

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Diseño e Implementación de un Sistema Inalámbrico de  
Alarma Domiciliaria con alerta Vía Celular”

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN:**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

Presentado por:

**Ricardo Alfredo Cajo Díaz  
Jorge Luis Galarza Rosas**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2010**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de concluir con esfuerzo la carrera que he elegido, a mis padres Marisol y Walter y agradezco profundamente a mis mejores amigos Eliana, Josué, Franklin e Iván por haberme apoyado en todo momento. A todas aquellas personas que me han apoyado en las buenas y las malas y a todos los que han creído en mí.

Jorge Galarza Rosas

A mis padres Isabel y Ricardo por la confianza y paciencia a lo largo de mi carrera, a mis amigos Elva, Victor y Genaro por brindarme su amistad, a nuestro director de tesis Ing. Hugo Villavicencio por su guía y ayuda. Y a todas aquellas personas que han hecho posible la realización de esta tesis.

Ricardo Cajo Díaz

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestros padres y familiares quienes han sabido guiarnos y enseñarnos lo correcto. También dedicamos este trabajo a todas aquellas personas que creyeron en nosotros y siempre nos brindaron su apoyo en las buenas y en las malas, va por ellos...

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Aragundi R.

SUB-DECANO FIEC



Ing. Hugo Villavicencio V.

DIRECTOR DE TESIS



Ing. César Martín M.

VOCAL PRINCIPAL



Ing. Sara Ríos O.

VOCAL PRINCIPAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL” (Reglamento de Graduación de la ESPOL)

-----  
Jorge Galarza R.

-----  
Ricardo Cajo D.

## RESUMEN

El presente trabajo describe el estudio para la implementación de un sistema inalámbrico de alarma domiciliaria con alerta vía celular, el cual está basado en tecnología de envío y recepción de señales de radiofrecuencia, GSM, y tecnología de microcontroladores.

El capítulo 1 de este documento, describe la justificación de este proyecto, las herramientas a utilizarse para su desarrollo, así como el alcance y las limitaciones en la elaboración del mismo.

El capítulo 2 se muestra una perspectiva general de los fundamentos teóricos utilizados para la elaboración del sistema, se explica el funcionamiento de la tecnología GSM, comunicación por Radiofrecuencia y las características generales de la familia PIC18F4550 y PIC16F628.

En el capítulo 3 describe todo el proceso de diseño del sistema, el cual está compuesto por tres partes, la primera está constituida por los dispositivos de alarma que enviarán señales de manera inalámbrica a la consola (por radio frecuencia a través del módulo RFM12). La segunda está formada por la consola, la cual contiene al PIC18F4550 que es el cerebro de todo el sistema y permitirá administrar los números de celular y los dispositivos de alarma, así como también activar las diferentes señales de alerta en caso de que una alarma se active. La

tercera y última parte la constituye el módulo con tecnología GSM, cuya función será alertar a los dispositivos móviles que soporten dicha tecnología.

En el capítulo 4 se da conocer la implementación del hardware, los análisis de costos de los dispositivos electrónicos que conforman el sistema, también se da a conocer las pruebas de alcance de las señales de radiofrecuencia, envío/recepción entre los diferentes dispositivos, ya sean móviles o de alarma que interactúan con la consola, así como también la configuración de la misma.

# INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos .....	6
1.4. Alcances y Restricciones .....	7
<b>2. FUNDAMENTOS DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS Y</b>	
<b>MICROCONTROLADORES APLICABLES AL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Tecnología GSM.....	8
2.1.1 Arquitectura de Red GSM.....	11
2.1.2 SMS.....	14
2.2 Comunicación por Radiofrecuencia .....	15
2.2.1 ISM Bands (Industrial, Scientific and Medical bands) .....	16
2.2.2 Tipos de Modulación Digital.....	16
2.2.3 Tipos de tecnologías empleadas en radiofrecuencia .....	20



2.2.4	Indicador de la potencia de señal recibida (RSSI).....	21
2.3	Familias PIC16F628A y PIC18F4550 .....	23
2.3.1	¿Qué es un microcontrolador?.....	23
2.3.2	Arquitectura Interna.....	23
2.3.3	PIC16F628A.....	27
2.3.4	PIC18F4550 .....	30
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>32</b>
3.1	Descripción general del sistema.....	32
3.1.1	Diagrama de Bloques .....	33
3.1.2	Escenario.....	35
3.1.3	Diagrama de flujo del código fuente del microcontrolador.....	38
3.2	Dispositivos de Alarma .....	41
3.2.1	Sensor de Movimiento PIR .....	41
3.2.2	Sensor Magnético .....	42
3.3	Módulo de Radio Frecuencia.....	43
3.3.1	Especificaciones.....	43
3.3.2	Descripción de Pines .....	44
3.3.3	Parámetros importantes para el Proyecto .....	45
3.4	Módulo Controlador (Consola) .....	45
3.4.1	Módulo de Ingreso .....	46
3.4.2	Módulo de Visualización.....	47
3.5	Módem GSM .....	48
3.5.1	Especificaciones.....	49
3.5.2	Descripción de pines utilizables en este proyecto .....	50
3.6	Diseño de Pruebas.....	51
3.6.1	Distancia y Obstáculos físicos.....	52
3.6.2	Interferencias con otras frecuencias .....	53

<b>4. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA .....</b>	<b>54</b>
4.1 Análisis de Costos.....	54
4.2 Implementación del Sistema .....	55
4.2.1 Interfaz de usuario.....	55
4.2.2 Instalación y Ubicación.....	58
4.2.3 Alimentación de Energía .....	59
4.3 Construcción de PCB con software apropiado.....	59
4.3.1 Bloque Alarma .....	60
4.3.2 Bloque Controlador .....	61
4.4 Pruebas de envío/recepción de señales y de Alcance.....	64
4.4.1 Distancia y Obstáculos físicos.....	64
4.4.2 Interferencias con otras frecuencias .....	66
4.5 Pruebas de Configuración de equipos desde la Consola.....	66
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Sistemas de alarmas para domicilio [1].....	1
Figura 1.2 – Medios de Alerta [1] .....	2
Figura 1.3 – Evolución de los sistemas de Alarma [2].....	3
Figura 1.4 – No integrabilidad en Sistema de alarmas actuales [2] .....	4
Figura 1.5 – Exceso de cables en Sistema de alarmas actuales [3] .....	4
Figura 1.6 – Monitoreo del domicilio a terceros [4].....	5
Figura 1.7 – Alarmas con medios de aviso limitados [3] .....	5
Figura 2.1 – Arquitectura GSM [5].....	12
Figura 2.2 – Estructura de la red GSM [6].....	13
Figura 2.3 – Comunicación por radiofrecuencia.....	15
Figura 2.4 – Arquitectura interna de un microcontrolador .....	24
Figura 2.5 – PIC16F627/628A/648A [10] .....	28
Figura 2.6 – PIC18F4455/4550 [10] .....	31
Figura 3.1 – Sistema a implementar.....	33
Figura 3.2 – Diagrama de bloques .....	33
Figura 3.3 – Trama de envío desde Controlador hacia Alarma (armado seguridad)	35
Figura 3.4 – Trama de envío cuando se activa la alarma .....	36
Figura 3.5 – Diagrama de bloques - Armado de la Seguridad .....	37
Figura 3.6 – Diagrama de bloques - Violación de la Seguridad .....	37
Figura 3.7 – Diagrama de flujo Activación/Desactivación alarma .....	38
Figura 3.8 – Diagrama de flujo de envío de trama (consola a alarma) .....	39
Figura 3.9 – Diagrama de flujo de recibimiento de trama (alarma a consola).....	39

Figura 3.10 – Diagrama de flujo alerta alarma .....	40
Figura 3.11 – Diagrama de flujo envío de SMS.....	40
Figura 3.12 – Sensor de Movimiento PIR [11].....	41
Figura 3.13 – Configuración de Pines [11] .....	42
Figura 3.14 – Sensor Magnético [12] .....	42
Figura 3.15 – Módulo RF HM-TR/TTL [13].....	43
Figura 3.16 – Ilustración de Pines [13].....	44
Figura 3.17 – Teclado Matricial 4x4 [14] .....	46
Figura 3.18 – Teclado Matricial (Esquemático) [14].....	47
Figura 3.19 – Módulo LM016L [14].....	47
Figura 3.20 – Pines LM016L .....	48
Figura 3.21 – Módulo SIM340cz [15].....	49
Figura 3.22 – Obstáculos Físicos [16].....	52
Figura 4.1 – Interfaz de Usuario - Consola.....	55
Figura 4.2 – Estructura del Menú de Usuario.....	56
Figura 4.3 – Configuración del Botones del Teclado.....	57
Figura 4.4 – Ubicación de tarjeta SIM .....	58
Figura 4.5 – Esquemático Alarma Movimiento.....	60
Figura 4.6 – PCB Alarma Movimiento (2D) .....	61
Figura 4.7 – PCB Alarma Movimiento (3D) .....	61
Figura 4.8 – Diagrama Esquemático Módulo GSM.....	62
Figura 4.9 – PCB Módulo GSM.....	63
Figura 4.10 – Bloque Ingreso, Visualización, PIC18 y RF.....	63
Figura 4.11 – PCB Bloque Ingreso, Visualización, PIC18 y RF .....	64

Figura 0.1.Anx – Conector ASTRON 1590060-093 .....	71
Figura 0.2.Anx – Circuito Impreso Módulo GSM (Superior - Posterior) .....	72
Figura 0.3.Anx – Diagrama de flujo Menú Usuario.....	73
Figura 0.4.Anx – Diagrama de flujo Activación/Desactivación y Añadir Alarma.....	74
Figura 0.5.Anx – Diagrama de flujo Eliminar alarma .....	75
Figura 0.6.Anx – Diagrama de flujo Ingresar Número celular .....	76
Figura 0.7.Anx – Diagrama de flujo Cambiar clave .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A – Frecuencias de GSM a nivel mundial [6] .....	9
Tabla B – Comparación entre PIC16F84A y los PIC16FXX [10].....	28
Tabla C – Características Técnicas Sensor Magnético (valores Máximos) .....	43
Tabla D – Descripción de configuración de Pines.....	45
Tabla E – Descripción de Pines LM016L .....	48
Tabla F - Pines Utilizables en el proyecto .....	51
Tabla G – Lista de Costos.....	54
Tabla H – Resultado de pruebas de distancia y obstáculos.....	65
Tabla I – Prueba a cada menú de usuario .....	67

## ABREVIATURAS

uC	Microcontrolador
Hz	Hercios
2G	Segunda Generación
3G	Tercera Generación
TM	Terminal Móvil
PSTN	Red de telefonía Pública Conmutada.
BSC	Estación de Base de Control
SMS	Servicio de Mensaje Corto
MMS	Servicio de Mensajes Multimedia
WWW	World Wide Web
QoS	Calidad de Servicio
TDMA	Acceso múltiple por División de Tiempo
IP	Protocolo de Internet
P2P	Punto a Punto
DHCP	Protocolo de configuración de Equipos dinámicos
UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles
WAP	Protocolo de aplicaciones inalámbricas
ITU	Unión internacional de telecomunicaciones
RF	Radio frecuencia
WPAN	Red de área personal inalámbrica
Wi-fi	Wireless Fidelity
dBm	Unidad de potencia en decibelios

PIC	Circuito Integrado Programable
CPU	Unidad Central de Proceso
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
EEPROM	ROM programable y borrable eléctricamente
A/D	Analógico – Digital
D/A	Digital – Analógico
RISC	Computadora con conjunto de instrucciones reducido
ROM	Memoria de solo lectura
EPROM	ROM programable borrable
SRAM	RAM estática
E/S	Entrada y salida
PWM	Modulación de por ancho de pulsos
SFR	Registro de Funciones Especiales
SPI	Interfaz Serial de Periféricos
TTL	Lógica Transistor – Transistor
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
UART	Receptor-Transmisor Universal Asíncrono
USART	Receptor-Transmisor Universal Sincrónico Asíncrono
RS232	Estándar Recomendado 232
Kbps	Kilobits por segundo
A	Amperios
V	Voltios
PCB	Tarjeta de Circuito Impreso



# INTRODUCCIÓN

La tecnología de las comunicaciones está avanzando muy rápido, y junto con ella la electrónica que no es más que una plataforma para su desarrollo. Se han inventado cientos de miles de sistemas electrónicos basados en comunicaciones con distintas aplicaciones, pero con un solo objetivo, hacer más fácil las cosas y mejorar la calidad de vida de las personas quienes los usan; desde lámparas que se encienden con solo detectar la presencia de una persona, hasta sistemas que involucran comunicaciones satelitales para ubicación de un objeto o persona en cualquier parte del mundo.

Dentro de este gran preámbulo de grandes y pequeños sistemas, están los de seguridad y de manera específica los sistemas de alarma, que surgieron para resolver la necesidad de alertar y controlar el ingreso de personas no autorizadas en algún lugar determinado, manteniendo la seguridad en casas, comercios, oficinas, industrias, almacenes, áreas de diseño o desarrollo, laboratorios, etcétera.

La instalación de estos sistemas de alarmas contra intrusos ha contribuido a reducir la cantidad de robos y hurtos producidos en los hogares de todo el mundo, presentando no sólo la ventaja directa de la seguridad que brinda a las personas y sus bienes, sino también permitiendo reducir los montos de la materia prima de los seguros de las empresas, comercios y viviendas.

Pero dentro de estos sistemas, operan cientos de componentes electrónicos, activos y pasivos que hacen que todo el sistema funcione. Entre ellos se encuentran los Microcontroladores, que manejan gran parte del circuito que conforma un sistema de alarma. Estos pequeños dispositivos programables se encuentran en todo lugar, tales como, controles remotos, microondas, equipos de sonidos, celulares, centrales telefónicas, satélites, etc. Sin duda alguna estos dispositivos son y serán de suma importancia para cualquier sistema electrónico; y con mucha razón para el presente proyecto de graduación.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 1.1. Antecedentes

Actualmente, en el Ecuador es muy común estar propenso a la delincuencia; hurtos, robos etc. pero de manera especial se está propenso al robo domiciliario. Son incontables las pérdidas de los bienes de las personas, y aun más, cuando se trata de objetos de mucho valor.

Para resolver este problema, las empresas de seguridad del país, ofrecen diversos tipos de sistemas de alarmas de seguridad para domicilios (Figura 1.1), los cuales están compuestos de sensores con diseños distintos, pero con un objetivo, proveer las seguridades necesarias a bienes y áreas dentro de los cuales interactúan. Todos estos sistemas, en su mayoría, permiten alertar a la comunidad o al dueño del domicilio en caso de que la seguridad haya sido violada (Figura. 1.2) [1].



Figura 1.1 – Sistemas de alarmas para domicilio [1]



**Figura 1.2 – Medios de Alerta [1]**

Se han contado algunos sistemas de alarmas con diferentes diseños los cuales han ido evolucionando con el objetivo de mejorar la seguridad y la usabilidad. Se los ha diseñado para que trabajen con diferentes dispositivos de alarma tales como, sensores piro eléctricos, detectores de humos, detectores de puertas, etc. (Figura 1.3). Las señales de alerta o de aviso también han cambiado; con anterioridad, cuando se violaba la seguridad de una vivienda, las alertas eran de tipo sonoras y/o de luces, ahora gracias al avance de la tecnología en comunicaciones, otra forma de alertar es a través de llamadas telefónicas utilizando la red de telefonía fija (Figura 1.3).

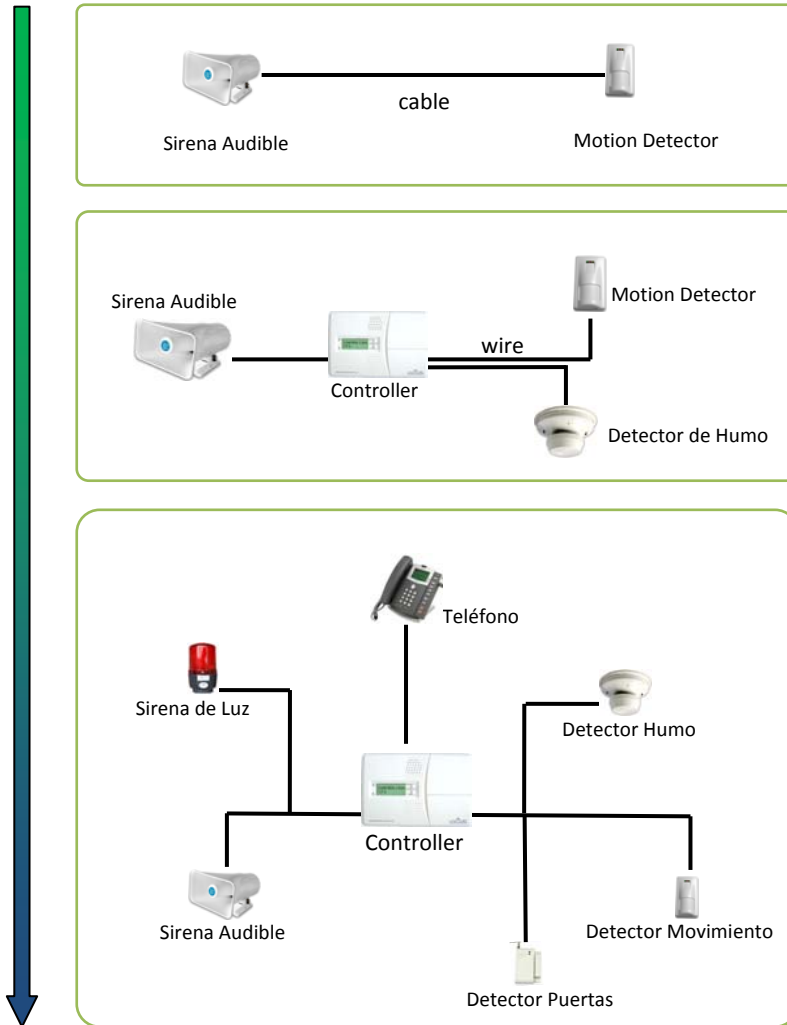
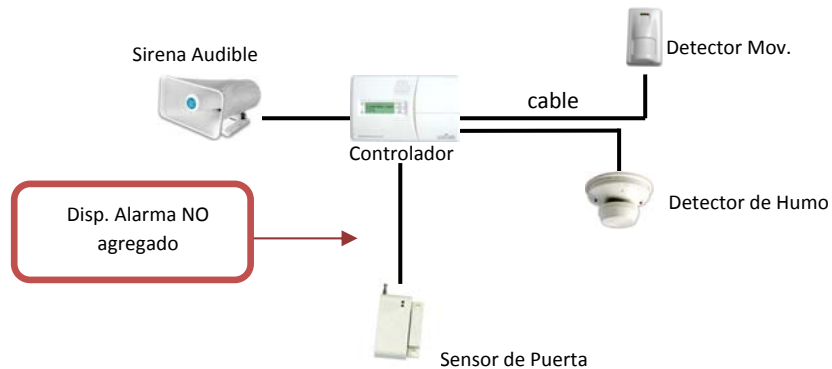


Figura 1.3 – Evolución de los sistemas de Alarma [2]

## 1.2. Justificación

Los sistemas de alarma que actualmente se han venido instalando en los domicilios, han resuelto en parte la seguridad de los mismos. Pero cada uno de ellos ha tenido ciertos problemas de usabilidad e instalación; se detallan a continuación algunos inconvenientes que tienen estos sistemas:

- Falta de integrabilidad.- No es posible agregar algún otro sensor de alarma a parte de los que ya vienen incluido en el sistema (Figura 1.4).



**Figura 1.4 – No integrabilidad en Sistema de alarmas actuales [2]**

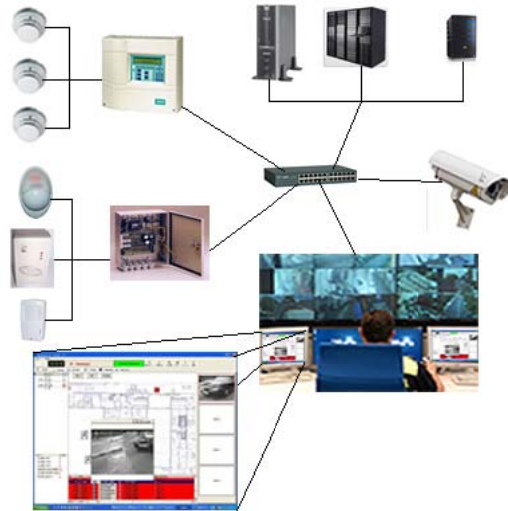
- Exceso de cables.- El exceso de cables hacen que la instalación de estos sistemas sea muy laboriosa. (Figura 1.5)



**Figura 1.5 – Exceso de cables en Sistema de alarmas actuales [3]**

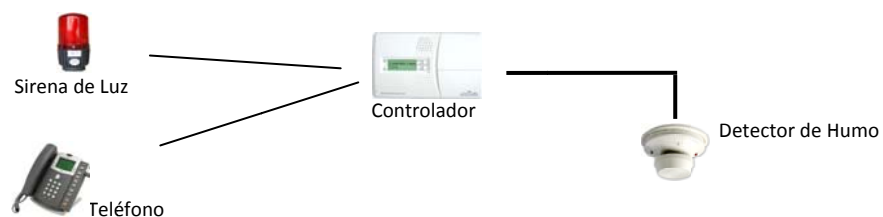
- Costos.- Algunas empresas de seguridad ofrecen el servicio de monitoreo del domicilio. En caso de que la seguridad haya sido violada, inmediatamente se envía una señal de alerta al mando de control ubicado en la empresa y consecuentemente la empresa llama al dueño del domicilio informándole lo

ocurrido. Muchas de las personas no deciden acceder a este servicio en razón de que no lo ven tan necesario además de que su costo es elevado (Figura 1.6).



**Figura 1.6 – Monitoreo del domicilio a terceros [4]**

- Medios de aviso limitados.- Muchos sistemas de alarmas tienen como medio de alerta a distintos dispositivos, tales como: sirenas audibles, silenciosas, de luces y otros como la red de telefonía fija (Figura. 1.7).



**Figura 1.7 – Alarmas con medios de aviso limitados [3]**

- Poca movilidad.- El exceso de cables hacen que estos sistemas sean poco movibles. Por ejemplo, si el dueño decide cambiarse de casa, tendrá problemas al desinstalar el sistema y trasladarlo a otro lugar.

Ante estos inconvenientes se pretende entonces fomentar la utilización de las nuevas tecnologías electrónicas y de comunicaciones, como son los Microcontroladores, la telefonía móvil y las señales de radiofrecuencia, que permitan hacer que un sistema de alarma sea autónomo, transportable y con una interfaz amigable y usable. Con la realización de esta solución, se aspira que dicho sistema resuelva los problemas especificados anteriormente, satisfaciendo todas las expectativas de las personas quienes lo usen.

### **1.3. Objetivos**

El objetivo general del proyecto es ofrecer una mejora tecnológica a los sistemas de alarma tradicionales, haciéndolos más fáciles de instalar y usar. Para ello, se diseñará e implementará un sistema de alarma domiciliaria que suprima en su mayoría, el exceso de cables de los sistemas de alarmas tradicionales y que pueda utilizar la red GSM para su alerta a parte de las ya preestablecidas, que tenga una interfaz amigable para el usuario y que sea integrable, escalable y transportable.

#### Objetivos específicos

- Diseñar un controlador que permita concentrar las señales de los dispositivos de alarma y a su vez que permita alertar vía celular en caso que dichos dispositivos se activen.
- Establecer una comunicación inalámbrica entre dispositivos de alarma y controlador.
- Implementar una interfaz de usuario en el controlador que permita encender o desactivar los dispositivos de alarma y permita guardar los números de celular.



#### 1.4. Alcances y Restricciones

En este proyecto se desarrollará un Sistema de Alarma Domiciliaria y para su implementación se utilizará tecnología de Microcontroladores, tecnología inalámbrica y la red de telefonía móvil GSM.

Entre los requerimientos que cumplirá el sistema se encuentran:

- Medios de alerta: Envío de SMS desde la consola al celular.
- Funciones del controlador (consola): Activación/Desactivación de los dispositivos de alarma así como también agregar y eliminar a los mismos. Almacenamiento de los números de teléfono. Administrador del modem GSM. Cambio de contraseña de acceso a la consola.
- Funciones de los dispositivos de alarma: Enviar y recibir datos de manera inalámbrica. Enviar la señal al controlador cuando un sensor se active.

#### Limitaciones

Se encuentran otras funcionalidades en los sistemas de alarmas modernos, tales como alimentación externa, vigilancia por video, ahorro de energía, etc. El presente proyecto no se enfocará a las características mencionadas, solamente se diseñará un prototipo de seguridad utilizando tecnología inalámbrica, el cual se pondrá a prueba con la implementación del sistema que permitirá el uso del mismo.

# CAPÍTULO II

## 2. FUNDAMENTOS DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS Y MICROCONTROLADORES APLICABLES AL PROYECTO

### 2.1 Tecnología GSM

GSM (Global System for Mobile Communications) o Sistema Global para Comunicaciones Móviles es el estándar más popular en lo que respecta a telefonía móvil a nivel mundial. La 'GSM Assosiation' estima que el mercado global de telefonía móvil es dominado un 82% por GSM [5].

Es una red celular de 2.5G, donde el teléfono móvil se conecta para buscar la celda más cerca a su ubicación. Es un servicio portador que permiten enlazar a voluntad dos equipos terminales móviles mediante un canal digital que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma.

La red GSM opera en 4 rangos de frecuencias:

- 900 MHz y 1800 MHz en Europa y Asia.
- 850 MHz y 1900 MHz en las Américas.

<b>Banda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Numero Canales</b>	<b>Banda Ancha de Subida (MHz)</b>	<b>Banda Ancha de bajada (MHz)</b>	<b>Notas</b>
<b>GSM 850</b>	GSM 850	128 – 251	824 - 849	869 – 894	Usada en EEUU, Sudamérica y Asia
<b>GSM 900</b>	P-GSM 900	1 – 124	890 - 915	935 – 960	GSM de Europa
	E-GSM 900	975 – 1023	880 - 890	925 – 935	Extensión de GSM
	R-GSM 900	n/a	876 - 880	921 – 925	GSM Ferroviario
<b>GSM 1800</b>	GSM 1800	512 – 885	1710 - 1785	1805 – 1880	
<b>GSM 1900</b>	GSM 1900	512 - 810	1850 - 1910	1930 – 1990	Usada en EEUU, no es compatible Con GSM 1800

**Tabla A – Frecuencias de GSM a nivel mundial [6]**

### **Generación 2.5 G**

Es la generación de tecnología celular que se encuentra entre 2G y 3G. Se describe como sistemas 2G que tienen implementada conmutación de paquetes sobre conmutación de circuitos. Provee algunos beneficios de la 3G así como también usa la infraestructura de la red GSM.

### **Módulo Subscriptor de Identidad (SIM)**

También conocida como SIM Card es una tarjeta la cual contiene la información de suscripción del usuario. Esto significa que el usuario puede cambiar de operadora con solo cambiar la SIM Card [6].

Algunas operadoras bloquean el móvil permitiendo que sea aceptada una única SIM Card que para el caso sería la del operador. Pero esto no es impedimento para el

usuario ya que en la actualidad existen disponibles en Internet muchos programas para liberar el móvil.

### **Canales Lógicos GSM**

La comunicación en una determinada frecuencia se realiza a través de tramas temporales, divididas en 8 slots cada una. En esos slots se alojan los canales lógicos, que agrupan la información a transmitir entre la estación base y el móvil de la siguiente manera [5]:

**Canales de tráfico (Traffic Channels, TCH):** Albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.

### **Canales de control**

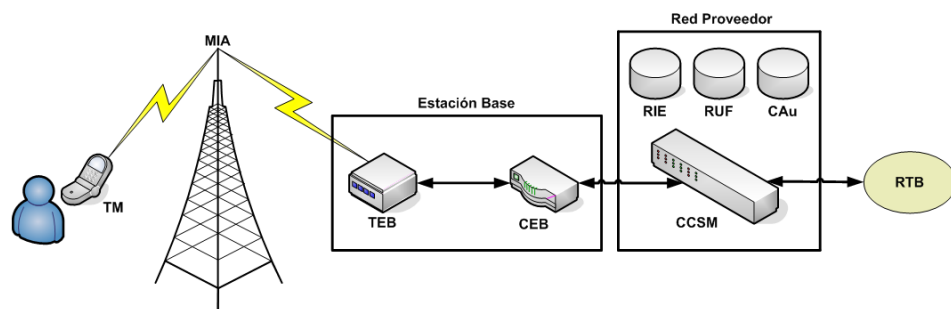
- Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH).
- Canal de control broadcast (Broadcast Control Channel, BCCH): Comunica desde la estación base al móvil la información básica y los parámetros del sistema.
- Canal de control de frecuencia (Frequency Control Channel, FCCH): Comunica al móvil (desde la EB) la frecuencia portadora de la EB.
- Canal de control de sincronismo (Synchronization Control Channel, SCCH): Informa al móvil sobre la secuencia de entrenamiento (training) vigente en la EB, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas.
- Canales de control dedicado (Dedicated Control Channels, DCCH).
- Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel, SACCH).
- Canal de control asociado rápido (Fast Associated Control Channel, FACCH).

- Canal de control dedicado entre EB y móvil (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH).
- Canales de control común (Common Control Channels, CCCH).
- Canal de aviso de llamadas (Paging Channel, PCH): Permite a la EB avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.
- Canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH): Alberga las peticiones de acceso a la red del móvil a la BS.
- Canal de reconocimiento de acceso (Access-Grant Channel, AGCH): Procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.
- Canales de Difusión Celular (Cell Broadcast Channels, CBC). La Difusión de Celda (también conocida por Difusión Celular) es una tecnología disponible por algunas operadoras móviles, diseñada para el envío simultáneo de mensajes a múltiples usuarios en un área específica. El servicio permite que los mensajes sean comunicados a múltiples clientes de telefonía móvil que estén localizados en una determinada área de cobertura de la red. Esta tecnología permite crear canales de comunicación con los móviles que se encuentren en un área geográfica específica, lo que la convierte en un potente instrumento para servicios de información locales o asociados a la posición, haciendo posible la selección del tema o canal de interés para el usuario (Noticias, Deporte, Información Meteorológica, Tránsito, Farmacias de guardia, Taxis, etc.).

### 2.1.1 Arquitectura de Red GSM

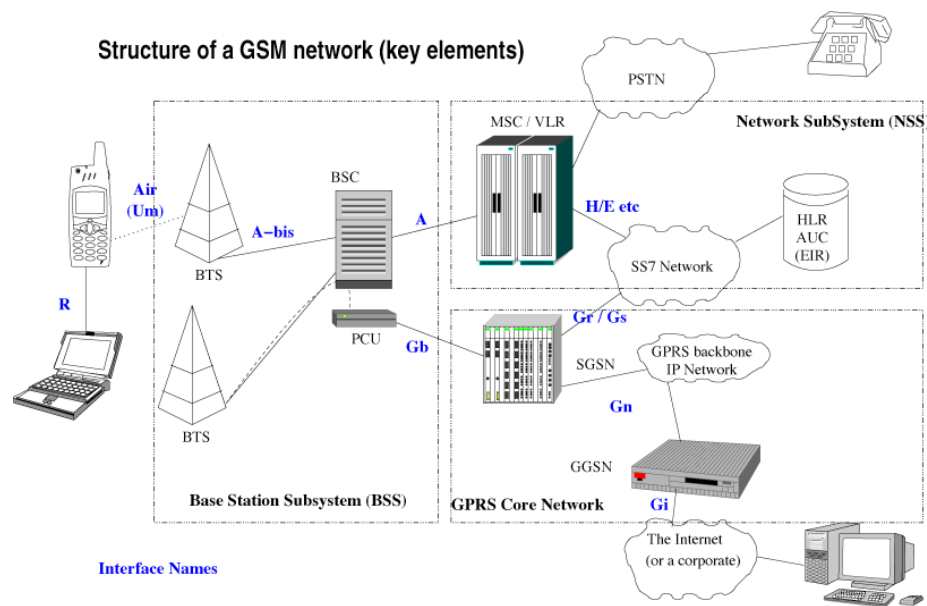
La comunicación se origina desde el usuario final o Terminal Móvil (TM), que mantiene una sincronización de señales de control con la estación base más

cercana (BTS) y ésta tiene el Módulo de Identificación de Abonados (MIA), que se conecta vía microonda con la Central de Conmutación de Servicios Móviles tal como se muestra en la Figura 2.1 [5].



**Figura 2.1 – Arquitectura GSM [5]**

En la Figura 2.2 [6] se muestra la estructura de una red GSM, la cual consiste en la división del ámbito de cobertura de la red en zonas más pequeñas denominadas células, a las que se les asigna un cierto número de radiocanales, dotándolas de otras tantas estaciones base transmisoras y receptoras. Aquí se puede realizar una comunicación de voz que parte del equipo terminal (TE) o móvil que se encuentra dentro de la cobertura de una estación base (BTS) que está conectada con una central de estaciones bases (BSC) que enruta su llamada hacia una Central de Switcheo Móvil (MSC) quien define si su llamada está dentro de la misma operadora o corresponde a otra operadora, la cual la enruta por la Red de Telefonía Pública (PSTN); en caso de ser una comunicación de datos tipo parte del dispositivo móvil, que está bajo dentro de la cobertura de una estación base (BTS) se comunica con la estación base central (BSC) quien enruta los datos hacia la red de datos.



**Figura 2.2 – Estructura de la red GSM [6]**

Para la función de localización, todo abonado móvil está inscrito en un registro local denominado RUF que es una base de datos que contiene información del abonado.

Si en el curso de una comunicación la estación móvil (EM) sale de la zona de cobertura de la Estación Base (EB) donde está en curso la llamada, para evitar que ésta se corte debe transferirse a la EB de otra célula. Para ello, se acompaña a la señal de voz de un tono de supervisión no audible, que es devuelto por el móvil. La EB mide la calidad de esta señal de retorno. Si no resulta satisfactoria, se envía una alarma al CCSM, quien ordena a la EB en cuestión y a sus vecinas una medición del campo producido por la EM. Los resultados se envían al CCSM, el cual conmuta la llamada a la EB en que se tengan las mejores condiciones de recepción. La conmutación en curso, al efectuarse en función de los niveles de señal recibidos, asegura siempre una calidad de señal superior a cierto umbral mínimo [5].

### 2.1.2 SMS

Short Message Service es un protocolo de comunicación que permite el intercambio de mensajes de textos entre teléfonos móviles. Es el servicio móvil más usado con 2.4 billones de usuarios activos los cuales envían y reciben mensajes de texto [6].

SMS fue diseñado originalmente como un servicio de GSM, pero en la actualidad se encuentra disponible en otras redes móviles incluyendo redes 3G.

El tamaño máximo de un mensaje de texto en SMS es de 160 caracteres de 7 bits, 140 caracteres de 8 bits o de 70 caracteres de 16 bits, este último en idiomas como el chino, coreano, japonés, ruso y arábico. Existe también el SMS segmentado, el cual es un mensaje que sobrepasó su máximo de caracteres pero es enviado en múltiples partes. Esto lo logra ya que cada segmento iniciará con una Cabecera de Dato de Usuario o UDH la cual contiene información de su segmento respectivo y la longitud de cada segmento ahora será de 153 caracteres de 7 bits, 134 caracteres de 8 bits y 67 caracteres de 16 bits.

El dispositivo móvil es el encargado de recibir cada segmento y re-ensamblar el mensaje para poder ser mostrado al usuario como un mensaje de texto largo.

El servicio de mensajes está disponible para no subscriptores de la operadora usando E-mail, esto es gracias a que el mensaje es enviado a través del servidor de correo en Internet de la operadora. Ejemplo: Si se desea enviar un mensaje de texto al número 086808202, en su proveedor de correo favorito, el destinatario deberá ser 86808202@dominiocorreoperadora.com. Este tipo de mensaje de texto no es



pagado, lo único que lo diferencia del servicio normal desde un móvil es que el límite de caracteres se reduce a 150 [6].

Muchos transceiver y teléfonos móviles tienen soporte para enviar y recibir mensajes de texto usando Comandos AT, para estos poder ser ejecutados, el móvil o el transceiver debe ser conectado a una PC a través de un conexión Serial, ya sea por cable o una virtual como es el caso que crean los dispositivos Bluetooth. Por ejemplo [7]:

- Formato de mensaje: AT+CMGF="1" (0 tipo binario, 1 tipo texto).
- Envío de mensaje: AT+CMGS="número de móvil".
- Lectura de mensajes: AT+CMGR="0" (0 todos los mensajes).
- El SMS es también usado para comunicaciones M2M, dispositivos, localización vehicular, proyectos de telemetría, etc.

## 2.2 Comunicación por Radiofrecuencia

Una comunicación por radiofrecuencia (RF) hace referencia al envío y recepción de datos entre sistemas cuyo medio de comunicación es el espectro radioeléctrico (Figura 2.3). Una de sus principales ventajas es que permiten una facilidad de emplazamiento y reubicación, evitando la necesidad de establecer un cableado; además de su facilidad y rapidez en la instalación [8].

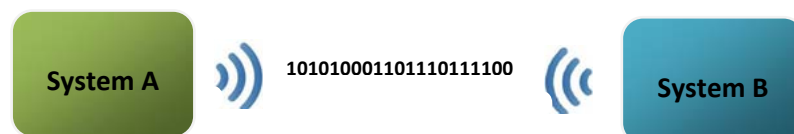


Figura 2.3 – Comunicación por radiofrecuencia

### **2.2.1 ISM Bands (Industrial, Scientific and Medical bands)**

Son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. En la actualidad estas bandas han sido popularizadas por su uso en comunicaciones WLAN (ej.: Wi-fi) o WPAN (ej.: Bluetooth) [8].

El uso de estas bandas de frecuencia está abierto a todo el mundo sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida.

Las frecuencias de trabajo estandarizadas son:

- 314 MHz en USA (potencia máxima +30 dBm)
- 434 MHz (+10 dBm) y 868 MHz (+14 dBm) en Europa en AM o FM.

### **2.2.2 Tipos de Modulación Digital**

Las formas básicas de modulación digital son ASK, OOK, FSK, PSK [9].

#### **Modulación por variación de Amplitud (ASK – OOK)**

Las ventajas de la modulación por variación de amplitud ASK (Amplitude Shift Keying) son el sencillo diseño (menor coste) y el bajo consumo.

Especialmente si se utiliza el método de modulación On/off OOK (On/Off Keying), donde un 0 digital no hay potencia de salida y un 1 digital se entrega toda la señal portadora, se reduce muchísimo más el consumo. La desventaja es la fragilidad en presencia de interferencias por ruido eléctrico, que pueden provocar errores en los datos recibidos [9].

### **Modulación por desplazamiento de Frecuencia (FSK)**

La modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK – Frequency Shift Keying), con un 0 digital se transmite una portadora a una frecuencia y con un 1 digital se transmite la portadora a otra frecuencia distinta, con la misma amplitud. La ventaja de este tipo de modulación es la mejor robustez ante la presencia de interferencias. La desventaja es la complejidad del sistema (mayor coste) y el consumo que permanece siempre presente durante la transmisión [9].

Se utiliza en los módems de baja velocidad. Se emplea separando el ancho de banda total en dos bandas, los módems pueden transmitir y recibir datos por el mismo canal simultáneamente. El módem al que se “llama” se pone en el modo de llamada y el módem que “responde” pasa al modo de respuesta gracias a un conmutador que hay en cada módem.

Este tipo de modulación consiste en asignar una frecuencia diferente a cada estado significativo de la señal de datos. Para ello existen dos tipos de modulación FSK [9]:

- **FSK Coherente:** Esta se refiere cuando en el instante de asignar la frecuencia se mantiene la fase de la señal.
- **FSK No Coherente:** Aquí la fase no se mantiene al momento de asignar la frecuencia. La razón de una modulación FSK no coherente ocurre cuando se emplean osciladores independientes para la generación de las distintas frecuencias. La modulación FSK se emplea en los módem en forma general hasta velocidades de 2400 baudios. Sobre velocidades mayores se emplea la modulación PSK.

### **Modulación por desplazamiento de Fase (PSK)**

En la modulación por desplazamiento de fase (PSK - Phase Shift Keying), se codifican los valores binarios como cambios de fase de la señal portadora. Dentro de este contexto se distinguen dos tipos de modulación de fase [9]:

- **Modulación PSK.** La modulación PSK consiste en cada estado de modulación está dado por la fase que lleva la señal respecto de la original.
- **Modulación Diferencial de Fase DPSK (Diferential PSK)** cada estado de modulación es codificada por un salto respecto a la fase que tenía la señal anterior. Empleando este sistema se garantizan las transiciones o cambios de fase en cada bit, lo que facilita la sincronización del reloj en recepción.

### **Modulación por desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK)**

La modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK - Quadrature PSK), consiste en que el tren de datos a transmitir se divide en pares de bits consecutivos llamados *Dibits*, codificando cada bit como un cambio de fase con respecto al elemento de señal anterior [9].

### **Modulación por desplazamiento de Fase Múltiple (MPSK)**

La modulación por desplazamiento de fase múltiple (MPSK – Multiple PSK), en este caso el tren de datos se divide en grupos de tres bits, llamados *tribits*, codificando cada salto de fase con relación a la fase del tribit que le precede [9].

La necesidad de transmisión de datos a velocidades cada vez más altas ha hecho necesario implementar otro tipo de moduladores más avanzados como es la *Modulación en Cuadratura*. Este tipo de modulación presenta 3 posibilidades:

### **Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)**

La modulación de amplitud en Cuadratura (QAM – Quadrature Amplitude Modulation), en este caso ambas portadoras están moduladas en amplitud y el flujo de datos, divididas en grupos de 4 bits, y a su vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada dibits en 4 estados de amplitud en cada una de las portadoras [9].

Consiste en una combinación de PSK y ASK, es decir, se van a combinar las variaciones de amplitud en referencia al momento de fase en que ocurren con lo cual vamos a poder incluir más bits en los mismos ciclos.

### **Modulación de Fase en Cuadratura (QPM)**

En este tipo de modulación de fase en cuadratura (QPM – Quadrature Phase Modulation), las portadoras tienen 2 valores de amplitud. El flujo de datos se divide igual que en el caso anterior en grupos de 4 bits y a su vez en subgrupos de 2 bits, modulando cada dibit en 4 estados de fase diferencial en cada una de las portadoras [9].

### **Modulación de Fase y Amplitud en Cuadratura (QAPM)**

Esta modulación de fase y amplitud en cuadratura (QAPM – Quadrature Amplitude Phase Modulation), también conocida como AMPSK o QAMPSK debido a que es

una combinación de los dos sistemas de amplitud y fase. El esquema típico en este caso consiste en agrupar la señal en grupos de 4 bits considerando 2 dibits, el primer dibits modula la portadora I en amplitud y fase mientras que el otro realiza lo mismo con la portadora Q [9].

### **Modulación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM)**

La modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing), también conocida como 'Modulación por multitono discreto' (DMT), trabaja dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras.

### **2.2.3 Tipos de tecnologías empleadas en radiofrecuencia**

En radiofrecuencia se emplean dos tipos de tecnologías, la banda estrecha y la **banda** ancha (llamado también espectro expandido) que aprovecha todo el ancho de banda disponible, en lugar de utilizar una portadora para concentrar toda la energía a su alrededor [9].

### **DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)**

Espectro expandido por secuencia directa, esta tecnología se genera un patrón de bits redundante (señal de chip) para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea esta señal, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En la recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original [9].

La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o *PseudoNoise*). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente:

**+1 -1 +1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1**

Solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque parte de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida [9].

### **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)**

Espectro expandido por salto en frecuencia, esta tecnología consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo [8].

#### **2.2.4 Indicador de la potencia de señal recibida (RSSI)**

RSSI (Receive Signal Strength Indication) es una medida de la potencia presente en un receptor. RSSI es la tecnología métrica de receptor de radio genérica, que por lo general es invisible al usuario del dispositivo que contiene el receptor, pero es directamente conocido a los usuarios de redes inalámbricas de protocolo IEEE 802.11 [8].

RSSI a menudo se da en la etapa de frecuencia intermedia (IF), antes del amplificador de IF. En los sistemas de IF cero, se da en la cadena de señal de banda base, antes del amplificador de banda base. La salida RSSI es a menudo un nivel analógico de corriente continua. También puede ser muestreado por el ADC interno y los códigos resultantes disponibles directamente o por medio del periférico o el bus interno del procesador.

### **RF por debajo de 1GHz (Bandas ISM)**

Estos sistemas no utilizan ningún protocolo estándar. Los circuitos integrados dentro de este grupo se basan en un transmisor integrado en un solo circuito, exceptuando la antena, el cristal y algunos componentes externos, sin necesidad de ajustes de RF. Actualmente también empiezan a incluir un microcontrolador en el mismo chip [8].

Normalmente la frecuencia de trabajo, la velocidad de transmisión y la potencia de salida son programables. Están por debajo de la potencia máxima permitida sin necesidad de licencia. Son fácilmente conectables a un microcontrolador, los que no lo incluyen.

Las aplicaciones en esta banda por debajo de 1GHz son: Alarmas y Sistemas de seguridad, Lectura automática de medida (Automatic Meter Reading), Control remoto de entrada sin llaves (Remote Keyless Entry), Control Remoto, Control y monitorización industrial, Telemetría, etc.



## **2.3 Familias PIC16F628A y PIC18F4550**

En esta sección se explicara las características de los microcontroladores de las familias PIC16F y 18F, pero antes se dará a conocer el funcionamiento de los **uC** de manera general.

### **2.3.1 ¿Qué es un microcontrolador?**

Un microcontrolador (**uC**) es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM y circuitos de entrada y salida [10].

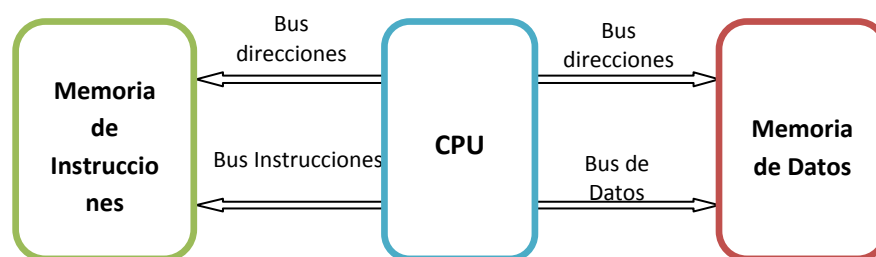
Un microcontrolador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice tareas específicas definidas por el usuario (programador), lo cual puede ser desde un simple parpadeo de un led hasta un sofisticado control de un robot. Un microcontrolador es capaz de realizar la tarea de muchos circuitos lógicos como compuertas AND, OR, NOT, NOR conversores A/D, D/A, temporizadores, decodificadores etc., simplificando todo el diseño a una placa de reducido tamaño y pocos elementos.

### **2.3.2 Arquitectura Interna**

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse. Las partes principales de un microcontrolador son [10]:

**Procesador.-** Con una arquitectura Harvard, consiguiendo mayor rendimiento en el procesamiento de instrucciones, esta arquitectura a diferencia a la de von Neuman, utiliza dos bloques de memoria independiente, una contiene instrucciones y la otra, datos, cada una con sus respectivo buses de acceso (ver figura 2.4).

El CPU del microcontrolador posee una avanzada arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer) con un set de 35 instrucciones pertenecientes a la gama media de la familia de microcontroladores PIC, la mayoría de instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción a excepción de los saltos que requieren dos ciclos.



**Figura 2.4 – Arquitectura interna de un microcontrolador**

**Memoria del Programa.-** El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación. Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

- a) ROM con máscara.- El programa se graba en el chip durante el proceso de su fabricación mediante el uso de máscara. Los altos costes de diseño e instrumental sólo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series muy grandes.
  
- b) EPROM.- La grabación de esta memoria se realiza mediante un dispositivo físico gobernado desde un computador personal (grabador). En la superficie de la cápsula del microcontrolador existe una ventana de cristal por la que se puede someter al chip de la memoria a rayos ultravioletas para producir su borrado y emplearla nuevamente.
  
- c) OTP (Programable una vez).- Este modelo de memoria sólo se puede grabar una vez por parte del usuario, utilizando el mismo procedimiento que con la memoria EPROM. Posteriormente no se puede borrar. Su bajo precio y la sencillez de la grabación aconsejan este tipo de memoria para prototipos finales y series de producción cortas.
  
- d) EEPROM.- La grabación es similar a las memorias OTP y EPROM, pero el borrado se lo realiza de manera eléctrica. Sobre el mismo zócalo del grabador puede ser programada y borrada tantas veces como se quiera, lo cual la hace ideal en la enseñanza y en la creación de nuevos proyectos. El PIC16C84 dispone de 1 K palabras de memoria EEPROM para contener instrucciones y también tiene algunos bytes de memoria de datos de este tipo para evitar que cuando se retira la alimentación se pierda información.

- e) **FLASH**.- Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado sólo es posible con bloques completos y no se puede realizar sobre posiciones concretas. En las FLASH se garantizan 1.000 ciclos de escritura-borrado. Por sus mejores prestaciones está sustituyendo a la memoria EEPROM para contener instrucciones.

**Memoria de datos**.- Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que lo contiene, deba ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil. Hay microcontroladores que también disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa. El PIC16C84, el PIC16F83 y el PIC16F84 disponen de 64 bytes de memoria EEPROM para contener datos [10].

**Líneas de E/S para los controladores de periféricos**.- A excepción de dos pines destinadas a recibir la alimentación, otros dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las pines restantes de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla. Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de Puertas. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I<sup>2</sup>C, el USB, etc. [10].

**Recursos auxiliares**.- Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan a los siguientes:

- a) Circuito de reloj, encargado de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- b) Temporizadores, orientados a controlar tiempos.
- c) Perro Guardián.- (watchdog), destinado a provocar una inicialización cuando el programa queda bloqueado.
- d) Conversores.- AD y DA, para poder recibir y enviar señales analógicas.
- e) Comparadores analógicos.- para verificar el valor de una señal analógica.
- f) Estado de Reposo.- En el que el sistema queda «congelado» y el consumo de energía se reduce al mínimo

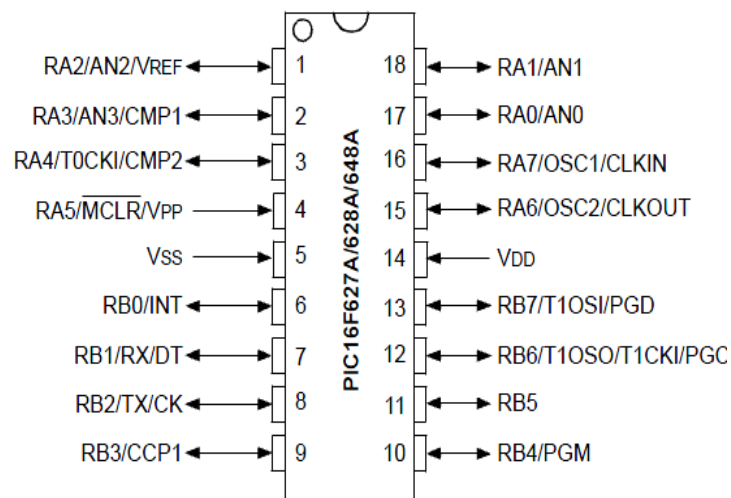
### **2.3.3 PIC16F628A**

Los Microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller), son fabricados por la empresa *Microchip Technology Inc* que ha ocupado los primeros lugares en ventas de Microcontroladores de 8 bits desde el año 2002. Su gran éxito se debe a la gran variedad (más 180 modelos), gran versatilidad, gran velocidad, bajo costo, bajo consumo de potencia y gran disponibilidad de herramientas para su programación. Uno de los Microcontroladores más populares en la actualidad es el PIC16F28A y sus variantes PIC16F27A y PIC16F648A, estos uC soportan hasta 100.000 ciclos de escritura en su memoria flash y 1'000.000 ciclos en su memoria Eeprom (tiempo

de retención de datos de 100 años) y están reemplazando rápidamente al popular PIC16F84, ya que presentan grandes ventajas como son [10]:

	PIC16F84A	PIC16F627A	PIC16F628A	PIC16F648A
Memoria de programa Flash	1024x14	1024x14	2048x14	4096x14
Memoria de datos RAM	68x8	224x8	224x8	256x8
Memoria de datos EEPROM	64x8	128x8	128x8	256x8
Pines de entrada/Salida	13	16	16	16
Comparadores de voltaje	0	2	2	2
Interrupciones	14	10	10	10
Timers 8/16 bits	1	3	3	3
Módulos PWM/CCP	No	Si	Si	Si
Comunicación serial USART	No	Si	Si	S

**Tabla B – Comparación entre PIC16F84A y los PIC16FXX [10]**



**Figura 2.5 – PIC16F627/628A/648A [10]**

### Características principales

- Conjunto reducido de instrucciones (RISC). Solamente 35 instrucciones a utilizar.
- Oscilador interno de 4MHz.
- Las instrucciones se ejecutan en un sólo ciclo de máquina excepto los saltos (*goto* y *call*), que requieren 2 ciclos. Aquí hay que especificar que un ciclo de máquina se lleva 4 ciclos de reloj, si se utiliza el reloj interno de 4MHz, los ciclos de máquina se realizarán con una frecuencia de 1MHz, es decir que cada instrucción se ejecutará en 1µs (microsegundo).
- Opera con una frecuencia de reloj de hasta 20 MHz (ciclo de máquina de 200 ns).
- Memoria de programa: 2048 locaciones de 14 bits.
- Memoria de datos: Memoria RAM de 224 bytes (8 bits por registro).
- Memoria EEPROM: 128 bytes (8 bits por registro).
- Apilado de 8 niveles.
- 16 Terminales de I/O que soportan corrientes de hasta 25 mA.
- 3 Temporizadores.
- Módulos de comunicación serie, comparadores, PWM.

Otra característica de los PICs es el manejo de los bancos de registros. En línea general, los registros se clasifican como de uso general (GPR) y de uso específico o de funciones especiales (SFR).

- Los registros de uso general pueden ser usados directamente por el usuario, sin existir restricciones. Pueden servir para almacenar resultados que se reciben desde el registro W (acumulador), datos que provienen de las puertas de entradas, etc.
- Los registros de uso específicos no pueden ser usados directamente por el usuario. Estos registros controlan prácticamente todo el funcionamiento del microcontrolador, pues toda la configuración necesaria para funcionamiento del microcontrolador es hecho a través de algún tipo de SFR.

#### **2.3.4 PIC18F4550**

El PIC 18F4550, pertenece a los microcontroladores PIC18 de gama alta. Posee una arquitectura RISC (Reduced Instruction set Computer) de 16 bits longitud de instrucciones y 8 bits de datos. La tabla muestra en resumen las características fundamentales de este microcontrolador y de sus antecesores los PIC18F2455/2550/4455 [10].

- Altas corrientes como fuente/drenador (25 mA/ 25 mA).
- Reconoce tres fuentes externas de interrupción.
- Reconoce cuatro fuentes de interrupción por cambios de entradas.
- Tiene dos módulos: Captura/Comparación/ (PWM (CCP) de señales.
- Encapsulado PDIP de 40 pines.
- Memoria de programa: Flash de 16 Kb.
- Memoria de datos: Memoria SRAM de 2048 bytes.



- Memoria EEPROM: 256 bytes.
- Oscilador interno de 31KHz a 8MHz.
- Oscilador externo de 48 MHz
- 35 Terminales de I/O que soportan corrientes de hasta 25 mA.
- 3 Temporizadores de 16 bits y 1 Temporizador de 8 bits.
- Módulos de comunicación serie (EAUSART), PWM, SPP, SPI, I2C, ECCP, CCP.
- Módulo de comunicación USB 2.0 por hardware.
- 2 comparadores.
- 13 canales A/D de 10 bits.

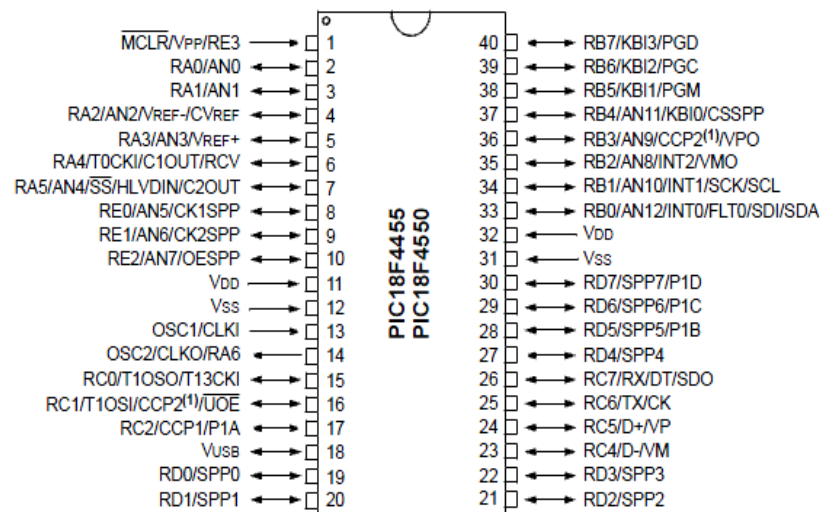


Figura 2.6 – PIC18F4455/4550 [10]

# CAPÍTULO III

## 3. DISEÑO DEL SISTEMA

### 3.1 Descripción general del sistema.

El presente proyecto tiene como finalidad la construcción de un sistema de seguridad domiciliaria utilizando alarmas con sensores, cuyo medio de transmisión será de manera inalámbrica, así como también su medio de alerta será el envío de mensajes de texto (sms) utilizando la red de servicios de telefonía móvil GSM Figura 3.1.

El sistema se basará en el envío y recepción de señales de radio frecuencia desde los diferentes dispositivos de alarma que se puedan instalar. Las señales serán concentradas en un controlador el cual alertará vía celular en caso de que una alarma se active. El sistema tendrá la capacidad de activar o desactivar las alarmas desde el controlador (consola) y administrar los números de celular a los cuales se enviará el mensaje de texto.



Figura 3.1 – Sistema a implementar

### 3.1.1 Diagrama de Bloques

El sistema está compuesto por dos bloques generales: el bloque controlador y el bloque Alarma, tal como se muestra en la Figura 3.2. Cada uno de estos bloques tiene bloques internos conectados entre sí y cumplen una determinada función dentro del sistema general.

El bloque **MÓDULO GSM** es el encargado de enviar los mensajes de textos a los diferentes números de celular. Dichos números son guardados en el bloque PIC18.

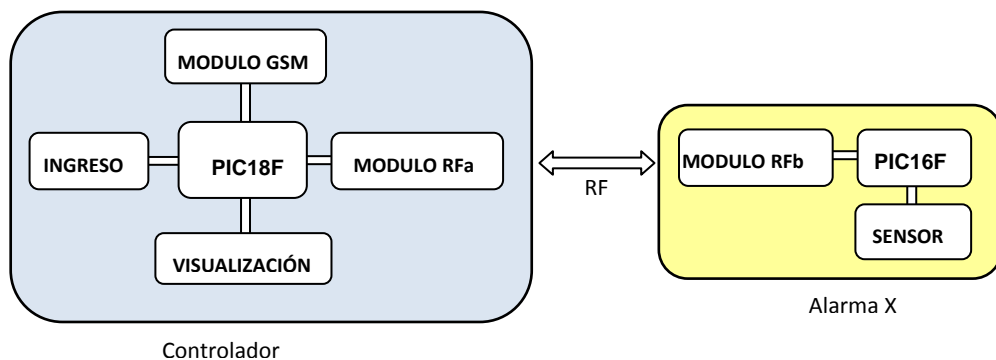


Figura 3.2 – Diagrama de bloques

El bloque **INGRESO** tiene como función la manipulación de datos que el usuario desea realizar al sistema, tales como ingreso de números de celular, eliminación de los mismos, ingreso/eliminación de alarmas, cambio de contraseñas, etc.

**VISUALIZACION**, es el bloque que permitirá al usuario, observar una interfaz grafica amigable y fácil de manejar.

El bloque **PIC18** es la parte principal del bloque controlador y por ende del sistema, es el que administra los números de celular, el que recibe los datos del bloque de ingreso, también es el que permite procesar la información y mostrarla en el bloque de visualización; también es el que interactúa con el bloque módulo RFa para el envío y recepción de datos desde/hacia el bloque alarma y también es el que da los comandos al modem GSM para el envío de mensajes de texto.

Los bloques **MÓDULO RFa** y **MÓDULO RFb** tienen como objetivo transmitir/recibir la información de manera inalámbrica. Cumplen una función muy importante para la comunicación entre bloque Alarma y bloque Controlador.

El bloque **PIC16** es aquel que estará en comunicación con el módulo RFa y el **SENSOR**. Este último enviará una señal al PIC16 indicando el sensado de algún evento ocurrido.

### 3.1.2 Escenario

Para el diseño del presente proyecto se establecerán los siguientes escenarios, los cuales tienen como objetivo explicar de mejor manera como se envían/receptan los datos entre bloque controlador y bloque alarma:

- Escenario A: Armado/Desarmado de la seguridad
- Escenario B: Violación de Seguridad

#### Escenario A: Armado de la seguridad

El armado de la seguridad se entiende que el controlador activará inalámbricamente todas las alarmas agregadas. Esto se lo hace a través del bloque de ingreso en donde el usuario da la orden de su ejecución. Una vez hecho esto, el bloque PIC18 armará una trama de datos, la cual será transmitida al bloque alarma a través del bloque RFa. La trama de envío tiene la siguiente estructura:

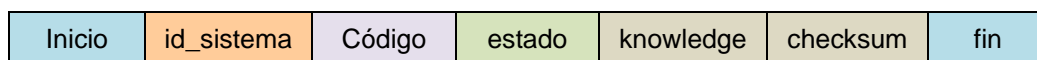


Figura 3.3 – Trama de envío desde Controlador hacia Alarma (armado seguridad)

- **inicio:** Byte de inicio, para saber donde comienza la trama
- **id\_sistema:** Identificador único que tiene el sistema, en cada sistema es un identificador diferente
- **código:** Es el código que se le asigna a la alarma.
- **estado:** Estado en que se encuentra la alarma (Encendido/Apagado).
- **knowledge:** Respuesta de aprendizaje de recepción.
- **checksum:** Validación de datos.
- **fin:** Byte de fin de cadena, para saber donde finaliza la trama.

La trama es modulada y enviada inalámbricamente varias veces a todas las alarmas existentes, la modulación utilizada es de tipo FSK. Cada alarma recibe dicha trama a través del bloque RFb, la misma es leída por el bloque PIC16. Este último desencapsula la trama, toma el campo **código y estado** y finalmente lo compara con el código de alarma almacenado, si son iguales, entonces ejecuta lo que contiene el campo estado (encendido).

### Escenario B: Violación de la seguridad

Una vez que la seguridad haya sido violada, el primer bloque en interactuar será el bloque **SENSOR**, el cual enviara una señal al bloque **PIC16** el mismo que enviará una trama estructurada con la información necesaria desde el bloque alarma al bloque controlador, esto es a través del bloque **MÓDULO RFb**. Las tramas serán enviadas varias veces hasta que el bloque controlador envíe la respuesta de haber recibido la trama correctamente. La trama de datos tiene la siguiente estructura:

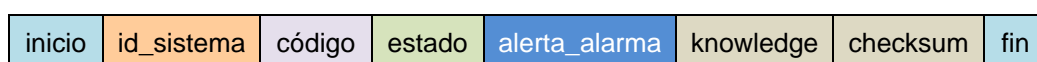


Figura 3.4 – Trama de envío cuando se activa la alarma

- **inicio:** Byte de inicio, para saber donde comienza la trama
- **id\_sistema:** Identificador único que tiene el sistema, en cada sistema es un identificador diferente
- **código:** Es el código que se le asigna a la alarma.
- **estado:** Estado en que se encuentra la alarma (Encendido/Apagado).
- **alerta\_alarma:** Cuando la alarma se ha activado.

- **knowledge:** Respuesta de aprendizaje de recepción.
- **checksum:** Validación de datos.
- **fin:** Byte de fin de cadena, para saber donde finalice la trama.

Una vez que el bloque controlador haya recibido correctamente la trama, este enviará un mensaje en respuesta a través del bloque **MÓDULO RFa** indicando que la trama fue recibida correctamente. Ésta trama pasa al bloque **PIC18** el cual procede a desencapsular campo por campo hasta obtener el campo código y el alerta alarma.

El bloque PIC18 interactúa inmediatamente con el **MÓDULO GSM** con una comunicación USART enviando los comandos AT necesarios para el envío del sms, el cual dentro del mismo indicará el código de la alarma que ha sido vulnerada. Las figuras 3.5 y 3.6 indican de manera gráfica el armado y violación de la seguridad.

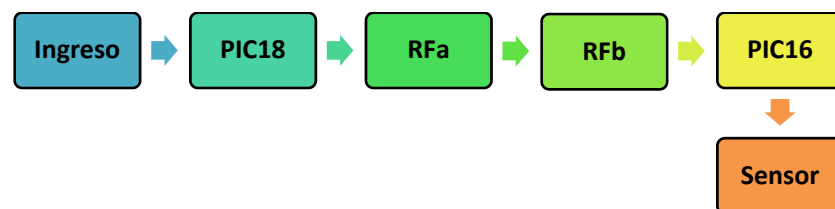


Figura 3.5 – Diagrama de bloques - Armado de la Seguridad

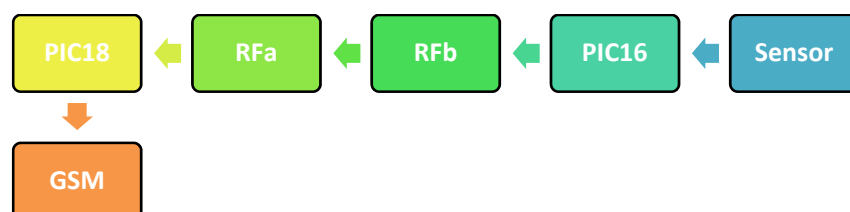


Figura 3.6 – Diagrama de bloques - Violación de la Seguridad

### 3.1.3 Diagrama de flujo del código fuente del microcontrolador.

Los siguientes diagramas de flujos comprenden las partes más importantes del proyecto como lo son: armado/desarmado de la seguridad y violación de la seguridad. Dichos diagramas estarán implementados en los microcontroladores correspondientes a los bloques PIC18 (consola) y PIC16 (alarma).

#### Armado/Desarmado de la seguridad

Las figuras 3.7-3.9 comprenden el armado/desarmado de la seguridad que no es más que la activación de las alarmas desde el bloque controlador (consola). Dentro del mismo, el microcontrolador (bloque PIC18) lee el código de la alarma, arma la trama y la envía a través del bloque RFa (comunicación USART); luego el bloque alarma recibe la trama y envía una respuesta de aprendizaje (acknowledge) confirmando el recibimiento.

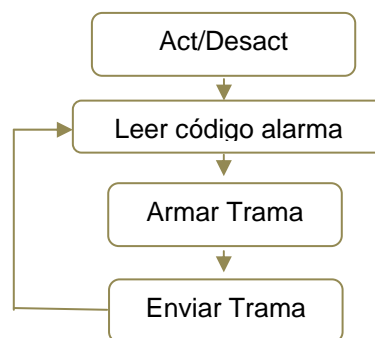


Figura 3.7 – Diagrama de flujo Activación/Desactivación alarma



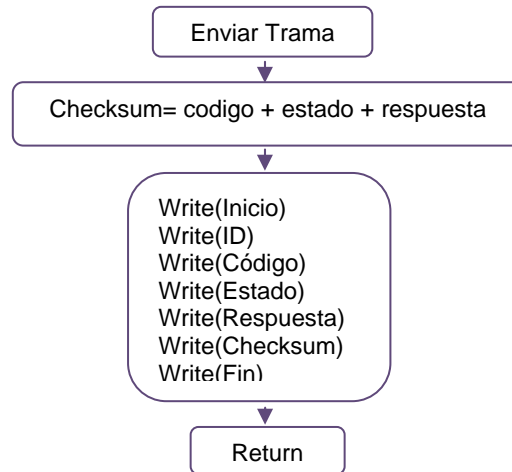


Figura 3.8 – Diagrama de flujo de envío de trama (consola a alarma)

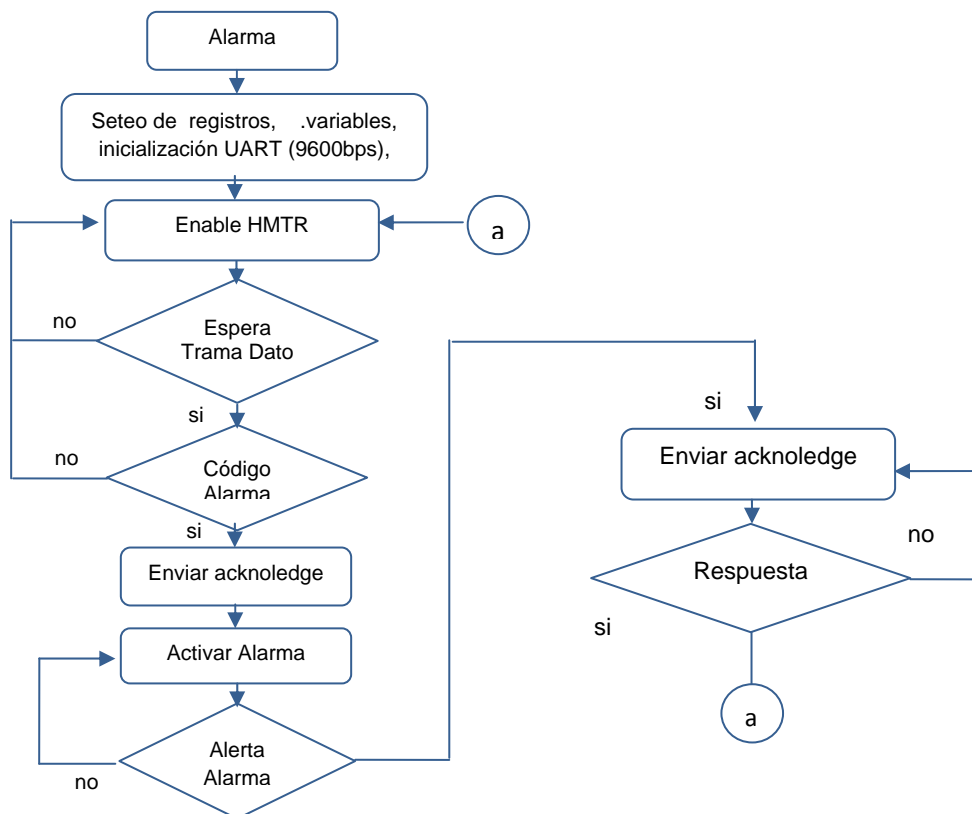
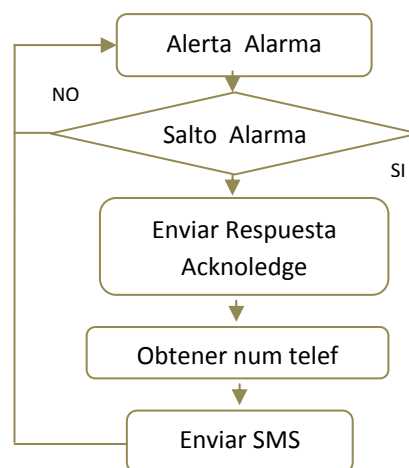


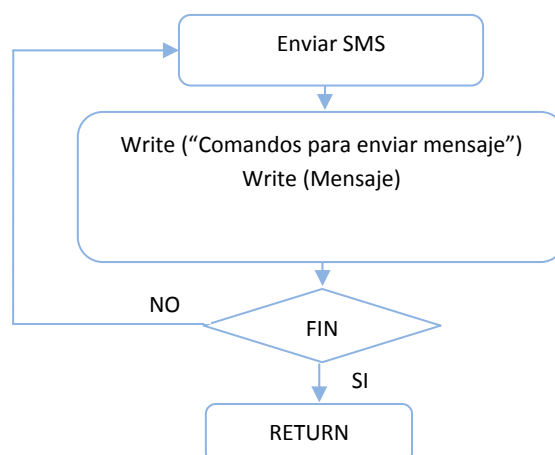
Figura 3.9 – Diagrama de flujo de recibimiento de trama (alarma a consola)

## Violación de Seguridad

El controlador (consola) siempre estará preguntando si hay alguna alarma en estado de alerta, es decir si se ha violentado la seguridad. Una vez que alguna alarma haya censado algún evento, el bloque PIC18 recibe la alerta e inmediatamente envía una respuesta de aprendizaje (acknowledge) indicando que le ha llegado bien la trama. Consecuentemente el bloque PIC18 se encargara de buscar los número de teléfonos guardados y enviará el mensaje de texto a los mismos, Figura 3.10-3.11.



**Figura 3.10 – Diagrama de flujo alerta alarma**



**Figura 3.11 – Diagrama de flujo envío de SMS**

## 3.2 Dispositivos de Alarma

Los dispositivos de alarma a utilizar en el presente proyecto serán aquellos que nos otorgarán una señal cuando se detecte algún evento específico. Se detallan a continuación los siguientes:

### 3.2.1 Sensor de Movimiento PIR

El sensor **PIR** "Passive Infra Red" (Figura 3.12) es un dispositivo piroeléctrico que mide cambios en los niveles de radiación infrarroja emitida por los objetos a su alrededor a una distancia máxima de 6 metros.

Cuando las señales infrarrojas del ambiente donde se encuentra el sensor cambian rápidamente, el amplificador activa la salida para indicar movimiento. Esta salida permanece activa durante algunos segundos permitiendo al microcontrolador saber si hubo movimiento.

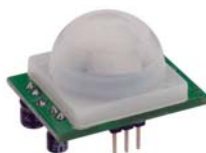
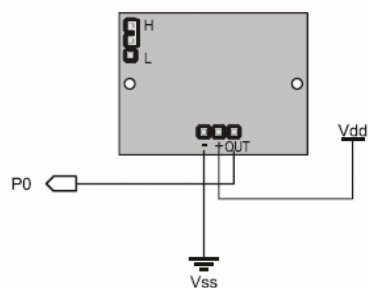


Figura 3.12 – Sensor de Movimiento PIR [11]

#### Características Técnicas

- Voltaje de Alimentación: 5 VDC.
- Rango de medición: Hasta 6 m.
- Salida: Estado de un pin TTL.
- Polaridad de activación de salida seleccionable.
- Mínimo tiempo de calibración.

El sensor **PIR** cuenta solamente con tres terminales (Figura 3.13). Dos de ellos se utilizan para la alimentación y el restante es la salida de detección de movimiento. La conexión al microcontrolador requiere del uso de este sólo terminal. La figura muestra como se conectará el **PIR** para los ejemplos descritos en este documento [11].



**Figura 3.13 – Configuración de Pines [11]**

### 3.2.2 Sensor Magnético

El sensor magnético actúa como un interruptor (0-1), ideal para controlar puertas y ventanas. Su funcionamiento es básico, cuando los terminales (a y b) se encuentran juntos se produce un cortocircuito enviando un nivel de bajo voltaje (cero lógico); si los terminales se encuentran separados entonces se produce un nivel alto de voltaje (uno lógico) [12].



**Figura 3.14 – Sensor Magnético [12]**

### Características Técnicas

Interruptores	Normalmente Cerrado	Normalmente Abierto	Cambio de Encima
Entre en contacto con la energía	10W	3W	3W
Corriente de interruptores:	0.5 A	0.2 A	0.2 A
Voltaje del principio:	100V	30V	30V
Resistencia inicial	200 $\Omega$	-	-
Distancia de la acción:	18-23 mm	20-25 mm	-

Tabla C – Características Técnicas Sensor Magnético (valores Máximos)

### 3.3 Módulo de Radio Frecuencia

El módulo de radiofrecuencia a utilizar es el **HM-TR/TTL**, el cual permitirá enviar y recibir datos de manera inalámbrica a determinadas distancias. Ofrece una alta tarifa de datos y una distancia más larga de la transmisión. El protocolo de comunicación es controlado por sí mismo y totalmente transparente a la interfaz de usuario Figura 3.15.



Figura 3.15 – Módulo RF HM-TR/TTL [13]

#### 3.3.1 Especificaciones

- Tecnología FSK, modo half dúplex, robusto a interferencia
- Opera en la banda ISM en frecuencias 315/433/868/915 MHz no licenciadas.
- La frecuencia de operación puede ser configurada y se puede utilizar en aplicaciones de FDMA

- El ancho de banda de la frecuencia de desviación en la transmisión y recepción pueden ser seleccionadas.
- El protocolo de transmisión es controlado por sí mismo y fácil de utilizar.
- La tarifa de datos puede ser seleccionada en un alto rango de operaciones
- Proporciona un pin de ENABLE para controlar el ciclo de tiempo de utilización para satisfacer diversos requisitos de uso.
- Alta sensibilidad, amplio rango de transmisión
- Interfaz de comunicación: UART, TTL o RS232 seleccionables
- Confiable, pequeño, un de fácil montaje

### 3.3.2 Descripción de Pines

La descripción de pines se ilustra en la Figura 3.16 y se detalla en la tabla E, dadas a continuación:

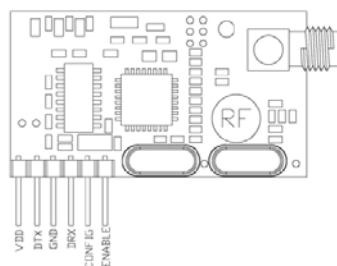


Figura 3.16 – Ilustración de Pines [13]

<b>Pines</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
VDD	Alimentación Voltaje	+5V
DTX	Transmisión Datos	Transmisión de datos del Módulo
GND	Tierra	-
DRX	Recepción de datos	Recepción de datos del Módulo
CONFIG	Modo de Configuración	Si CONFIG está en alto, el módulo entra en modo configuración para editar los parámetros de funcionalidad.
ENABLE	Operatividad	Si este pin esta en bajo Voltaje y en modo normal, el módulo entra en modo sleep inmediatamente.

**Tabla D – Descripción de configuración de Pines**

### 3.3.3 Parámetros importantes para el Proyecto

A continuación se detallan los parámetros más importantes aplicables en este proyecto:

- Voltaje ~ Temperatura de Operación: 5 V~ 25 °C (Max 80 °C)
- Frecuencia de operación: 434 MHz
- Máxima potencia de Transmisión: 8 dBm
- Sensibilidad de Recepción: -100 dBm
- Corriente de Transmisión/Recepción: 26 mA/15 mA
- Distancia de operación (valor de referencia): 330 m

### 3.4 Módulo Controlador (Consola)

El módulo controlador está conformado por el bloque PIC18, GSM, RFa, Ingreso y Visualización. En esta sección se hablará del módulo de ingreso y visualización, los cuales procesarán los datos a través de un teclado matricial y el módulo LM016L los mismos se detallan a continuación:

### 3.4.1 Módulo de Ingreso

Teclado matricial de 4x4 (ver Figura 3.17). Este teclado es un dispositivo de entrada de datos que consta de 16 teclas o pulsadores, dispuestos e interconectados en filas y columnas. Dispone de un conector SIL (Single In Line) macho de 8 pines que se corresponden con las 4 filas y las cuatro columnas de las que dispone.

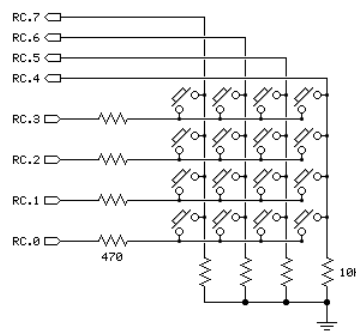


Figura 3.17 – Teclado Matricial 4x4 [14]

#### Funcionamiento

La forma como detecta la pulsación de una tecla, consiste en enviar una señal constantemente a cada una de las filas a través de las salidas de un puerto del microcontrolador y verificar cual de las columnas se activa a través de un puerto de entrada (ver Figura 3.18).





**Figura 3.18 – Teclado Matricial (Esquemático) [14]**

### 3.4.2 Módulo de Visualización

En el módulo de visualización se utilizará el LM016L (Figura 3.19) que es un modulo LCD de dos líneas de 16 caracteres cada una. Sus fácil uso lo hace ideal para dispositivos que necesitan una capacidad de visualización pequeña o media.



**Figura 3.19 – Módulo LM016L [14]**

#### Características

- Consumo muy reducido, del orden de 7,5 mW.
- Pantalla de caracteres ASCII
- Desplazamiento de los caracteres a la derecha o izquierda
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla
- Movimiento del cursor
- Módulo con 14 patillas

## Configuración Pines

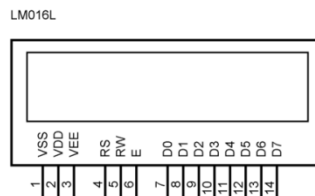


Figura 3.20 – Pines LM016L

Pin	Símbolo	Nivel	Función
1	V <sub>SS</sub>	0	Suplemento de energía
2	V <sub>DD</sub>	+5V	
3	V <sub>O</sub>	-	
4	RS		L:Codigo de instrucción de entrada H: entrada de dato
5	R/W	H/L	L:Lectura del dato H: Escritura del dato
6	E	H,H → L	Señal Habilitadora
7	DB0	H/L	Bus de datos
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	

Tabla E – Descripción de Pines LM016L

### 3.5 Módem GSM

Módulo SIM340cz GSM/GPRS de cuatro bandas (850/900/1800/1900MHz) con rendimiento para voz, SMS, datos y fax a bajo consumo de potencia. Este módulo se encargará de enviar los mensajes de texto al teléfono móvil comandadas por el PIC18F4550 una vez que la seguridad haya sido violada. Los comandos enviados son de tipo AT dentro de una comunicación USART entre el microcontrolador y el modem. (Ver Figura 3.21) [15].

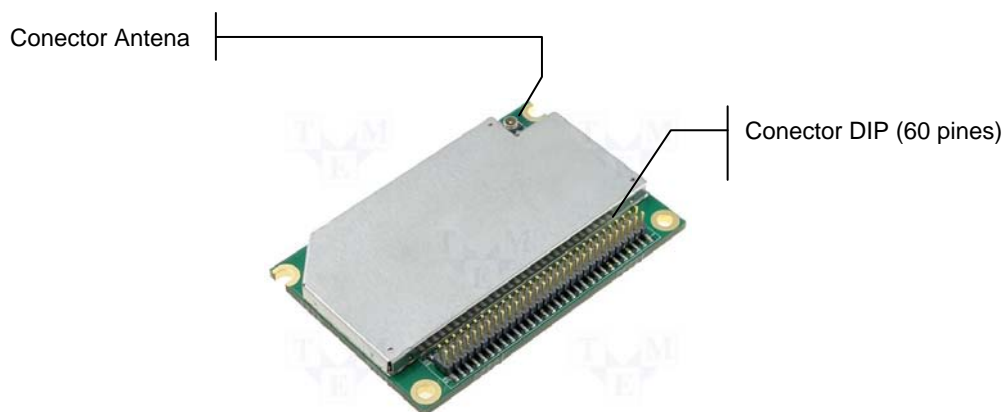


Figura 3.21 – Módulo SIM340cz [15]


### 3.5.1 Especificaciones

- Proporciona GPRS multi-slot clase 10/ clase 8.
- Capacidad y soporte de esquemas de codificación GPRS CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4.
- Dimensiones: 50mm x 33mm x 6.2mm.
- Interfaz física para aplicaciones móviles con conector DIP de 60 pines (*conector dip ASTRON 1591060-093*).
- Interfaz serial, facilitando el desarrollo de aplicaciones.
- Dos canales de audio que incluyen dos entradas de micrófonos y dos salidas de altavoz. Configurables por comandos AT.
- Proporciona dos alternativas de interfaz de antena RF: conector de antena tipo GSC modelo MXTK92TK4000 y una resistencia (tipo antena) de soldadura para PCB.

- Está integrado con el protocolo TCP/IP, que lo hace muy usable para este tipo de aplicaciones de datos

### **3.5.2 Descripción de pines utilizables en este proyecto**

- Vbat: Alimentación del módulo (4.5Vmax/400mA)
- Gnd: Pin de conexión a tierra.
- Network LED: Indicador del estado de la red GSM.
- Status: Indica el estado del módulo.
- SIM\_VDD: Salida de alimentación a tarjeta SIM.
- SIM\_RST: Salida de reset de la tarjeta SIM
- SIM\_I/O: Entrada y Salida de datos (tarjeta SIM).
- SIM\_CLK: salida de clock hacia la tarjeta SIM.
- RXD: Entrada de comunicación serial Recepción de datos.
- TXD: Salida de comunicación serial Transmisión de datos.

A continuación en la tabla G se da a conocer los pines que se van a utilizar (  ).

PIN NO.	PIN NAME	I/O	PIN NO.	PIN NAME	I/O
2	GND		1	VBAT	I
4	GND		3	VBAT	I
6	GND		5	VBAT	I
8	GND		7	VBAT	I
10	GND		9	VBAT	I
12	ADC1	I	11	CHG_IN	I
14	VRTC	I	13	NC	I
16	Network LED	O	15	VDD_EXT	O
18	KBC0	O	17	PWRKEY	I
20	KBC1	O	19	STATUS	O
22	KBC2	O	21	GPIO5	I/O
24	KBC3	O	23	BUZZER	O
26	KBC4	O	25	SIM_VDD	O
28	KBR0	I	27	SIM_RST	O
30	KBR1	I	29	SIM_I/O	I/O
32	KBR2	I	31	SIM_CLK	O
34	KBR3	I	33	SIM_PRESENT	I
36	KBR4	I	35	GPIO32	I/O
38	SPI_EN	O	37	DCD	O
40	SPI_CLK	O	39	DTR	I
42	SPI_DO	I/O	41	RXD	I
44	SPI_AO	O	43	TXD	O
46	SPI_RESET	O	45	RTS	I
48	DBG RX	I	47	CTS	O
50	DBG TX	O	49	RI	O
52	AGND		51	AGND	
54	MIC1P	I	53	SPK1P	O
56	MIC1N	I	55	SPK1N	O
58	MIC2P	I	57	SPK2P	O
60	MIC2N	I	59	SPK2N	O

Tabla F - Pines Utilizables en el proyecto

### 3.6 Diseño de Pruebas

El diseño de pruebas está basado en condiciones importantes que influyen en la transmisión/recepción de los datos entre el bloque alarma y bloque controlador; el análisis de estas condiciones ayudarán a calcular la distancia máxima de

transmisión/recepción de dichos bloques. Las condiciones a considerarse son las siguientes:

- Distancia y Obstáculos físicos
- Interferencias con otras frecuencias

### 3.6.1 Distancia y Obstáculos físicos

Según las características de los módulos de radio-frecuencia, la distancia máxima de operación de cada uno de ellos es de 330m a campo abierto. Por tanto se debe tomar en consideración esta distancia, además de obstáculos físicos tales como paredes, madera, muebles debido a que son un factor muy importante para impedir que las señales inalámbricas lleguen a su destino. La señal se debilita a medida que traspasa un obstáculo tras otro, disminuyendo su intensidad hasta cero (ver Figura 3.22).

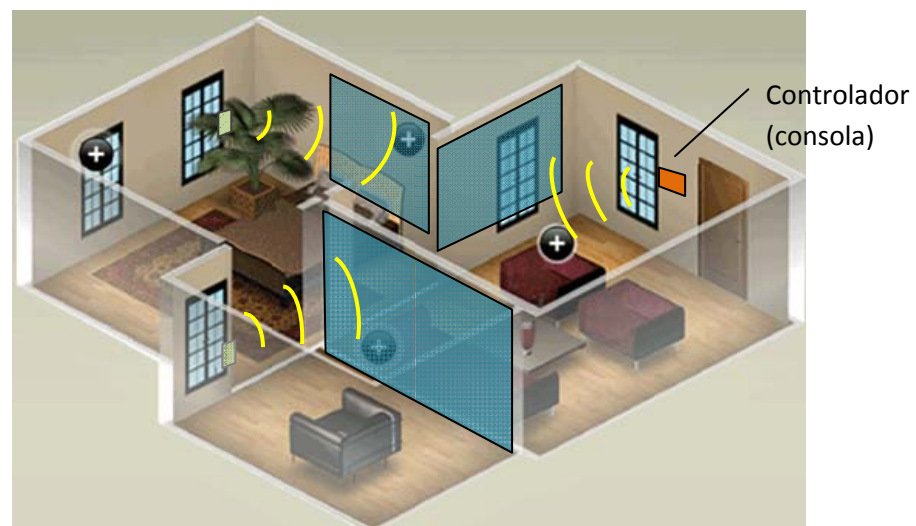


Figura 3.22 – Obstáculos Físicos [16]

### **3.6.2 Interferencias con otras frecuencias**

Se tomará en consideración los equipos que pueden causar interferencia de frecuencias con el sistema de alarma, tales como: Teléfonos inalámbricos, control de bloqueo de carros y controles remotos de TV, esto se lo hace en razón de que dichos dispositivos funcionan en la banda de frecuencia igual o diferente a la del sistema teniendo como consecuencia la pérdida de la señal y por ende la pérdida de los datos transmitidos.

# CAPÍTULO IV

## 4. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA

### 4.1 Análisis de Costos

A continuación se presenta en la tabla H, la lista de los materiales utilizados en el sistema con sus respectivos precios en el mercado local así como también los precios de los módulos utilizados en la elaboración del proyecto.

No	Componente	Valor c/unidad	Valor Total
1	Modem GSM SIM340	29.90	29.90
3	Modulo FM HMTR433	20.00	60.00
1	Sensor Magnético	3.00	3.00
1	Sensor de Movimiento	12.00	12.00
1	PIC18F4550	12.00	12.00
2	PIC16F628A	3.50	3.50
1	Teclado 4x4	10.00	10.00
1	Pantalla LCD LM016L	10.00	10.00
2	Integrado MAX233	3.00	6.00
3	Regulador LM7805	0.50	1.50
3	Transistores 2N3904	0.25	0.75
1	Cristal de Cuarzo 20 MHz	0.50	0.50
1	Capacitor 10n	0.10	0.10
4	Capacitores 100n	0.10	0.40
2	Capacitores 470u	0.10	0.20
2	Resistencias de 1k	0.05	0.10
7	Resistencias de 10k	0.05	0.35
1	Resistencia de 2.2k	0.05	0.05
2	Resistencia de 3.3k	0.05	0.10
5	Diodos LED	0.10	0.50
2	Diodos 1N4148	0.20	0.40
2	Diodos 1N4007	0.20	0.40
3	Conector DC	0.20	0.60
3	Fila de Espadines (26 unidades)	0.50	1.50
4	Borneras de dos terminales	0.25	1.00
1	Circuito Impreso (Bloque Alarma)	4.00	4.00
1	Circuito Impreso (Controlador)	10.50	10.50
1	Circuito Impreso (GSM)	6.80	6.80
	<b>Total</b>		<b>180.10</b>

Tabla G – Lista de Costos



## 4.2 Implementación del Sistema

En esta sección se muestra la elaboración del hardware del sistema. La implementación de la aplicación como la interfaz del usuario, instalación y ubicación del sistema y la alimentación de energía a ser utilizada.

### 4.2.1 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario está conformada por los ya mencionados bloques de ingreso y visualización (teclado matricial 4x4 y módulo LM016L respectivamente) en adición a dos botoneras izq/der de navegación (Figura 4.1).

Todos estos componentes tendrán una participación muy importante en razón de que el sistema tendrá la capacidad de almacenar los números de celular, agregarlos y eliminarlos; también tendrá a su disposición un menú con diferentes opciones y la restricción de una clave de acceso al mismo.

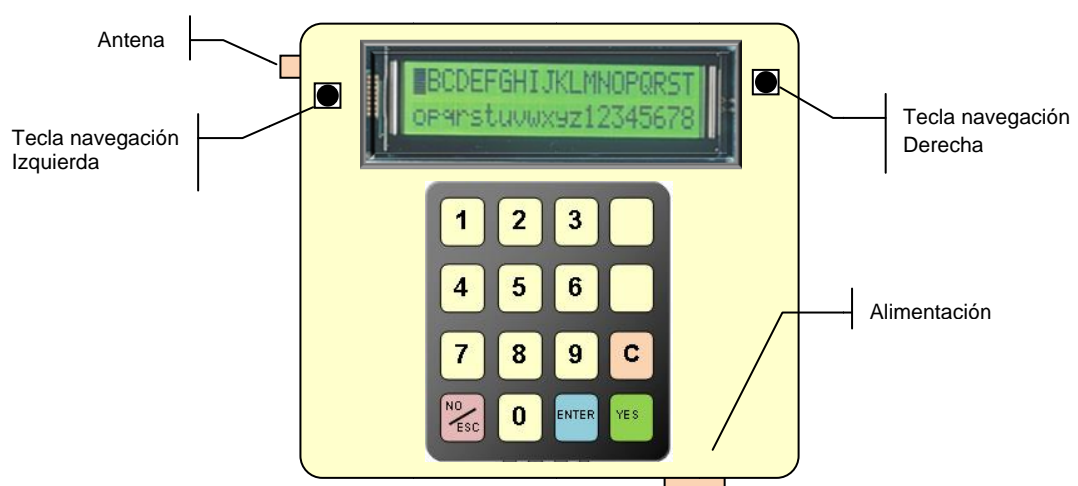
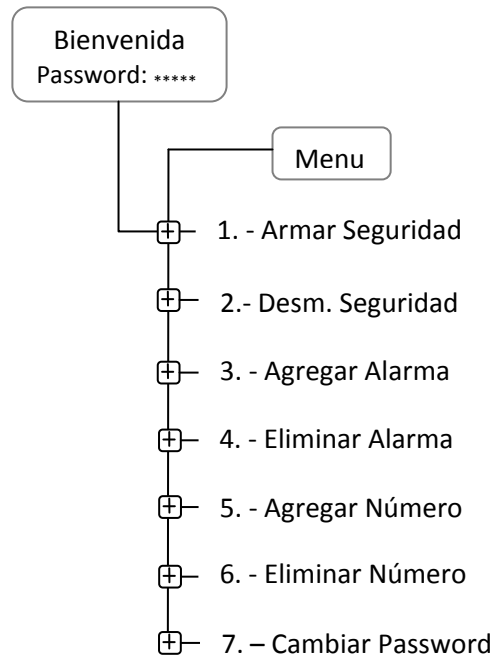


Figura 4.1 – Interfaz de Usuario - Consola

## Menú

El menú a mostrar en el módulo LCD LM016I es el que se da a continuación:

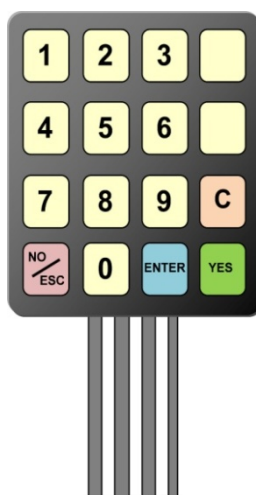


**Figura 4.2 – Estructura del Menú de Usuario**





- a) Bienvenida-Password: Bienvenida y restricción de acceso a la consola, la contraseña por defecto es: 12345
- b) Armar Seguridad: Al entrar en esta opción, la consola preguntará al usuario la confirmación del armado de la seguridad. Automáticamente el sistema activará a todas las alarmas agregadas.
- c) Desm. Seguridad: Al entrar en esta opción, la consola preguntara al usuario el desarmado de la seguridad. Automáticamente el sistema desactivará a todas las alarmas agregadas.
- d) Agregar Alarma: Al entrar a esta opción el sistema le pedirá al usuario que ingrese el código de la alarma (máximo 10).

- e) Eliminar Alarma.- Al entrar a esta opción el usuario podrá eliminar los números asignados a las alarmas. Luego preguntara de nuevo para su confirmación.
- f) Agregar Número: Al entrar a esta opción el sistema le pedirá al usuario que ingrese el número de celular de nueve dígitos; el usuario podrá ingresar hasta nueve números los cuales serán almacenados en la memoria del sistema.
- g) Eliminar Número: Al entrar a esta opción el sistema le pedirá al usuario el número de celular el cual desea eliminar; luego preguntará de nuevo para su confirmación.
- h) Cambiar Password: Al entrar a esta opción el usuario podrá cambiar su contraseña. Por seguridad el sistema pedirá la contraseña anterior.

### **Configuración de botones del teclado**



**Figura 4.3 – Configuración del Botones del Teclado**

- a)  : Botón de cancelación y negación.
- b)  : Botón de entrada a los menús.
- c)  : Botón de aceptación
- d)  : Botón de eliminación, para eliminar números grabados o para borrar caracteres

#### 4.2.2 Instalación y Ubicación

La instalación del sistema será realizada siguiendo las especificaciones del diseño de las pruebas vista en la sección 3.6. La ubicación del mismo se la puede efectuar en cualquier lugar del domicilio o local siempre y cuando la línea de vista entre consola y alarma tenga pocos obstáculos.

##### Instalación de la tarjeta SIM

Para la instalación de la tarjeta SIM se necesitará un chip de cualquier operadora con saldo disponible, sea este prepago o post-pago. Luego, ubicamos dicha tarjeta en el zócalo de la misma (ver figura 4.4) haciendo que coincidan la muesca respectiva.

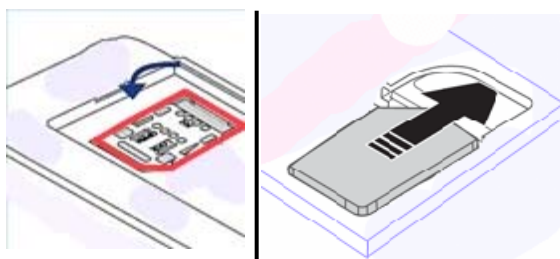


Figura 4.4 – Ubicación de tarjeta SIM

### **Ubicación Consola - Alarma**

La ubicación de la consola deberá tener una cercanía a una alimentación de energía eléctrica y deberá tener un nivel de altura respecto al suelo igual a la altura del usuario que la use.

De la misma manera la ubicación de la alarma deberá ser a una altura en la cual sea de poco alcance para los usuarios esto es para evitar riesgos de daños a la misma.

#### **4.2.3 Alimentación de Energía**

La alimentación de energía de la consola y de la alarma será de 12V DC. Se utilizarán adaptadores para convertir la corriente alterna a corriente continua. Las características del adaptador serán:

- $V_{in} = 110 [V_{AC}] 60 \text{ Hz}$
- $V_{out} = 12 [V_{DC}]$
- Corriente = 1.5 [A] max

#### **4.3 Construcción de PCB con software apropiado**

Para la construcción de la placa de circuito impreso, se utilizó el programa de construcción de circuitos electrónicos y eléctricos Proteus 7.4. Una vez instalados se debe partir por los esquemáticos de los bloques respectivos especificados en el capítulo 3.

### 4.3.1 Bloque Alarma

Como se observó en el capítulo 3, el bloque alarma comprendía:

- Módulo RF
- PIC16
- Sensor

A continuación en la figuras 4.5, 4.6 y 4.7 se especifica el esquemático respectivo, el circuito impreso y la visualización 3D del mismo.

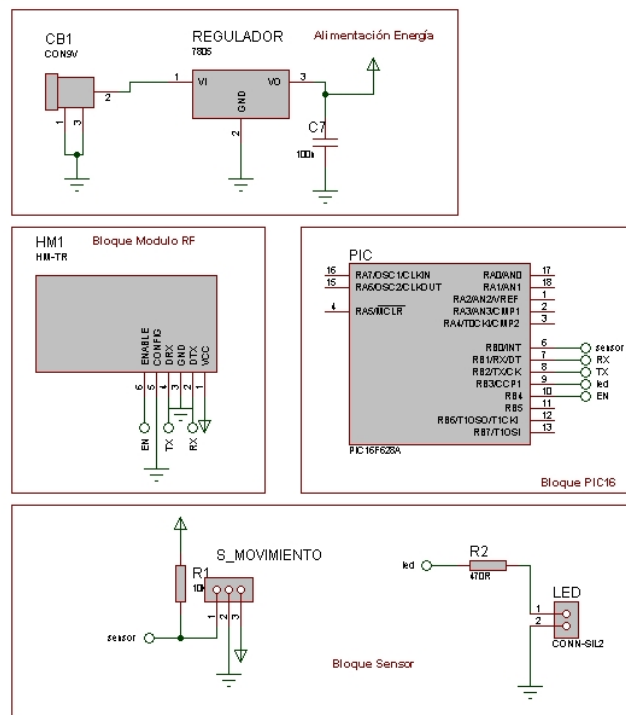


Figura 4.5 – Esquemático Alarma Movimiento

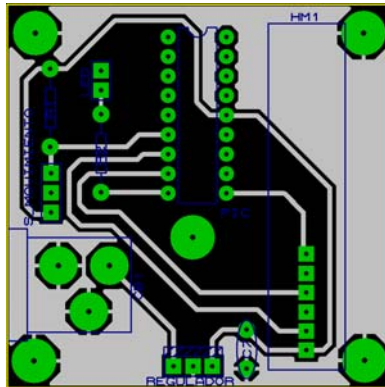


Figura 4.6 – PCB Alarma Movimiento (2D)

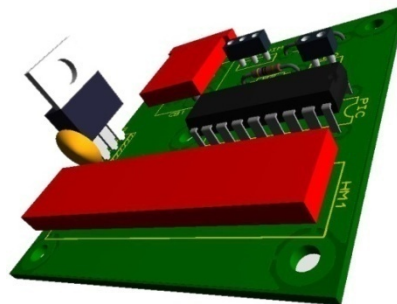


Figura 4.7 – PCB Alarma Movimiento (3D)

### 4.3.2 Bloque Controlador

Como se vio en el capítulo 3, el bloque controlador comprendía:

- Módulo GSM
- Ingreso
- Visualización
- PIC18
- RF

## Módulo GSM

A continuación se muestra el diagrama esquemático para el módulo GSM SIM340 (Figura 4.8) así como también su diseño impreso en placa. En el mismo se encuentran los pines respectivos para la alimentación de energía, además de dos diodos led que indican el encendido del módulo y el estado de la red GSM; también se encuentra el integrado MAX232 para la comunicación del módulo con el microcontrolador.

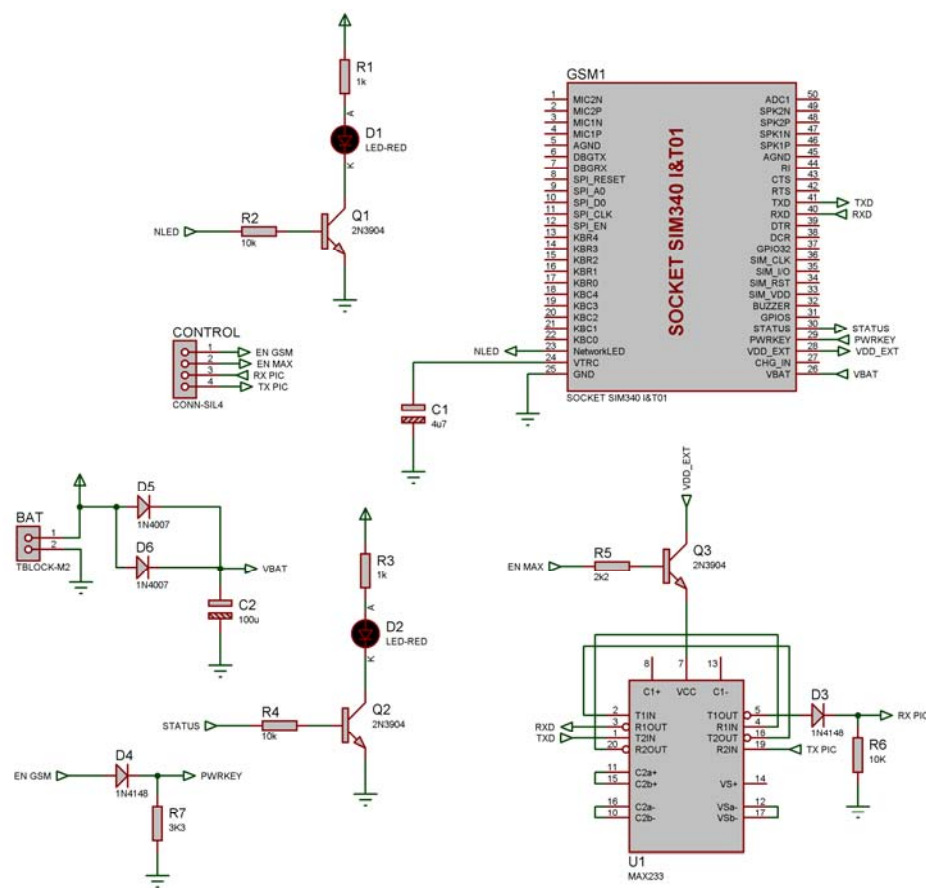


Figura 4.8 – Diagrama Esquemático Módulo GSM



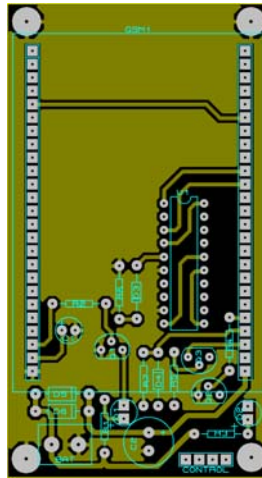


Figura 4.9 – PCB Módulo GSM

**Ingreso, Visualización, PIC18 y RF**

A continuación se presenta el diagrama esquemático de los bloques Ingreso, Visualización, RF y PIC18 (figura 4.10). Así como también el PCB (Figura 4.11).

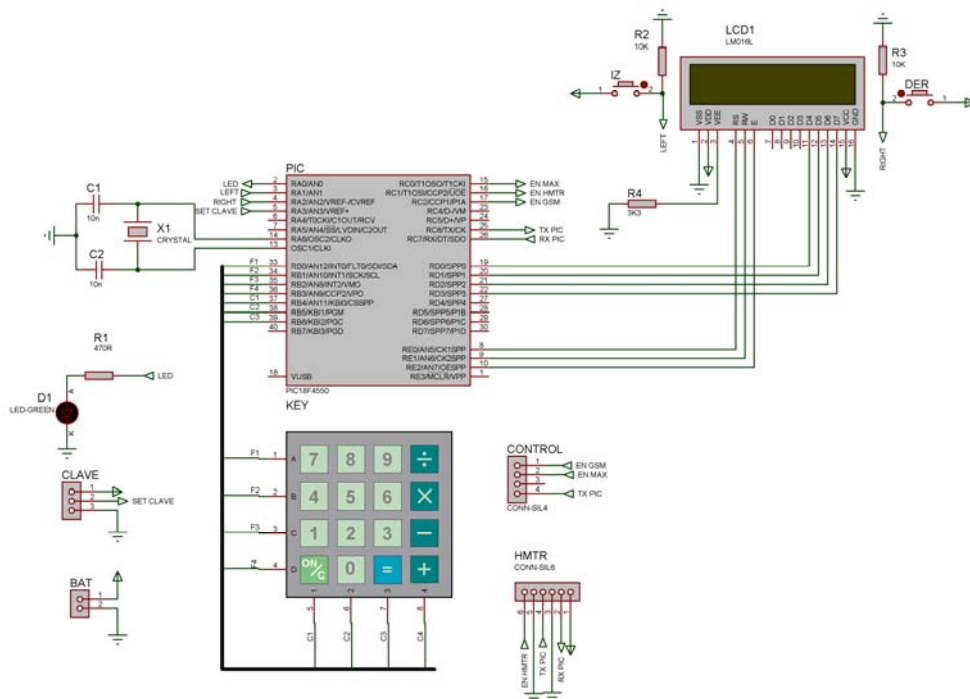


Figura 4.10 – Bloque Ingreso, Visualización, PIC18 y RF

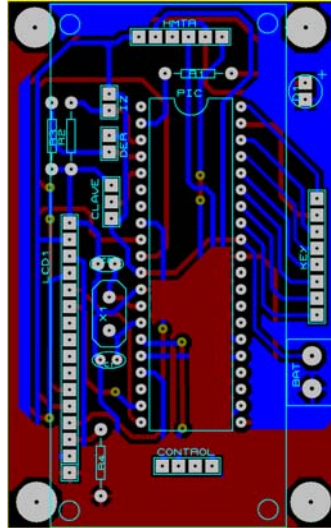


Figura 4.11 – PCB Bloque Ingreso, Visualización, PIC18 y RF

#### 4.4 Pruebas de envío/recepción de señales y de Alcance

Las pruebas de transmisión/recepción de equipos fueron hechas bajo el marco de diseño del mismo, visto en el capítulo 3, el cual tomaba 2 escenarios como referencia. El objetivo de estos dos escenarios fue para conocer la distancia máxima de cobertura de transmisión/recepción que los equipos pueden soportar bajo interferencias tales como, paredes y equipos que trabajan en la misma frecuencia. A continuación se muestran:

##### 4.4.1 Distancia y Obstáculos físicos

Se realizaron diferentes pruebas con diferentes distancias y obstáculos. Se contó con un domicilio de dos pisos y patio. El resultado de las pruebas se da a conocer en la siguiente tabla (Tabla I).

No	obs.	d(m)	t <sub>m</sub> (s)
1	2	4	9.13
2	3	6	9.13
3	5	9	9.14
4	4	6	9.13
5	3	5	9.14
6	4	10	10.05
7	5	15	10.06
8	7	16	10.50
9	8	18	11.00
10	10	20	11.01

**Tabla H – Resultado de pruebas de distancia y obstáculos**

obs= Numero de obstáculos

d=distancia

t<sub>m</sub>= tiempo de llegada desde que salto la alarma hasta que llego el mensaje

Con la Tabla I se puede observar que el tiempo promedio desde que salta la alarma hasta que llega el mensaje es de 9.83 segundos, mientras más grande es la distancia el tiempo mayor es t<sub>m</sub>. Este tiempo se irá incrementando a medida que se aumentan más números de teléfonos en razón de que el módulo GSM solo permite enviar los mensajes de texto uno a la vez. Cabe mencionar que parte de este tiempo es usado por la consola y dispositivos de alarma para confirmar el recibimiento de las tramas enviadas.

#### 4.4.2 Interferencias con otras frecuencias







Con lo objetivo de observar si el sistema es vulnerable ante la interferencia de señales generadas por dispositivos que trabajan en la misma frecuencia, se realizaron pruebas respectivas siguiendo el marco impuesto en el capítulo 3.

Mientras se activaron las alarmas se utilizó el control de bloqueo de un vehículo y el resultado fue que, no hubo ningún tipo de interferencia y el tiempo  $t_m$  seguía siendo el mismo ante las mismas distancias y obstáculos (los mismos resultados se dieron con el teléfono inalámbrico y control remoto de TV).

#### 4.5 Pruebas de Configuración de equipos desde la Consola

Las pruebas de configuración de equipos desde la consola comprenden: Armar/Desarmar Seguridad, Agregar/Eliminar Número/Alarma y Cambio de Contraseña. Para acceder a cada uno de estos menús, al inicio se debe introducir la contraseña de cinco dígitos por medio del teclado (solo una vez).

Menú	Acción
1. ARMAR SEGURIDAD	Con las teclas de desplazamiento ir al menú número uno y presionar la tecla <enter>. El sistema automáticamente activará cada alarma agregada.
2. DESARMAR SEGURIDAD	Con las teclas de desplazamiento ir al menú número dos y presionar la tecla <enter>. El sistema automáticamente desactivará cada alarma agregada.

3. AGREGAR ALARMA	<p>Con las teclas de desplazamiento ir al menú número tres y presionar la tecla &lt;enter&gt;. El sistema pedirá al usuario el código (dos dígitos) de alarma. Luego pedirá la confirmación del mismo. El usuario podrá presionar la tecla  o .</p>
4. ELIMINAR ALARMA	<p>Con las teclas de desplazamiento ir al menú número cuatro y presionar la tecla &lt;enter&gt;. El sistema mostrará los códigos de alarma ingresados. El usuario podrá eliminarlos por medio de la tecla &lt;delete&gt; .</p>
5. AGREGAR NUMERO	<p>Con las teclas de desplazamiento ir al menú número cinco y presionar la tecla &lt;enter&gt;. El sistema pedirá al usuario el número de 9 dígitos. Luego pedirá la confirmación del mismo. El usuario podrá presionar la tecla  o .</p>
6. ELIMINAR NUMERO	<p>Con las teclas de desplazamiento ir al menú número seis y presionar la tecla &lt;enter&gt;. El sistema mostrará los números ingresados. El usuario podrá eliminarlos por medio de la tecla &lt;delete&gt; .</p>
7. CAMBIAR CONTRASEÑA	<p>Con las teclas de desplazamiento ir al menú número siete y presionar la tecla &lt;enter&gt;. Para poder hacer el cambio de contraseña el sistema pedirá al usuario la clave anterior. Luego pedirá la nueva contraseña y su confirmación.</p>

**Tabla I – Prueba a cada menú de usuario**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De lo realizado con el presente proyecto de graduación se ha pretendido dar un ejemplo del sinnúmero de aplicaciones que se puede realizar utilizando las tecnologías inalámbricas y de microcontroladores, además de un estudio preliminar en el que se demuestra que se puede llegar a implementar un proyecto de tal magnitud para uso comercial en nuestro país, convirtiéndose de esta manera en un generador de propuestas en lugar de sólo adquirirlas.
2. También se pudo observar que una de las partes más importantes del sistema, la consola (bloque controlador) cuya función es la de concentrar las señales inalámbricas y alertar a los números de celular almacenados en el mismo; tiene un pequeño retardo promedio de 9.83 segundos (con una distancia de operación óptima de 15 metros) desde que una alarma se activa hasta que el mensaje llega hasta el destinatario (numero almacenado). Con esto se concluye que, mientras más obstáculos haya entre consola y dispositivos de alarma mayor será el tiempo de retardo de alerta.
3. De acuerdo al basamento teórico en lo referido a la modulación digital de tipo FSK utilizada en los módulos de radiofrecuencia HM-TR en la comunicación inalámbrica entre bloque alarma y controlador, el cual gracias a su índice de modulación mientras más alto, lo hace inmune al ruido y a las interferencias, permite concluir que el sistema a parte de haber reducido el número de cables a

emplear, también tiene un alto grado de robustez ante los inconvenientes antes mencionados; no obstante esto no descarta a los obstáculos físicos que si causan pérdida de la señal.

4. La tecnología GSM fue escogida para la implementación del presente proyecto debido a las características y facilidades que presenta tal como el envío y la recepción de mensajes de texto en cualquier área de cobertura. Además es importante tener en cuenta la gran versatilidad y futuro que tiene esta tecnología en cuanto a aplicaciones a las que se puede enfocar, siendo muchos los campos de acción en los cuales se puede implementar.
5. Se hizo que el sistema sea fácil de usar y de instalar, además que se pueda agregar otro dispositivo de alarma para aumentar haciéndolo integrable y transportable ya que no necesita cables para comunicarse. Con esto se demostró que los microcontroladores están presentes en todos sistemas electrónicos haciéndose más presentes a medida que la tecnología avanza.
6. Se recomienda en la medida de lo posible no interferir con la comunicación entre el controlador y la alarma, con objetos físicos tales como metales y paredes, en razón de que estos pueden atenuar o reflejar las señales de radio, lo cual reduce notablemente el radio de cobertura.
7. El sistema debe estar disponible durante el tiempo en que el usuario así lo desee, por ende no puede admitir caídas del sistema, se sugiere tener un

respaldo de energía tal como un UPS el cual ayudará al mismo a dar la energía suficiente para que siga funcionando en caso de alguna falla eléctrica.

8. Al momento de activar el sistema para el armado de la seguridad se recomienda al usuario alejarse del área de sensamiento en razón de que el tiempo de retardo para la activación de las alarmas es de un minuto.
9. La tarjeta SIM a utilizar debe tener saldo disponible o paquete de mensajes de texto activo, para que el sistema pueda enviar de manera correcta el sms a los números almacenados en la consola.



# ANEXOS

## ANEXO A

**Código fuente del Sistema en MikroBasic** (subido en la web):

- Alarma Movimiento
- Alarma Puerta
- Consola GSM

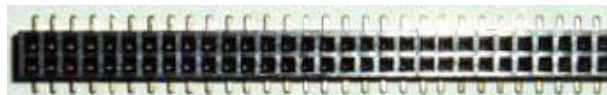
**Link:** <http://www.scribd.com/doc/38271811/Proyecto-Graduacion-ESPOL-FIEC-Anexo-Codigo-en-MikroBasic>

## ANEXO B

**Interfaz PCB para el Módulo GSM (IpC-IT-01)**

La interfaz PCB del modulo GSM, tiene un diseño exclusivo de la empresa '*Ideas & Tecnología*'. Las características se dan a continuación:

- Modelo IpC-IT-01
- Conector ASTRON 1590060-093 (Figura Anx. - A)
- Comunicación con la SIM Card (Figura Anx. - B).



**Figura 0.1.Anx – Conector ASTRON 1590060-093**

En la siguiente figura 0.2.Anx se presenta el diseño del PCB (imagen en 3D - programa Altium Designer 9.0).

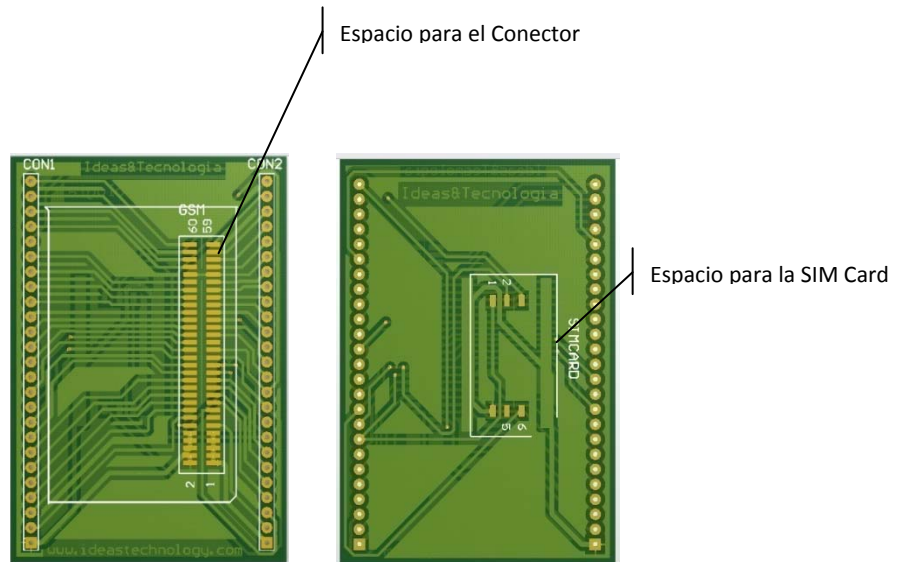


Figura 0.2.Anx – Circuito Impreso Módulo GSM (Superior - Posterior)

## ANEXO C

### *Hoja de especificaciones y comandos AT del Modulo SIM340C*

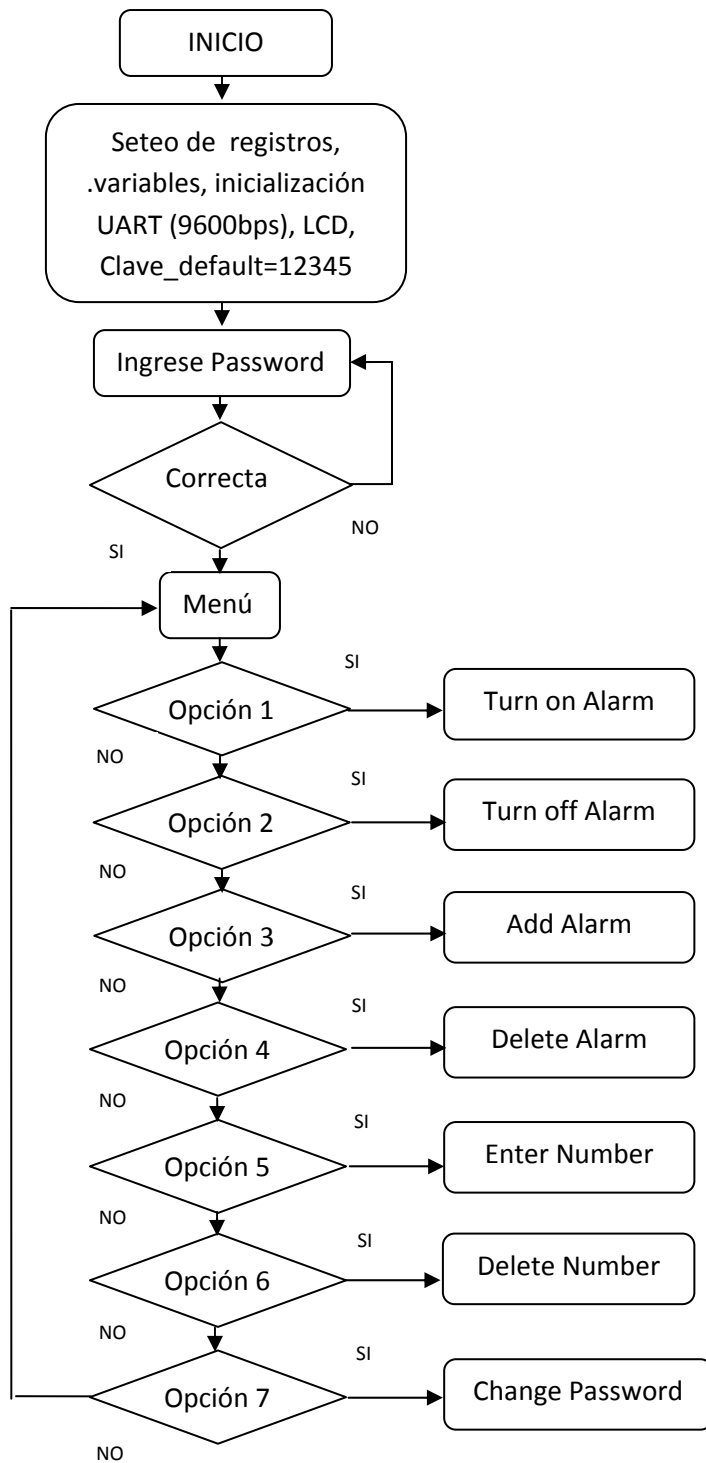
**Link1:** <http://www.scribd.com/doc/40229924/SIM340C-Hardware-Manual>

**Link2:** <http://www.scribd.com/doc/40230515/SIM340C-AT-command>

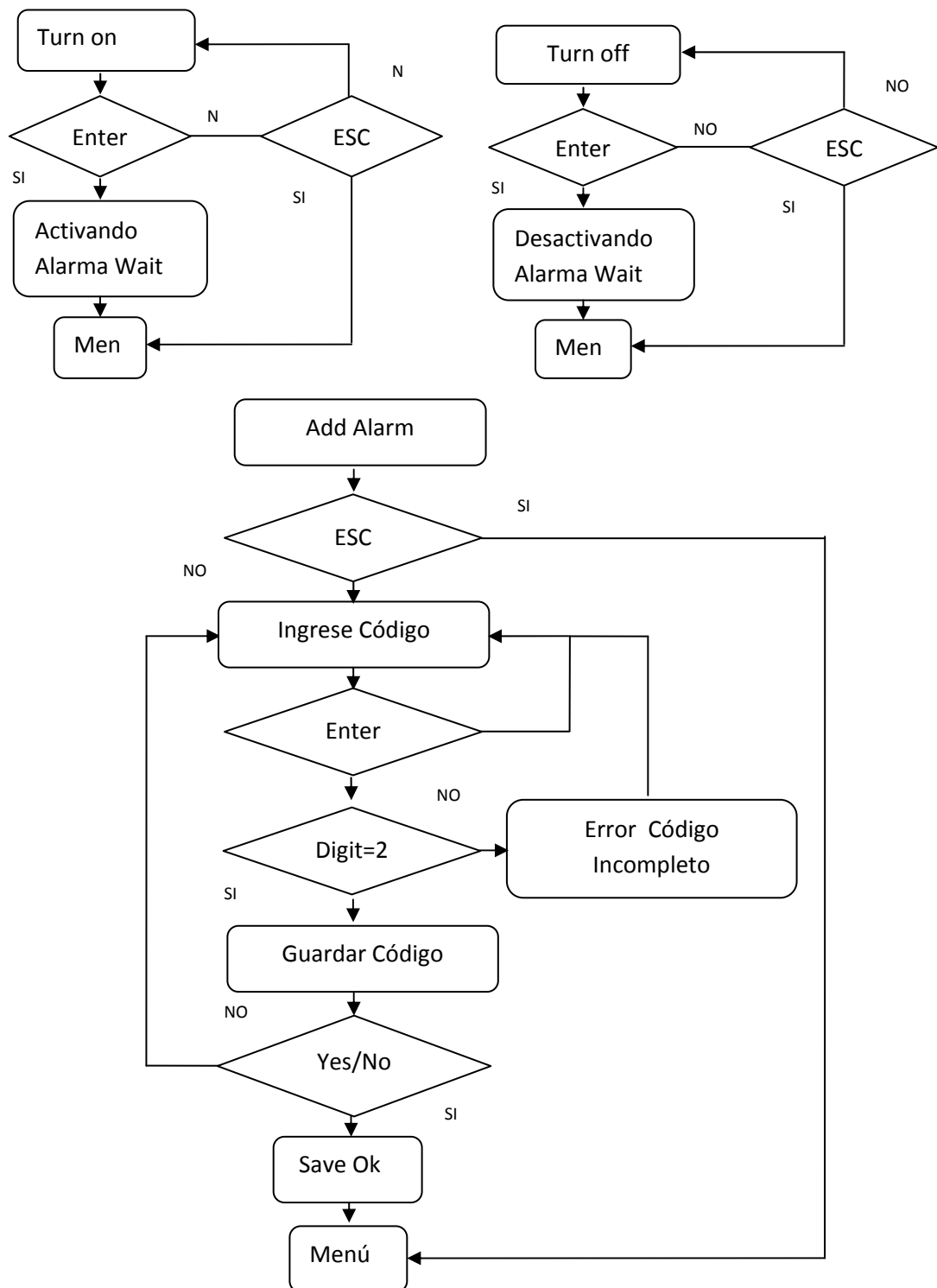
## ANEXO D

### *Diagramas de flujos Interfaz usuario*

A continuación se dan a conocer los diagramas de flujo de la interfaz de usuario del sistema, los mismos que comprenden: El ingreso al mismo, cambio de clave, Activar/Desactivar Alarma, agregar/eliminar Alarma, agregar/eliminar numero,



**Figura 0.3.Anx – Diagrama de flujo Menú Usuario**



**Figura 0.4.Anx – Diagrama de flujo Activación/Desactivación y Añadir Alarma**

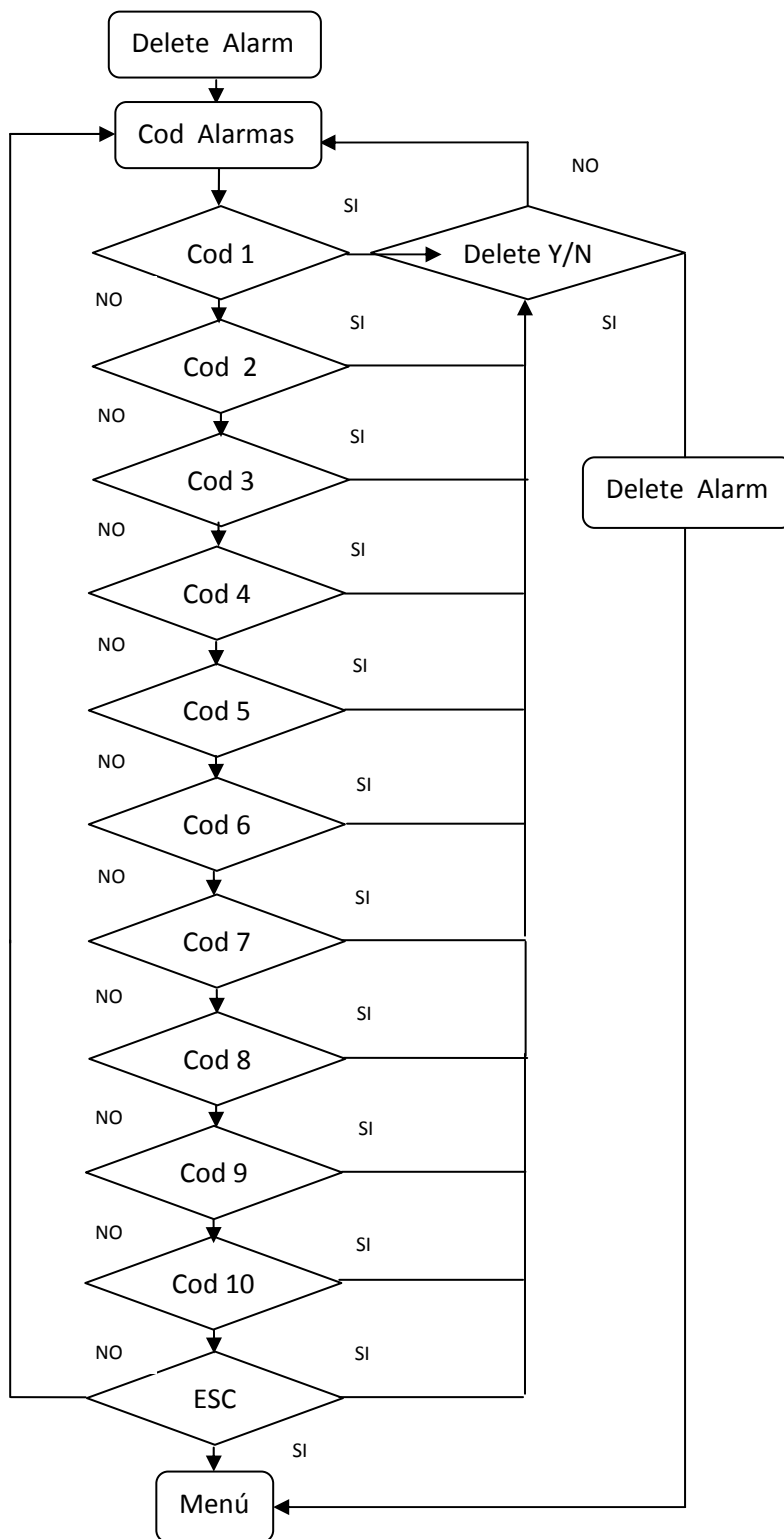
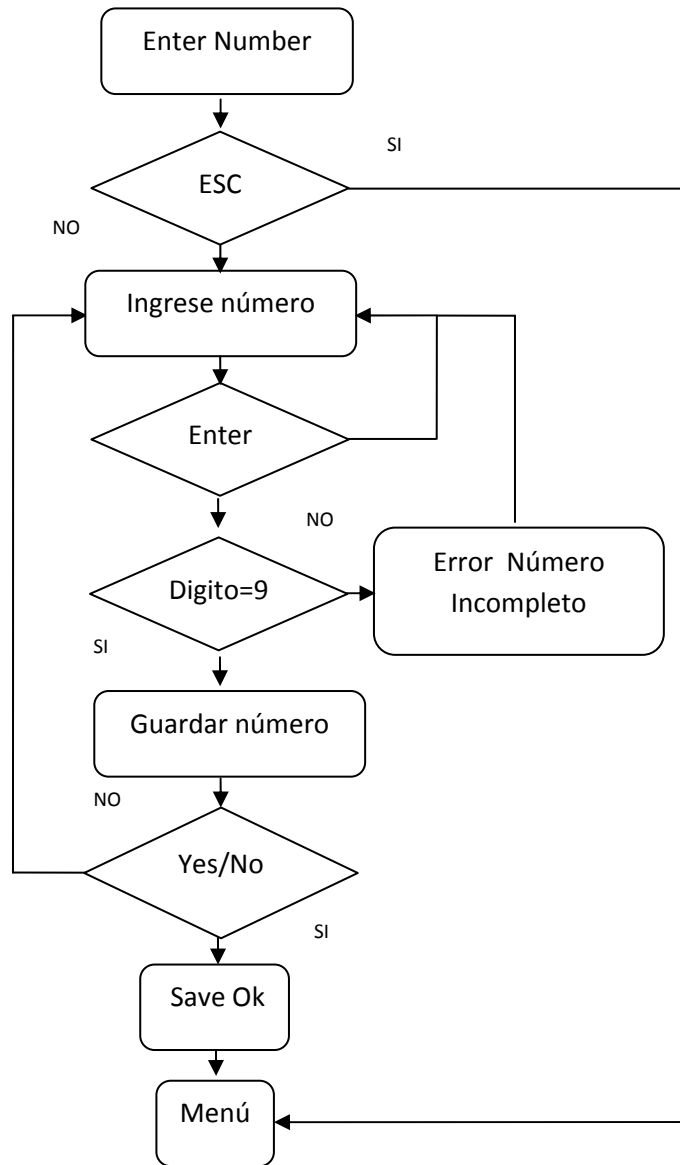


Figura 0.5.Anx – Diagrama de flujo Eliminar alarma



**Figura 0.6.Anx – Diagrama de flujo Ingresar Número celular**

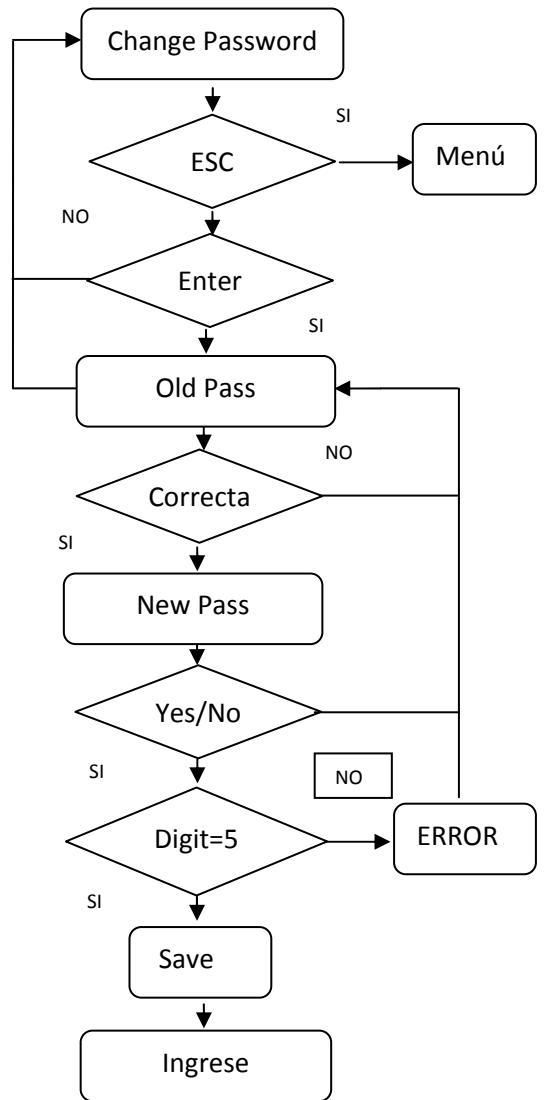


Figura 0.7.Anx – Diagrama de flujo Cambiar clave

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Gobierno de Argentina, "*Reseña Histórica De La División Alarmas*"  
<http://www.policiafederal.gov.ar/esp/salc/alarmas/historia.html>  
Fecha de consulta: 12-sep-2010.
- [2]. HomeSystems, "*Productos de Dispositivos de Alarmas*"  
[www.maxicontrolador.com](http://www.maxicontrolador.com)  
Fecha de consulta: 12-Sep-2010.
- [3]. Encina, "*Alarmas cableadas*"  
<http://clubhondacbr125r.com/web/?p=91%20-%20cables>, 18-sep-2010  
Fecha de consulta: 12-Sep-2010.
- [4]. Monster Security, "*Sistema Electrónico de Alarma Antirrobo*"  
<http://seguridadmonster.com/sistemaalarma.html>  
Fecha de consulta: 20-Sep-2010.
- [5]. Wikipedia, "*GSM*"  
<http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>,  
Fecha de consulta: 25-Sep-2010.
- [6]. Wikipedia, "*Red GSM*"  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_globalparalas\\_comunicaciones\\_m%C3%B3viles](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_globalparalas_comunicaciones_m%C3%B3viles)  
Fecha de consulta: 25-Sep-2010.
- [7]. Zonabot, "*Comandos AT*"  
<http://www.zonabot.com/electronica/2-comunicaciones/18-comandos-at.html>  
Fecha de consulta: 28-Sep-2010.
- [8]. W. Alan Davis, Krishna Agarwal, "*Radio frequency circuit design*"  
John Wiley & Sons, Inc., United State 2001  
Páginas Revisadas: 35-50.



- [9]. Mayné Jordi, "*Estado actual de las Comunicaciones por Radio Frecuencia*"  
Editorial Silica, México Agosto 2009  
Paginas Revisadas: 4-15.
- [10]. Pallás, Ramón; Valdés, Fernando, "*Microcontroladores: Fundamentos Y Aplicaciones Con Pic*"  
Marcombo, Ediciones Técnicas, Chile Noviembre 2005  
Paginas Revisadas: 15-50.
- [11]. IBOARD & Accesorios, "*Sensor de Movimiento Infrarrojo*"  
[http://www.rosocontrol.com/Espanol/iBOARD/IR\\_Move/IREd.pdf](http://www.rosocontrol.com/Espanol/iBOARD/IR_Move/IREd.pdf)  
Fecha de consulta: 10-Oct-2010.
- [12]. IT Watchdogs, "*Door Sensors*"  
<http://www.itwatchdogs.com/DataSheets/DoorSensor%288.5x11%29033.pdf>  
Fecha de Consulta: 10-Oct-2010.
- [13]. Hope Microelectronics Co., "*HM-TR Series UHF Wireless Transparent Data Transceiver*"  
[www.hoperf.com/upfile/hm-tr.pdf](http://www.hoperf.com/upfile/hm-tr.pdf)  
Fecha de Consulta: 15-Oct-2010
- [14]. Martin Daniel C, "*Funcionamientos de Teclado matricial 4x4 y LCDs*"  
<http://www.x-robotics.com/rutinas.htm>  
Fecha de Consulta: 15-Nov-2010.
- [15]. SIMCOM Ltd, "*SIM340C Hardware Interface Description*"  
<http://www.scribd.com/doc/40229924/SIM340C-Hardware-Manual>  
Fecha de Consulta: 29-Nov-2010
- [16]. Deco-armonia, "*La casa domótica*"  
<http://www.decoarmonia.com/la-casa-domotica>,  
Fecha de Consulta: 21-Nov-2010.