REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR BASADO EN MENSAJERÍA CORTA (SMS) Y TONOS DTMF A TRAVÉS DE TELÉFONOS CELULARES

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

PABLO JAVIER MORA QUILUMBANGO
morapablo2010@gmail.com

DIRECTOR: LUIS ANIBAL CORRALES PAUCAR PhD.
luis.corrales@epn.edu.ec

Quito, Abril 2012

DECLARACIÓN

Yo, Pablo Javier Mora Quilumbango, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

Pablo Javier Mora Quilumbango

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Javier Mora Quilumbango, bajo mi supervisión.

_____

LUIS CORRALES PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme puesto este mundo, y darme todo lo que soy.

A mis padres por su infinito esfuerzo, cariño y comprensión.

A mi familia por su constante apoyo.

A todos mis amigos, y a las personas que me acompañaron todo este tiempo y creyeron en mí.

Finalmente a todas aquellas personas que ya no están entre nosotros, pero que siempre nos acompañan.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y siempre guiarme en el sendero correcto.

A mis padres, por su infinito esfuerzo, comprensión, aliento y amor.

A mis hermanas, por su constante apoyo y comprensión.

A mis abuelitos, por su cariño y apoyo.

A mi familia, por tenerme siempre presente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO v

DEDICATORIA vi

CONTENIDO vii

RESUMEN xi

PRESENTACIÓN xii

CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS 1

1.1. EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL VEHÍCULO 1

1.1.1. LA BATERÍA VEHICULAR 2

1.1.2. EL ALTERNADOR 3

1.1.3. EL MOTOR DE ARRANQUE 4

1.1.4. SISTEMA DE ENCENDIDO 5

1.1.4.1. Elementos del Sistema de Encendido 5

1.1.4.2. Funcionamiento del Sistema de Encendido 7

1.2. SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR 7

1.2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR 8

1.2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR. 10

1.3. LA RED DE TELEFONÍA CELULAR GSM 11

1.3.1. LA CELDA CELULAR 11

1.3.2. ARQUITECTURA DE LA RED GSM 13

1.3.2.1. Radio Station Subsystem (RSS) 14

1.3.2.2. Switching Subsystem (SSS) 16

1.3.2.3. Operation and Maintenance Subsystem (OMS) 18

1.4. SERVICIO DE MENSAJERÍA CORTA (SMS) 18

1.4.1. ELEMENTOS: 19

1.5. MODULACIÓN DUAL POR TONOS DE FRECUENCIA (DTMF) 19

1.5.1. CODIFICACIÓN DTMF 21
1.5.2. DECODIFICACIÓN DTMF 23
1.5.2.1. Diseño de Bancos de Filtros:..... 24

CAPITULO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE 26

2.1. REQUERIMIENTOS DEL PROTOTIPO 26

2.1. EL MÓDEM GSM..... 27
2.1.1. EL MÓDEM GSM-USB..... 28
2.1.2. EL MÓDEM GSM RS-232 28
2.1.3. TELÉFONOS MÓVILES (CELULARES) 29
2.1.3.1. El Teléfono Sony Ericsson T290 30

2.2. LOS COMANDOS AT 32
2.2.1. SET DE COMANDOS 34

2.3. EL DECODIFICADOR DE TONOS DTMF 37
2.3.1. EL DECODIFICADOR MT8870D 38
2.3.1.1. Descripción Funcional de Pines 39
2.3.1.2. Descripción Funcional 39
2.3.1.3. Tabla de Función:..... 41

2.4. EL MICROCONTROLADOR 41
2.4.1. EL MICROCONTROLADOR ATMEGA168P 42
2.4.1.1. Características Principales 42
2.4.1.2. Descripción Funcional de Pines 43

2.5. EL CIRCUITO INTEGRADO ULN2803 45

2.6. DISEÑO DEL MÓDULO DE PROTOTIPO..... 46
2.6.1. MÓDULO DE ENTRADAS/SALIDAS DEL SISTEMA..... 46
2.6.2. MÓDULO DE DECODIFICACIÓN DE TONOS DTMF 48
2.6.3. MÓDULO DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN..... 48
2.6.4. MÓDULO DE INTERFAZ DEL MÓDEM GSM. 49
2.6.5. CIRCUITO ESQUEMÁTICO FINAL..... 52

2.7. CIRCUITO IMPRESO 54

CAPITULO 3: DESARROLLO DEL SOFTWARE DE SOPORTE 55

3.1. MODOS DE FUNCIONAMIENTO 55
3.1.1. MODO DESARMADO: 55
3.1.2. MODO ARMADO: 55
3.1.3. MODO INDEPENDIENTE: 56
3.1.4. OPCIONES DE CONTROL 56

3.2. DESARROLLO DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO 57
3.2.1. FUNCIONAMIENTO GENERAL 57
3.2.2. SUBRUTINAS DE ATENCIÓN A LAS INTERRUPCIONES 59
3.2.2.1. Interrupción Externa 0 / Detección de Tono DTMF Válido 59
3.2.2.2. Detección de Nuevo SMS 61

3.3. PLATAFORMA DE DESARROLLO BASCOM-AVR 62
3.3.1. CARACTERÍSTICAS 63
3.3.2. COMANDOS DE PROGRAMACIÓN: 63
3.3.3. PROGRAMACIÓN CON SOFTWARE BASCOM-AVR: 64

CAPITULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS 69

4.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO 69
4.1.1. PRUEBAS DE CONFIGURACIONES INICIALES DEL SISTEMA 70
4.1.1.1. Configuración de Números de Aviso de Usuario 70
4.1.1.2. Configuración de la Clave de Seguridad 72
4.1.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MEDIANTE MENSAJES SMS 74
4.1.2.1. Activación/Desactivación del Sistema de Alarma 74
4.1.2.2. Control de Seguros de Puertas 76
4.1.2.3. Control de Bloqueo del Motor del Vehículo 77
4.1.2.4. Activar/Desactivar Sirena Auxiliar 79
4.1.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MEDIANTE TONOS DTMF 79
4.1.3.1. Ingresar/Salir del Sistema de Alarma 79
4.1.3.2. Activar/Desactivar Alarma GSM 80
4.1.3.3. Activar/Desactivar Seguridades de Puertas 80

4.1.3.4. Activar/Desactivar Bloqueo del Motor 81
4.1.3.5. Activar/Desactivar Sirena 81
4.2. RESULTADOS..... 82
4.3. COSTO DEL PROTOTIPO 83
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 85
5.1 CONCLUSIONES:..... 85
5.2 RECOMENDACIONES:..... 85
BIBLIOGRAFÍA: 87
ANEXOS 89

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo desarrollar un sistema de monitoreo y control de los dispositivos de seguridad de un automóvil.

Para cumplir con este objetivo se hace uso de un sistema microprocesado, el cual trabaja conjuntamente con un teléfono celular, y permite la comunicación entre el teléfono del usuario y el módulo del sistema de control.

El método de comunicación entre el módulo del proyecto y el usuario, se hace mediante el uso de mensajes de texto SMS y envío de tonos DTMF durante una llamada telefónica de voz.

El prototipo del proyecto permite el control de dispositivos de seguridad del vehículo, tales como seguros de puertas y bloqueo del motor de combustión, además de transmitir de un SMS de alarma al usuario en caso el sistema de alarma estándar del vehículo fuere disparado.

Se diseña el prototipo de manera que pueda trabajar paralelamente con un sistema de alarma vehicular convencional.

PRESENTACIÓN

En la actualidad es necesario e importante conocer el estado del sistema de seguridad del vehículo y controlar sus dispositivos de seguridad de una manera más eficiente.

En el presente proyecto se ha desarrollado un Sistema de Seguridad Vehicular basado en mensajes de texto SMS y Tonos DTMF a través de teléfonos celulares, según se describe a continuación:

En el Capítulo 1, se presenta el marco teórico en el cual se basa el proyecto. Aquí se explica acerca del sistema eléctrico del automóvil, los sistemas de seguridad vehicular, arquitectura de la red de telefonía celular, y la modulación por tonos de frecuencia (DTMF).

En el Capítulo 2, se realiza el análisis y se diseño del hardware del proyecto. Partiendo de un diagrama de bloques, se hace un análisis de los requerimientos de hardware, y se escoge entre las diferentes tecnologías existentes. Además, se presenta los aspectos fundamentales de funcionamiento de cada uno de los dispositivos seleccionados, para finalmente terminar con el diseño del circuito impreso del proyecto.

En el Capítulo 3, se presenta las diferentes opciones de funcionamiento del sistema, y se realiza el diseño del software de soporte del proyecto, el mismo que se programará en el microcontrolador. Además, se presenta un diagrama de flujo que explica el funcionamiento general del sistema. Finalmente, se explica acerca del software utilizado para realizar la programación de la aplicación del microcontrolador.

En el Capítulo 4, se detallan las pruebas de funcionamiento realizadas y los resultados obtenidos de las mismas.

En el Capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones de este proyecto.

CAPITULO 1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación se dará a conocer los fundamentos teóricos necesarios para explicar los puntos de mayor importancia acerca del presente proyecto, que son la parte eléctrica del automóvil, la red GSM, y finalmente la teoría DTMF.

Dado que el presente proyecto inicialmente se podría ver como un sistema de seguridad vehicular, se empezará por explicar acerca del sistema eléctrico vehicular, pero más precisamente acerca del sistema de ignición del vehículo, ya que éste está íntimamente ligado con el encendido/apagado del vehículo al controlar el manejo del combustible.

También se explicará algunas generalidades eléctricas y funcionales existentes entre los sistemas de seguridad vehicular, los mismos que servirán como base para el diseño eléctrico del presente proyecto.

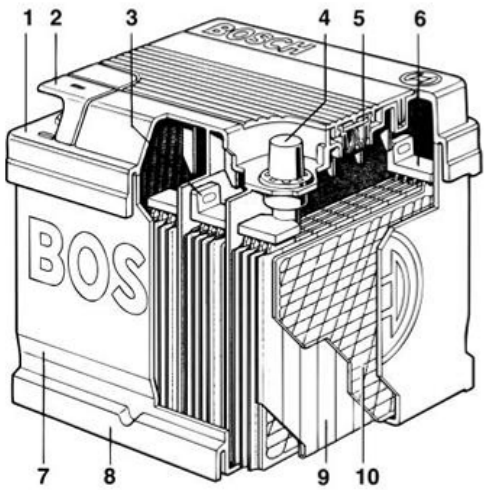
Finalmente, se dará a conocer de forma general algunos conceptos relacionados con el sistema de comunicación utilizado, es decir, la red GSM, el servicio de mensajería corta SMS, y la codificación DTMF (Dual Tone Multi Frecuency) que son utilizados para enviar las señales que controlan el módulo de seguridad vehicular GSM/DTMF.

1.1. EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL VEHÍCULO

El sistema eléctrico del automóvil es de gran importancia, ya que es el responsable de llevar energía a varios dispositivos que posee el vehículo para su correcto funcionamiento. Está conformado por elementos tales como: la llave de ignición, el motor de arranque, bobina de ignición, alternador, bomba de combustible, etc., los mismos que están íntimamente relacionados con el encendido/apagado y correcto funcionamiento del motor.

A continuación se detalla algunos de los elementos principales que componen el sistema eléctrico:

1.1.1. LA BATERÍA VEHICULAR



Batería Automotriz
Libre de Mantenimiento

1) Cubierta de una pieza
2) Cubierta del poste terminal
3) Conector de celda
4) Poste terminal
5) Chasis
6) Correa de la placa
7) Carcasa
8) Carril de montaje inferior
9) Placas positivas
10) Placas negativas

Figura 1.1 Estructura Interna de una Batería Vehicular (Plomo-Ácido) [1]

La batería es utilizada como fuente de energía del vehículo cuando el motor, y por tanto el alternador, están detenidos. Además, es la encargada de cumplir ciertos requerimientos del vehículo, tales como:

- Almacenar una cantidad de energía suficiente para operar el motor de arranque durante el encendido de vehículo.
- Proporcionar energía durante un tiempo razonable a dispositivos, tales como las luces, cuando el motor está apagado.

En la actualidad la batería de plomo-acido, ha sido probada como la mejor opción para el uso en vehículos, ya que puede cumplir con los requerimientos de carga exigidos por el vehículo en un gran rango de temperatura (-30ºC a +70ºC) a un costo razonable.

[1] Electronic Automotive Handbook/ Robert Bosch GmbH/ 1ª Ed. /2002

1.1.2. EL ALTERNADOR

El alternador es el elemento principal del sistema de carga de energía eléctrica, el mismo que consiste de un generador de corriente alterna trifásica con un sistema de rectificación y regulación de voltaje a su salida, necesario para poder acoplarse al sistema de corriente continua que manejan los distintos dispositivos del vehículo.

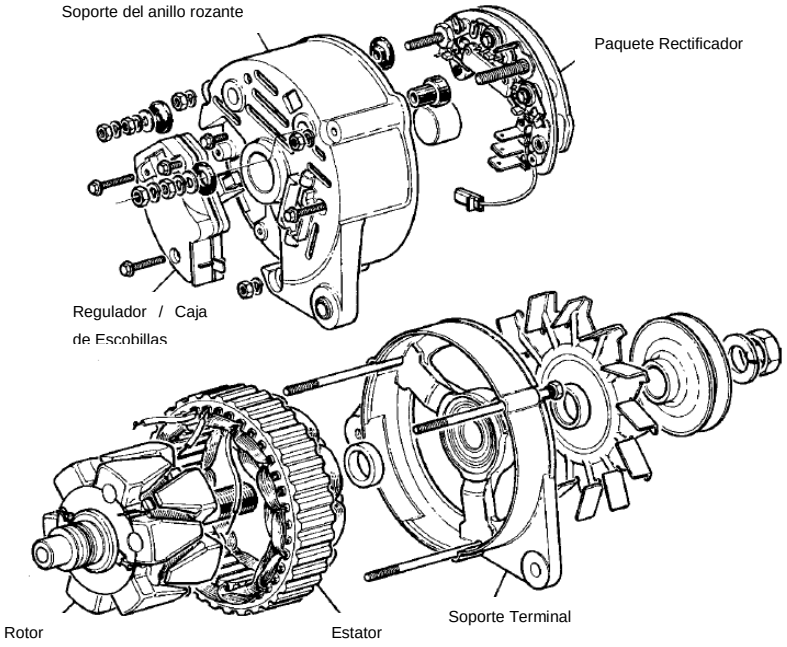


Figura 1.2 Estructura Interna de un Alternador [2]

El alternador debe cumplir ciertos requerimientos durante el funcionamiento del motor, tales como:

- Proveer la corriente requerida por todas las cargas
- Proveer cualquier corriente de carga que requiera la batería.
- Proveer el voltaje de salida constante independiente de la velocidad del vehículo.

[2] Automobile Electrical & Electronic Systems/ Tom Denton/ 3ª Ed.

1.1.3. EL MOTOR DE ARRANQUE

El motor de combustión interna de un vehículo debe cumplir ciertos requicitos para que éste pueda arrancar y continuar funcionando:

- Que se genere una mezcla de aire/combustible en el motor de combustión interna.
- Un método para generar la ignición del combustible dentro del motor.
- Una velocidad mínima de arranque (aproximadamente 100 rev/min).

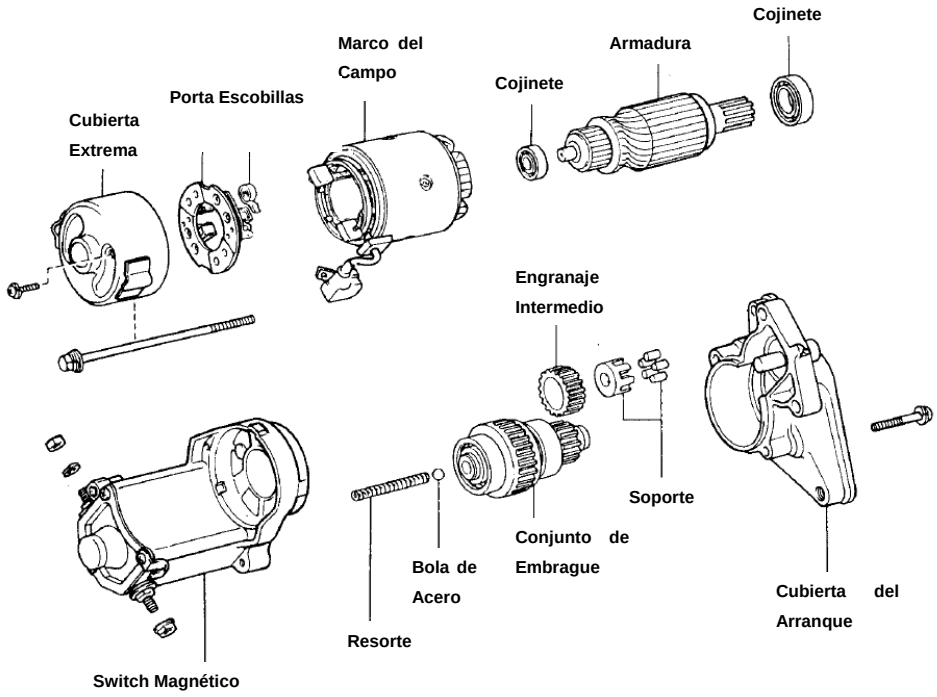


Figura 1.3 Estructura Interna de un Motor de Arranque [3]

Los dos primeros requisitos solo se podrán cumplir si el motor de combustión interna es activado, para lo cual se requiere un alto torque en el arranque, el mismo que es generado por el motor de arranque (motor de corriente continua) , que se acopla al motor de combustión interna generalmente a través de engranes. A continuación se detalla, de forma breve, el funcionamiento los sistemas de encendido más convencionales.

[3] Automobile Electrical & Electronic Systems/ Tom Denton/ 3ª Ed.

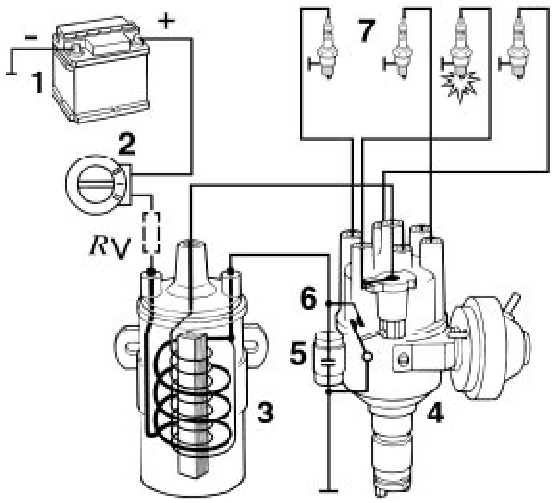
1.1.4. SISTEMA DE ENCENDIDO

En la actualidad existen varios tipos de sistemas de encendido, los cuales son generalmente escogidos dependiendo del tipo de motor de combustión interna al que van a servir.

Se debe mencionar que, para el presente estudio, se explicará el sistema de encendido convencional, debido que el objetivo es mostrar el punto en común existente entre dichos sistemas de encendido, que es la generación de alto voltaje, el cual, para todos los casos se consigue de forma inductiva mediante el uso de la bobina de ignición.

1.1.4.1. Elementos del Sistema de Encendido

A continuación se presenta los elementos que componen un sistema de ignición convencional:



Componentes del Sistema de Ignicion por Bobina (CI)

1) Batería
2) Interruptor de ignición
3) Bobina
4) Distribuidor
5) Condensador de ignición
6) Contacto de interrupción
7) Bujías

Figura 1.4 Elementos del Sistema Eléctrico de Encendido [4]

- **Las Bujías**

  Son electrodos especialmente diseñados para soportar altos voltajes, presiones y temperaturas, y que permiten el salto de la chispa de encendido, lo cual ocasiona que explote la mezcla comprimida de aire/combustible en el cilindro del motor.

[4] Electronic Automotive Handbook/ Robert Bosch GmbH/ 1ª Ed. /2002.

- **Bobina de Ignición**

  Es básicamente un transformador, compuesto por un bobinado primario, un bobinado secundario, y un núcleo. Almacena energía en forma inductiva, y la transporta al distribuidor a través de la línea de alto voltaje.

- **Interruptor de Ignición**

  Provee control sobre el sistema de ignición, y también es generalmente utilizado para causar el arranque del motor.

- **Interruptor de Contacto**

  Conmuta el bobinado primario de la bobina de ignición con el fin de cargar y descargar la bobina.

- **Condensador**

  Suprime la mayor parte del arco eléctrico generado en la apertura del punto de corte de corriente. Éste permite una caída más rápida de la corriente en el bobinado primario, y por lo tanto un colapso más rápido del magnetismo de la bobina, lo cual produce un alto voltaje en la bobina de salida.

- **Distribuidor de Alto Voltaje**

  Dirige la energía del bobinado secundario de la bobina de ignición, a cada bujía en su correspondiente cilindro, en una secuencia específica.

- **Avance Centrífugo**

  Cambia el tiempo de ignición dependiendo de la velocidad del motor de combustión interna.

- **Avance de Vacío**

  Cambia el tiempo de ignición dependiendo de la carga aplicada al motor de combustión interna.

1.1.4.2. Funcionamiento del Sistema de Encendido

Cuando el interruptor de ignición del motor se encuentre en la opción de encendido, y el interruptor de contacto se cierre, la corriente eléctrica de la batería o del alternador fluye a través del devanado primario de la bobina de ignición, generando así un poderoso campo magnético en el cual la energía es almacenada. En el punto de ignición de la mezcla aire/combustible presente en el motor de combustión, el punto de corte de corriente se abre, interrumpiendo la corriente eléctrica en el bobinado primario de la bobina de ignición, por lo cual el campo magnético en ésta colapsa, y el alto voltaje requerido para la ignición, es inducido en el secundario de la bobina de ignición. Este alto voltaje es llevado desde el terminal del bobinado secundario al distribuidor de alto voltaje, y consecuente a la bujía adecuada en ese momento.

1.2. SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR

El sistema de seguridad vehicular también conocido como alarma vehicular es un dispositivo que tiene por objetivo intentar disuadir mediante la señal de una sirena y parpadeo de las luces en caso de un intento de acceso no autorizado al interior del vehículo.

Figura 1.5 Alarma Vehicular Comercial [5]

Generalmente esta clase de sistemas cuenta con una serie de sensores que pueden producir que la alarma se dispare, como por ejemplo: pulsadores de puerta, pulsador de capó, sensor de impacto, sensor ultrasónico, etc., donde dichos dispositivos aumentarán o reducirán su número según sea las funcionalidades del sistema de alarma vehicular. Se debe mencionar también que algunos sistemas de alarma tienen la posibilidad de inmovilizar al vehículo, para lo cual realizan el corte de energía de ciertos dispositivos del vehículo, tales como el motor de arranque, la bobina de ignición o la bomba de gasolina.

1.2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR

Si bien la cantidad de dispositivos que conforman el sistema de alarma varían según las prestaciones de la misma, se pueden identificar algunos componentes principales que son comunes en la mayoría de sistemas, los que se muestran a continuación:

[5] http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-7038720-alarma-auto-gladiador-helmet-garantizada-_JM

- **Unidad Central de Control**

  Es la parte encargada del procesamiento de las señales provenientes de los sensores, y que además realiza el control sobre los dispositivos de campo tales como seguros eléctricos, inmovilizadores, sirenas, etc. Generalmente posee una batería de respaldo en caso da falla de la alimentación principal de la batería del vehículo.

- **Pulsadores**

  Se utilizan como sensores en lugares tales como las puertas o el capó, y sirve para detectar la apertura de alguno de éstos, lo cual producirá un disparo de la seguridad, si la alarma está encendida (armada). Dependiendo del sistema de alarma o de la marca de vehículo, la activación de tales sensores puede generar un nivel alto o un nivel bajo de voltaje a las entradas de la alarma.

- **Sensor de Impacto**

  Es un sensor que sirve para detectar las vibraciones que pudieran producirse en el vehículo, producto de un golpe o movimiento del vehículo.

- **Controles Remotos**

  Es un control inalámbrico manual, que a través del envío de una señal codificada única, por medio de infrarrojo o por radiofrecuencia, permite el armado o desarmado del sistema de alarma.

- **Sirena**

  Es un dispositivo sonoro usado como medio señalizador del disparo de la alarma.

- **Cables Conectores**

  Son cables conductores de cobre que utilizados para realizar las distintas conexiones del sistema de seguridad, tales como sensores, sirena, señalizadores, etc.

1.2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR

Se muestra un diagrama de conexión de una estándar marca *Genius*, la que permitirá comprender de mejor manera el funcionamiento del sistema.

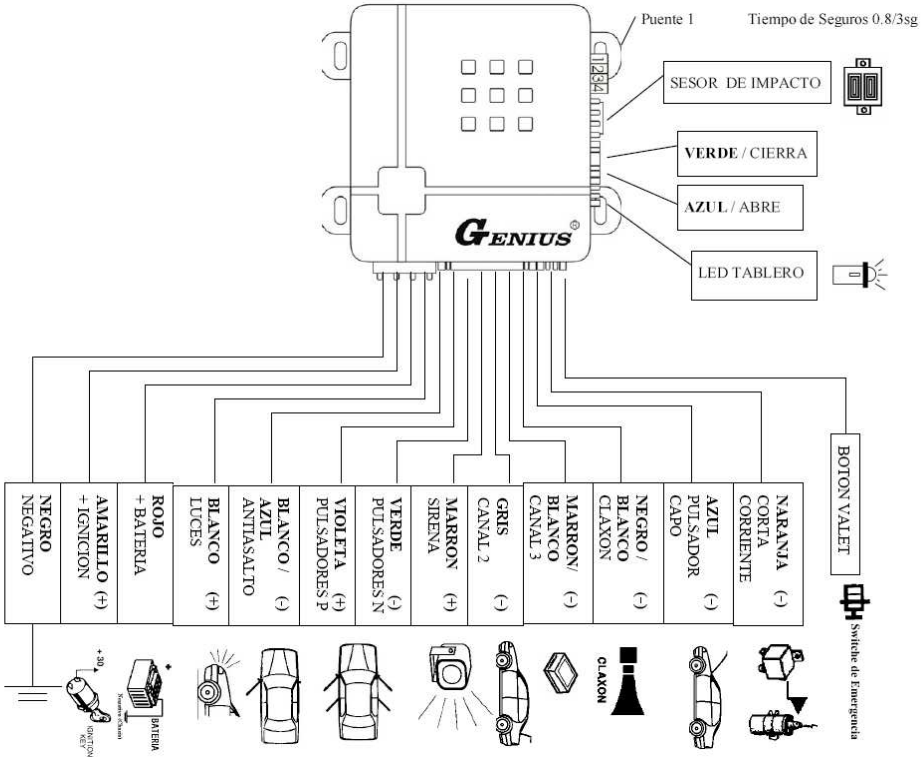


Figura 1.6 Diagrama de Conexiones para una Alarma Vehicular Comercial [6]

El sistema de alarma es armado o desarmado a través de infrarrojo o radiofrecuencia con la unidad de control remoto, la cual posee un código único para cada alarma, y sirve para asegurar el vehículo en contra de uso no autorizado.

La unidad de control de la alarma evalúa las señales de los terminales de entrada, y si se detecta señales de disparo, el sistema activa las señales de advertencia (sirena y luces, bloqueo del motor, etc.) a través de sus terminales de salida.

De las explicaciones realizadas acerca del funcionamiento del sistema eléctrico y de un sistema de seguridad vehicular, se concluye que éstos realizan el bloqueo

[6] Manual Alarma Vehicular GENIUS G24A-METALICA

del vehículo a través del corte de la energía llevada a la bobina de elevación o a la bomba de combustible, ya que una falla en cualquiera de estos dos elementos detendría el funcionamiento del motor de combustión del vehículo.

1.3. LA RED DE TELEFONÍA CELULAR GSM

Las comunicaciones inalámbricas ya venían realizándose desde hace varias décadas atrás, aplicadas principalmente a las comunicaciones de las radio-patrullas, bomberos y transmisiones en banda ciudadana a mediados de siglo. Tales tecnologías de comunicación inalámbrica se han ido desarrollando con el paso de los años, pero han cobrado un mayor desarrollo en los últimos tiempos, gracias al desarrollo de los sistemas de telefonía celular, lo cual se puede apreciar en la Figura 1.7.

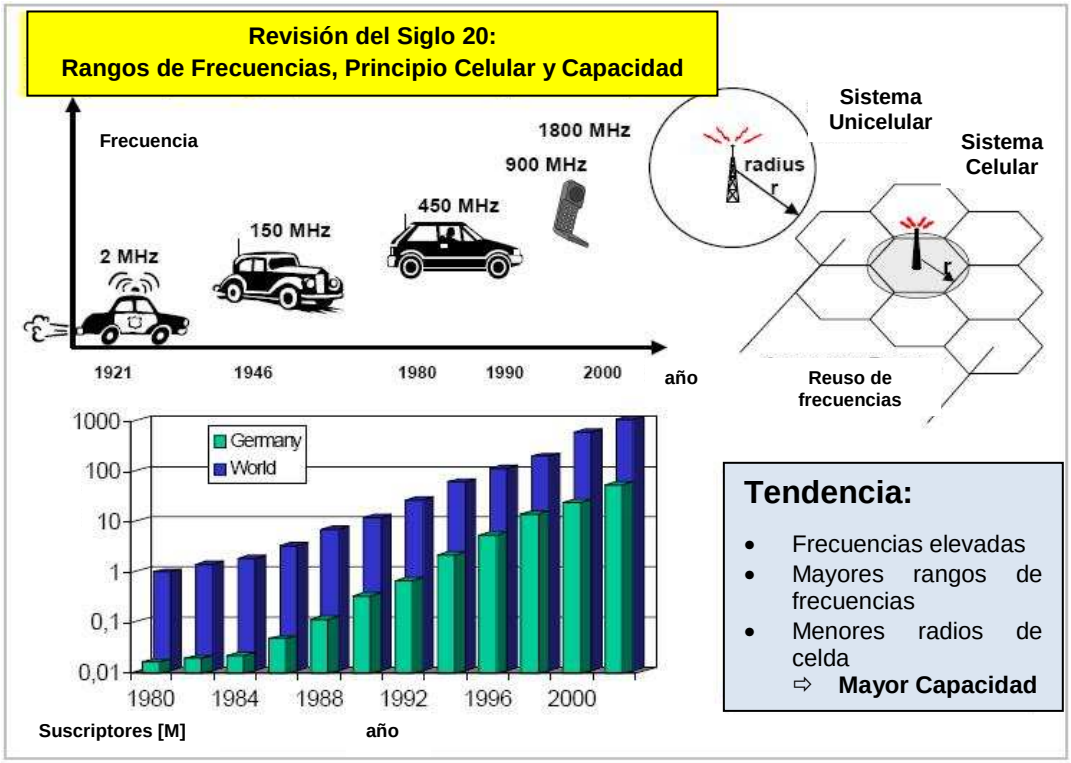


Figura 1.7 Evolución de las Comunicación Celular [7]

1.3.1. LA CELDA CELULAR

[7] GSM-GPRS: Orígenes y Evolución/ Luis Corrales, PhD/ Noviembre 2008

Inicialmente esta clase de sistemas inalámbricos tenían una gran potencia de transmisión, la cual era utilizada para comunicarse a grandes distancias, sin embargo, esto presentaba el problema de la potencia desperdiciada, ya que utilizaba la misma cantidad de potencia para comunicarse con usuarias distantes como con usuarios que se encuentren en la cercanía de la transmisión. Este problema fue resuelto gracias a la utilización de una estación base única, como nodo central, la cual realizaba la cobertura de un área específica, y servía como enlace para realizar la comunicación entre los usuarios que se encuentren dentro del área.

Si bien esto ayudó a aumentar el área de cobertura, todavía no contribuía a aumentar el número de canales disponibles a los usuarios dentro de una banda de frecuencia dada, lo cual restringía el número de usuarios que podían comunicarse. Como solución a este problema se pensó en crear áreas pequeñas de manera que los mismas frecuencias puedan ser reutilizados en otra área geográfica, de donde se pudo concluir que a una distancia de aproximadamente 4 veces el radio de celda (4r) la interferencia existente entre las señales de cada celda era aceptable.

Como consecuencia de la reutilización de las frecuencias, se obtiene una mayor cantidad de canales disponibles para la comunicación de los usuarios, como se muestra a continuación en la Figura 1.8, donde a cada celda contigua se le asigna un grupo diferente de frecuencias.

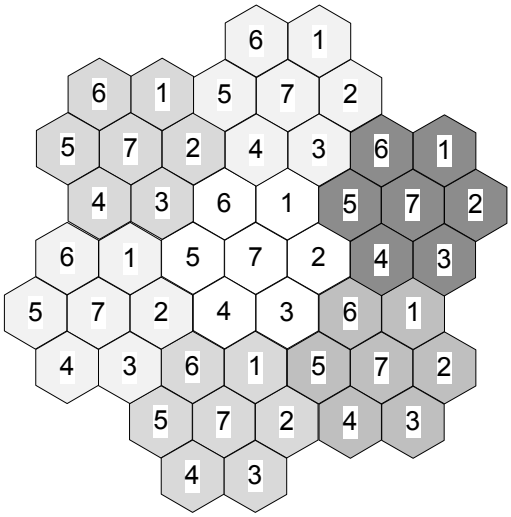


Figura 1.8 Reutilización de Frecuencias

Se debe mencionar que el tamaño de la ceda de comunicación depende del número de usuarios a los que servirá dentro de una determinada área. Por esta razón en los centros poblados se requiere que el tamaño de la celda de comunicaciones sea pequeño a fin de realizar una mayor reutilización de los canales disponibles y poder comunicar a una mayor cantidad de usuarios. También se debe mencionar que en zonas rurales al no existir una gran cantidad de usuarios, el tamaño de la celda puede ser mucho mayor. Es por este motivo que el tamaño de la celda de comunicaciones puede variar en rangos de 500m hasta 35km.

1.3.2. ARQUITECTURA DE LA RED GSM

Una vez explicado el proceso utilizado para la división en celdas que se utiliza en la red celular se procederá a revisar los principales subsistemas que componen la arquitectura de la red GSM, los mismos que pueden ser identificados en la Figura 1.9, así como algunos conceptos que aquí se manejan.

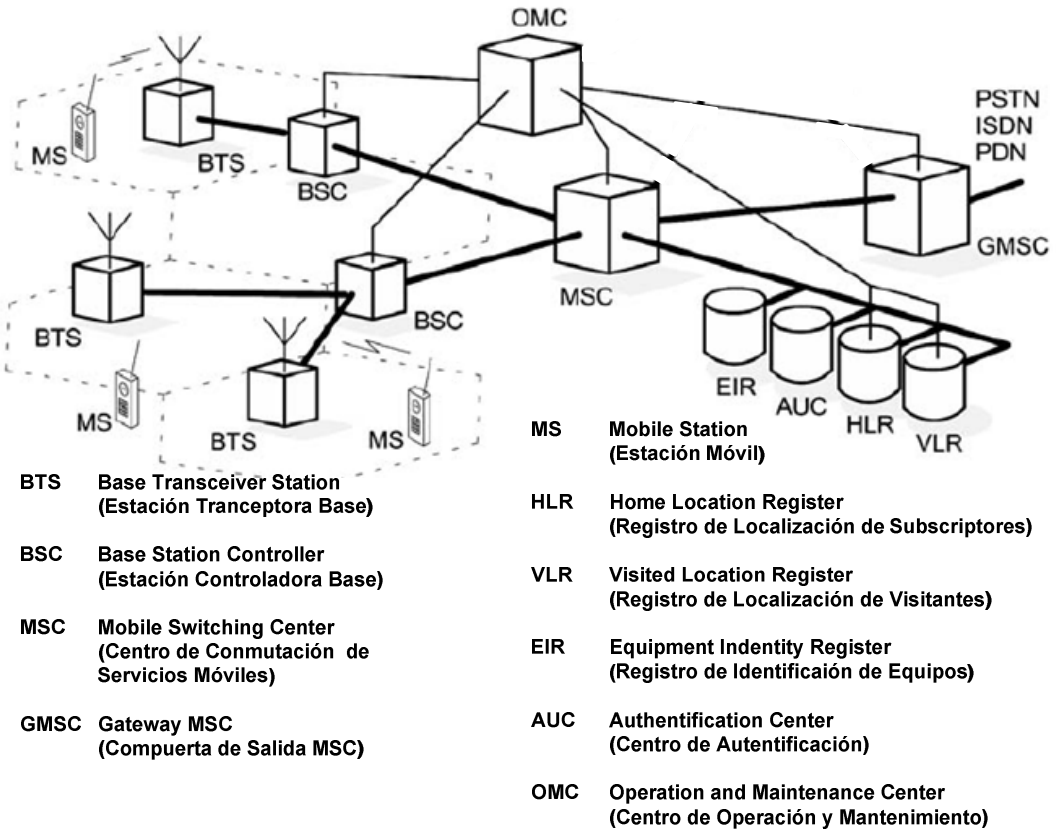


Figura 1.9 Arquitectura de la Red de Telefonía Celular [8]

1.3.2.1. Radio Station Subsystem (RSS) o Base Station Subsystem (BSS)

Esta capa de red se ocupa de proporcionar y controlar el acceso de los terminales al espectro disponible, así como del envío y recepción de los datos en una región, y está conformada por los siguientes componentes:

1.3.2.1.1. *Base Transceiver Station (BTS)*

Tiene por misión la administración del enlace de comunicación entre los usuarios y la red dentro del área a la que brinda cobertura.

[8] GSM–Architecture, Protocols and Services/ Christian Hartmann/ 3ª Ed./2009

1.3.2.1.2. *Base Station Controller (BSC)*

Se encarga de mantener el enlace de comunicación entre la estación transceptora base (BTS) y el equipo terminal móvil (MS).

Además, se encarga del proceso de '*handover*', el cual permite que se mantenga el enlace de la llamada sin mayores interrupciones al momento de que uno de los equipos móviles cambia de celda de comunicación al trasladarse a otro lugar, lo que se aprecia en la Figura 1.10

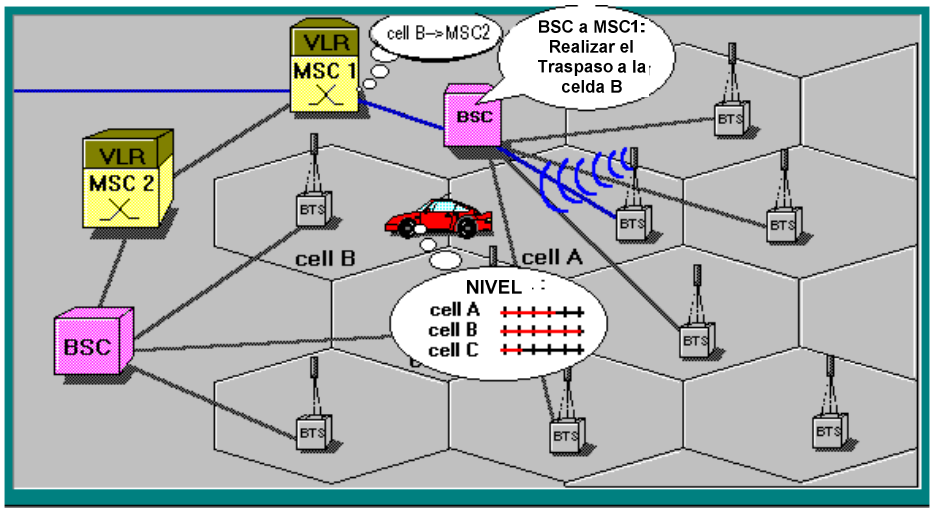


Figura 1.10 Proceso de "HandOver" entre Celdas de Comunicación [9]

Esto se logra gracias a que las BTS están informando continuamente a la BSC acerca de los niveles de potencia con los cuales está transmitiendo el equipo móvil, lo cual ayuda a la BSC a tomar la decisión del momento de iniciar el proceso de handover, y a qué celda le dará el control sobre el equipo móvil.
La BSC controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería.

1.3.2.1.3. *Transcoding and Rate Adaptation Unit (TRAU)*

[9] GSM-GPRS: Orígenes y Evolución/ Luis Corrales, PhD/ Noviembre 2008

La TRAU se emplea para compresión de voz (transcoding) y adaptación de los datos a los requerimientos de la interfaz de aire (rate adaptation). Generalmente realiza la conversión de la voz desde 64kbps a 13.3kbps para que pueda ser transmitida por el medio inalámbrico.

1.3.2.1.4. *Mobile Station (MS)*

Se conoce como Estación Móvil al equipo de comunicación móvil del abonado, el mismo que se identifica a través de un número IMEI, (*Identificador Internacional del Equipo Móvil*) única para cada equipo. Generalmente el equipo incluye en su interior un chip conocido como SIM.

1.3.2.1.5. *Suscriber Indentity Module (SIM)*

El Módulo de Identificación de Usuario es una pequeña memoria que contiene información del abonado, tales como agenda telefónica, sms guardados, clave corta de bloqueo (PIN), parámetros de la red, etc.

1.3.2.2. Switching Subsystem (SSS)

El Subsistema de Conmutación comprende:

1.3.2.2.1. *Mobile Service Switching Centre (MSC)*

El Centro de Conmutación de Servicios Móviles es el corazón del sistema GSM. Además de controlar el proceso de handover entre las BSCs, es responsable del establecimiento, control y finalización de cualquier llamada. Recoge además la información necesaria para realizar la tarifación.
También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos.

1.3.2.2.2. *Home Location Register (HLR)*

El Registro de Localización de Subscriptores es una base de datos que almacena el estado de la línea de un usuario dentro de la red, si está conectado o no y las características de su abono (servicios que puede y no puede usar, tipo de terminal, etcétera). Es de carácter más bien permanente; cada número de teléfono móvil está adscrito a un HLR determinado y único, que administra su operador móvil, donde puede existir más de un HLR para en una misma celda de comunicación.

1.3.2.2.3. *Visitors Location Register (VLR)*

El Registro de Localización de Visitantes contiene información de estado de todos los usuarios que en un momento dado están registrados dentro de su zona de influencia.

1.3.2.2.4. *Autentication Centre (AC o AuC)*

El Centro de Autenticación es una entidad que provee los parámetros de autentificación y encriptación que sirven para determinar la identidad del usuario, y asegurar la confidencialidad de cada llamada telefonía celular.

1.3.2.2.5. *Equipment Identification Register (EIR)*

El Registro de Identificación de Equipos contiene una lista de los equipos móviles válidos en la red, en donde cada estación móvil se identifica con su respectivo código IMEI en una base de datos. Esta lista sirve para clasificar a los móviles en tres categorías:

- ***Lista Negra***
  Usada para identificar a móviles que han sido robados, y de esta manera no permitirles el acceso a la red a través del bloqueo de su respectivo IMEI.
- ***Lista Gris***

Usada para equipos que están bajo observación

- ***Lista Blanca***
  Usada para el resto de equipos móviles que pueden acceder a la red.

1.3.2.2.6. *Gateway Mobile Switching Center (GMSC)*

Es el punto de comunicación entre la red GSM y otras redes externas públicas o privadas que no están incluidas en esta red.

1.3.2.3. Operation and Maintenance Subsystem (OMS)

El Subsistema de Operación y Mantenimiento está unido a todos los componentes presentes en el Subsistema de Conmutación, y también es conocido con el nombre de Centro de Operaciones y Mantenimiento (OMC). Tiene por objetivo ofrecer al cliente, actividades de mantenimiento, facturación a los usuarios y soporte técnico que son requeridas por la red GSM.

1.4. SERVICIO DE MENSAJERÍA CORTA (SMS)

El servicio de mensajes cortos o SMS (*Short Message Service*), es un servicio que se encuentra disponible en la mayoría de teléfonos móviles y módems GSM, y que permite el envío/recepción de mensajes de texto de corta longitud, alrededor de 140 o 160 caracteres. En la actualidad se tiene una mayor flexibilidad en cuanto a las prestaciones de los servicios de mensajería corta, tal es así que estos mensajes pueden incluir imágenes y sonidos, como es el caso de los mensajes multimedia (*MMS*).

Una parte fundamental y adicional a la arquitectura anteriormente presentada para la red GSM, es el Centro de Servicios de Mensajes Cortos (SMSC), el mismo que se encarga de almacenar los sms, y reenviarlos al equipo móvil de destino, una vez que éste se encuentre disponible. Se debe señalar que los sms pueden ser enviados independientemente de si existe una llamada en proceso.

El servicio de mensajería corta está basado en los siguientes elementos:

1.4.1. ELEMENTOS:

- **Entidades de Mensajería Corta (SMC o SME)**
  Es una entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos, como por ejemplo los teléfonos móviles o los módems GSM. Pueden encontrarse en la red de telefonía móvil o en cualquier otro centro de servicio.
- **Centro de Servicios de Mensajería Corta (SMSC)**
  Es responsable del almacenamiento y envío de los mensajes cortos entre los distintos SMC.
- **SMS-Gateway**
  Está compuesto por dos entidades que permiten soportar el servicio de mensajería corta. El Gateway SMS-GMSC (*Short Message Service Gateway Mobile Switching Center*), se encarga de finalizar los SMS; en cambio el Gateway SMS-IWMSC (*Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center*) es el encargado de originar los sms.
  El gateway SMS permite hacer al momento de recibir un sms, hacer una consulta al HLR con el fin de obtener información que permita direccionar el mensaje al destino final.

1.5. MODULACIÓN DUAL POR TONOS DE FRECUENCIA (DTMF)

En la década de los 70s la necesidad de desarrollar un método para la transferencia de la información marcado a través de la red telefónica fue reconocida. El método tradicional de señalización por marcado de pulsos, era lento, sufría varias distorsiones sobre lazos largos de cable, y además requería una ruta de corriente DC a través del canal de comunicación. Un esquema de codificación fue desarrollado utilizando tonos de frecuencia de voz, desarrollando de esta manera una alternativa muy confiable al sistema de marcado por pulsos.
Este esquema de codificación es conocido como DTMF (*Dual Tone Multi-Frequency*), Touch-Tone™ o simplemente, marcado por tonos.

En forma resumida se puede decir que una señal DTMF válida es la suma de dos tonos, uno de un grupo de frecuencias bajas (697-941Hz) y el otro de un grupo de frecuencias altas (1209-1633Hz), donde cada grupo contiene cuatro tonos individuales. Las frecuencias de los tonos individuales fueron cuidadosamente escogidas, tal que ellos no estén relacionados armónicamente, y que el producto de su intermodulación resulte en una señal lo menos distorsionada posible, tal como se muestra en la Figura 1.11.

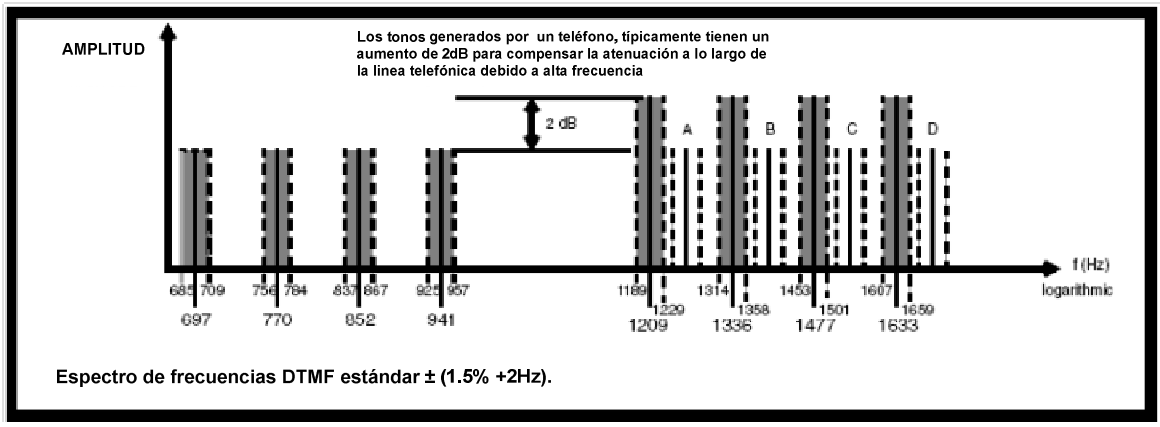


Figura 1.11 Espectro de Frecuencias para los Tonos DTMF [10]

El sistema de señales DTMF es generado por un codificador, y es la suma algebraica en tiempo real de dos tonos; uno de baja frecuencia y otro de alta, el tono alto normalmente es de +1.5% (2dB) con respecto del tono bajo, para compensar pérdidas de señal en las largas líneas de conexión con la central telefónica.

Este esquema permite solamente 16 combinaciones únicas. Diez de estos códigos representan los números del cero al nueve, los restantes seis (*, #, A, B, C, D) son reservados para señalización especial.

La mayoría de los teclados telefónicos contienen diez teclas numéricas, más las teclas asterisco (*) y numeral (#). Estos botones están arreglados en una matriz, que seleccionan el grupo de tonos de baja frecuencia de su respectiva fila, y el

[10] Applications of The MT8870 Integrated DTMF Receiver/ Zarlink Semiconductor

grupo de tonos de alta frecuencia desde su respectiva columna, como se muestra en la Figura 1.12.

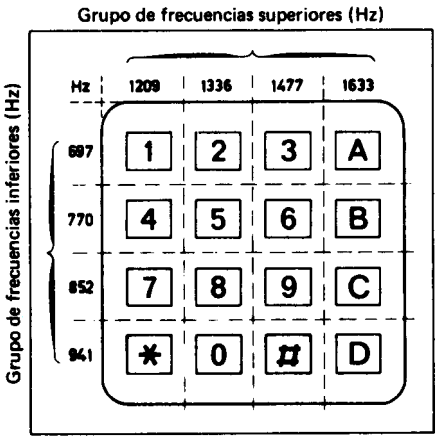


Figura 1.12 Atribución de Frecuencias a los Símbolos y Cifras del Teclado Telefónico [11]

El esquema de codificación DTMF asegura que cada señal contiene uno y solo un componente de cada uno de los grupos de tonos alto y bajo. Esto simplifica significativamente la decodificación debido a que la señal DTMF, puede ser separada con filtros pasa banda, en sus dos frecuencias simples que la componen, cada una de las cuales puede ser manipulada en forma individual. Las teclas de función A, B, C y D son extensiones de las teclas (0-9, *, #) y fueron diseñadas con los teléfonos militares norteamericanos Autovon. Los nombres originales de estas teclas fueron FO (Flash Override), F (Flash), I (Inmediate) y P (Priority) los cuales representaban niveles de prioridad y que podían establecer comunicación telefónica con varios grados de prioridad, eliminando otras conversaciones en la red si era necesario, con la función FO siendo la de mayor prioridad hasta P la de menor prioridad. Estos tonos son más comúnmente referidos como A, B, C y D respectivamente, todos ellos tienen en común 1633 Hz como su tono alto.

1.5.1. CODIFICACIÓN DTMF

El esquema de marcado DTMF fue diseñado por los laboratorios BELL e introducido a los Estados Unidos a mediados de los años 60 como una alternativa

[11] ITU-T Rec. Q.23 (11/88) Technical features of push-button telephone sets

para la marcación por pulsos, ofreciendo un incremento en la velocidad de marcado, mejorando la fiabilidad y la conveniencia de señalización de punto a punto.

Existen varias especificaciones que han sido resultado del estándar original, las cuales parten de los estándares de AT&T, CEPT, NTT, CCITT y la ITU, etc. Las variaciones de un estándar a otro son típicamente tolerancias en las desviaciones de frecuencia, niveles de energía, diferencia de atenuación entre dos tonos e inmunidad al habla.

En conclusión, la codificación DTMF es el sistema de señales usado en los teléfonos para el marcado por tonos, estos son el resultado de la suma algebraica en tiempo real de dos señales sinusoidales de diferentes frecuencias. La relación de teclas con su correspondiente par de frecuencias se muestran en la Figura 1.13.

Dígito	**Frecuencia Baja**	**Frecuencia Alta**
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1477
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1477
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1477
0	941	1209
*	941	1336
#	941	1477
A	697	1633
B	770	1633
C	852	1633
D	941	1633

Figura 1.13 Pares de frecuencias empleadas para la generación DTMF.

1.5.2. DECODIFICACIÓN DTMF

Las especificaciones ITU Q.23 y Q.24 para la detección DTMF son las siguientes:

Frecuencias de las Señales	**Grupo alto** **Grupo bajo**	**697, 770, 852, 941 Hz.** **1209, 1336, 1477, 1633 Hz**
Tolerancia de las Frecuencias	**Operación** **No Operación**	**≤ 1.5%** **≥ 3.5%**
Duración de las Señales	**Operación** **No Operación**	**40 ms min** **23 ms max**
Distorsión	**Directa** **Reversa**	**8 dB max** **4 dB max**
Potencia de la Señal	**Operación** **No Operación**	**0 a -25 dBm** **-55 dBm max**
Interferencia pos Ecos	**Ecos**	**Debe soportar retardos de ecos de hasta 20 ms y al menos 10 dB**

Figura 1.14 Requerimientos para la detección de Tonos DTMF [12]

- ***Tolerancia a la frecuencia:*** Un símbolo válido DTMF debe tener una desviación en frecuencia dentro del 1.5% de tolerancia. Los símbolos con una desviación en frecuencia mayor al 3.5% deberán ser rechazados.
- ***Duración de la señal:*** Un símbolo DTMF con una duración de 40ms debe ser considerado válido. La duración de la señal no debe ser menor de 23ms.
- ***Atenuación de la señal:*** El detector debe trabajar con una relación señal-ruido (SNR) de 15dB y en el peor caso con una atenuación de 26dB.
- ***Interrupción de la señal:*** Una señal DTMF válida interrumpida por 10ms o menos no debe ser detectada como dos símbolos distintos.
- ***Pausa en la señal:*** Una señal DTMF válida separada por una pausa de tiempo de al menos 40ms debe ser detectada como dos símbolos distintos.

[12] ITU-T Rec. Q.24 (11/88) Multifrequency push-button signal reception

- ***Fase:*** El detector debe operar con un máximo de 8dB en fase normal y 4dB en fase invertida.
- ***Rechazo al habla:*** El detector debe operar en la presencia del habla rechazando la voz como un símbolo DTMF válido.

Las técnicas más comunes utilizadas para el diseño de circuitos detectores de tonos DTMF se basan en el diseño de bancos de filtros de frecuencia.

1.5.2.1. Diseño de Bancos de Filtros:

Conceptualmente es el método de diseño más simple para la detección de tonos DTMF. La señal compuesta es usualmente filtrada por un grupo de filtros pasa altos/pasa bajos, y entonces por un conjunto de filtros pasa banda, tal como se muestra en la Figura 1.15

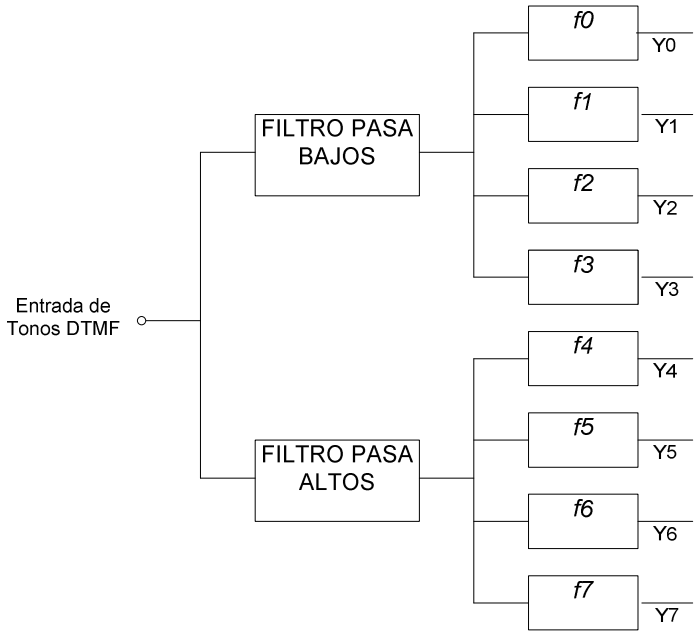


Figura 1.15 Detección de Tonos DTMF usando Filtros Digitales

El grupo de filtros pasa bajo / pasa alto, dividen la señal compuesta en un grupo alto y bajo, en el caso de una señal DTMF.

El número de bloques de filtros pasa banda depende del número de frecuencias en cada uno de los rangos. Los filtros usados en este método pueden ser realizados usando filtros de primer (FIR) o segundo orden (IIR).

En el caso de que se utilice filtros FIR, no se utiliza grupos de filtros, pero los filtros pasa bandas deben ser de orden superior, típicamente mayor a 30.
Debido a su muy alta complejidad computacional, estos filtros son usualmente implementados en hardware.

La división de frecuencias en los grupos alto y bajo simplifica el diseño de receptores DTMF como se muestra en la Figura 1.15. Cuando se encuentra conectado a una línea telefónica, a un receptor de radio o a cualquier otra fuente de señal DTMF, el receptor filtra el ruido del tono, separa la señal en los componentes de grupos de alta y baja frecuencia para luego medir el cruce por cero promediando los periodos para producir la decodificación de un dígito.

En el presente capítulo se ha analizado el marco teórico en el cual se basa el proyecto: el sistema eléctrico del vehículo, el sistema de seguridad vehicular estándar, la red de telefonía celular, y la modulación DTMF; los cuales ayudan a especificar los requerimientos que el hardware del prototipo debe poseer, éstos son tratados en el siguiente capítulo.

CAPITULO 2
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE

En el capítulo anterior se señaló el marco teórico sobre el cual se fundamenta el presente proyecto razón por la cual a continuación, se tratará de determinar el hardware requerido para la implementación del presente prototipo.

2.1. REQUERIMIENTOS DEL PROTOTIPO

El prototipo consiste en un módulo electrónico que puede trabajar conjuntamente con el sistema de la alarma convencional montado sobre un vehículo y que permite el monitoreo/control de la misma. Este módulo se encargará de reportar a través de mensajes de texto (SMS) si un evento anormal se produjo en el vehículo, el cual fue captado por los sensores de la alarma convencional. El propietario del vehículo podrá controlar la activación/desactivación de la alarma GSM, control de flujo de gasolina, y seguros eléctricos (de existir), a través de mensajes de texto (SMS), o de marcación por tonos (DTMF) mediante una llamada de voz.

Es evidente que dados los presentes requerimientos del prototipo, el módulo deberá contar con un dispositivo que permita la comunicación de mensajes de texto y llamadas, lo cual puede ser cumplido por el módem GSM.

Para trabajar con la decodificación DTMF es necesario contar con un interfaz de salida de señal de audio, la misma que será obtenida del mismo módem GSM. Se debe tener presente que la decodificación de los tonos DTMF debe poseer un alto nivel de inmunidad al ruido, en vista de que se encontrará trabajando sobre un ambiente altamente ruidoso como lo es un vehículo. Además deberá poseer un mecanismo que permita reconocer simulación de tonos por parte de la voz humana durante una llamada.

Finalmente, se deberá poseer un interfaz que permita acoplar la fuente de alimentación eléctrica y la unidad de control al sistema de seguridad estándar del vehículo.

A continuación se presenta lo anteriormente expuesto, mediante bloques.

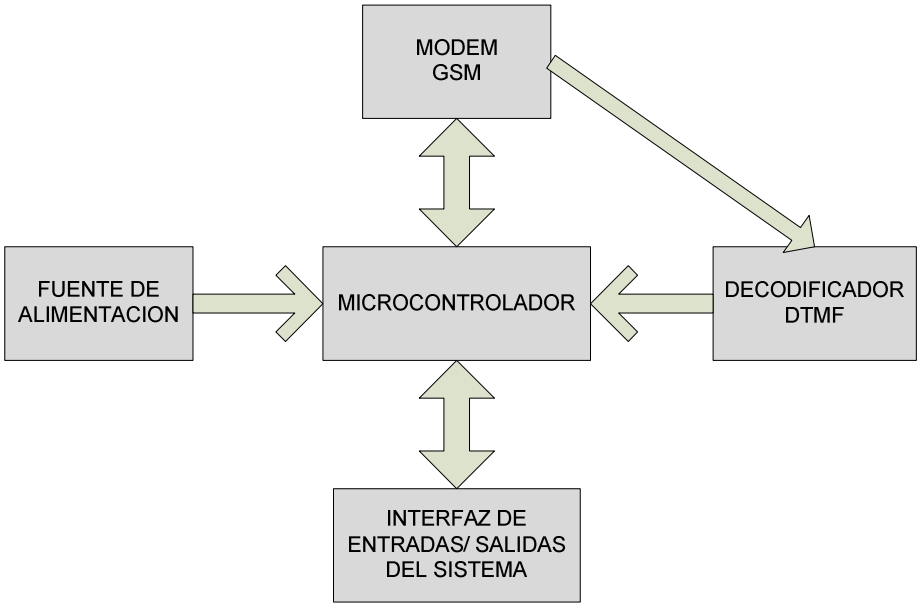


Figura 2.1. Diagrama de Bloques del Sistema de Seguridad Vehicular

2.1. EL MODEM GSM

Se establece un módem GSM como un dispositivo móvil que permite acceder a la red de telefonía móvil GSM, lo cual posibilita al usuario el acceder a los servicios de la red, tales como llamadas de voz, envío recepción de mensajería corta, etc. Por tal motivo en la actualidad existe gran cantidad de dispositivos que cumplen con estos requerimientos, los cuales van desde teléfonos móviles hasta módems USB que pueden acoplarse a un computador personal.

2.1.1. EL MÓDEM GSM-USB

Figura 2.2. Módem GSM USB Sony Ericsson MD300 [13]

Tiene la característica de ser de un tamaño compacto, lo cual es ideal para un proyecto de este estilo, sin embargo, no soporta llamadas de voz lo cual es esencial para la implementación de DTMF, además, para funcionar requiere la instalación de un software en una PC, por lo que debido a sus características no es recomendable para el proyecto.

2.1.2. EL MÓDEM GSM RS-232

Figura 2.3. Módem Sony Ericsson GT47[14]

Generalmente posee un interfaz de comunicación serial lo cual es ideal para este proyecto, sin embargo, son de mayor tamaño y la mayoría de éstos tampoco poseen una interfaz de audio, lo cual no permite la decodificación DTMF.

---

[13] Sony Ericsson MD300 Mobile Broadband USB Modem / User Guide/ 2ª Ed./2008
[14] http://spanish.alibaba.com/product-free-img/gsm-modem-sonyericsson-gt47-108005859.html

2.1.3. TELÉFONOS MÓVILES (CELULARES)

Finalmente, se tienen los teléfonos móviles GSM, de los cuales en la actualidad existe una gran diversidad de marcas y modelos. Para el presente proyecto es conveniente seleccionar un dispositivo que permita una comunicación serial asíncrona con el microcontrolador, además de poseer una interfaz de salida de audio.

En el mercado existe una mayor cantidad de teléfonos móviles de la marca Nokia, sin embargo, su uso no es adecuado, ya que se manejan con protocolos de comunicación propietarios como son FBUS y MBUS, los cuales no permiten fácilmente su comunicación mediante la interfaz serial del microcontrolador.

De lo anterior, se concluye que de las marcas existentes en el mercado local, algunos terminales como Siemens, Motorola, y todos los Sony Ericsson, poseen características que los hacen útiles para este proyecto.

Se debe señalar sin embargo que los terminales móviles Sony Ericsson son los que presentan las mejores características de los consultados, pues poseen en el mismo puerto los requerimientos de comunicación serial e interfaz de audio, además de permitir el control completo del equipo mediante su interfaz serial.

En el presente proyecto se ha utilizado como MODEM GSM un teléfono Sony Ericsson T290, por que cumple con todos los requerimientos que se mencionaron anteriormente, y por ser común encontrarlo en el mercado local a un precio razonable. A continuación se menciona la gama de teléfonos Sony Ericsson que podrían ser utilizados para este proyecto: J300i, K300i, K500i, K508i, K700i, P800, P900, P910a, R300d, R300z, S700i, T200, T28, T290a, T300, T310, T39m, T60c, T60d, T610, T61c, T630, T637, T68, T68i Z500a, los mismos que comparten todas las características de puerto de datos requeridas para el diseño del prototipo.

2.1.3.1. El Teléfono Sony Ericsson T290

Figura 2.4. Teléfono Móvil Sony Ericsson T290 [15]

Se presenta a continuación en forma resumida las características más relevantes del presente teléfono.

Características			
Tecnología:	GSM	Color:	Negro
Tapa:	No	Tipo de Cámara:	No
Antena:	Integrada	Reproductor MP3:	No
Altura x Ancho x Profundidad:	10,1 x 4,4 x 1,9 cm	Peso:	79 g
Redes:	BandaDual 900 / 1800	Tipo de Pantalla:	Cristal líquido 12 bits (4096 colores)
Resolución de la Pantalla:	101 x 80 pixels	Tiempo de conversación :	Hasta 12 horas
Tiempo de espera:	Hasta 300 horas	Tipos de Ringtones:	Polifónicos, MIDI
Características de la llamada:	Renarcación automática, Desvío de llamadas, Bloqueo de llamadas, Retención de llamada, Cronómetro de llamadas, Llamada en espera, Capacidad de llamadas en conferencia.	Características de los mensajes:	MMS, EMS, SMS concatenado.
Correo de voz :	Sí	Batería :	Recargable - Ion de litio
Características Adicionales:	Agenda telefónica con imágenes		

Figura 2.5. Características Principales Sony Ericsson T290 [16]

El teléfono celular Sony Ericsson T290, al igual que la mayoría de teléfonos celulares de la misma marca posee características avanzadas muy similares entre sí, tales como navegación WEB, MMS, Grabador de Voz, etc.

Es un teléfono celular con una importante característica, que dentro de los pines que presenta al exterior mediante puerto de datos, se encuentra casi por completo

[15] www.clubsonyericsson.com/products/t290/t290_offgroup.jpg
[16] www.clubsonyericsson.com/products/t290/t290_offgroup.jpg

su control respectivo, es decir tiene los pines de audífonos, micrófono, Tx, Rx, VCC y GND, entre otros, que son fundamentales para la implementación del proyecto.

A continuación se tiene la configuración de pines del puerto de comunicación para este celular:

Figura 2.6. Puerto de Datos del Teléfono Sony Ericsson T290 [17]

Pin	Nombre	Dirección	Descripción
1	ATMS	←	Audio de celular (Micrófono)
2	AFMS/RTS	→	Audio de celular (Parlante)
3	CTS/ONREQ	—	CTS/Mobile Station On REQuest
4	Rx	←	Dato de Ingreso al celular (Rx).
5	Tx	→	Data de salida de cellular (Tx).
6	ACC in	←	Accesorio de control del cellular para flashing.
7	ACC out	→	Accesorio de control del celular/ (handsfree)
8	AGND	—	Señal de Audio, ground + 0V de referencia
9	flash	—	Voltage de Memoria Flash
10	DGND	—	GND
11	Vcc	—	VCC

Figura 2.7. Descripción de Pines del Celular Sony Ericsson T290 [18]

Es importante destacar que para realizar la conexión del celular al circuito de control, se utilizará un cable de datos para celulares Sony Ericsson tipo DCU-11, del mismo que posteriormente requerirá un corte, de donde se extraerán los cables que corresponden a los pines Rx, Tx, audio, VCC y GND.

[17] http://www.edaboard.com/thread161795.html
[18] http://www.se900.ru/forum/index.php?showtopic=7783

Figura 2.8. Cable de Datos Sony Ericsson DCU-11 [19]

2.2. LOS COMANDOS AT

El conjunto de Comandos de Atención, o más conocido con el nombre de comandos AT, proviene del conjunto de comandos Hayes, y en la actualidad se han convertido en un estándar abierto para la configuración de módems GSM, los cuales están incluidos en la recomendación *3GPP TS 27.007 V3.13.0 (2003-03).*

Con el objetivo de comprender el comportamiento del modem al interactuar con los comandos AT, se presenta el siguiente esquema:

19 http://www.indicepedia.org/comprar/28097_Cable-de-datos-ORIGINAL-Sony-Ericsson-DCU-11-usb-A2628s-F500i-J200i-J300-J300i-K300-K300a

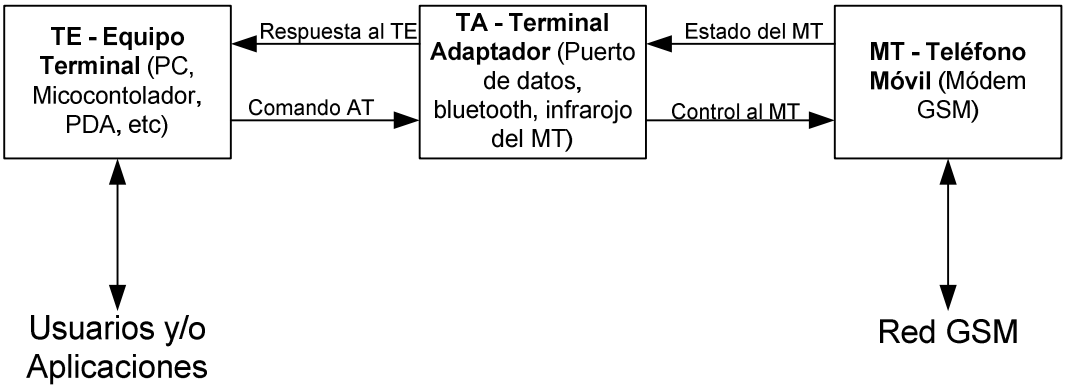


Figura 2.9. Flujo de Datos de los Comandos AT en un modem [20]

- **Equipo Terminal (TE):** Generalmente es un computador, y está encargado del envío de los comandos AT al modem GSM. Sin embargo para el presente caso se utilizará un microcontrolador.
- **Teléfono Móvil (MT):** Es el equipo de comunicación, que prestará conectividad hacia la red de telefonía GSM. Para este caso se eligió el teléfono móvil Sony Ericsson T290.
- **Terminal Adaptador (TA):** Corresponde al puerto de comunicaciones del modem GSM. El terminal adaptador es el puerto de datos del celular.

Estos comandos permiten acceder mediante un interfaz de texto plano a varios aspectos de la configuración de los módems, tales como: marcación, registros de llamadas, acceso a mensajería corta (SMS), control de módulos internos, etc.

Se debe mencionar, como se dijo anteriormente, existen varios tipos de módems GSM, que van desde los tipo USB hasta los teléfonos móviles. Así también es importante señalar que dependiendo de la marca y el modelo del teléfono móvil, se tendrá distintas capacidades en cuanto al número de comandos AT que éstos soportan. Para el desarrollo del presente proyecto se eligió un teléfono móvil Sony Ericsson, el cual posee la mayor cantidad de comandos AT a disposición del usuario.

[20] 3GPP TS 27.007 Release 1999/AT command set for User Equipment (UE)/ Friedhelm Rodermund/Pag. 8

2.2.1. SET DE COMANDOS:

A continuación se describen brevemente los principales comandos AT, que se utilizaron en el presente proyecto. Estos comandos pueden ser mostrados conectando el Modem GSM al puerto de comunicación serial de una PC.
Es importante destacar que el nivel de voltaje que maneja el teléfono celular en sus terminales Rx y Tx, está dentro del rango de voltajes para el estándar TTL (0L: de 0V a 0.8V y 1L: de 2V a 5V), por lo tanto, fácilmente podría acoplarse con un micro controlador, ya que éstos generalmente manejan niveles de voltaje TTL en sus pines. Sin embargo, si se va a conectar el teléfono móvil a una PC, deberá de utilizarse un circuito de conversión de niveles de voltaje, tales como el IC MAX232.

A continuación se da un breve listado de los comandos AT mayormente usados para el presente proyecto, para lo cual se usará un emulador de terminal, tal como lo es el HyperTerminal® de Microsoft Windows® y un cable de datos DCU-11 mencionado anteriormente, también se puede realizar la comunicación en forma inalámbrica a través de bluetooth o infrarrojo. Inicialmente debe configurase los siguientes parámetros para que pueda realizarse la comunicación serial entre la PC y el teléfono celular:

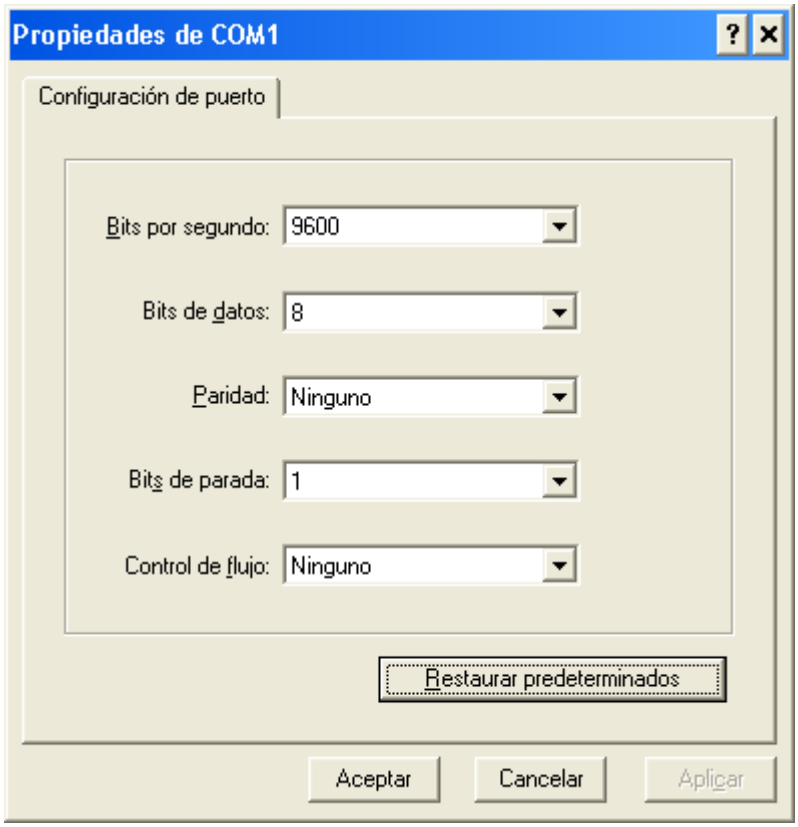


Figura 2.10. Parámetros de Configuración del Puerto Serial COM1 de la PC

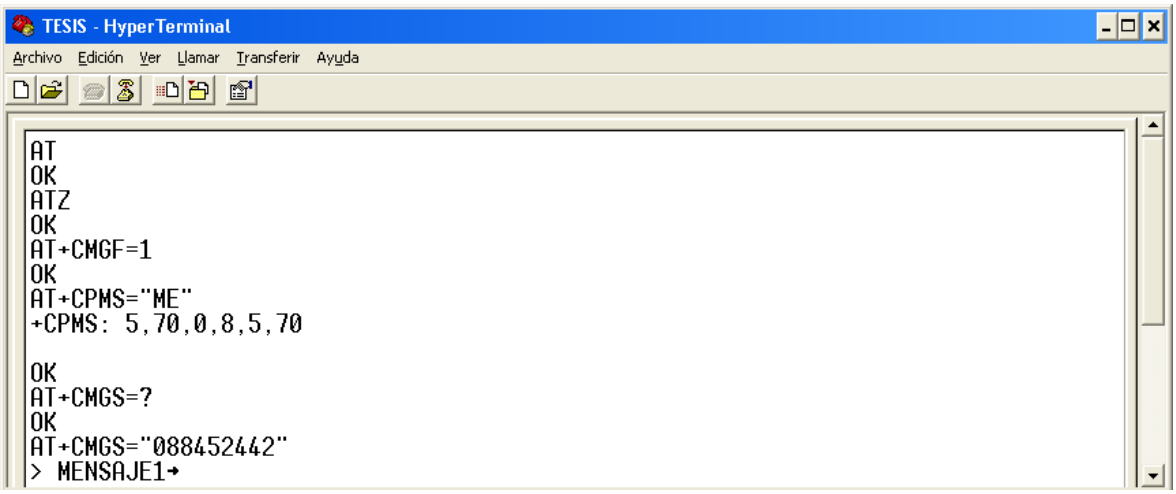


Figura 2.11. Ejecución de Comandos AT mediante el HyperTerminal

- **AT (Comando de Atención):** Verifica la comunicación entre el teléfono y cualquier accesorio. Determina la presencia del teléfono, el cual, al estar presente responde con un mensaje OK.

- **ATE0 (Eco de Comando):** Permite configurar el teléfono para que la información que se envía no produzca eco.

- **AT* (Lista de Todos los Comandos AT Soportados):** La ejecución de este comando hace que se retorne una lista de todos los comandos AT soportados por el equipo.

- **ATZ (Restablecer los Perfiles de Usuario):** Permite regresar a la configuración de fábrica del teléfono. Todo tipo de configuración previa será borrada.

- **AT+CMGF (Formato de Mensaje):** Permite cambiar del formato PDU al formato TEXTO o viceversa. Para este dispositivo se utilizará el modo texto.

- **AT+CPMS (Almacenamiento Preferido de Mensajes):** Utilizado para especificar al dispositivo celular en donde se quiere guardar los mensajes *SMS*. Las opciones disponibles son “SM” memoria SIM, o “ME” memoria del teléfono. Por defecto los mensajes siempre se guardan en la memoria interna “ME”, por lo que se debe leer esta memoria.

- **AT+CNMI (Indicación de Nuevos Mensajes al TE):** Selecciona el procedimiento de como se notificará al TE en caso de que exista un nuevo mensaje desde la red.

- **ATS0 (Control del Contestador Automático):** Especifica el número de sonidos de timbre emitidos por el teléfono móvil, antes de que la llamada de voz sea contestada.

- **AT+CIND (Indicador de Control):** Verifica el estado de varios indicadores del teléfono móvil, tales como estado de carga de la

batería, si existen nuevos mensajes SMS entrantes, si existe una llamada de voz en curso, entre otros.

- **AT+VTS (Generación de Tonos DTMF):** Permite la transmisión de tonos DTMF cuando existe una llamada de voz en proceso, y puede ser utilizado como método de aviso de algún evento.

- **AT+CMGS:** Envía un mensaje de texto (SMS) desde el TE, sin almacenarlo en la memoria del teléfono.

- **AT+CMGR (Leer Mensaje de Texto):** Retorna el mensaje de texto entrante asignado a una localidad específica. Si el mensaje se encontraba anteriormente en la bandeja de entrada como mensajes no leídos, cambiará su estado a leído.

- **AT+CMGD (Borrar Mensaje de Texto):** Borra un mensaje de texto específico desde la localidad de almacenamiento preferida.

2.3. EL DECODIFICADOR DE TONOS DTMF

Existen varias formas de detectar y decodificar estos tonos; una forma podría ser con ocho filtros sintonizados en combinación con circuitos de detección.
Es evidente que esto no es práctico si se considera la cantidad de circuitos integrados de diferentes fabricantes que hay que conseguir y el complejo ajuste que hay que realizar para sintonizarlos.

Debido a que el módulo está dirigido a utilizarse en un ambiente ruidoso, se requiere un circuito que presente un gran nivel de inmunidad al ruido, además de poseer un mecanismo que permita detectar simulación de tonos DTMF a los provenientes de la voz humana.

2.3.1. EL DECODIFICADOR MT8870D

Se seleccionó como solución a la tarea de la decodificación de tonos DTMF, el uso del IC MT8870D, el cual en un solo circuito integrado cumple con todos los requerimientos acerca de la decodificación DTMF, que se mencionaron en el Capítulo 1.

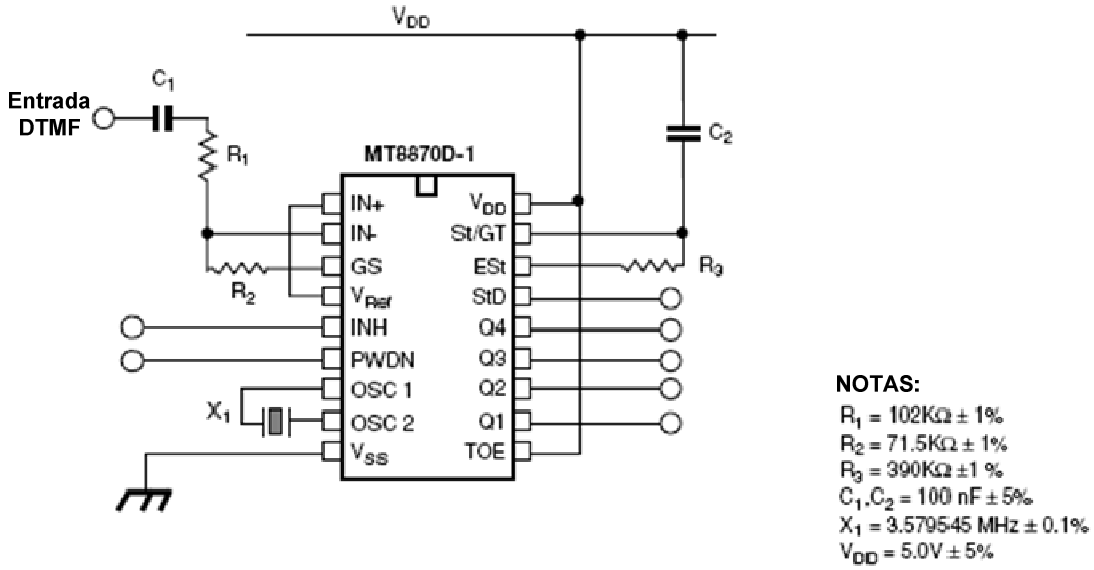


Figura 2.12. Diagrama de Conexión del IC MT8870D [21]

El MT8870D es un receptor de DTMF, que realiza las funciones de filtro y decodificación de las señales de entrada. La sección de filtrado usa técnicas de capacitores conmutados para los grupos de filtros de alta y baja frecuencia.

La parte encargada de decodificación usa técnicas de conteo digital para detectar todos los 16 pares de tonos DTMF los mismos que serán trasladados a un código binario de 4-bits del correspondiente tono DTMF.

Los elementos externos son pocos y son usados para proveer la entrada diferencial al amplificador, reloj oscilador, y retenedor de 3 estados, pertenecientes al circuito integrado.

[21] MT8870 Integrated DTMF Reciver/Zarlink Semiconductors/March 1997 .

2.3.1.1. Descripción Funcional de Pines:

A continuación se presenta en la Figura 2.13, la descripción funcional de los pines del MT8870D:

# Pin	Nombre	Descripción
1	IN+	Entrada No-Inversora del Amplificador Operacional
2	IN-	Entrada Inversora del Amplificador Operacional
3	GS	Selección de ganancia del amplificador operacional, mediante el resistor de realimentación.
4	VREF	Salida del Voltaje de Referencia
5	INH	Entrada para Inhibición. Una lógica alta inhibe la detección de tonos que representan los caracteres A, B, C, D.
6	PWDN	Entrada de desactivación del IC. Un estado lógico alto inhibe el oscilador.
7	OSC1	Entrada de Reloj.
8	OSC2	Salida de Reloj a una frecuencia de 3.579545MHz.
9	VSS	Tierra.
10	TOE	Habilitación de la Salida de 3 Estados.
11-14	Q1-Q4	Salida de Datos.
15	StD	Delayed Steering. Presenta una lógica alta cuando un par de tonos han sido detectados como válidos, y la salida de datos ha sido actualizada.
16	ESt	Early Steering. Presenta una lógica alta una vez que se ha detectado un par de tonos válidos. Si en cualquier momento se pierde la condición de la señal, su estado lógico se vuelve bajo.
17	St/GT	Steering Input/Guard Time. Se comporta como una constante de tiempo externa.
18	VDD	Entrada de voltaje positiva, +5V típicamente.

Figura 2.13 Descripción Funcional de los Pines del MT8870D[22]

2.3.1.2. Descripción Funcional:

Su estructura consiste en una sección de un filtro pasa banda partido, el cual separa el grupo alto y bajo de tonos, seguido por una sección de conteo digital, el cual verifica la frecuencia y duración de los tonos recibidos antes de pasar el correspondiente código al bus de salida.

[22] MT8870 Integrated DTMF Reciver/Zarlink Semiconductors/March 1997 .

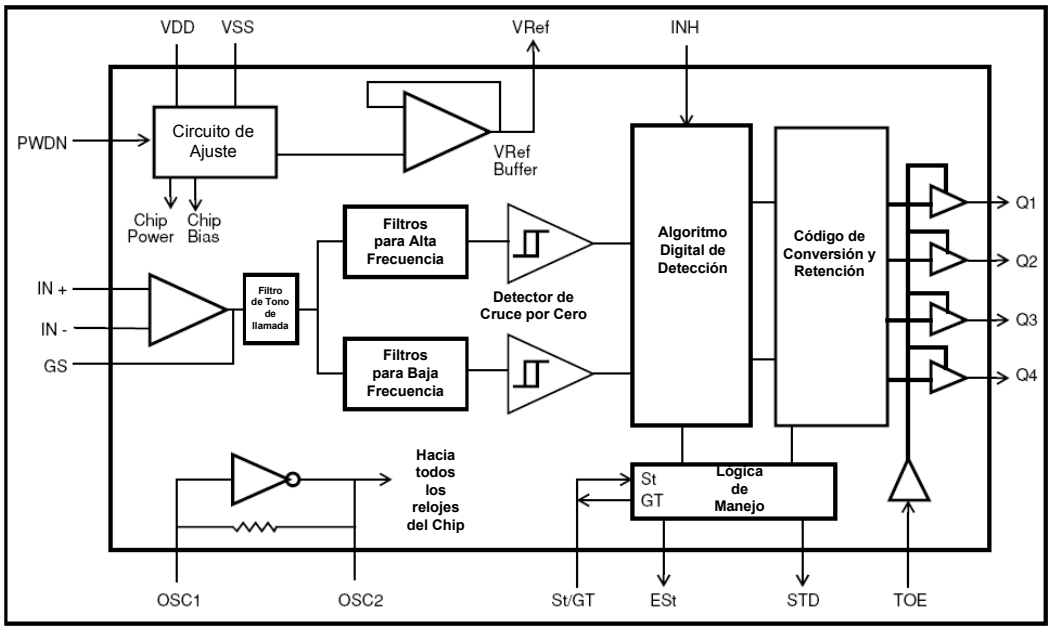


Figura 2.14 Diagrama Funcional de Bloques del MT8870D [11]

2.3.1.2.1. Sección de Filtrado:

La separación del grupo de tonos de baja frecuencia y el grupo de tonos de alta frecuencia, se realiza mediante la aplicación de la señal DTMF a las entradas de los capacitares conmutados pasa banda, los cuales en su salida incorporan un comparador con histéresis para prevenir la detección de señales indeseables de bajo nivel.

La sección del filtro también incorpora una sección que permite rechazar la señal correspondiente al tono de llamada.

2.3.1.2.2. Sección de Decodificación:

Seguido de la sección de filtro, un decodificador emplea técnicas de conteo digital para determinar las frecuencias de los tonos de entrada y verifica que ellas correspondan al estándar DTMF.

Un algoritmo, medianamente complejo, protege en caso de simulación de tonos DTMF falsos causado por señales extrañas, tales como la voz y ruido.

Cuando el detector reconoce la presencia de 2 tonos válidos el pin de salida ESt *(Early Steering)* se pone en un estado lógico alto. Cualquier pérdida subsecuente de la condición de la señal causará que el pin de salida *Early Steering* cambie a un estado lógico bajo.

2.3.1.3. Tabla de Función:

Digit	TOE	INH	ESt	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	No detectables. El código de salida se mantendrá igual que el código previo detectado			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Figura 2.15 Tabla de Decodificación de Tonos DTMF para el IC MT8870D[23]

2.4. EL MICROCONTROLADOR

En el mercado existe actualmente una gran cantidad de marcas y tipos de microcontroladores para diversos propósitos.

[23] MT8870 Integrated DTMF Reciver/Zarlink Semiconductors/March 1997 .

El presente proyecto requiere, principalmente, de un microcontrolador que presente flexibilidad en el manejo de interrupciones externas, comunicación serial asincrónica, temporizador, perro guardián (watchdog timer), modos de administración de energía, suficiente memoria y puertos de entrada/salida para los requerimientos del proyecto, entre otros.

Para cumplir los requerimientos, anteriormente citados, se ha elegido el microcontrolador ATmega168P, perteneciente a la familia AVR, el cual es un microcontrolador desarrollado por la marca Atmel, que posee varios módulos internos que son de utilidad para el proyecto, además permite configurar cualquier pin específico de un puerto como un pin de interrupción externa, y es finalmente, fácil encontrarlo en el mercado local.

2.4.1. EL MICROCONTROLADOR ATMEGA168P

2.4.1.1. Características Principales:

- Hasta 20 MIPS (millones de instrucciones por segundo) con un cristal de 20MHz.
- Memorias:
  - 16KBytes de memoria FLASH.
  - 512Bytes de memoria EEPROM.
  - 1Kbyte de memoria SRAM.
- 3 Temporizadores (dos de 8 bits y uno de 16 bits).
- Watchdog Timer con oscilador interno.
- 6 Modos para administración de energía.
- 8 canales para Conversión Analógico/Digital de 10 bits.
- 1 Interfaz Serial Programable (USART).
- Interfaz de comunicación SPI (Periféricos de Interfaz Serial) y TWI (Interfaz a dos hilos).
- Comparador Analógico.
- 23 Pines I/O programables.
- Interrupciones programables en todos los Puertos.
- Voltaje de operación: 2.7V a 5.5V

- Rangos de velocidad:
  - hasta 10MHz @ 2.7V - 5.5V.
  - 10MHz -20MHz @ 4.5V a 5.5V.
- Temperatura de operación: -40ºC a 85ºC.

2.4.1.2. Descripción Funcional de Pines:

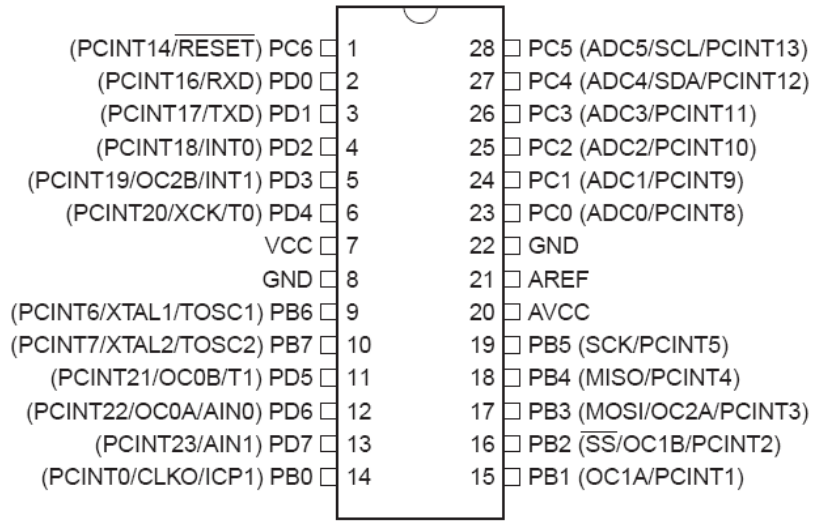


Figura 2.17 Diagrama de Pines del Microcontrolador ATMEGA168P [24]

VCC: Fuente de Alimentación Digital.

GND: Tierra

Puerto B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2: El puerto B es un puerto de entrada/salida bidireccional con resistores internos de pull-up seleccionables individualmente.

Dependiendo de la selección de los fusibles de reloj, PB7 y PB6 pueden ser utilizados como pines I/O regulares, pines de entrada para el cristal oscilador externo principal del microcontrolador, o entradas del reloj asincrónico del Timer2.

[24] Datasheet: Automotive Microcontroller AVR ATmega48P/88P/168P/328P

Puerto C (PC5:0): El puerto C es un puerto de entrada/salida bidireccional con resistores internos de pull-up seleccionables individualmente.

PC6/RESET: Por defecto, PC6 actúa como la entrada RESET del microcontrolador. Un nivel de voltaje bajo en este pin, por un tiempo mayor a un ciclo de máquina generará un reseteo del microcontrolador.
Si el fusible para deshabilitar la opción de reset está programado, PC6 actuará como un pin I/O regular.

Puerto D (PD7:0): El puerto D es un puerto de entrada/salida bidireccional con resistores internos de pull-up seleccionables individualmente.

AVcc: Es la entrada de la fuente de alimentación de voltaje para el convertidor A/D. Debe conectarse externamente a Vcc incluso si el módulo ADC no va a ser utilizado.

AREF: Es el pin de referencia analógica para el convertidor A/D.

Se debe mencionar que la mayoría de pines pertenecientes a los puertos B, C y D del microcontrolador, poseen funciones especiales, las mismas que se muestran a continuación en la Figura 2.18.

# Pin	Puerto	Funciones Alternativas
10	PB7	XTAL2 (Pin #2 del Oscilador de Reloj) TOSC2 (Pin #2 del Oscilador del Timer2) PCINT7 (Interrupción de Cambio de Pin #7)
9	PB6	XTAL1 (Pin #2 del Oscilador de Reloj o Entrada Externa de Reloj) TOSC1 (Pin #1 del Oscilador del Timer2) PCINT6 (Interrupción de Cambio de Pin #6)
19	PB5	SCK (Entrada de Reloj Maestro en el Bus SPI) PCINT5 (Interrupción de Cambio de Pin #5)
18	PB4	MISO (Entrada SPI de Bus Maestro / Salida para esclavo) PCINT4 (Interrupción de Cambio de Pin #4)
17	PB3	MOSI (Salida SPI del Bus Maestro / Entrada esclavo) OC2A(Salida de coincidencia de comparación del Timer2) PCINT3 (Interrupción de Cambio de Pin #3)
16	PB2	SS (Entrada SPI para selección de esclavo) OC1B(Salida de coincidencia de comparación B del Timer1) PCINT2 (Interrupción de Cambio de Pin #2)

15	PB1	OC1A (Salida de coincidencia de comparación A del Timer1) PCINT1 (Interrupción de Cambio de Pin #1)
14	PB0	ICP1 (Entrada de disparo de captura del Timer1) CLK0 (Salida del sistema de división de Reloj) PCINT0 (Interrupción de Cambio de Pin #0)
1	PC6	RESET (Pin para Reset) PCINT14 (Interrupción de Cambio de Pin #14)
28	PC5	ADC5 (Entada del canal # 5del convertidor A/D) SCL (Línea de reloj de TWI) PCINT13 (Interrupción de Cambio de Pin #13)
27	PC4	ADC4 (Entada del canal #4 del convertidor A/D) SDA (Línea de entrada/salida de datos de TWI) PCINT12 (Interrupción de Cambio de Pin #12)
26	PC3	ADC3 (Entada del canal #3 del convertidor A/D) PCINT11
25	PC2	ADC2 (Entada del canal #2 del convertidor A/D) PCINT10 (Interrupción de Cambio de Pin #10)
24	PC1	ADC1 (Entada del canal #1 del convertidor A/D) PCINT9 (Interrupción de Cambio de Pin #9)
23	PC0	ADC0 (Entada del canal #0 del convertidor A/D) PCINT8 (Interrupción de Cambio de Pin #8)
13	PD7	AIN1 (Entrada Negativa del Comparador Analógico) PCINT23 (Interrupción de Cambio de Pin #23)
12	PD6	AIN0 (Entrada positiva del Comparador Analógico) OC0A (Salida de coincidencia de comparación A del Timer 0) PCINT22 (Interrupción de Cambio de Pin #22)
11	PD5	T1 (Entrada de conteo externo del Timer/Counter 1) OC0B (Salida de coincidencia de comparación B del Timer 0) PCINT2 (Interrupción de Cambio de Pin #2)
6	PD4	XCK (Salida/entrada de reloj externo para el USART) T0 (Entrada Externa de conteo del Timer/Counter 0) PCINT20 (Interrupción de Cambio de Pin #20)
5	PD3	INT1 (Entrada de la Interrupción Externa 1) OC2B (Salida de Comparación B del Timer2) PCINT19 (Interrupción de Cambio de Pin #19)
4	PD2	INT0 (Entrada de la Interrupción Externa 0) PCINT18 (Interrupción de Cambio de Pin #18)
3	PD1	TXD (Pin de Transmisión del USART) PCINT17 (Interrupción de Cambio de Pin #17)
2	PD0	RXD (Pin de Recepción del USART) PCINT16 (Interrupción de Cambio de Pin #16)

Figura 2.18 Funciones Alternativas de los pines del uC ATMEGA168P[25]

2.5. EL CIRCUITO INTEGRADO ULN2803

El circuito integrado ULN2803 está conformado por 8 transistores Darlington de alto voltaje y alta corriente, lo cual es útil para el manejo de varios niveles de

[25] Datasheet: Microcontroller AVR ATmega48P/88P/168P/328P

voltaje diferente. En la Figura 2.19 se presenta su respectiva configuración de pines.

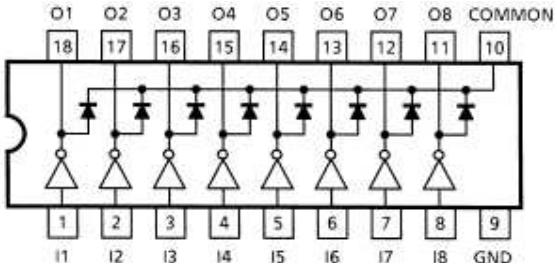


Figura 2.19 Diagrama de Pines del IC ULN2803 [26]

A continuación se presenta sus características más relevantes:

- 8 Transistores Darlington con un emisor común.
- Corriente de Salida Max /pin: 500mA.
- Voltaje de de Salida Max: 50V.
- Voltaje de Entrada Max/pin: 30V.
- Temperatura de Operación: -40ºC a 85ºC.
- Diodos Internos para Supresión de Transitorios.

2.6. DISEÑO DEL MODULO DE PROTOTIPO

El presente prototipo fue inicialmente concebido mediante el diagrama de bloques de la Figura 2.1, razón por la cual se procederá de similar forma para el diseño de cada uno de sus bloques componentes.

A continuación se describe la propuesta de diseño para cumplir con los requerimientos del proyecto.

2.6.1. MÓDULO DE ENTRADAS/SALIDAS DEL SISTEMA

La interfaz de entrada tiene por objetivo acoplar los niveles de voltaje proveniente de los sensores externos, a niveles de voltaje que puedan ser manejados por el microcontrolador, a fin de que estos valores puedan ser censados correctamente

[26] Datasheet ULN2803/ 8 Chanel Darlington Driver/ Toshiba

por los pines de entrada del microcontrolador; es decir, valores de 0L y 1L. Para cumplir tal objetivo, se hace uso del circuito ULN2803.

La interfaz de salida tiene por objetivo acoplar los niveles lógicos de voltaje de los pines de salida del microcontrolador, a niveles de voltaje propios de los actuadores que se quiere controlar. Sin embargo, dado que se requiere cierta flexibilidad en cuando a los niveles de voltaje, se hace uso del circuito integrado ULN2803, para utilizar la configuración en colector abierto que éste posee, y así poder conectar cualquier clase de carga, a través del uso de relés externos al módulo de control.

De lo anterior se presenta el siguiente circuito:

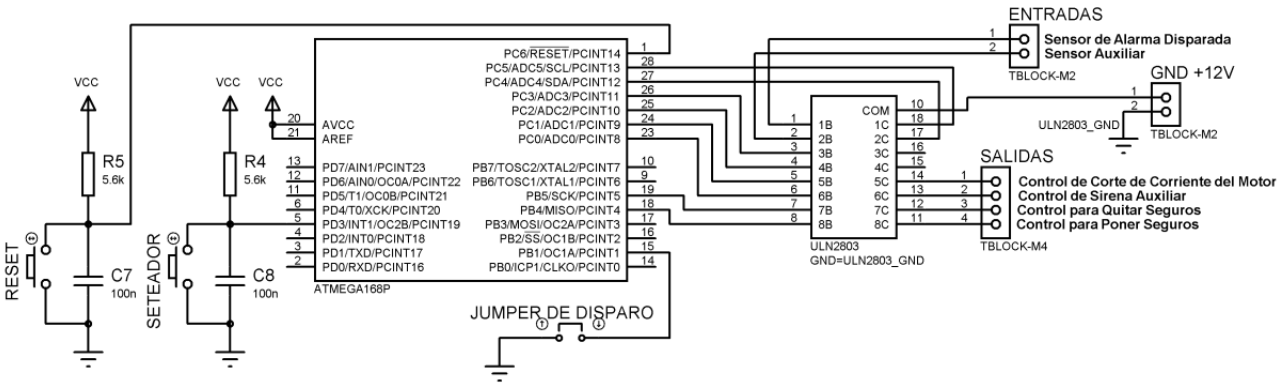


Figura 2.21 Diagrama Esquemático del Módulo de Entradas/Salidas

Como se puede observar en la Figura 2.21, se ha utilizado el mismo circuito integrado ULN2803 para el manejo de entradas y salidas del módulo. Es importante señalar que con el objetivo de evitar ruido debido a la interferencia entre impedancias comunes, se ha independizado la línea de tierra del IC ULN2803 de la tierra GND del microcontrolador, razón por la cual se ha agregado el conector (GND +12V) exclusivo para el IC ULN2803.

Adicionalmente se tiene un pulsador de RESET para el reinicio general del módulo; como también un pulsador SETEADOR utilizado para encender/apagar el sistema de alarma GSM y devolver el sistema a sus valores por defecto de manera manual. Finalmente, se tiene el JUMPER de DISPARO, el cual permite

establecer el nivel lógico considerado como activo para las entradas del sistema en caso de que la alarma vehicular se dispare.

2.6.2. MÓDULO DE DECODIFICACIÓN DE TONOS DTMF

Para la decodificación de los tonos DTMF se hará uso del IC MT8870D, el mismo que al poseer salidas y entradas digitales, fácilmente puede acoplarse tanto a la fuente de la señal DTMF (Pin de audio del celular) como a los pines del microcontrolador, sin necesidad de requerir un circuito de interfaz para acoplar estos dispositivos. Se debe permitir la lectura del valor del dígito DTMF decodificado, al igual que el estado del pin StD, que indica si se ha realizado una conversión de un tono DTMF. Por lo anteriormente expuesto, se diseñó el siguiente circuito:

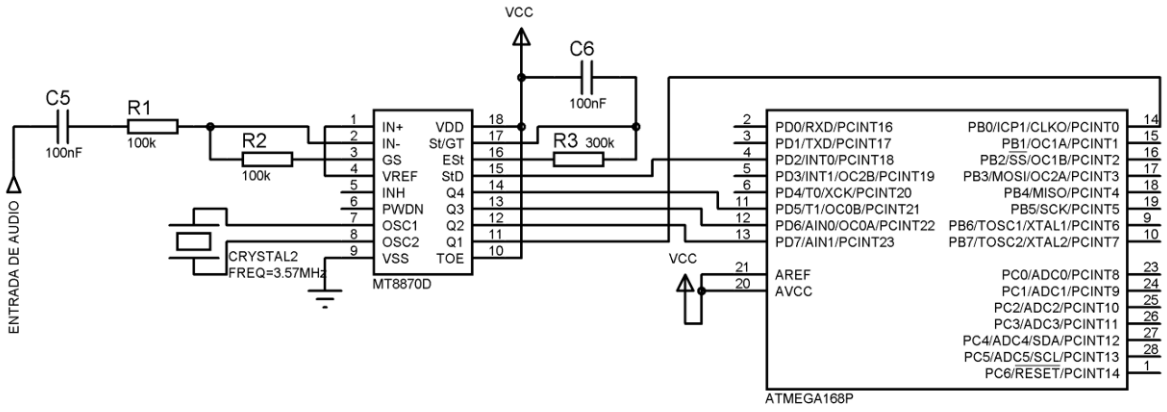


Figura 2.22 Diagrama Esquemático del Módulo de Decodificación DTMF

2.6.3. MÓDULO DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN

El circuito de alimentación para el prototipo tiene por objetivo convertir el voltaje externo del sistema vehicular (generalmente +12VDC), a un nivel de voltaje de alimentación interna del módulo de control (+5VDC). Sin embargo, se debe resaltar que debido al ruido presente en el sistema eléctrico del vehículo, se hace uso de un doble circuito de regulación de voltaje en cascada, con sus respectivos capacitores para filtrado de ruido. El regulador de voltaje LM7809 es utilizado como una primera etapa de filtrado de ruido y además, reduce a 9V el voltaje de

entrada para el IC LM7805. El regulador de voltaje LM7805 tiene por objetivo convertir el voltaje de salida del LM7809, para que éste pueda servir como fuente de alimentación de voltaje para toda la circuitería interna de control del módulo, además de constituirse en una segunda etapa de filtrado de ruido.

Se debe mencionar que los valores de los capacitores utilizados en los IC LM7809 y LM7805 han sido tomados directamente de la hoja de datos del fabricante. El diodo D3 protege al regulador de voltaje en caso de que se conecte el voltaje de alimentación de manera incorrecta.

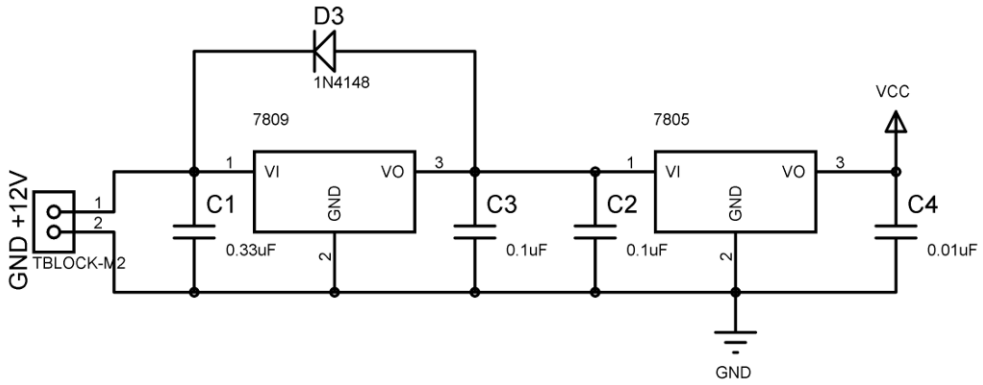


Figura 2.23 Diagrama Esquemático del Modulo de Alimentación de Voltaje

2.6.4. MÓDULO DE INTERFAZ DEL MÓDEM GSM.

Tiene por objetivo realizar la conexión desde los pines de interés del puerto de datos del teléfono celular, hacia el microcontrolador. Como se mencionó anteriormente, debido a que el celular maneja niveles de voltaje que se encuentran dentro del rango de la lógica digital TTL, podría conectarse fácilmente y de forma directa al microcontrolador; sin embargo, debido a que el puerto de comunicaciones del teléfono celular maneja para el estado de 1L un nivel de voltaje de aproximadamente 3.3V, y el microcontrolador 5V, por seguridad debe implementarse un circuito de interfaz que permita acoplar estos dos niveles de voltaje.

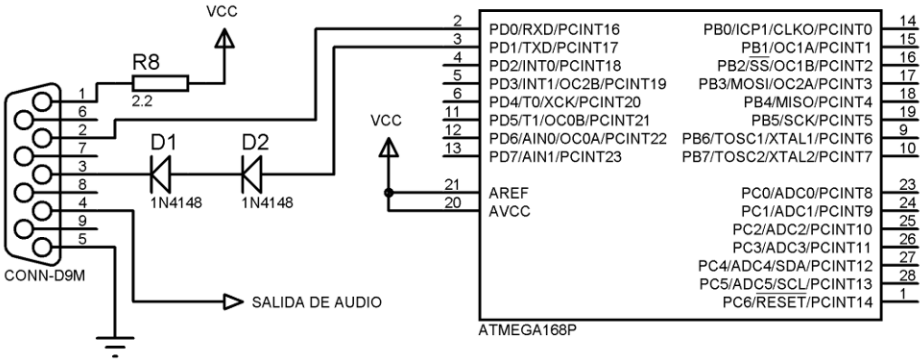


Figura 2.26 Diagrama Esquemático del Interfaz Celular-Microcontrolador

Los niveles de voltaje del pin TX del microcontrolador varían entre 0V a 5V, sin embargo se debe reducir este valor para que pueda ser manejado por el terminal RX del teléfono celular, para lo cual se hace uso del diodo de acción rápida 1N4148, el cual tiene un voltaje de caída en conducción de aproximadamente 1V. Dado que se requiere un voltaje similar al del teléfono celular, éste se obtiene colocando 2 diodos en serie, lo que producirá una caída de 2V. Por consiguiente, se tendrá un valor de voltaje para el puerto RX del teléfono celular de 3V, lo cual es aceptable. Con este arreglo se consigue acoplar los niveles de voltaje entre el puerto de datos del celular y el microcontrolador.

Los niveles de voltaje del pin TX del teléfono celular varían entre 0V a 3.3V, lo cual es reconocido como 0L y 1L dentro de la lógica TTL manejada por el pin RX del microcontrolador, razón por la que se pueden conectar directamente estos dos pines.

Finalmente, se ha incluido un resistor R8 entre el terminal VCC de 5V y el terminal de VCC del teléfono celular, que servirá para llevar un voltaje de alimentación en el caso de que se requiera cargar la batería del teléfono o se desconecte la fuente de alimentación principal de 12V, convirtiéndose la batería del teléfono en una fuente de alimentación auxiliar, con la cual continua operando la parte de control del sistema, lo cual se verifica en la Figura 2.27.

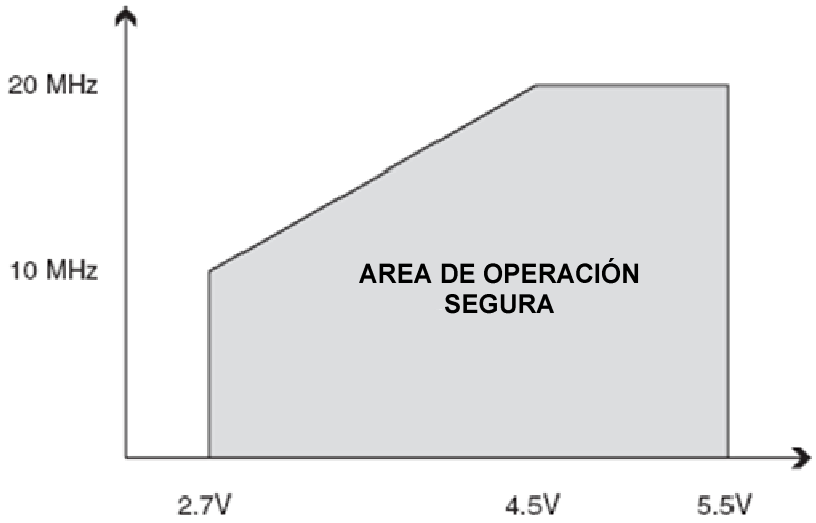


Figura 2.27 Frecuencia Máxima vs. VCC para el Microcontrolador ATmega168P[27]

La batería del celular posee un voltaje de 3.6V, y debe cargarse a una corriente máxima de 600mA. Se ha elegido una carga de batería 600mA, por lo tanto se tiene:

$$R8 = \frac{Vcc - Vbat}{Icarga} = \frac{5V - 3.6V}{600mA} = 2.3\Omega$$

Se debe recordar que para cumplir este objetivo se requiere del cable de datos del teléfono Sony Ericsson (DCU-11), el mismo que se utilizará para obtener acceso a los terminales de: VCC usado para cargar la batería, GND, RX, TX, y AFMS para salida de audio.

Sin embargo, se debe considerar que posiblemente se requiera ubicar el teléfono celular en otro sitio oculto dentro del vehículo; por tal motivo la longitud del cable que conecta el módulo de control con el celular debe ser variable. Por tal motivo en el módulo de control se hará uso de un terminal que permita dicha conexión (en este caso se usó un conector DB9).

[27] Datasheet: Microcontroller AVR ATmega48P/88P/168P/328P

2.6.5. CIRCUITO ESQUEMÁTICO FINAL

A continuación se presenta el circuito esquemático final, en el cual se encuentran todos los módulos interconectados. Además, se han incluido el botón de reset y un jumper que sirve para seleccionar el nivel lógico de voltaje, que es interpretado como activo, en el caso que el sistema de alarma estándar se haya disparado.

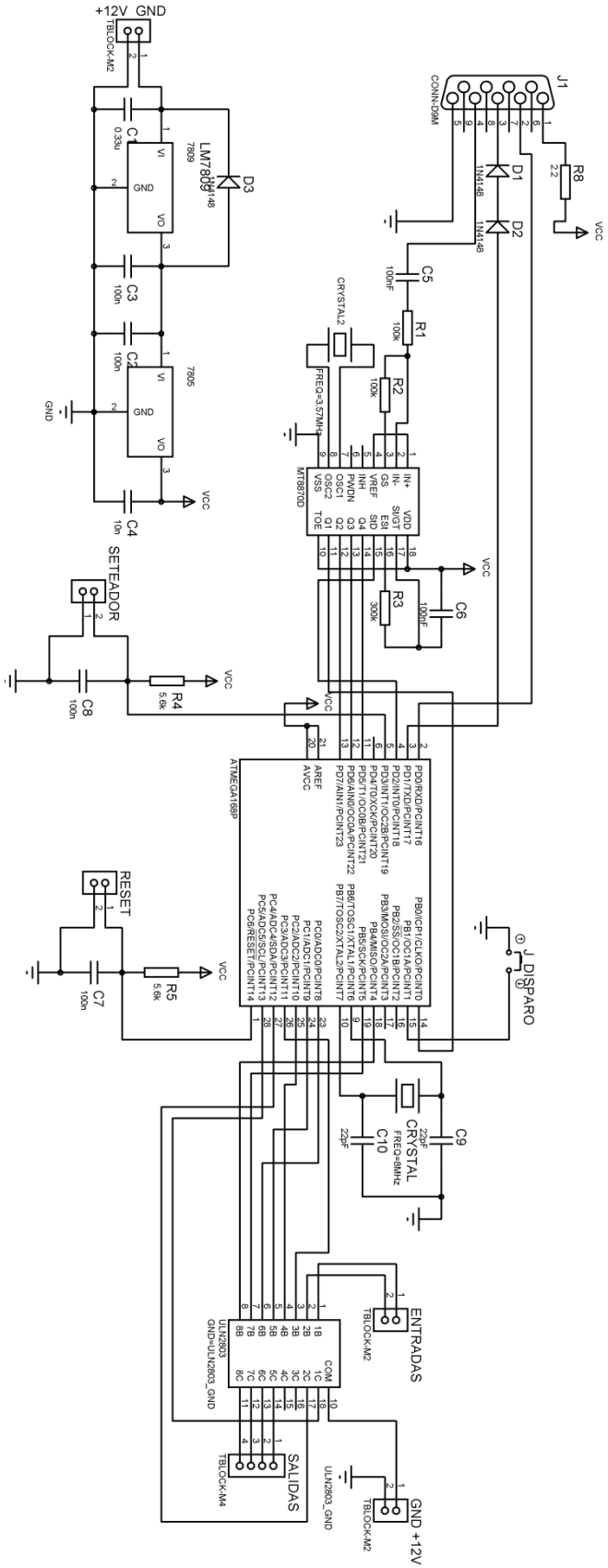


Figura 2.27 Diagrama Esquemático Completo del Circuito del Prototipo

2.7. CIRCUITO IMPRESO

Una vez que se han integrado todos los módulos componentes del prototipo, se realiza el correspondiente circuito impreso, el mismo que se muestra a continuación en la Figura 2.28

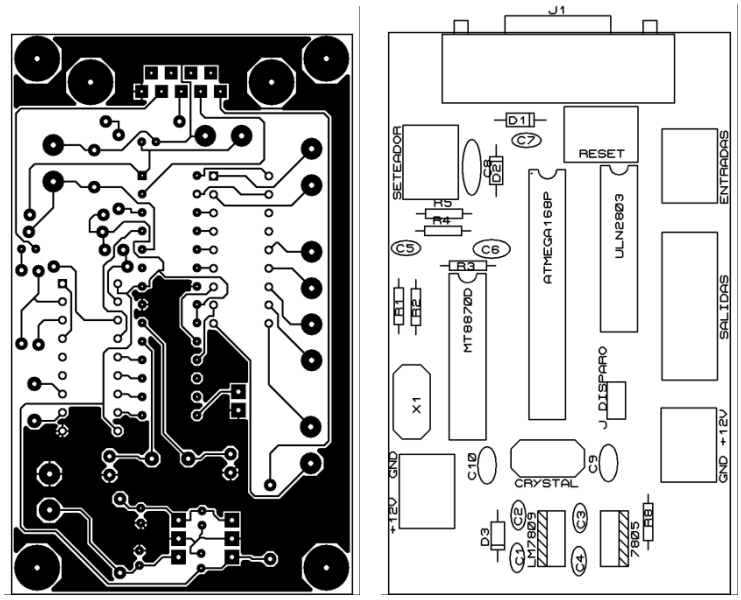


Figura 2.28 Pistas de Cobre y Rotulado de Componentes

En el presente capítulo se ha diseñado y construido el hardware del módulo de control del proyecto. En el siguiente capítulo se tiene por objetivo diseñar el software de soporte del módulo de control.

CAPITULO 3
DESARROLLO DEL SOFTWARE DE SOPORTE

El presente capítulo se inicia dando una visión general de las funcionalidades que se busca en el prototipo del proyecto, de donde se parte para el desarrollo de los correspondientes diagramas de flujo que son utilizados en la programación del microcontrolador.

3.1. MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Para brindar flexibilidad al funcionamiento del módulo prototipo, se ha considerado que el mismo presente 3 modos de funcionamiento, lo que permite que el usuario los seleccione en función de sus necesidades.

A continuación se detallan los 3 modos de funcionamiento.

3.1.1. MODO DESARMADO:

En este modo de funcionamiento el monitoreo del estado del sistema de seguridad vehicular estándar (alarma del vehículo) por parte del módulo del proyecto se encuentra deshabilitado. Además, no se envían mensajes de alarma desde el módulo prototipo al usuario mediante SMS, aunque el sistema de seguridad del vehículo se haya disparado. Se debe señalar que en todo momento se deberá poder ejecutar las acciones de control sobre los dispositivos de seguridad del vehículo.

3.1.2. MODO ARMADO:

Este modo de funcionamiento ha sido diseñado para trabajar conjuntamente con la alarma del vehículo. En este modo se tendrá la opción de monitorear los eventos de alarma del vehículo mediante el envío de mensajes de texto corto SMS al teléfono celular del usuario. Se debe señalar que la opción de envío de

SMS se ejecutará solo en el caso de que el usuario haya armado previamente la alarma estándar del vehículo. De igual forma, se tendrá control en cualquier momento sobre los dispositivos de seguridad del vehículo.

3.1.3. MODO INDEPENDIENTE:

El presente modo de funcionamiento ha sido diseñado para utilizarse en el caso de que no se posea una alarma vehicular estándar montada en el vehículo. Este modo de funcionamiento se caracterizará por ejecutar el monitoreo y control automático de los dispositivos de seguridad del vehículo, a través de la interconexión directa de los sensores/actuadores al conector de entradas/salidas del módulo de control del proyecto.

3.1.4. OPCIONES DE CONTROL

Una vez que se ha detallado el propósito de los 3 modos de funcionamiento del módulo del proyecto, se procede a realizar la descripción de sus opciones de control, disponibles en todo momento para dichos modos a través de una llamada de voz (Tonos DTMF), o mediante el envío de mensajes de texto corto (SMS).

OPCIONES DE CONTROL		
TONO #	**SMS**	**FUNCIÓN**
1	DA	Desactivar Alarma GSM
2	AA	Activar Alarma GSM
3	AI	Activar Alarma GSM Independiente
4	DP	Desactivas Seguros Puertas
5	AP	Activar Seguros Puertas
7	AM	Desactivar Bloqueo Motor
8	DM	Activar Bloqueo Motor
0	AS	Activar Solo Sirena
*	DS	Desactivar Solo Sirena
#	SS	Salir del Sistema
	NN	Nuevo Número de Aviso

	CC	Cambiar Contraseña

Figura 3.1 Opciones de Control del Módulo

Una vez explicados los 3 modos de funcionamiento que tendrá el módulo prototipo del proyecto, se procede a su diseño, empezando por los correspondientes diagramas de flujo, los cuales son tratados a continuación.

3.2. DESARROLLO DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO

Un diagrama de flujo es una representación gráfica secuencial de los pasos a seguir y que se utilizarán para realizar el diseño de los algoritmos de programación. A continuación se muestra de manera gráfica los principales diagramas de flujo que componen este trabajo.

3.2.1. FUNCIONAMIENTO GENERAL

En la Figura 3.2 se presenta el diagrama de flujo resumido correspondiente al funcionamiento general del módulo del proyecto.

En éste diagrama se muestra el bloque de configuraciones de inicio, el cual se encarga de la configuración de los módulos internos del microcontrolador, tales como: frecuencia del reloj oscilador, configuración de la comunicación serial, interrupciones, relojes temporizadores, y definición de las variables internas que se utilizarán en el diseño del programa, así como también la definición de todas las subrutinas que han de utilizarse.

A continuación se tiene el proceso encargado de verificar la existencia de nuevos mensajes de control, ya sea a través de mensajes de texto cortos (SMS) o marcado de tonos durante las llamadas de voz (Tonos DTMF).

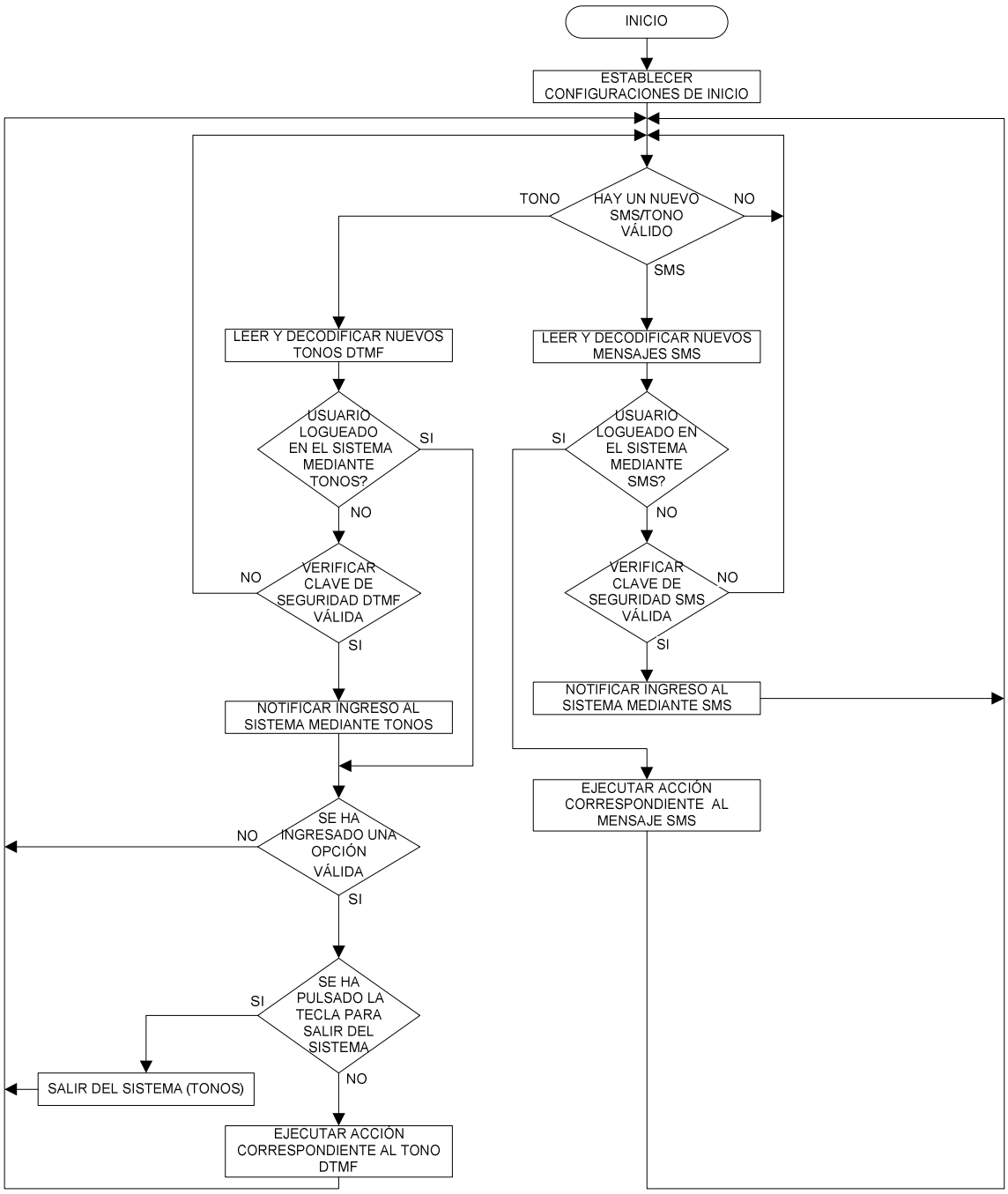


Figura 3.2 Diagrama de Flujo del Funcionamiento General del Módulo

A continuación se muestra en lenguaje estructurado, las tareas realizadas para la configuración de inicio del módulo de control:

Establecer Configuraciones de Inicio

Configurar los parámetros de inicio del microcontrolador
Cargar al sistema la última configuración almacenada en la memoria no volátil
Inicializar Módem GSM
Si se ha configurado nueva clave de seguridad
    Establecer nueva clave de seguridad para acceso al sistema
Caso Contrario
    Cargar clave de seguridad por defecto para acceder al sistema
Si se han configurado nuevos números de aviso de usuario
    Establecer nuevos números de aviso de usuario

Fin Tarea

El conjunto de tareas que se describen en la Figura 3.2 son explicadas adelante en lenguaje estructurado

3.2.2. SUBRUTINAS DE ATENCIÓN A LAS INTERRUPCIONES

A continuación se explica brevemente el funcionamiento de las subrutinas de atención a las interrupciones del microcontrolador:

3.2.2.1. Interrupción Externa 0 / Detección de Tono DTMF Válido

La interrupción externa 0, está asociada directamente con la detección de tonos DTMF validos, los mismos que inicialmente son utilizados en la decodificación de la contraseña para acceder a la configuración del sistema. Una vez que se ha ingresado la contraseña correcta de 4 dígitos, se tendrá acceso a las opciones de control del módulo.

Leer y Decodificar Nuevos Tonos Dtmf

Leer el código binario proporcionado por el decodificador DTMF
Decodificar el código DTMF en su correspondiente valor decimal

Fin Tarea

Notificar Ingreso al Sistema Mediante Tonos

Permitir el acceso del usuario al sistema para tonos DTMF

Reproducir para el usuario la secuencia de tonos DTMF (A, B, C, D)

Fin Tarea

Ejecutar Acción Correspondiente al Tono Dtmf

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “1”

Desactivar alarma GSM

Deshabilitar monitoreo en los terminales de entrada del módulo de control

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “2”

Activar alarma GSM

Habilitar pin para monitoreo de estado subordinado a la alarma vehicular estándar

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “3”

Activar alarma Independiente

Habilitar todos los pines para monitoreo de eventos de entrada independientes

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “4”

Desactivar Seguros de Puertas

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “5”

Activar seguros de puertas

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “7”

Desactivar bloqueo de motor

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “8”

Activar bloqueo de motor

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “0”

Activar sirena

Si valor decimal DTMF corresponde a la tecla “*”

Desactivar Sirena

Fin Tarea

Salir del Sistema (Tonos)

Reproducir para el usuario la secuencia de tonos DTMF (D, C, B, A) para informar que ha salido del sistema

Denegar el acceso del usuario al sistema para tonos DTMF

Fin Tarea

3.2.2.2. Detección de Nuevo SMS

En un inicio se verifica si el SMS ingresado es válido, para lo cual es necesario se ingrese una contraseña de 4 dígitos mediante un nuevo SMS. Una vez que se haya ingresado la contraseña correcta, se tendrá un nuevo SMS de respuesta al usuario, en el cual se muestran todas las opciones de control disponibles mediante el envío de SMS.

Leer y Decodificar Nuevos Mensajes Sms

Leer la cadena de caracteres correspondientes al mensaje SMS entrante

Extraer los parámetros de interés del mensaje SMS

Fin Tarea

Notificar Ingreso al Sistema Mediante Sms

Permitir el acceso del usuario al sistema para mensajes SMS

Enviar un mensaje SMS al usuario con los comandos de control del módulo

Fin Tarea

Ejecutar Acción Correspondiente al Mensaje Sms

Si se ha ingresado comando SMS “DA”

Desactivar alarma GSM

Si se ha ingresado comando SMS “AA”

Activar alarma GSM

Si se ha ingresado comando SMS “AI”

Activar alarma GSM independiente

Si se ha ingresado comando SMS “DP”

Desactivar seguros de puertas

Si se ha ingresado comando SMS “AP”

Activar seguros de puertas

Si se ha ingresado comando SMS “AM”

Desactivar bloqueo del motor

Si se ha ingresado comando SMS “DM”

Activar bloqueo del motor

Si se ha ingresado comando SMS “DS”

Desactivar sirena

Si se ha ingresado comando SMS “AS”

Activar Sirena

Si se ha ingresado comando SMS “SS”

Enviar un mensaje SMS al usuario para informar que ha Salido del Sistema
Denegar el acceso del usuario al sistema para mensajes SMS
Si se ha ingresado comando SMS “CC”
Solicitar el ingreso de la nueva clave de seguridad
Si se ha ingresado la nueva clave de seguridad
Solicitar la confirmación de la nueva clave de seguridad
Si se ha confirmado correctamente la nueva clave de seguridad
Establecer en el sistema la nueva clave de seguridad
Notificar al usuario la nueva clave de seguridad del sistema
Caso contrario
Notificar al usuario que se ha producido un error
Caso contrario
Notificar al usuario que se produjo un error
Si se ha ingresado comando SMS “NN”
Solicitar el ingreso de los Nuevos Números de aviso de usuario
Si nuevos números de aviso de usuario se ingresaron correctamente
Establecer en el sistema los nuevos números de aviso de usuario
Notificar al usuario cuales son los nuevos números de aviso
Caso contrario
Notificar al usuario un error producto del ingreso de los nuevos números
Si el comando SMS ingresado no coincide con ninguna opción
Notificar al usuario el ingreso de una opción SMS incorrecta
Fin Tarea

3.3. PLATAFORMA DE DESARROLLO BASCOM-AVR

Existen en el mercado varios paquetes de diseño de aplicaciones para los microcontroladores AVR de ATMEL, tales como AVR-Studio que trabaja con un lenguaje de bajo nivel como el Assembler. Sin embargo, para el presente proyecto se utiliza un programa que maneja un lenguaje de alto nivel como el BASIC, el mismo que presta gran ayuda en cuanto a la reducción del tiempo de programación, gracias a que cuenta con una gran cantidad de librerías que facilitan la tarea.

El BASCOM-AVR© es un software de diseño desarrollado por la empresa MCS Electronic que permite programar, compilar y simular rutinas de programación

tanto en lenguaje BASIC como Assembler para la familia de microcontroladores AVR de la marca ATMEL.

3.3.3. CARACTERÍSTICAS

A continuación se menciona de forma resumida las principales características del programa BASCOM-AVR, utilizado para la programación del microcontrolador ATMEGA164P del proyecto.

- BASIC estructurado con etiquetas.
- Programación estructurada con sentencias IF-THEN-ELSE-END IF, DO-LOOP, WHILE-WEND, SELECT- CASE.
- Manejo de Variables: Bit, Byte, Entero, Word, Largo, y variables tipo String.
- Los programas compilados trabajan con todos los microprocesadores (no-MEGA) de AVR que tienen memoria interior.
- Comandos específicos para el manejo de displays **LCD**, integrados **I2C** e integrados **1WIRE Chips,** teclado de PC, teclado de matriz, recepción **RC5**, software UART. SPI, LCD Gráficos, envió de IR RC5 o código Sony.
- Soporta variables locales, uso de funciones, y librerías.
- Emulador terminal integrado.
- Simulador integrado.
- Ayuda ON LINE en el editor.

3.3.4. COMANDOS DE PROGRAMACIÓN:

Se cuenta con una gran cantidad de comandos para realizar la programación en BASCOM; sin embargo, a continuación se describen aquellas instrucciones empleadas en el presente proyecto. Si se desea saber sobre el conjunto completo de instrucciones deberá revisarse el documento *BASCOM-AVR Help,* que es parte del programa BASCOM-AVR.

- **De estructura y condicionales**
  IF, THEN, ELSE, ELSEIF, END IF, DO, LOOP, WHILE, WEND, UNTIL, FOR, NEXT, TO, EXIT FOR, ON,GOTO/GOSUB.

- **De entrada/salida**
  PRINT, INPUT, INKEY, PRINT, LCD, LOCATE, CLS, WAITKEY, INPUTBIN, PRINTBIN, OPEN, CLOSE.
- **Funciones numéricas**
  AND, OR, INC, DEC, NOT, ABS.
- **Gestión de interrupciones**
  ON INT0/INT1/TIMER0/TIMER1/SERIAL, RETURN, ENABLE, DISABLE INTERRUPTS, CONFIG, START, STOP.
- **Manipulación de bits**
  SET, RESET, ROTATE, BITWAIT, TOGGLE.
- **Variables**
  DIM, BIT, BYTE, INTEGER , WORD, LONG, SINGLE, STRING.
- **Varios**
  SWAP, END, STOP, WAIT, WAITMS, GOTO, GOSUB, ALIAS, DIM , INCR, DECR, CHECKSUM.
- **Directivas**
  $INCLUDE, $BAUD , $CRYSTAL.
- **Cadenas**
  STRING, LEFT, RIGHT, MID, VAL, LEN, STR, INSTR.

3.3.5. PROGRAMACIÓN CON SOFTWARE BASCOM-AVR:

Para realizar un proyecto en el software BASCOM-AVR, se deberá realizar las siguientes operaciones:

- **Escribir en el editor de comandos un programa en lenguaje BASIC**

Como se mencionó en la sección anterior, existe una gran cantidad de instrucciones que permiten ejecutar diversas tareas. Sin embargo, se debe señalar que es posible incluir rutinas en BASIC y Assembler para el mismo programa. Se muestra a continuación el entorno de desarrollo de este programa.

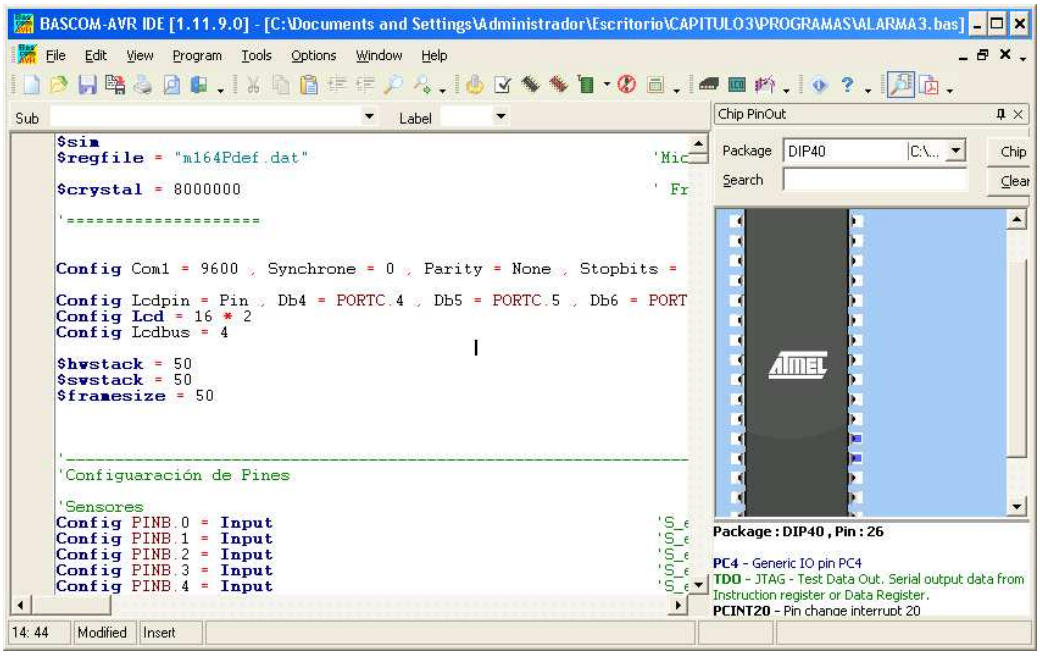


Figura 3.7 Editor de Comandos del Programa BASCOM-AVR

- **Compilar el programa BASIC a fin de generar un código de máquina (.HEX)**

La compilación del programa en BASIC permitirá conocer si existen errores en la sintaxis del programa, además de generar un archivo en lenguaje de máquina (.HEX), y otros como el archivo tipo objeto (.OBJ), que son utilizados durante el proceso de simulación. Se debe notar que durante el proceso de compilación se despliega un mensaje que muestra el porcentaje de utilización de la memoria flash del microcontrolador.

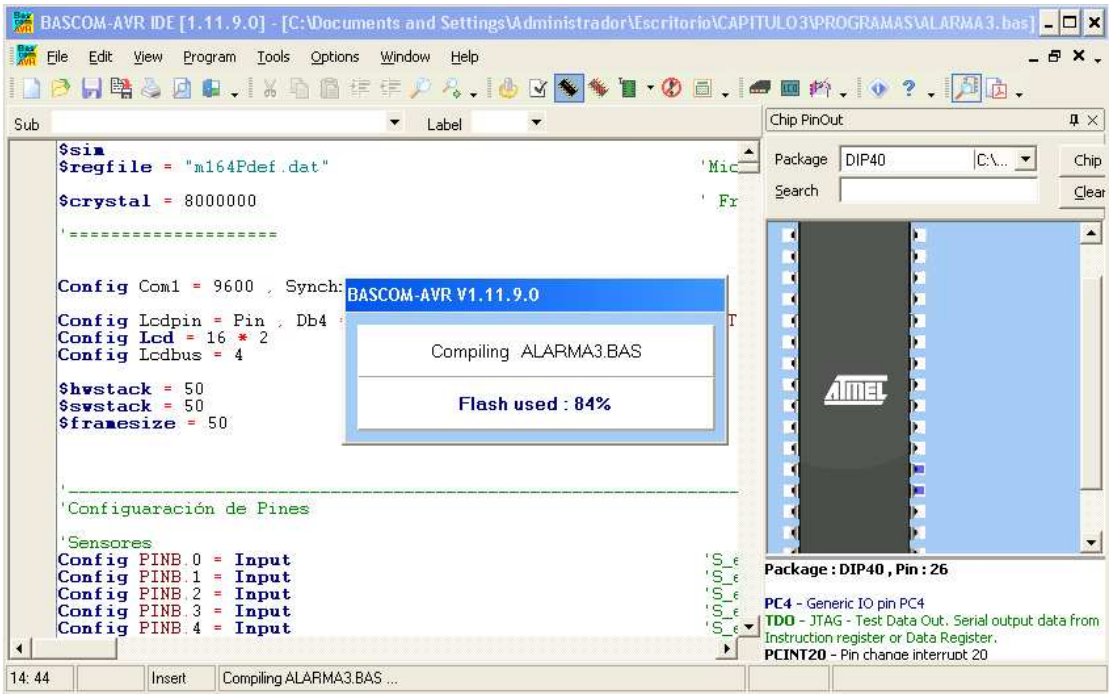


Figura 3.8 Compilación del Código Fuente en BASCOM-AVR

- **Depurar el programa con la ayuda del simulador integrado**

El programa BASCOM-AVR cuenta con un simulador integrado, el mismo que es utilizado para comprobar el correcto funcionamiento del programa, y depuración del mismo. Permite conocer el estado de las variables internas, tiempos de ejecución de los algoritmos, estado de los puertos, además de permitir la comunicación a través de un programa emulador de terminal.

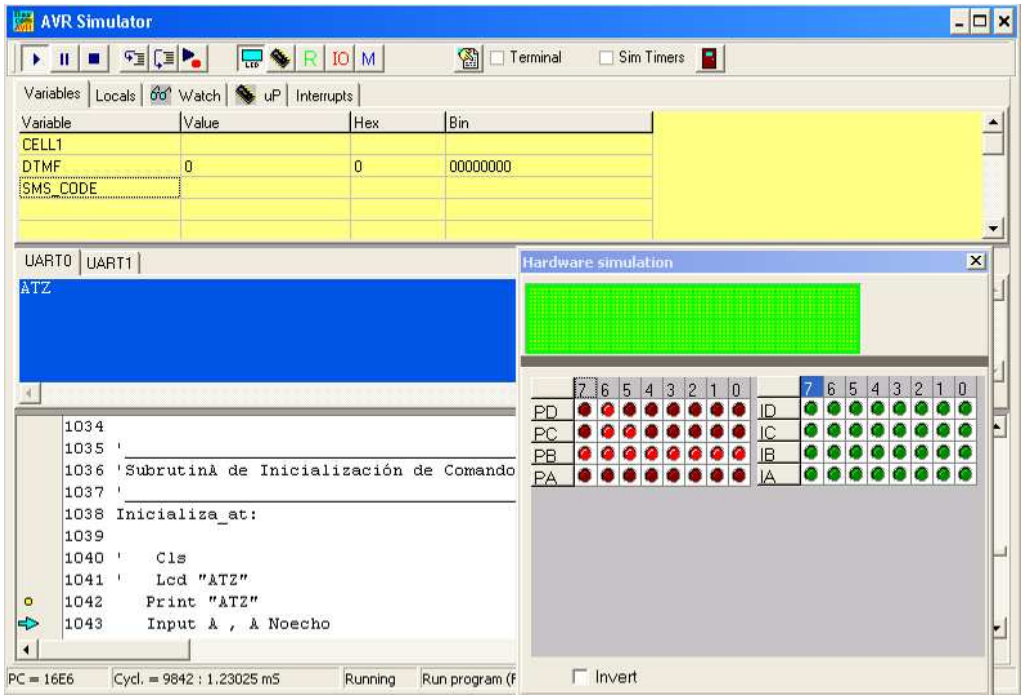


Figura 3.9 Opción de Simulación del Programa BASCOM-AVR

- **Programar sobre el microcontrolador real.**

Para descargar el programa al microcontrolador real se hace uso del programa PROGISP, el cual muestra sus opciones en la Figura 3.10

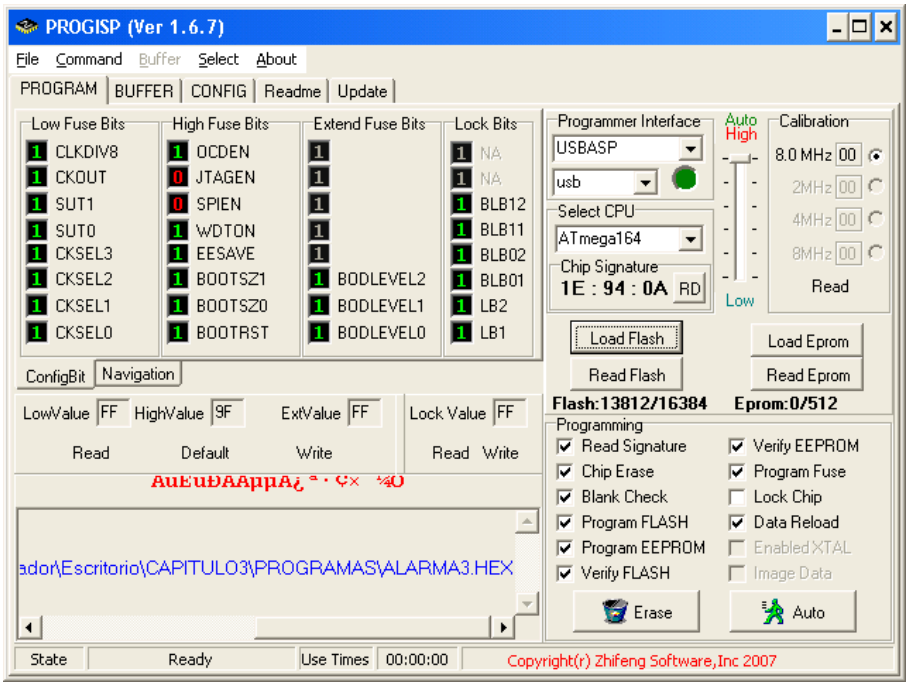


Figura 3.10 Pantalla Principal del Programa PROGISP

En el presente capítulo se ha diseñado el software de soporte del prototipo que está relacionado directamente con las funciones que este desempeña. También se da a conocer cuál es su lógica de funcionamiento a través del uso de diagramas de flujo y algoritmos en lenguaje estructurado.

Finalmente, se ha dado una breve visión al software de desarrollo BASCOM-AVR, el cual se utilizó durante la programación del software de soporte del prototipo.

En el siguiente capítulo se realizan las pruebas de funcionamiento para verificar el cumplimiento de los objetivos para los cuales fue diseñado el módulo de control del proyecto.

CAPITULO 4:
PRUEBAS Y RESULTADOS

Con el objetivo de mostrar de una mejor manera los resultados del presente proyecto se efectúan las pruebas sobre un vehículo real, lo cual permitirá apreciar el cumplimiento de los objetivos para los cuales fue diseñado el prototipo.

Las pruebas que a continuación se realizan, tienen por objetivo mostrar la configuración y el funcionamiento de todo el sistema, para lo cual se realizan las siguientes pruebas:

- **Pruebas de Configuraciones de Inicio del Sistema**

  Tienen por objetivo comprobar el adecuado funcionamiento de las opciones de configuración del módulo del proyecto, tales como son ingreso de los números de aviso del usuario y el cambio de la clave de seguridad numérica.

- **Pruebas de Funcionamiento del Sistema**

  Tienen por objetivo comprobar que se ejecutan de forma correcta las acciones de monitoreo/control por parte del módulo de control, tales como la activación/desactivación del sistema de alarma, recepción de mensajes SMS de alarma enviados al usuario, control de seguros de puertas, bloqueo de corriente al motor y control mediante tonos DTMF.

4.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO DEL PROYECTO

Para la comprobación del correcto funcionamiento del módulo diseñado se optó por instalarlo en un vehículo, que cuenta con un sistema de alarma estándar, además de un actuador eléctrico que permite el bloqueo/desbloqueo de la seguridad en la puerta del conductor.

A continuación se detallan cada una de las pruebas realizadas sobre el módulo instalado en el vehículo.

4.1.1. PRUEBAS DE CONFIGURACIONES INICIALES DEL SISTEMA

4.1.1.1. Configuración de Números de Aviso de Usuario

Se explica a continuación la configuración de los números de aviso de usuario, para lo cual se hace uso de mensajes SMS.

El proceso se inicia mediante el envío de un SMS con el código de seguridad numérico por defecto (1234) al número celular del módulo de control. Si se ha ingresado una clave de seguridad incorrecta, no se tiene ningún mensaje SMS de regreso al usuario.

En el caso de que se haya enviado la clave de seguridad correcta, se tendrá como resultado del envío, un SMS de respuesta por parte del módulo de control en un tiempo de 10 segundos aproximadamente, en el cual se especifican las opciones de control del dispositivo. Lo anterior se aprecia en la Figura 4.1.

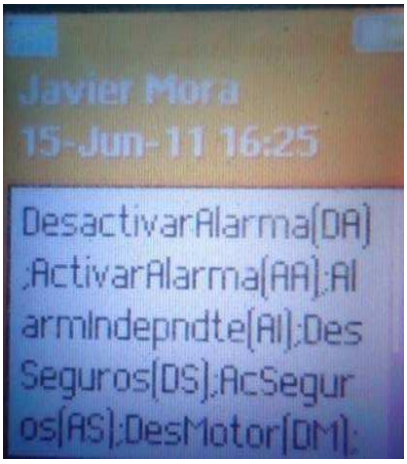


Figura 4.1 Opciones de Control con Mensajes SMS

Para configurar nuevos números de aviso de usuario, se debe responder con un nuevo mensaje SMS al módulo de control con la opción correspondiente (NN).

Una vez enviado este SMS, el módulo responde con un nuevo mensaje SMS en el que pide que ingrese el primer número de aviso de usuario, lo que se muestra en la Figura 4.2

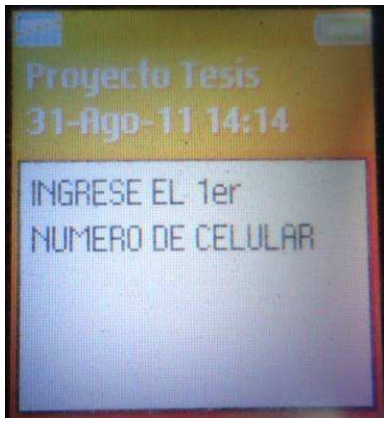


Figura 4.2 Solicitud de Ingreso de Nuevo Número de Aviso de Usuario

Una vez que el módulo de control ha recibido el SMS con el primer número de usuario, verifica que se trate de un número correcto de 9 dígitos decimales. Si la comprobación es satisfactoria, procede al envío de un nuevo mensaje SMS al usuario, en el cual solicita el ingreso del segundo número de aviso de usuario. Se debe mencionar que el sistema ha sido diseñado para trabajar hasta con 3 números de aviso de usuario.

Si no se desea ingresar otro número de usuario, se puede ingresar cualquier texto al enviar el SMS. Como resultado, el módulo enviará un mensaje SMS en el cual se indican los números de aviso de usuario configurados, lo que se muestra en la Figura 4.3.

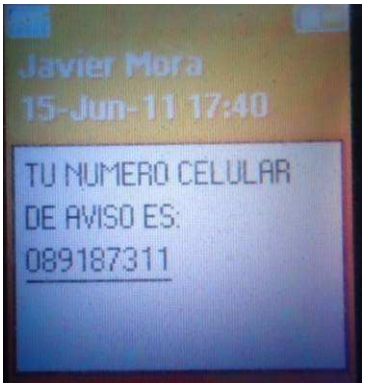


Figura 4.3 Nuevos Números de Aviso de Usuario

Como consecuencia de la configuración anterior, todo mensaje SMS de alerta será enviado a los números de aviso de usuario anteriormente programados.

4.1.1.2. Configuración de la Clave de Seguridad

Por defecto el módulo de control se encuentra programado con una clave de seguridad numérica de cuatro dígitos (1234); sin embargo, el usuario puede modificar el valor de la clave de seguridad a través del proceso que se muestra a continuación.

Primero, el usuario debe enviar en un mensaje SMS la clave de seguridad correcta para ingresar al sistema. Una vez que se ha accedido al sistema, el usuario debe enviar un mensaje SMS que contenga el código correspondiente al cambio de clave de seguridad (CC).

Como resultado, el módulo responde al usuario con un nuevo mensaje SMS en el cual solicita que se ingrese la nueva clave de seguridad numérica de cuatro dígitos, como se observa en la Figura 4.4.

Figura 4.4 Solicitud de Ingreso de la Nueva Clave de Seguridad

Una vez que el módulo de control recibe del usuario la nueva clave de seguridad a través de un mensaje SMS, éste envía al usuario un nuevo mensaje SMS de solicitud de confirmación de la clave de seguridad anteriormente ingresada, tal como se muestra en la Figura 4.5.

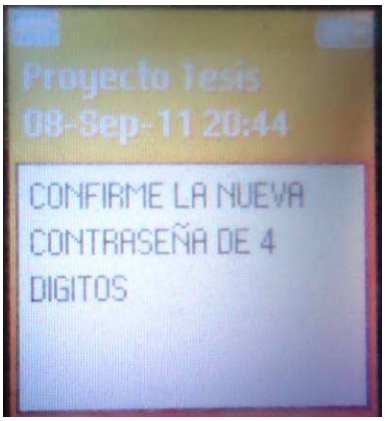


Figura 4.5 Solicitud de Confirmación de la Nueva Clave de Seguridad

Cuando el usuario haya enviado el mensaje SMS de confirmación al módulo de control, éste responderá al usuario con un nuevo mensaje SMS en el cual se indica la nueva clave de seguridad del sistema, como se muestra en la Figura 4.6.

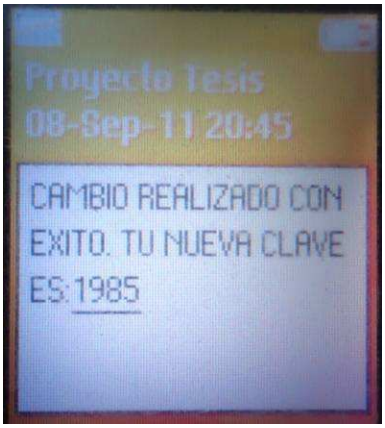


Figura 4.6 Notificación del Ingreso de una Nueva Clave de Seguridad

4.1.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MEDIANTE MENSAJES SMS

Para la realización de las siguientes pruebas se hace uso del envío/recepción de mensajes SMS entre el módulo de control y el teléfono celular del usuario del sistema.

4.1.2.1. Activación/Desactivación del Sistema de Alarma

La siguiente prueba tiene por objetivo comprobar el correcto funcionamiento de las opciones de control que permiten activar/desactivar el sistema de alarma. Se debe recordar que existen 3 modos de funcionamiento:

- **Alarma Desactivada:** El servicio de aviso al usuario se encuentra deshabilitado.
- **Alarma Activada:** El servicio de aviso al usuario en caso de detección de alarma disparada se encuentra habilitado.
- **Modo Independiente:** Se encuentran habilitadas todas las entradas para sensores y el servicio de aviso al usuario de alarma disparada. Se debe recordar que el presente modo de funcionamiento es independiente del sistema de alarma estándar montado en el vehículo.

Al conocer cual es el resultado esperado de cada uno de los modos de funcionamiento del proyecto, se procede a activar el módulo de alarma, para lo cual el usuario envía un mensaje SMS al módulo de control con el código correspondiente a esta función (AA).

Como resultado de la activación de este modo de funcionamiento, el sistema se encuentra en la capacidad de reportar al usuario del sistema un mensaje SMS de alerta en el caso de que el sistema de alarma en el vehículo se haya disparado. Para comprobar dicho funcionamiento, en la presente prueba se ha activado el sistema de alarma estándar y la opción para activar alarma en el módulo de control.

A continuación se simula una situación en la cual el sistema de alarma estándar se dispare automáticamente, para lo cual se procede a abrir una puerta del vehículo con la alarma estándar armada.

Como resultado, el módulo de control envía un mensaje SMS de alerta al usuario, informándole que el sistema de alarma ha sido disparado. El presente mensaje SMS será enviado al usuario cada 2 minutos aproximadamente como puede verse en la Figura 4.8.

Figura 4.8 Mensajes SMS de Alerta enviados al Usuario

Una vez que el usuario haya verificado la causa del disparo del sistema de alarma, puede apagar el sistema de alarma estándar, con lo cual el usuario dejará de recibir los mensajes SMS de alerta al usuario. También es posible detener el envío de mensajes SMS del módulo de control al usuario, lo cual se logra mediante el envío de un mensaje SMS al módulo de control con la opción para desactivar la alarma (DA).

Sin embargo, si se considera la posibilidad de que el vehículo no cuente con un sistema de alarma estándar, se deberá activar el sistema en modo de funcionamiento independiente, el cual detecta cualquier cambio de estado en los sensores que estén conectados al módulo de control. Para activar este modo de funcionamiento se debe enviar un mensaje SMS al módulo de control con el código correspondiente para activar el modo independiente (AI).

4.1.2.2. Control de Seguros de Puertas

La siguiente prueba tiene por objetivo comprobar el correcto funcionamiento del control de seguros de las puertas mediante mensajes SMS, para lo cual se debe considerar previamente los códigos correspondientes para estos servicios.

Para la activación de las seguridades de puertas, el usuario envía al módulo de control un mensaje SMS con su código correspondiente (AP), lo cual provocará que se activen los seguros de las puertas del vehículo. Esto se puede observar en la Figura 4.9.

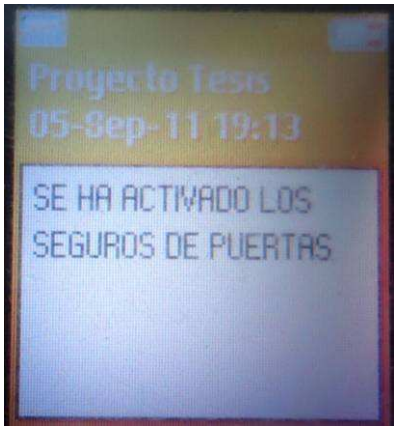


Figura 4.9 Activación de Seguros Eléctricos de Puertas

A continuación se procede a comprobar el correcto funcionamiento del desbloqueo de las seguridades de las puertas, para lo cual el usuario envía un mensaje SMS al módulo de control con el código correspondiente (DP), lo cual provoca que se desactiven los seguros de las puertas del vehículo. Esto se aprecia en la Figura 4.10.

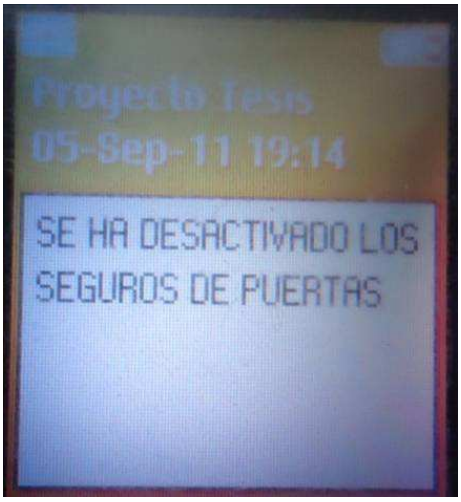


Figura 4.10 Desactivación de Seguros Eléctricos de Puertas

4.1.2.3. Control de Bloqueo del Motor del Vehículo

La siguiente prueba tiene por objetivo comprobar el correcto funcionamiento del bloqueo del motor de combustión interna del vehículo. Se debe tener presente que en el presente proyecto, para realizar el bloqueo del motor del vehículo se interrumpirá la corriente de entrada de la bobina elevadora de voltaje, con lo cual se impide la combustión de la gasolina.

Una vez que el motor del vehículo se encuentre en funcionamiento, el usuario, con el objetivo de apagar el mismo envía un mensaje SMS al módulo de control con el código correspondiente para desactivar el motor (DM).

Como resultado se tiene que el motor del vehículo se ha apagado, y no podrá arrancar nuevamente hasta que el usuario deshabilite el bloqueo del motor, lo cual se observa en las Figura 4.11.

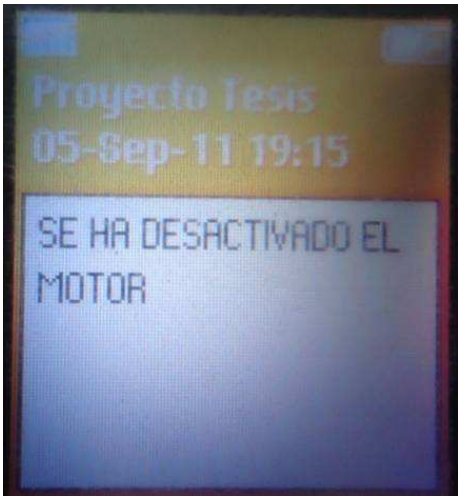


Figura 4.11 Bloqueo del Motor de Combustión

Con el objetivo de permitir nuevamente el encendido del motor del vehículo, el usuario envía un mensaje SMS al módulo de control con el código correspondiente para desactivar el bloqueo y permitir el arranque del motor (AM).

Como resultado el motor del vehículo puede arrancar nuevamente, lo cual es producto de alimentar nuevamente con energía la bobina elevadora de voltaje, lo cual se observa en las Figura 4.12.

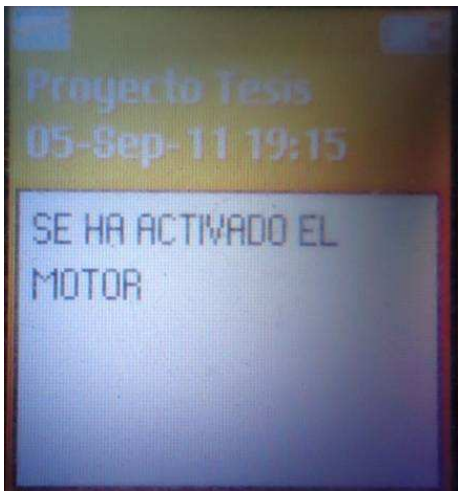


Figura 4.12 Desbloqueo del Motor de Combustión

4.1.2.4. Activar/Desactivar Sirena Auxiliar

La siguiente prueba tiene por objetivo comprobar el correcto funcionamiento de la sirena Auxiliar, la cual puede ser habilitada/deshabilitada en cualquier momento y es utilizada con fines disuasivos.

Con el objetivo de habilitar la sirena auxiliar, el usuario envía al módulo de control un mensaje SMS con el código correspondiente (AS), con lo que se consigue la activación de la sirena instalada actualmente en el vehículo.

Para desactivar la sirena de auxiliar el usuario envía un mensaje SMS al módulo del proyecto con el código correspondiente (DS).

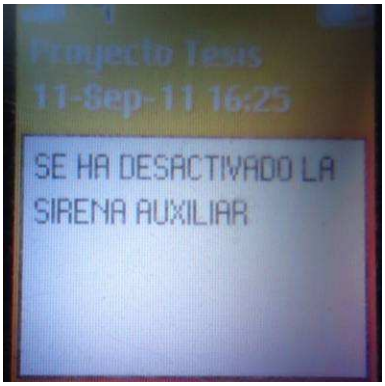


Figura 4.13 Activación de la Sirena de Auxiliar

4.1.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MEDIANTE TONOS DTMF

Para la realización de las siguientes pruebas se hace uso del envío/recepción de tonos DTMF entre el módulo de alarma y el usuario, durante una llamada de voz.

4.1.3.1. Ingresar/Salir del Sistema de Alarma

Para realizar el ingreso al sistema de seguridad el usuario realiza una llamada de voz al número telefónico del módulo de control, cuya llamada será contestada en

aproximadamente 5 segundos. Luego se digita con el teclado telefónico, la clave numérica de 4 dígitos que se configuró inicialmente. Como resultado el módulo del proyecto envía al usuario una secuencia de 4 tonos DTMF en forma ascendente (A-B-C-D), como indicación al usuario de que se ha ingresado la clave correcta y tiene acceso a todas las funciones del sistema.

Para salir del sistema el usuario presiona la tecla numeral (#), luego de lo cual el módulo de control envía al usuario 4 tonos DTMF (D-C-B-A) en forma descendente, lo cual indica al usuario que se encuentra fuera del sistema de seguridad. Finalmente, el usuario concluye la operación terminando la llamada de voz.

4.1.3.2. Activar/Desactivar Alarma GSM

Una vez que el usuario se encuentre dentro del sistema, con el objetivo de activar la alarma el usuario debe presionar la tecla (2), la cual permite la activación del módulo de alarma. A continuación el módulo de control envía al usuario un tono DTMF agudo (correspondiente a tono D), para indicar la activación del módulo de seguridad del sistema. Se debe recordar que existen 2 modos activos para el sistema de alarma; donde el modo independiente es activado pulsando el número (3) del teclado telefónico.

Para desactivar el sistema de alarma el usuario presiona la tecla (1) durante el proceso de llamada con lo cual envía su tono DTMF correspondiente al módulo de control. A continuación el módulo de control envía un tono DTMF grave (correspondiente al tono 1) al usuario, para indicarle que la módulo de alarma ha sido desactivado.

4.1.3.3. Activar/Desactivar Seguridades de Puertas

Cuando se desee realizar la activación de las seguridades eléctricas de las puertas, el usuario debe presionar la tecla (5) durante la llamada de voz, con lo cual se envía su tono DTMF correspondiente al módulo de control, el cual, tras

recibir el tono DTMF, envía al usuario un tono DTMF agudo, como confirmación de que se ha habilitado las seguridades eléctricas de las puertas.

Para desactivar las seguridades de las puertas, el usuario presiona la tecla (4) durante el proceso de llamada de voz, con lo cual envía su tono DTMF correspondiente al módulo de control, el cual tras procesarlo, responde al usuario con un tono DTMF grave que le indica que las seguridades de las puertas han sido desactivadas.

4.1.3.4. Activar/Desactivar Bloqueo del Motor

Cuando se desee activar el bloqueo del motor del vehículo, el usuario presiona la tecla (8) durante la llamada de voz, con lo cual se envía su tono DTMF correspondiente al módulo de control, el cual tras recibir su tono DTMF, envía al usuario un tono DTMF agudo, como confirmación de que se ha activado el bloqueo del motor del vehículo.

Para desactivar el bloqueo del motor del vehículo, el usuario presiona la tecla (7) durante el proceso de llamada de voz, con lo cual envía su tono DTMF correspondiente al módulo de control, el cual tras procesarlo, responde al usuario con un tono DTMF grave que le indica que se ha desactivado el bloqueo del motor del vehículo.

4.1.3.5. Activar/Desactivar Sirena

Cuando se desee realizar la activación de la sirena que se encuentra montada en el vehículo, el usuario presiona la tecla (0) durante la llamada de voz, con lo cual se envía su tono DTMF correspondiente al módulo de control, el cual tras recibir su tono DTMF, envía al usuario un tono DTMF agudo, como confirmación de que se ha activado la sirena en el vehículo.

Para desactivar la sirena en el vehículo, el usuario presiona la tecla (*) durante la llamada de voz, con lo cual envía su tono DTMF correspondiente al módulo de

control , el cual tras procesarlo, responde al usuario con un tono DTMF grave que le indica que la sirena ha sido desactivada.

4.2. RESULTADOS

Se debe mencionar que todas las pruebas anteriormente detalladas, fueron realizadas aproximadamente 50 veces en el transcurso de una semana, dando como resultado un porcentaje de error del 0.0% al 4.0%. Sin embargo, se debe notar que el normal desempeño del prototipo puede verse afectado debido al servicio de cobertura proporcionado por la operadora móvil. La Tabla 4.1 resume las pruebas realizadas sobre el sistema de seguridad montado en el vehículo, así como los resultados obtenidos producto de las pruebas.

PRUEBAS DEL PROTOTIPO DEL PROYECTO **# de Repeticiones Realizadas: 50**		
	# de Aciertos	**% de Error**
Configuración de Números de Aviso de Usuario:	48	4
Configuración de la clave de Seguridad:	49	2
Activación/Desactivación del Sistema de Alarma:	50	0
Control de Seguros de Puertas:	49	2
Control de Bloqueo del Motor del Vehículo:	49	2
Activar/Desactivar Sirena Auxiliar:	49	2
Ingresar/Salir del Sistema de Alarma :	50	0
Activar/Desactivar Alarma GSM:	50	0
Activar/Desactivar Seguridades de Puertas:	50	0
Activar/Desactivar Bloqueo del Motor:	49	1
Activar/Desactivar Sirena:	50	0

Tabla 4.1 Resultados de las Pruebas Realizadas

Los resultados mostrados en la Tabla 4.1, señalan un buen desempeño del sistema de seguridad, sin embargo, una de las causas de los errores producidos durante la ejecución de las pruebas, se debe a la baja calidad de la señal de cobertura proporcionada por la operadora celular en el área rural.

4.3. COSTO DEL PROTOTIPO

A continuación se presenta los costos de diseño y fabricación del prototipo de control del proyecto.

4.3.1. COSTO DE ELEMENTOS

A continuación se detalla en la Tabla 4.2 los costos de los elementos utilizados para la construcción del prototipo de control

Descripción	Cantidad	Valor Unitario ($)	Valor Total ($)
Resistencias de 100kΩ	2	0.02	0.04
Resistencias de 300kΩ	1	0.02	0.02
Resistencias de 5.6kΩ	2	0.02	0.04
Resistencias de 2.2Ω	1	0.02	0.02
Capacitores de 0.33uF	1	0.07	0.07
Capacitores de 100nF	5	0.07	0.35
Capacitores de 10nF	1	0.07	0.07
Capacitores de 22pF	2	0.07	0.14
Diodos 1N4148	3	0.07	0.21
Borneras (2 Pines)	6	0.22	1.32
Pulsantes	1	0.11	0.11
Zócalo de 28 Pines	1	0.13	0.13
Microcontrolador ATmega168P	1	5.35	5.35
Cristal 8MHz	1	0.50	0.50
Cristal 3.57MHz	1	0.50	0.50
Jumper	1	0.02	0.02
Conector DB9-Macho	1	0.54	0.54
Conector DB9-Hembra	1	0.65	0.65
Regulador de Voltaje LM7809	1	0.49	0.49
Regulador de Voltaje LM7805	1	0.40	0.40
Zócalo de 18 Pines	2	0.11	0.22
Decodificador DTMF MT8870D	1	2.50	2.50
Driver ULN2803	1	0.80	0.80
Cable de Datos DCU-11	1	5.00	5.00
Teléfono Celular Sony Ericsson T290a	1	60.00	60.00
Caja Plástica (8x5.5x3cm)	1	2.80	2.80
Elaboración del Circuito Impreso	1	10.00	10.00
TOTAL			92.29

Tabla 4.2 Costo de Elementos

Los presentes valores fueron obtenidos del costo especificado en las facturas de compra de dichos elementos.

4.3.2. COSTO DE DISEÑO

A continuación se muestra en la Tabla 4.3 los costos relacionados al diseño de la aplicación.

Descripción	Cantidad	Valor Unitario ($)	Valor Total ($)
Recarga Telefónica	10	6.00	60.00
Horas de Trabajo	100	10.00	1000.00
TOTAL			1060.00

Tabla 4.3 Costo de Diseño

Se debe mencionar que el costo de la hora de trabajo de ingeniería es un valor referencial en el área.

4.3.3. COSTO TOTAL

Descripción	Valor Total ($)
Costo de Elementos	92.29
Costo de Diseño	1060.00
TOTAL	1152.29

Tabla 4.4 Costo Total del Prototipo

En el presente capítulo se ha verificado el cumplimiento de los objetivos del proyecto, mediante la confirmación del correcto funcionamiento del prototipo en un vehículo real.

Finalmente, se ha mostrado una tabla con los costos requeridos en la realización del prototipo.

En el siguiente capítulo se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones obtenidas como producto de la realización del proyecto.

CAPITULO 5:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES:

De los resultados obtenidos durante las pruebas se pueden extraer las conclusiones siguientes:

- Se tiene un intervalo de aproximadamente 10 segundos, desde el envío de un comando SMS al módulo de control y la llegada del SMS de respuesta al usuario. Se puede concluir que este retardo es aceptable para las condiciones de diseño de este proyecto.
- La efectividad del sistema de aviso/control del sistema de seguridad está limitada por la calidad de la cobertura de la red celular para la zona geográfica específica en la cual se encuentre operando el prototipo del proyecto, por lo cual se concluye que se deberá tomar en consideración este detalle si se desea operarlo en zonas rurales.
- El prototipo del proyecto puede fácilmente conectarse a la alarma vehicular estándar montada en un vehículo, debido a que fue diseñado de manera que pueda acoplarse a cualquier sistema de alarma comercial.
- Luego de efectuar las pruebas de campo correspondientes del sistema desarrollado, se puede afirmar que se ha cumplido con los objetivos propuestos para el proyecto.
- Se concluye que el proyecto es factible si se considera los factores anteriormente citados tales como poseer una buena señal de cobertura por parte de la operadora móvil.

5.2 RECOMENDACIONES:

De la experiencia obtenida durante la ejecución de éste trabajo se pueden obtener las recomendaciones siguientes:

- Se debe ocultar el módulo de control del sistema, de manera que éste sea difícilmente accesible. Sin embargo, el pulsador auxiliar de control se debe encontrar en un lugar no visible pero accesible al usuario.
- Se debe tener precaución del lugar donde va a ser ubicado el módulo de control, pues éste debe ser protegido de vibraciones excesivas y de condiciones ambientales extremas de temperatura y humedad.
- Si bien el sistema de control utiliza la misma batería del teléfono celular, es recomendable conectar al sistema una batería de respaldo de 12V, la cual se encargará de proveer de energía al sistema en caso de que la batería vehicular fuese desconectada.
- Con el objetivo de mejorar la captación de la señal en sitios de baja cobertura de la red celular, es recomendable la incorporación de una antena externa conectada al módem GSM, aunque ello encarecerá el prototipo.
- Para futuros diseños que incluyan la funcionalidad de GPS, es recomendable el uso de módems embebidos GSM/GPS, los cuales poseen un tamaño reducido.
- Con el objetivo de disminuir costos de operación es recomendable que el número celular del usuario y del módulo de control se encuentren en la misma operadora celular.
- Para futuros diseños es factible la implementación de sistemas que reduzcan los costos de operación, tales como el envío de solicitudes de llamada (como ejemplo el servicio *llámame que no tengo saldo de* Movistar) para el aviso al usuario si el sistema de alarma ha sido disparado.

BIBLIOGRAFÍA:

- Electronic Automotive Handbook/ Robert Bosch GmbH/ 1ª Ed. /2002
- Automobile Electrical & Electronic Systems/ Tom Denton/ 3ª Ed.
- http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-7038720-alarma-auto-gladiador-helmet-garantizada-_JM
- Manual Alarma Vehicular GENIUS G24A-METALICA
- GSM-GPRS: Orígenes y Evolución/ Luis Corrales, PhD/ Noviembre 2008
- GSM–Architecture, Protocols and Services/ Christian Hartmann/ 3ª Ed./2009
- Applications of The MT8870 Integrated DTMF Receiver/ Zarlink Semiconductor
- ITU-T Rec. Q.23 (11/88) Technical features of push-button telephone sets
- ITU-T Rec. Q.24 (11/88) Multifrequency push-button signal reception
- Sony Ericsson MD300 Mobile Broadband USB Modem / User Guide/ 2ª Ed./2008
- http://spanish.alibaba.com/product-free-img/gsm-modem-sonyericsson-gt47-108005859.html
- www.clubsonyericsson.com/products/t290/t290_offgroup.jpg
- http://www.edaboard.com/thread161795.html
- http://www.se900.ru/forum/index.php?showtopic=7783

- http://www.indicepedia.org/comprar/28097_Cable-de-datos-ORIGINAL-Sony-Ericsson-DCU-11-usb-A2628s-F500i-J200i-J300-J300i-K300-K300a

- 3GPP TS 27.007 Release 1999/AT command set for User Equipment (UE)/ Friedhelm Rodermund/Pag. 8

- MT8870 Integrated DTMF Reciver/Zarlink Semiconductors/March 1997 .

- Datasheet: Microcontroller AVR ATmega48P/88P/168P/328P

- Datasheet ULN2803/ 8 Chanel Darlington Driver/ Toshiba

ANEXOS