo consume un mayor nivel de energía, correspondiente al micro-controlador reproduciendo un mensaje de audio y al lector alternando entre modo espera y modo Lectura, por lo cual el consumo se sitúa en un nivel entre 310 mA y 1A, con un promedio de 620 mA.

Si se utiliza una batería de capacidad 1000 mAh la duración de la batería en modo espera es de 9.1 horas, en modo de lectura es de 1.6 horas. Es por esto que la carga de la batería es suficiente para la jornada laboral que es de 8 horas.

4.3. Pruebas de lectura del RFID

Se realizaron pruebas con varios tipos de antenas y etiquetas. La finalidad de estas mediciones es optimizar el desempeño del prototipo y de determinar si el prototipo puede cumplir con los requerimientos de los usuarios. Para esto se escoge tres tipos diferentes de antenas para determinar cuál presenta el comportamiento más óptimo para la aplicación, seguido de pruebas de lectura con diferentes tipos de etiquetas para comparar su desempeño.

4.3.1. Antenas y distancia de lectura

Se evaluaron tres tipos distintos de antenas, realizando mediciones para determinar la distancia máxima y mínima de lectura, es decir el rango de lectura del módulo. Como no es objetivo del presente trabajo el diseño de una antena para el módulo RFID se tomaron 3 antenas comunes en el mercado para su análisis y adaptación al módulo RFID.

El método consiste en colocar al módulo RFID en un modo de lectura continua, mientras se varía el parámetro de distancia entre la antena del lector RFID y la etiqueta electrónica que se desea leer, utilizando la potencia máxima del lector (27 dBm) para determina la distancia máxima de lectura y la potencia mínima (10 dBm) para determinar la distancia mínima de lectura, como se puede observar en la Figura 4.1.

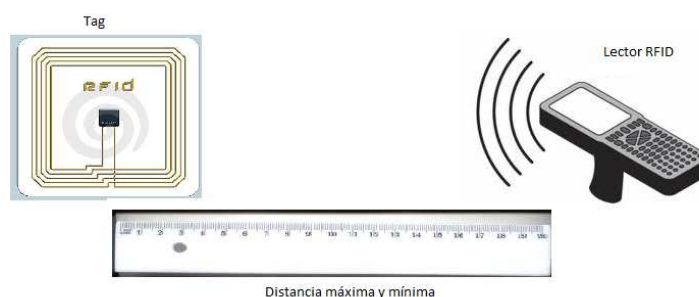


Figura 4.1. Método para medir la distancia de lectura entre la etiqueta y la antena

Las antenas con la que se realiza la comparación son:

- Antena Skyetek 860 - 960 MHZ (Figura 4.2)
- FR4 Penta-band GSM Antenna (Figura 4.3)
- Antena AC4790 (Figura 4.4)



Figura 4.2.Antena Skyetek 860-960 MHz



Figura 4.3.Antena FR4 penta-band GSM



Figura 4.4.Antena AC4790

Sus características técnicas se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Características técnicas de las antenas

Antena	Skyetek 860 - 960 MHz	FR4 Penta-band GSM	AC4790
Ganancia	7 dBi	2.5 dBi	3 dBi
Frecuencia de Operación	860 - 960 MHz	824-896 MHz 880-960 MHz 1710-1880 MHz 1850-1990 MHz 1710-2170 MHz	890 - 940 MHz
VSWR	< 2 : 1	< 3 : 1	< 1.8 : 1
Polarización	Lineal	Lineal	Lineal
Patrón de Radiación	Directivo	Directivo	Omnidireccional
Dimensiones	127 x 201 x 73 mm	74.70 x 8.20 x 0.8 mm	Altura 113,98 mm
Peso	0.9 lbs		

Se realiza un promedio de las mediciones obtenidas y los resultados se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Resultado de las mediciones

Antena	Distancia mínima de lectura	Distancia máxima de lectura
Skyetek 860 - 960 MHZ	0.76 m	4.58 m
FR4 Penta-band GSM	1.56 cm	34.56 cm
AC4790	13.8 cm	18.65 cm

Con los resultados obtenidos se escogió la antena FR4 por los siguientes motivos:

- Su pequeño tamaño es apropiado para el prototipo portátil ya que es de 7.4 x 0.8 x 0.08 cm.
- Su rango de lectura va desde los 34.56 cm utilizando la potencia máxima de 27 dBi hasta 1.56 cm utilizando la potencia mínima de 10 dBi, el usuario ubica el lector a una distancia aproximada de 10 cm por lo cual se adapta a los requerimientos de la aplicación.
- Es una antena directiva, y a diferencia de una antena omnidireccional existe una menor probabilidad de realizar lecturas erróneas en un ambiente en el cual el usuario podría tener etiquetas ubicadas en cualquier dirección a su alrededor.

4.3.2. Pruebas con etiquetas

Se realizaron pruebas de lectura con 3 tipos de etiquetas con la finalidad de comparar su desempeño.

Las etiquetas utilizadas por la comparación son las siguientes:

- Etiqueta ISO 18000-6B TTF-Label 12x180-PH46
- Etiqueta EPC Class1 Gen2 AD-612
- Etiqueta EPC Class1 Gen1 ALL-9338

Sus características técnicas se presentan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Características de las etiquetas RFID

Etiqueta	Frecuencia Central	Frecuencia de Operación	Memoria de Usuario	Tamaño de identificador Único	Tamaño	Fabricante
ISO 18000-6B TTF-Label 12x180-PH46	868 MHz	860 - 960 MHz	1728 bits	64 bits	12 x 180 mm	X-Ident Technology
EPC Class1 Gen2 AD-612	865/968 MHz	865 - 928 MHz	96 bits	32 bits	152.4 x 38.1 mm	Avery Dennison
EPC Class1 Gen1 ALL-9338	915 MHz	860 - 960 MHz	128 bits	96 bits	98.2 x 12.3 mm	Alien Technology

Se realizaron mediciones de la distancia de lectura en un nivel de potencia medio (21 dBi), los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Resultado de la lectura

Etiqueta	Distancia promedio de lectura
ISO 18000-6B TTF-Label 12x180-PH46	20.5 cm
EPC Class1 Gen2 AD-612	15 cm
EPC Class1 Gen1 ALL-9338	16.5 cm

Estas mediciones indican que la etiqueta ISO 18000-6B TTF-Label 12x180-PH46 del fabricante X-Ident Technology tiene un mejor desempeño que las otras etiquetas bajo las mismas condiciones de prueba. Sus dimensiones son apropiadas para ser colocadas en libros, ya que tiene un ancho de 12 mm y una longitud de 180 mm, en caso que la longitud sea demasiado grande puede optarse por usar las etiquetas EPC Class1 Gen1 ALL-9338 que tienen una dimensión reducida.

4.3.3. Pruebas de lectura bajo diferentes polarizaciones

La antena utilizada para la implementación tiene una polarización lineal, por lo cual es importante realizar pruebas del efecto que tiene esta característica en la distancia de lectura. Se debe comprobar el efecto que produce la orientación de la antena con respecto de la etiqueta. Se comparan los casos presentados en las Figuras 4.5, 4.6, en el primer caso la antena del lector se encuentra paralela a la antena de la etiqueta, en el segundo caso la antena del lector se encuentra perpendicular a la antena de la etiqueta.

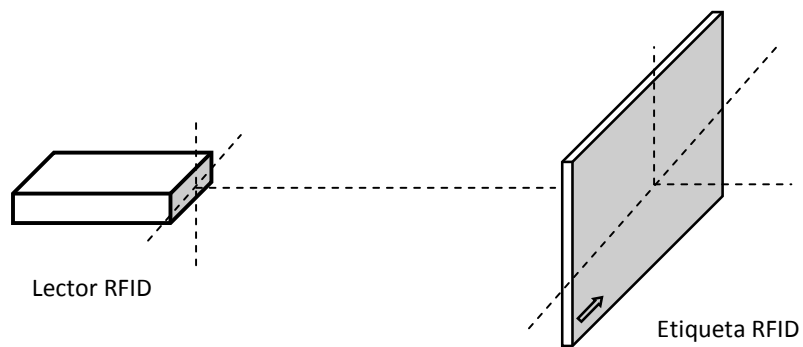


Figura 4.5. Polarización con antena del lector paralela a la antena de la etiqueta

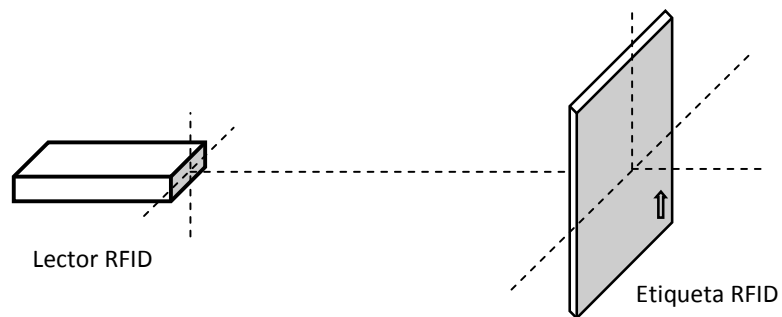


Figura 4.6. Polarización con la antena del lector perpendicular a la antena de la etiqueta

Los promedios de las mediciones realizadas se presentan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Medición de antenas en polarización horizontal y vertical

Tipo de etiqueta	Antenas paralelas	Antenas perpendiculares	Diferencia
ISO 18000-6B	20.5 cm	15 cm	5.5 cm

EPC Class1 Gen2 AD-612	15 cm	12 cm	3 cm
EPC Class1 Gen1 ALL-9338	16.5 cm	10 cm	6.5 cm

Los resultados indican que hay una disminución en la distancia de lectura de 5.5 cm cuando las antenas se colocan en una posición perpendicular la una de la otra, resulta desventajoso para el usuario porque perderá un poco de libertad al momento de leer etiquetas que se encuentren en orientaciones desconocidas, pero como la aplicación requiere que las etiquetas se encuentren adheridas a los libros puede exigirse que las etiquetas de los libros se encuentren en una orientación específica, por ejemplo a lo largo de la pasta del libro. Si a la persona no vidente se le informa de esta situación entonces puede adaptarse sin mayor problema.

4.3.4. Lectura de varias etiquetas en cercanía

Es importante realizar pruebas de lectura cuando existen varias etiquetas dentro del rango del lector como se puede apreciar en la Figura 4.7. Estas pruebas sirven para determinar si pueden existir errores de lectura debido a confusiones causadas al colocar etiquetas muy cerca la una de la otra. Se realiza dos tipos de pruebas, la primera consiste en colocar una etiqueta a 10 cm del lector, por lo tanto estaría ubicada en una zona en la cual el lector puede detectarla sin problema, y se coloca una etiqueta atrás de la primera a una distancia variable, inicialmente de 5 cm. Esta segunda etiqueta se acercara a la primera y se comprobara si el lector presenta dificultades al reconocer la etiqueta que se encuentra más cercana. Posteriormente se realizaran nuevamente las mediciones con una distancia de la primera etiqueta de 5 cm en vez de 10 cm.

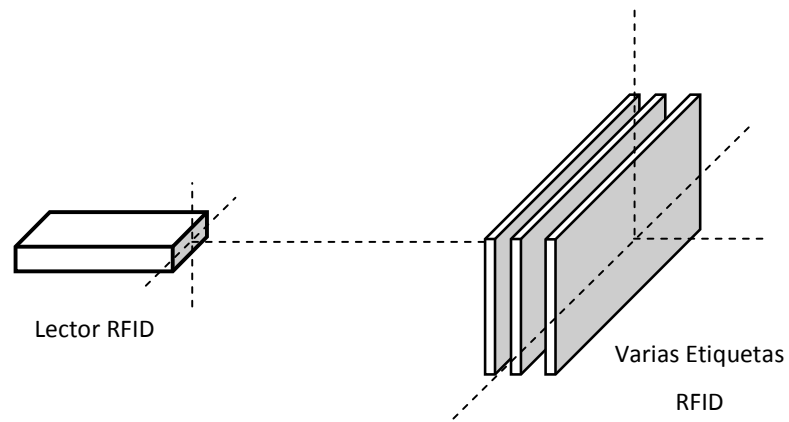


Figura 4.7.Medición de los efectos de colocar varias etiquetas dentro del campo de lectura

Los resultados de estas mediciones se presentan en la siguiente tabla 4.7.

Tabla 4.7. Resultado de la medición de etiquetas en cercanía

Tipo de etiqueta	Distancia a la que el lector confunde las lecturas (10 cm)	Distancia a la que el lector confunde las lecturas (5 cm)
ISO 18000-6B TTF-Label 12x180-PH46	1 cm	1.5 cm
EPC Class1 Gen2 AD-612	0.5 cm	0.5 cm
EPC Class1 Gen1 ALL-9338	0.5 cm	0.5 cm

Como conclusión de estas mediciones se tiene que es relativamente difícil que el lector confunda etiquetas cuando se encuentran una atrás de la otra. Las etiquetas deberían encontrarse muy juntas (a una distancia menor a 0,5 cm.) para que haya confusión al momento de realizar la lectura.

4.4. Análisis del desempeño del prototipo

Con la finalidad de evaluar el desempeño del prototipo se realizan pruebas utilizándolo dentro de la ejecución de los procesos de préstamo y devolución de libros discutidos en el capítulo 2.

Se comparan el tiempo que se demora una persona vidente con el tiempo que se demora una persona no vidente utilizando el dispositivo. Los resultados permitirán determinar si el dispositivo resulta útil para realizar estas tareas.

La medición del tiempo que se demora una persona vidente para realizar el proceso de préstamo de libros se la realizó en la biblioteca General de la Universidad Católica del Ecuador. Un diagrama del proceso que se realiza se presenta en la Figura 4.8.

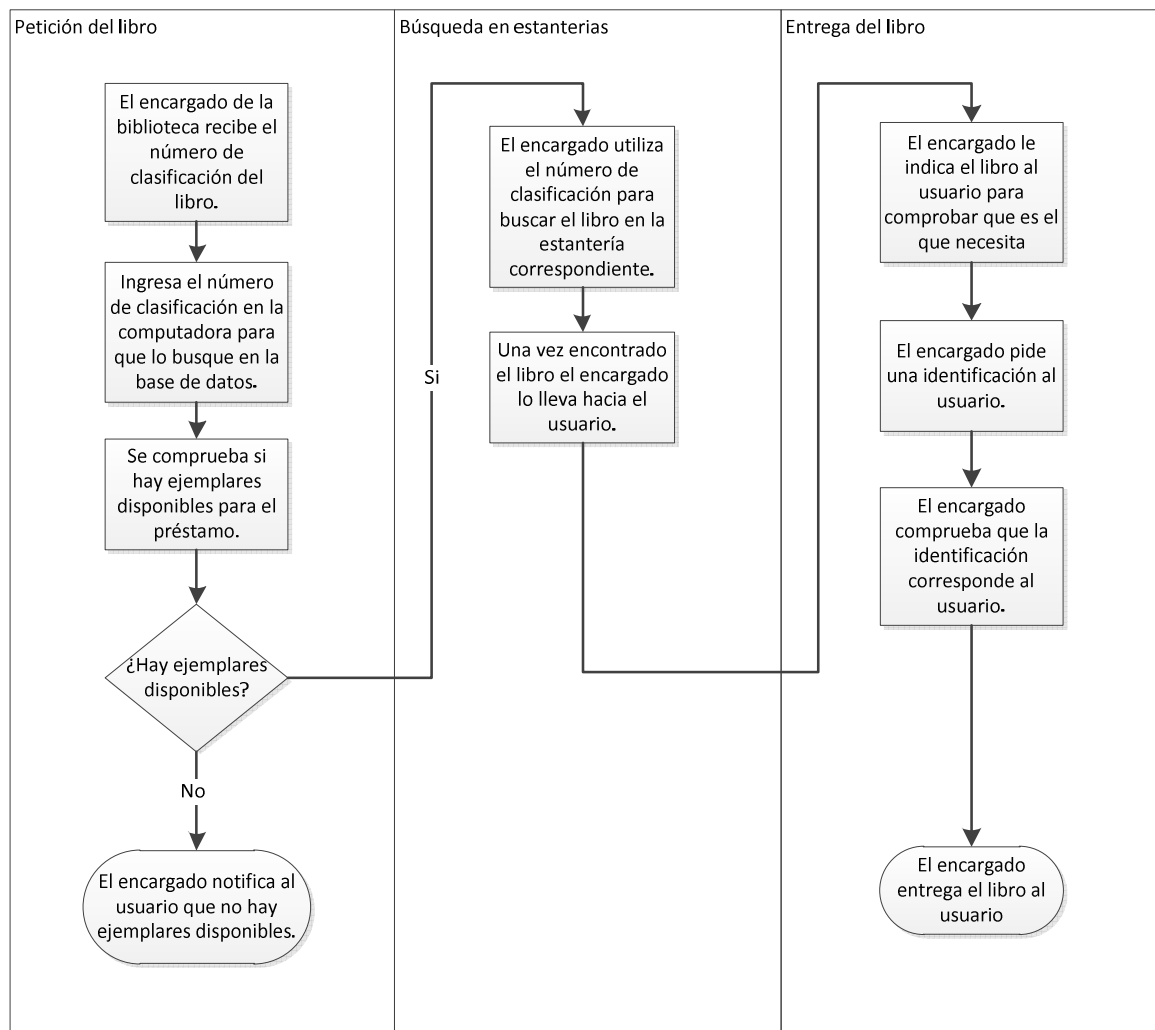


Figura 4.8. Proceso de préstamos de libros

Como se puede apreciar hay tres etapas principales en el proceso, la petición del libro por parte del usuario, la búsqueda en las estanterías y la entrega del libro. El tiempo medido se lo toma desde que el usuario entrega el número de clasificación al encargado de la biblioteca hasta que se le entrega el libro que pidió.

Los promedios de las mediciones obtenidas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.8. Promedio de tiempos de los procesos de una biblioteca

Proceso	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Promedio
Petición del libro	20 segundos	40 segundos	28 segundos
Búsqueda en estanterías	2 minutos	10 minutos	3 minutos
Entrega del libro	2 minutos	3 minutos	2 minutos
Total	4 minutos con 20 segundos	13 minutos con 40 segundos	5 minutos con 28 segundos

Realizando un análisis del proceso de préstamo de libros presentado en el capítulo 2 se puede apreciar que cuando el proceso es realizado por la persona no vidente existen los siguientes cambios:

- El encargado no vidente busca la estantería a la cual está asociado el libro utilizando la información que es proporcionada por el dispositivo identificador, ya que en cada estantería se encuentra una etiqueta identificadora.
- Una vez situado en la estantería identifica uno a uno los libros a través del “call number” que el dispositivo los da a conocer hasta encontrar el que está buscando.

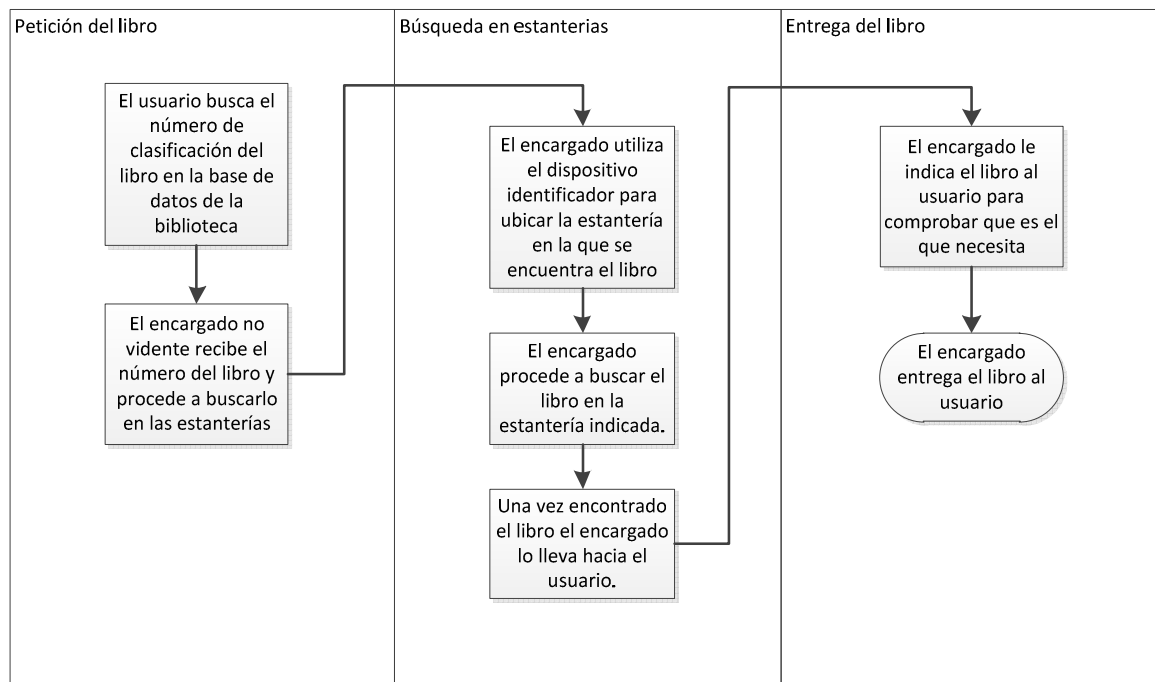


Figura 4.9. Proceso propuesto para el préstamo de libros

La medición del tiempo que se demora una persona no vidente no se lo pudo tomar directamente en una biblioteca ya que el prototipo diseñado se encuentra implementado en el “*protoboard*”, lo que limita su movilidad es por esto que para realizar las mediciones de tiempos se diseñó una prueba que consiste en colocar etiquetas en los libros de manera similar al proceso de etiquetación que utilizan las bibliotecas, colocarlos en tres estanterías diferentes las cuales estarán etiquetadas para su identificación, luego se crea una base de datos con el tag ID de cada libro que se asocia con un archivo de audio el cual contiene el “*call number*” y se solicita a una persona no vidente encontrar un libro después de proporcionar el número identificador (*call number*). Como se indican las siguientes en las Figuras 4.10 y 4.11

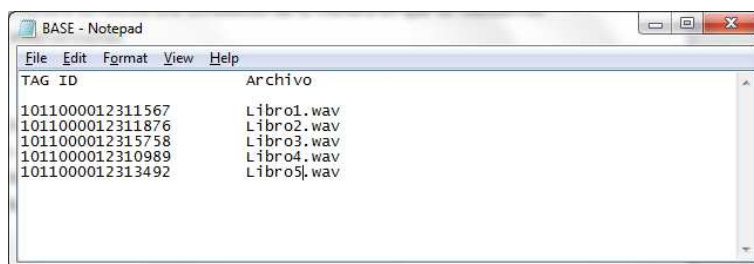


Figura 4.10. Ejemplo de base de datos

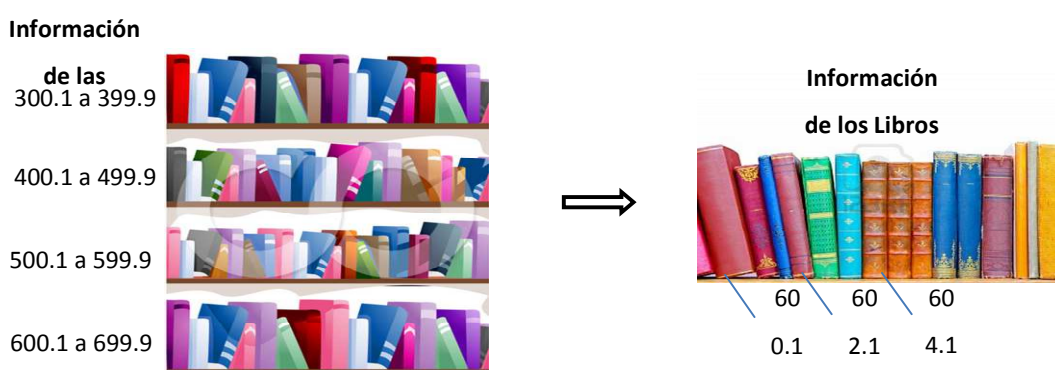


Figura 4.11. Organización de las estanterías

Se midió el tiempo necesario para que una persona no vidente busque un libro al azar, basándose únicamente en el conocimiento previo de cómo se encuentran organizados los libros en las estanterías (de izquierda a derecha) y en los datos proporcionados por el identificador de objetos (información de las estanterías e información de los libros). Los datos presentados en la tabla 4.9 muestran el promedio de las 12 mediciones realizadas.

Tabla 4.9. Promedio de tiempos realizados por un no vidente

Proceso	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Promedio
Búsqueda en estanterías	3 minutos	18 minutos	4 minutos

Una vez realizadas estas mediciones se puede apreciar que cada vez que el no vidente realiza esta operación se va adaptando al proceso y lo hace de manera más fácil y que la diferencia entre el promedio de tiempos de una persona vidente y no vidente en el proceso es de 2 minutos.

También se comprueba si la persona no vidente es capaz de encontrar el libro correcto con los datos proporcionados. Se cuenta el número de veces que la persona no vidente localiza el libro correspondiente a los datos proporcionados. Los resultados presentados en la tabla 4.10 indican que la persona no vidente siempre puede encontrar el libro correcto.

Tabla 4.10. Resultado de búsqueda de libros

Libros pedidos	10
Numero de aciertos	10
Libro equivocado o no pudo encontrar el libro	0

La opinión de la persona no vidente con la que se realizó las pruebas nos indica que se siente cómoda con el desempeño del prototipo identificador, pero para poder realizar las tareas indicadas en el análisis de procesos necesita que su ambiente de trabajo siempre se encuentre en orden. Comentó acerca de la confusión que experimenta cuando los objetos no se encuentran en el orden que deberían, como por ejemplo si alguien mueve las estanterías o si dejan los libros en desorden.

A partir de estos resultados se puede concluir que el dispositivo identificador de objetos mediante RFID cumple su función de herramienta de apoyo para que las personas no videntes puedan realizar tareas que forman parte de los procesos de biblioteca de préstamo y devolución de libros.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El prototipo diseñado cumple con el objetivo de facilitar la inclusión laboral de las personas no videntes en el trabajo operativo de biblioteca, ya que es capaz de identificar todas las etiquetas que han sido agregadas a los libros e informar los detalles de los mismos al usuario.

Como se pudo constatar el prototipo puede ser usado para la inclusión laboral de las personas no videntes, en un 80% de las bibliotecas visitada, utilizando el proceso modificado de préstamos y retorno de libros.

Como se analizó el 85% de las bibliotecas cuentan con un sistema de etiquetado RFID para realizar inventarios o evitar el hurto, esto facilita la integración del prototipo identificador en las bibliotecas que cuenta con este sistema.

Considerando que el 100% de las bibliotecas cuentan con un sistema informático de búsqueda de libros, el cual se encarga de proporcionar al usuario toda la información necesaria acerca del libro sin necesidad de ayuda externa, por lo tanto el usuario tiene la capacidad de

entregar el número identificador a la persona encargada, esta base de datos es usada en el prototipo para asociar el número identificador con los mensajes de voz y así dar a conocer el número de clasificación del libro al usuario no vidente

Las mediciones realizadas con la antena FR4, indican que el rango de lectura máximo es de 36,5cm y mínimo de 1,56cm, lo cual cumple con la distancia de lectura definida en el alcance del proyecto de grado

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas con personas no videntes nos indican que el desempeño del prototipo es satisfactorio en cuanto a su funcionalidad principal, la cual es reconocer textos de manera rápida

5.2. Recomendaciones

Se pueden realizar mejoras a la funcionalidad del prototipo con la utilización de otras tecnologías tales como Wi-Fi o Bluetooth, las cuales podrían ser utilizadas como mecanismo de comunicación remota con una base de datos y así evitar problemas de capacidad de almacenamiento de memoria o de problemas para mantener los datos actualizados.

Como medio de mejorar la calidad de audio y optimizar la utilización de la memoria puede optarse por utilizar códecs MP3, los cuales tienen integrados todos los elementos necesarios para la codificación y decodificación de datos de audio en formato MP3. Al usar archivos de audio en formato MP3 se reduce considerablemente el espacio de memoria necesario para almacenar el audio propio de la interfaz y de los datos guardados de los objetos.

Una limitación del formato FAT16 utilizado en la memoria SD-CARD es que el tamaño máximo que puede tener el dispositivo de almacenamiento de memoria (en este caso la tarjeta SD) es de 2 GB. Si la memoria resulta ser insuficiente para alguna aplicación es recomendable investigar acerca de otros formatos de almacenamiento que no tienen la limitación antes mencionada, tales como FAT32 y NTFS, debido a que comercialmente están disponibles tarjetas SD con capacidades de hasta 32 GB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Ley sobre Discapacidades”, <http://www.conadis.gob.ec/docs/leydiscapacidades.pdf>
- [2] LEHPAMER, Harvey, *RFID design principles*, edición 2, páginas 12-23.
- [3] “Funcionamiento de un códec”, <http://www.voipforo.com/codec/codec-g711--ley.php>
- [4] CATALÁ, Andreu, “Estudios de I+D+I N° 43 Sistema de agentes portables incrustados para entornos naturales seguros (SAPIENS)”, <http://www.imsersomayores.csic.es/documentos/documentos/imserso-estudiosidi-43.pdf>, Fecha de publicación: 01/08/2007, consultado el 12 de marzo de 2008.
- [5] “Tecnología RFID: Introducción”, http://www.mas-rfidsolutions.com/docs/RFID_introduccion.pdf, Fecha de publicación: 12/12/2005, consultado el 13 de marzo de 2008.
- [6] CIUDAD, José María. “Estudio, diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC”, <https://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/3552>, consultado el 15 de marzo de 2008
- [7] Wikipedia, “RFID”, <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>, consultado el 24 de octubre de 2011
- [8] “Introducción a los sistemas RFID”, <http://www.kifer.es/Recursos/Pdf/RFID.pdf>, consultado el 16 de marzo de 2008
- [9] ANGULO, José María, dsPIC Diseño Práctico de Aplicaciones, Tomo 1, primera

edición, editorial McGraw Hill, Publicado en España 2006.

[10] Microchip, C30,
http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010065

[11] Skyetek, M9,
<http://www.skyetek.com/ProductsServices/EmbeddedRFIDReaders/SkyeModuleM9/tabid/208/Default.aspx>

[12] SISLAB, Codec Si3000,
http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=si3000&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.silabs.com%2Fpages%2FDownloadDoc.aspx%3FFILEURL%3DSupport%2520Documents%2FTechnicalDocs%2FSi3000.pdf&ei=vPfhTqfSA4bVgQfblJGXBg&usg=AFQjCNHE_DgkT8pDIgiXFP2UevtJ3OiHSw&cad=rja

[13] Microchip, dspic33fj128gp708,
<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en024675>

[14] National Instruments, Lm358, <http://www.national.com/ds/LM/LM158.pdf>

[15] National Semiconductor, LM4865, www.national.com/ds/LM/LM4865.pdf

[16] MAXIM, MAX1555, <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX1551-MAX1555.pdf>

[17] Microchip, MCP1525, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21653b.pdf>

[18] Microchip, MCP79410,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22266C.pdf>

[19] Taoglas, PC30.09.xxx,
http://www.taoglas.com/images/product_images/original_images/PC.30.09.0100A%20Pentaband%20GSM%20antenna%20260210.pdf

ANEXO 1

FORMATO DE ENCUESTAS

ANEXO 2

CÓDIGO DEL PROGRAMA

ANEXO3

SKYETEK M7 y protocolo de comunicación

ANEXO 4

DATASHEET ANEXADOS EN EL CD

DATASHEET 1 DSPIC30F5013

DATASHEET 2 LM4865

DATASHEET 3 MC794010

DATASHEET 4 SI3000

Índice de figuras

Figura 1.1. Carta de Snellen.....	3
Figura 1.2. Mapa de procesos de una biblioteca [7]	11
Figura 1.3. Clasificación Dewey en la biblioteca Alejandro Segovia	13
Figura 1.4. Ejemplo del sistema Dewey	14
Figura 1.5. Partes de una etiqueta RFID	16
Figura 1.6. Etiqueta RFID a) activa, b) pasiva	18
Figura 1.7. Formas de etiquetas RFID	18
Figura 1.8. Formas de etiquetas adhesivas.....	19
Figura 1.9. Esquemas interno de un lector RFID.....	20
Figura 1.10. Funcionamiento del sistema RFID	21
Figura 2. 1. Mapa de procesos de una biblioteca.....	30
Figura 2. 2. Proceso de selección de una biblioteca	32
Figura 2. 3. Proceso de adquisición de una biblioteca.....	33
Figura 2. 4. Procesos para la catalogación de un texto	34
Figura 2. 5. Proceso de mantenimiento y puesta a disposición de la colección	35
Figura 2. 6. Proceso de préstamo	37
Figura 2. 7. Primer proceso propuesto para el préstamo de libros.....	41
Figura 2. 8. Segundo proceso propuesto para el retorno de libros en las estanterías.....	42
Figura 2. 9. Diagrama de procesos de préstamos propuesto.....	43
Figura 2. 10. Resultado de la pregunta 3	45
Figura 2. 11. Uso de fichas nemotécnicas.....	46
Figura 2. 12. Uso de un sistema informático interno.....	46
Figura 2. 13. Uso de un sistema informático de acceso público.....	47
Figura 2. 14. Devolución de libros.....	48
Figura 2. 15. Resultado pregunta 11	49
Figura 2. 16. Uso de tecnología RFID para la identificación de libros	52
Figura 2. 17. Diagrama de bloques del sistema	52
Figura 2. 18. Diagrama de bloques para el préstamo de libros.....	56

Figura 2. 19 Diagrama de bloques para la devolución de libros.....	57
Figura 3. 1. Diagrama de bloques del sistema	61
Figura 3. 2. Empaquetado TQFP-80 dspic30F5013	63
Figura 3. 3. Diagrama de pines del dspic30F5013.....	64
Figura 3. 4. Software de programación MPLAB	65
Figura 3. 5. Configuración del oscilador	66
Figura 3. 6. Esquema del módulo UART del dsPIC.....	69
Figura 3. 7. Bits del registro U1MODE.....	69
Figura 3. 8. Bits del registro U1STA	70
Figura 3. 9. Esquema de conexión entre dos elementos en el bus I2C	72
Figura 3. 10. Esquema del bus I2C con múltiples maestros/esclavos	72
Figura 3. 11. Etapa de la transmisión utilizando el protocolo I2C	73
Figura 3. 12. Ejemplo de datos transmitidos durante el intercambio I2C.....	74
Figura 3. 13. Bits que componen el registro I2CxCON.....	74
Figura 3. 14. Esquema de conexión de la interfaz SPI	75
Figura 3. 15. Esquema de conexión del módulo DCI.....	77
Figura 3. 16. Módulo Skyetek M7	80
Figura 3. 17. Disposición de pines Skyetek M7	81
Figura 3. 18. Empaquetado y disposición de pines SI3000	91
Figura 3. 19. Diagrama de transmisión del módulo DCI.....	93
Figura 3. 20. Modo operación de auriculares	98
Figura 3. 21. Circuito amplificador de audio.....	98
Figura 3. 22. Pines SD-CARD	100
Figura 3. 23. Diagrama de conexión para un teclado matricial 4x3	103
Figura 3. 24. Diagrama del RTCC MCP79410.....	105
Figura 3. 25. Formato de transmisión de datos I2C	105
Figura 3. 26. Registros del MCP7941	106
Figura 3. 27. Algoritmo de inicio e interfaz de usuario	108
Figura 3. 28. Algoritmo de búsqueda de etiquetas median RFID.....	110
Figura 3. 29. Algoritmo de lectura de hora y fecha	111

Figura 3. 30. Algoritmo de monitoreo de nivel de carga de la batería	112
Figura 3. 31. Diagrama esquemática del prototipo identificador parte uno.....	113
Figura 3. 32. Implementación del Prototipo	114
Figura 4.1. Método para medir la distancia de lectura entre la etiqueta y la antena	118
Figura 4.2. Antena Skyetek 860-960 MHZ	119
Figura 4.3. Antena FR4 penta-band GSM	119
Figura 4.4. Antena AC4790	119
Figura 4.5. Polarización con antena del lector paralela a la antena de la etiqueta.....	124
Figura 4.6. Polarización con la antena del lector perpendicular a la antena de la etiqueta.....	124
Figura 4.7. Medición de los efectos de colocar varias etiquetas dentro del campo de lectura	126
Figura 4.8. Proceso de préstamos de libros.....	128
Figura 4.9. Proceso propuesto para el préstamo de libros	130
Figura 4.10. Ejemplo de base de datos	131
Figura 4.11. Organización de las estanterías	131

Índice de tablas

Tabla 1.1. Ingreso per cápita en el Ecuador.....	6
Tabla 1.2. Características de las etiquetas pasivas y activas.....	17
Tabla 3.1. Características del micro-controlador dspic305013	63
Tabla 3.2. Características fundamentales del lector RFID	78
Tabla 3.3. Descripción de pines del lector M7	81
Tabla 3.4. Tabla de campos	83
Tabla 3.5. Tabla de comandos	84
Tabla 3.6. Tabla de configuración	85
Tabla 3.7. Campos en el mensaje de respuesta del dispositivo RFID	86
Tabla 3.8. Códigos de respuesta del dispositivo RFID	87
Tabla 3.9. Parámetros de configuración	88

Tabla 3.10. Valores de configuración para el nivel de potencia del lector RFID.....	90
Tabla 3.11. Características técnicas del códec SI3000	92
Tabla 3.12. Registros internos del SI3000	94
Tabla 3.13. Especificaciones de una tarjeta SD	101
Tabla 4.1. Consumo de corriente del prototipo.....	117
Tabla 4.2. Características técnicas de las antenas.....	120
Tabla 4.3. Resultado de las mediciones	121
Tabla 4.4. Características de las etiquetas RFID	122
Tabla 4.5. Resultado de la lectura.....	123
Tabla 4.6. Medición de antenas en polarización horizontal y vertical.....	124
Tabla 4.7. Resultado de la medición de etiquetas en cercanía.....	126
Tabla 4.8. Promedio de tiempos de los procesos de una biblioteca.....	129
Tabla 4.9. Promedio de tiempos realizados por un no vidente	131
Tabla 4.10. Resultado de búsqueda de libros.....	132

Índice de ecuaciones

Ecuación 3.1. Configuración del Oscilador interno del dsPIC	66
Ecuación 3.2. Cálculo del valor del registro U1BRG.....	70
Ecuación 3.3. Valor de potencia en dBm del dispositivo RFID	90
Ecuación 3.4. Frecuencia de muestreo.....	93
Ecuación 3.5. Anular armónicos	99

GLOSARIO

EPC: Código electrónico de producto (del inglés Electronic Product Code) el cual está diseñado para funcionar como un identificador universal que provee una identidad única para cada objeto físico en el mundo, esta identidad está representada en una serie de cadenas de caracteres, los cuales sirven para que los sistemas que utilizan EPC puedan asignar a cada objeto un identificador único.

PCM: Modulación por impulsos codificados (del inglés Pulse Code Modulation) es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital). Una trama PCM es una representación digital de una señal analógica en donde la magnitud de la onda analógica es tomada en intervalos uniformes (muestras), cada muestra puede tomar un conjunto finito de valores, los cuales se encuentran codificados.

DPCM: Modulación diferencial por impulsos codificados (del inglés Differential Pulse Code Modulation), es un codificador de forma de onda que parte de la base de PCM pero añade algunas funcionalidades basadas en la predicción de las muestras de la señal. Aplicando procesos de procesamiento digital de señales se elimina la redundancia de la señal a corto término y se consiguen factores de compresión del orden de 4, es decir la cantidad de memoria necesaria para el almacenamiento se reduce a la cuarta parte.

MCU: Abreviación de micro controlador, es una pequeña unidad de procesamiento en un circuito integrado que contiene una unidad de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida programables. Los micro controladores están diseñados para uso en aplicaciones embebidas, en contraste con los microprocesadores, los cuales están diseñados para su uso en computadoras personales y aplicaciones de propósito general.

DSP: Procesador digital de señales (del inglés Digital Signal Processor), es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un juego de instrucciones, un hardware y un software optimizados para aplicaciones que requieran operaciones numéricas a muy alta velocidad. Debido a esto es especialmente útil para el procesamiento y representación de señales analógicas en tiempo real.

UART: Transmisor Receptor Asíncrono Universal (del inglés Universal Asynchronous Receiver Transmitter), es un componente de hardware que traduce datos en formato paralelo, generalmente provenientes del bus de sistema, a serial, con la finalidad de ser transmitidos a través de un puerto. Generalmente son parte de un circuito integrado y son utilizados para comunicación serial aplicando estándares de comunicación tales como EIA RS-232, RS-422 o RS-485.

SPI: Interface serial de periféricos (del inglés Serial Peripheral Interface) es un estándar de comunicaciones usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos. Utiliza cuatro líneas de comunicaciones, una línea de reloj, una de datos de entrada, una de datos de salida y una de selección de chip. Esta última permite multiplexar las líneas, es decir utilizar las mismas líneas de reloj y datos para las comunicaciones con varios periféricos.

I²C: Circuitos inter-integrados (del inglés Inter-Integrated Circuit) es un bus de comunicaciones en serie. Es principalmente utilizado para la comunicación entre circuitos integrados, tales como micro controladores, y sus periféricos. Utiliza dos líneas para transmitir la información, una para los datos y la otra para la señal de reloj.

CAN: Red de área de controladores (del inglés Controller Area Network) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una

topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos. Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.

DCI: Interfaz de conversor de datos (del inglés Data Converter Interface) es una interfaz de comunicación de datos que permite la comunicación entre micro controladores y dispositivos de audio, tales como códecs, conversores analógico-digitales y conversores digital-analógicos.

EEPROM: Memoria ROM programable y borrable eléctricamente (del inglés Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioletas. Son memorias no volátiles, es decir almacenan los datos a pesar de que se pierda su fuente de alimentación.

OMS: Organización Mundial de la Salud, es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.

CONADIS: Consejo Nacional de Discapacidades, es un organismo autónomo de carácter público que se encarga de generar políticas e información en el ámbito de las discapacidades, de planificar y coordinar acciones con los sectores públicos y privado y canalizar recursos nacionales e internacionales en este

BIBLIOTECONOMÍA: conocida también como **bibliotecología**, es el conjunto de actividades técnicas y científicas que tiene como finalidad el conocimiento de la información,

de los materiales en que se presenta y del lugar en que se hace uso de ella. El término deriva de las palabras griegas *biblion* (“libro”), *theke* (“caja”) y *nomos* (“ley”).

WAV: Apócope del inglés WAVEform Audio File Format, es un formato de audio digital normalmente sin compresión de datos desarrollado y propiedad de Microsoft y de IBM que se utiliza para almacenar sonidos en el PC, admite archivos mono y estéreo a diversas resoluciones y velocidades de muestreo.

RTCC: Chip de reloj a tiempo real (del inglés Real Time Clock Chip), es un circuito integrado que se encarga de realizar un seguimiento de la hora y fecha actual. Generalmente están presentes en cualquier dispositivo electrónico en el cual sea necesario conocer la hora y fecha.

MIPS: Millones de instrucciones por segundo. Es una forma de medir la potencia de los procesadores de acuerdo al número de instrucciones que son capaces de realizar cada segundo. Sin embargo, esta medida sólo es útil para comparar procesadores con el mismo juego de instrucciones y usando programas que fueron compilados por el mismo compilador y con el mismo nivel de optimización.

FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO

El presente proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, .

Coronel Edwin Chávez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Ing. Víctor Proaño, MSC.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Dr. Jorge Carvajal

SECRETARIO ACADÉMICO

Francisco Xavier Espinel Sigcha

AUTOR

Juan Javier Vaca Andrade

AUTOR