

**IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE
SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS**

**YEFERSON BEDOYA GIRALDO
CRISTIAN FELIPE SALAZAR GIRALDO
JHON FREDY MUÑOZ LOZANO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
INGENIERIA EN MECATRÓNICA
PEREIRA
2013**

**“IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE
SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS”**

**YEFERSON BEDOYA GIRALDO
CRISTIAN FELIPE SALAZAR GIRALDO
JHON FREDY MUÑOZ LOZANO**

Director:

Ing. MSc. Osiel Arbeláez Salazar

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar
al título de Ingeniero en Mecatrónica**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

INGENIERIA EN MECATRÓNICA

PEREIRA

2013

AGRADECIMIENTOS

ADiospor darnos cada día vida, salud, alimento, por permitir que cumplamos con nuestras metas y nuestros propósitos.

A nuestra familia que nos brinda su apoyo incondicional, apoyo económico, tiempo, afecto que creyeron en nosotros a pesar de las adversidades e inconvenientes que se nos presentaron en el transcurso de este camino.

Reconocimiento a las personas que de una u otra forma se hicieron partícipes en el desarrollo del trabajo de grado “implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS”. En especial al Ingeniero **Osiel Arbeláez Salazar**, director del proyecto.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| LISTA DE FIGURAS..... | 9 |
| LISTA DE TABLAS | 13 |
| LISTA DE ANEXOS..... | 14 |
| GLOSARIO | 14 |
| RESUMEN | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS..... | 18 |
| 1.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO..... | 19 |
| 1.3 FORMULACIÓN..... | 20 |
| 1.4 SISTEMATIZACIÓN..... | 20 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN..... | 20 |
| 1.6 OBJETIVOS | 21 |
| 1.6.1 OBJETIVO GENERAL..... | 21 |
| 1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 211 |
| 2.MARCO DE REFERENCIA | 222 |
| 2.1 MARCO HISTORICO | 222 |
| 2.1.1 SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR..... | 222 |
| 2.1.2 Parque automotor ciudad de Pereira..... | 222 |
| 2.1.3 Mecatrónica aplicada en sistemas de seguridad vehicular. | 233 |
| 2.2 MARCO CONTEXTUAL..... | 244 |
| 2.2.1 Contexto económico..... | 244 |
| 2.2.2 Contexto social..... | 255 |
| 2.2.3 Contexto cultural..... | 255 |
| 2.2.4 Contexto político..... | 255 |
| 2.2.5 Contexto organizacional..... | 266 |
| 3.MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL | 277 |
| 3.1 TELEMETRÍA..... | 277 |
| 3.2 CONTROL..... | 29 |
| 3.3 REDES MÓVILES CELULARES..... | 311 |
| 3.3.1 Historia de la telefonía móvil celular..... | 311 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2 Generaciones de la telefonía móvil celular TMC | 321 |
| 3.4 TECNOLOGIAS TMC..... | 343 |
| 3.5 TECNOLOGÍA GSM (GLOBAL SYSTEM MOBILE) | 344 |
| 3.5.1 Nodos de la red GSM | 366 |
| 3.5.2 Interfaz GSM. | 377 |
| 3.5.3 Uso de la tecnología GSM en transmisión de datos..... | 38 |
| 3.5.4 Ventajas de las RTU con GSM..... | 38 |
| 3.6 GENERAL PACKET RADIO SERVICE (GPRS)..... | 400 |
| 3.6.1 Arquitectura del protocolo..... | 432 |
| 3.7 FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR (TMC). | 433 |
| 3.8 TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO..... | 455 |
| 3.9 MODULO GSM/GPRSSM5100B | 49 |
| 3.10 COMANDOS AT..... | 53 |
| 3.11 SMS | 54 |
| 3.11.1 Servicio SMS. | 54 |
| 3.11.2 Arquitectura de red. | 56 |
| 3.11.3 Nivel SM-TL y protocolo SM-TP. | 58 |
| 4. MODELO TEORICO | 60 |
| 4.1 CONTROL..... | 60 |
| 4.2 MONITOREO DESISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR..... | 68 |
| 5. CONCRECION DEL MODELO..... | 76 |
| 5.1 IMPLEMENTACION Y MONTAJE:..... | 79 |
| 6. DISEÑO METODOLOGICO | 87 |
| 7. CONCLUSIONES | 89 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS | 90 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA | 92 |
| 10. ANEXOS | 93 |
| 10.1 INSTALACIÓN DEL ARDUINO UNO EN WINDOWS | 93 |
| 10.2 SENSOR DE CO MQ7..... | 98 |
| 10.3 ACELERÓMETRO..... | 105 |
| 10.4 ANTENA..... | 1098 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Telemetría por medio de la Telefonía Móvil Celular..... | 28 |
| Figura 2. Ejemplo de sistema de control ON-OFF..... | 30 |
| Figura 3. Tipo de servicios ofrecidos por las redes desde 2G hasta 3G..... | 33 |
| Figura 4. Arquitectura de la red GSM..... | 36 |
| Figura 5. Frame GSM..... | 37 |
| Figura 6. Campos de aplicación de las RTU con GSM..... | 39 |
| Figura 7. Arquitectura del sistema GPRS..... | 41 |
| Figura 8. Ejemplo de ruteo en una red GPRS | 42 |
| Figura 9. Plano de transmisión GPRS..... | 42 |
| Figura 10. Las celdas diseñadas como hexágonos..... | 43 |
| Figura 11. Esquema Arduino Uno..... | 48 |
| Figura 12. Tarjeta de desarrollo Arduino Uno..... | 48 |
| Figura 13. Módulo GSM/GPRS SM5100B..... | 50 |
| Figura 14. Módulo GSM/GPRS ensamblado..... | 50 |
| Figura 15. Esquema módulo GSM/GPRS..... | 51 |
| Figura 16. Conexión módulo GSM..... | 52 |
| Figura 17. Centro de servicios SMS 1..... | 54 |
| Figura 18. Centro de servicios SMS 2..... | 55 |
| Figura 19. Servicio SMS SM MO y MT..... | 56 |
| Figura 20. Arquitectura de la red..... | 57 |
| Figura 21. Arquitectura de red en 4 capas..... | 58 |
| Figura 22. Capa SMTL..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Figura 23. Control del Módulo GSM/GPRS SM5100B..... | 60 |
| Figura 24. Arduino y cable de conexión al ordenador..... | 61 |
| Figura 25. IDE de Arduino..... | 62 |
| Figura 26. Programa de muestra..... | 63 |
| Figura 27. Selección del puerto en herramientas del entorno Arduino software..... | 63 |
| Figura 28. Herramientas de fácil acceso..... | 64 |
| Figura 29. Herramientas de fácil acceso..... | 65 |
| Figura 30. Circuito para la parte Control y Sensores..... | 66 |
| Figura 31. Esquemático sensor CO..... | 67 |
| Figura 32. Acelerómetro..... | 67 |
| Figura 33. Envío de información SMS..... | 68 |
| Figura 34. Módulo GSM/GPRS SM5100B..... | 70 |
| Figura 35. Esquema SM5100B..... | 71 |
| Figura 36. Diagrama de bloques..... | 72 |
| Figura 37. Programa terminal..... | 74 |
| Figura 38. Diagrama de la estructura general del programa | 76 |
| Figura 39. Diseño completo del Prototipo | 77 |
| Figura 40. Módulo SM5100B..... | 77 |
| Figura 41. Arduino UNO..... | 78 |
| Figura 42. Orden de ensamble | 78 |
| Figura 43. Conexión a borneras..... | 79 |
| Figura 44. Esquemático Conexión al microcontrolador..... | 80 |

| | |
|---|-----|
| Figura 45. Acelerómetro..... | 80 |
| Figura 46. Esquemático sensor CO..... | 81 |
| Figura 47.Muestra de ensamble..... | 82 |
| Figura 48.Ensamble prototipo | 83 |
| Figura 49.Implementación del Sistema para el Vehículo..... | 93 |
| Figura 50. Administrador de dispositivos en Windows XP..... | 94 |
| Figura 51.Abrir driver de comunicación..... | 94 |
| Figura 52.Configuración..... | 95 |
| Figura 53Instalación driver de comunicación..... | 95 |
| Figura 54.Búsqueda de carpeta contenedora..... | 96 |
| Figura 55.Selección de archivo contenedor del driver de comunicación..... | 96 |
| Figura 56.Aceptar búsqueda de archivo..... | 97 |
| Figura 57.Advertencia de software..... | 97 |
| Figura 58 Completar proceso..... | 98 |
| Figura 59.Dispositivo instalado y comunicándose con el ordenador..... | 99 |
| Figura 60: Sensor MQ7..... | 100 |
| Figura 61: Circuito básico CO..... | 102 |
| Figura 62.Esquemático sensor MQ-7..... | 103 |
| Figura 63.Circuito de medida de parámetro eléctrico..... | 103 |
| Figura 64.Ccaracterística de sensibilidad del MQ-7..... | 104 |
| Figura 65.Muestra la dependencia del MQ-7 en temperatura y humedad..... | 104 |
| Figura 66.Señal medida mediante el uso de un circuito de salida..... | 105 |
| Figura 67.Esquemático acelerómetro..... | 106 |

Figura 66. Esquema Acelerómetro.....107

Figura 67. Antena GSM/850.....108

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Ingreso por Matrícula y Radicación..... | 23 |
| Tabla 2. Características Arduino..... | 45 |
| Tabla 3. Listado de componentes..... | 69 |
| Tabla 4. Norma condición de trabajo..... | 101 |
| Tabla 5. Condiciones para el Medio Ambiente..... | 101 |
| Tabla 6. La sensibilidad característica..... | 101 |

GLOSARIO

AUTOMATIZACIÓN: (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

GSM: (*Global System for Mobiles*) Estándar paneuropeo para la constitución de redes telefónicas móviles celulares, creado por la CEPT y que utiliza el estándar ETSI en la banda 900 MHz

RTU: Proviene de las siglas "*Supervisory Control And Data Acquisition*". Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

GPRS: *General Packet Radio Service*. Tecnología de transmisión de voz y datos en terminales móviles. Algo más avanzado que el GSM y que funciona mediante la conmutación de paquetes entre el terminal (móvil) y la antena.

RF: El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.

ACTUADOR: Se denominan actuadores aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado, el actuador recibe la orden de un controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son motores, lámparas o válvulas.

CONTROL: Es tener bajo supervisión una variable de un determinado proceso, la cual al final arroja un resultado, dicho resultado llega a un controlador y compara el resultado obtenido al final del proceso con un valor predeterminado y así lograr corregir el margen de error al final del proceso.

CPU: Unidad central de procesamiento (Central Processing Unit).

EMISOR: Es aquel objeto que codifica un mensaje y lo transmite por medio de un canal o medio hasta un receptor.

ESTÁNDAR: Es un sistema de reglas preestablecidas, condicionales, o requisitos referentes a definiciones de términos.

HERTZ: Es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas radioeléctricas y correspondientes a un ciclo por segundo. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

IEEE: Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electricistas.

IEEE 802.15.4: Es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate Wireless personal área network, LR-WPAN).

MODULO: Es un componente auto controlado de un sistema, dicho componente posee una interfaz bien definida hacia otros componentes; algo es modular si está construido de manera tal que se facilite su ensamble, acomodamiento flexible y reparación de sus componentes.

SENSOR: Es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad, luminosa, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, ph, etc.

RADIOFRECUENCIA: También denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética de espectro electromagnético, situada entre unos 3Hz y unos 300 GHz.

RECEPTOR: Es aquel encargado de recibir una señal o código emitido por un transmisor o emisor.

TOPOLOGÍA DE RED: La topología de una red es el arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos o nodos de una red (computadores, impresoras, servidores, switches, enrutadores, etc.) Se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación. Las topologías de red básicas son (estrella, árbol y malla).

RESUMEN

En los últimos años ha sido impresionante la demanda de sistemas de seguridad vehicular, debido a la gran oferta y demanda de automotores de gama media y alta que salen al mercado a diario y ya que son los más codiciados y perseguidos en el tema del hurto.

Estos sistemas de seguridad vehicular están yendo un paso más allá en la prevención de robos. Son algo más que un sonido estridente que se pone en marcha cuando el vehículo es invadido. Un sistema de seguridad debe estar en capacidad de notificar al dueño de forma remota vía celular, cuando ésta es activada; Además proporcionar la habilidad de controlar el vehículo a distancia.

El sistema de seguridad que se tuvo bajo estudio, ha demostrado desde su definición y actual implementación ser eficiente en cuanto al aprovechamiento de recursos de radio se refiere y ha satisfecho de cierta forma las velocidades del usuario en cuanto a cobertura e información del sistema a controlar en tiempo real.

Basándonos en la velocidad de transmisión que se desea ofrecer al usuario, el sistema de seguridad vehicular que se va a proporcionar, obtiene el mayor porcentaje de eficiencia posible.

Esta tesis se deja como base para futuros estudios y extrapolaciones de este método para sistemas celulares o de redes inalámbricas de nuevas generaciones cuyo funcionamiento sea similar o controlado a través de redes GPRS.

Por otro lado cabe mencionar que el desarrollo de este estudio se logró hacer de manera exitosa, obteniendo los recursos previos que se listan en este documento.

La parte de control de todo el sistema estará embebida en un micro controlador en el cual estarán todos los algoritmos de programación para la correcta activación y puesta a punto del proyecto.

En cuanto al desarrollo del prototipo se llevará a cabo los siguientes pasos:

- Comprensión del proceso a automatizar.
- Redacción del listado de componentes necesarios para el producto final.
- Adquisición de circuitos electrónicos.
- Verificación y ensayo del funcionamiento del producto final.
- Instalación y puesta a punto del producto final.

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos que ha registrado mayor evolución en los últimos años, han sido los sistemas de telecomunicación, especialmente la telefonía móvil, que día tras día ofrece más servicios a los usuarios. Por ejemplo la telefonía IP, paquetes de datos, redes Wi-Fi, mensajes de texto, mensajes multimedia, bluetooth, reproductores de música y videos, televisión análoga, banca virtual, sistemas de información, entre otros.

Según InfoneticResearch, los operadores de telefonía móvil se convierten cada vez más en proveedores de servicios multimedia integrados, generando soluciones de voz y datos para empresas, público general y redes en casa. De esta forma, intentan atender la demanda cada vez mayor de los usuarios, que en 2013 llegarán a ser 630 millones en América latina y 5.750 millones en todo el mundo.

Dentro del panorama de las comunicaciones, aparecen los sistemas de transmisión de datos inalámbricos, estos sistemas son particularmente apropiados para aplicaciones de telemetría o de computadoras portátiles, lo cual permite movilidad, con las ventajas de estar conectados a una red.

El presente trabajo implementó un prototipo de telemetría, control y monitoreo en un sistema de seguridad para vehículos, utilizando como medio de comunicación las redes móviles, a través de una llamada al número del vehículo podrá obtener controles del mismo tales como: activar o desactivar la alarma, abrir o cerrar los seguros, encender o apagar el vehículo, el aire acondicionado, abrir la bodega o el capo, solicitar información de variables físicas del vehículo como la temperatura, niveles de gasolina o aceite. La información de su estado se envía por mensajes de texto al teléfono móvil del usuario.

El trabajo presentado no solo brinda una excelente oportunidad para contribuir al crecimiento del portafolio de servicios de la telefonía móvil, en el que se puede extender a campos en vía de desarrollo como la seguridad, la telemetría y el control, sino que además contribuye a la economía del País.

El sector de las telecomunicaciones en Colombia, como ha sucedido en muchos países del mundo, es un sector que aporta importantes recursos al Producto Interno Bruto (PIB) y que generalmente ha presentado crecimientos superiores al promedio de la economía nacional.

Se plantea entonces como proyecto de grado, la propuesta “IMPLEMENTACIÓN CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS”; la cual está organizada por capítulos, y se encuentran distribuidos de la siguiente manera: en el capítulo I se describe la formulación del proyecto. En el capítulo II se describe el marco histórico y contextual. En el capítulo III se describe la teoría base del proyecto. En el capítulo IV se hace referencia al diseño con base en la teoría. En el capítulo V se describe la implementación con base al diseño y finalmente se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE
SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS**

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los sistemas de alarmas comunes no permiten tener un control total del usuario sobre el estado del vehículo, ya que dependen de la emisión de señales audibles en un rango limitado para su alcance. Otros sistemas de alarmas permiten tener el control de activación de la alarma y bloqueos por medio de radio frecuencias, en el que si se llegara a presentar un evento envía información sobre la activación al control de la alarma con un alcance aproximado de 500 metros, siendo muy limitados en el control a grandes distancias y solicitud de información adicional que requiera el usuario. Cabe resaltar que existen alarmas con algunas características similares en cuanto a distancia soportada en redes móviles, pero con las desventajas de ser muy costosas por consiguiente poco accesibles.

Este proyecto surgió de la necesidad de diseñar un prototipo de un sistema de seguridad para vehículos con la ventaja adicional de obtener información sobre el estado actual del mismo, por medio del teléfono celular del usuario soportado con la tecnología GSM y recepción de la información a través de un mensaje de texto SMS. Lo cual permitirá el control de otras variables como control del nivel de gasolina, temperatura, entre otros.

Otro aspecto que tiene gran importancia, es el relacionado con el medio ambiente ya que teniendo en cuenta el avance tecnológico del sistema de telefonía celular y sus dispositivos móviles, ha generado que la contaminación electrónica por dispositivos celulares incrementa causando efectos negativos sobre el medio ambiente ya que no se ha creado esa conciencia sobre el impacto que esto puede generar.

1.2 PLANTEAMIENTO

La inseguridad y el robo de vehículos, con sistemas de alarmas que no le permite a los propietarios un control personalizado, plantea la posibilidad de desarrollar, implementar o crear nuevas soluciones utilizando los diferentes tipos de tecnología y medios que están disponibles.

Actualmente este valor agregado para la seguridad eficiente solo puede ser adquirido por personas que tienen buena capacidad económica. Es por esta razón que la mayoría de los usuarios de vehículos utilizan alarmas convencionales con un mínimo grado de seguridad en un país en que las cifras de crecimiento de

robovehicular han incrementado. Con las redes de comunicación móvil a través de tecnología GSM/GPRS, se pretende hacer un uso eficiente mediante la realización de un sistema de seguridad vehicular y mejorar la calidad del servicio que recibe el usuario. Para lo cual, en primera instancia se debe conocer la arquitectura de la red y el protocolo correspondiente para poder hacer el análisis básico requerido y así poder obtener un sistema de seguridad vehicular que sea verdaderamente útil para el usuario al sacarle el mayor provecho a esta tecnología.

Sin embargo, pocos son los desarrollos que se hacen al respecto. En general, en los estudios o documentos solo se muestra información sobre cómo opera el protocolo pero pocos son aquellos que hacen referencia a la realización y al funcionamiento del mismo.

Es por esto que surge la necesidad de desarrollar un sistema de seguridad vehicular con tecnología GSM/GPRS que sea eficiente, confiable, económico y con tecnología de punta al servicio del usuario.

1.3 FORMULACIÓN

¿Cómo diseñar un sistema de seguridad capaz de controlar y monitorear un vehículo por redes GSM/GPRS?

1.4 SISTEMATIZACIÓN

- ¿Será posible implementar una estrategia de control adecuada para monitorear el vehículo por vía GSM/GPRS?
- ¿Será posible comunicar dispositivos electrónicos dentro de un vehículo?
- ¿Será posible integrarlos?

1.5 JUSTIFICACIÓN

El sistema de seguridad vehicular basado en una red GSM/GPRS lleva a un paso más allá, que al solo hecho de ser un sonido estridente que se pone en marcha cuando el vehículo es invadido, proporciona seguridad con la ventaja adicional de obtener información sobre el estado actual del mismo, por medio del teléfono celular del usuario soportado con la tecnología GSM y recepción de la información a través de un mensaje de texto SMS. Lo cual permitirá el control de otras variables como control del nivel de gasolina, temperatura, entre otros.

GSM/GPRS presenta las siguientes ventajas: tiene un menor consumo energético, un tiempo de respuesta instantáneo, permite la comunicación inalámbrica omnidireccional fiable y de dos vías, agilidad de canales para una mejor coexistencia con otras tecnologías inalámbricas de 2,4 GHz, permite una instalación y configuración sencilla. Por las ventajas que presenta *GSM/GPRS* despertó el interés de la realización del proyecto, posee unas características que lo hacen único, ofrece como punto de mayor diferenciación un completo sistema de seguridad para vehículos automotores, más eficaz, eficiente, económico y funcional, además de ser completamente adaptable a las necesidades de cada usuario.

Está diseñado según las normas internacionales y redes de comunicación, además; cuenta con la innovación en estrategia de seguridad al añadir un producto de gran manejo y personalización como es el celular, siendo así el medio más cómodo y seguro para obtener información de su vehículo, facilitando por medio de esta interfaz el acceso a la información en tiempo real, obteniendo información rápida y exacta de la posición y condiciones de su vehículo automotor.

También da un aporte al medio ambiente en la disminución de la contaminación electrónica situación que se está agravando mundialmente, reutilizando antiguos teléfonos celulares que soporten el estándar GSM, adaptándolos electrónicamente para su funcionamiento en el prototipo.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General. Implementar, controlar y monitorear un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Seleccionar los protocolos de comunicación que permitan un canal bidireccional de información de los diferentes dispositivos.
- ✓ Estudiar e implementar una estrategia de control adecuada para el manejo de dispositivos al interior y fuera del vehículo.
- ✓ Integrar diferentes dispositivos electrónicos que permitan mayor información acerca del estado del vehículo.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO HISTÓRICO

2.1.1 Sistema de seguridad vehicular. Existen en el mercado infinidad de sistemas de seguridad para los automóviles como seguros para bloquear el volante o la palanca de cambios, alarmas con sonido y cambios de luz, dispositivos anti-robos, inmovilizadores o mecanismos de corte de combustible, sistemas de posicionamiento global (GPS) y alarmas corta corrientes, entre otros.

Lo que resulta importante es estar bien informado sobre todas las opciones que se tiene para asegurar el vehículo, ya sea que se decida por una en específico, o bien se pueda alternar entre dos o más dispositivos.

Los modelos de sistemas de seguridad vehicular pueden contar con mandos bidireccionales, junto con inmovilizadores, estos sistemas de alarma cuentan con un sistema de comunicación muy eficiente entre el dispositivo y la central de mando.

Los sistemas de seguridad vehicular que cuentan con sistemas de rastreo y mandos bidireccionales son sistemas que se imponen actualmente en el mercado colombiano, ya que no sólo permiten ver qué está sucediendo con el vehículo sino que también brindan un servicio adicional de localización; Mediante estos sistemas es posible estar tranquilos, ya que le permite al propietario tener control de sus actividades por medio de su teléfono celular, brindándole comodidad y alcance en cualquier parte del país donde exista cobertura de telefonía celular.

Actualmente este valor agregado para la seguridad eficiente solo puede ser adquirido por personas que tienen buena capacidad económica son dispositivos costosos y por lo tanto poco accesibles. Es por esta razón que la mayoría de los usuarios de vehículos utilizan alarmas convencionales con un mínimo grado de seguridad en un país en que las cifras de crecimiento de robo vehicular han incrementado.

2.1.2 Parque automotor ciudad de Pereira. El incremento del parque automotor general entre los años 2007 y 2011 fue del 36,7%; y en forma particular los vehículos livianos del 20,3%, motos del 71,3% llegando a 47.021 y 38.311

vehículos respectivamente¹. Adicionalmente, la tasa de motorización (Vehículos / 1000 ha) para la Ciudad es de 199; vehículos livianos 110 y motos 89. De allí la urgencia de tomar medidas de todo tipo para regular el tránsito de esta cantidad de vehículos y motocicletas.

Tabla 1. Ingreso por Matrícula y Radicación.

| Año | Autos | Campero | Camioneta | Moto | Microbús | Buseta | Bus | Total |
|------|--------|---------|-----------|--------|----------|--------|-----|--------|
| 2007 | 26.156 | 5.875 | 7.041 | 22.363 | 481 | 756 | 478 | 65.419 |
| 2008 | 27.839 | 6.162 | 7.266 | 26.142 | 528 | 699 | 465 | 71.335 |
| 2009 | 29.773 | 6.535 | 7.576 | 32.853 | 558 | 610 | 534 | 80.762 |
| 2010 | 32.079 | 7.010 | 7.932 | 38.311 | 571 | 553 | 526 | 89.455 |

Fuente: Subdirección de Telemática e Informática Instituto de Tránsito de Pereira.

2.1.3 Mecatrónica aplicada en sistemas de seguridad vehicular. En el pasado, la división del trabajo propició el ambiente para la primera revolución industrial que trajo como consecuencia el desarrollo de la sociedad y, en especial, el desarrollo de los países que crearon máquinas para el aumento de la cantidad y calidad de los productos de consumo masivo. A mediados de los años cuarenta del siglo pasado, la introducción del transistor semiconductor inicia la segunda revolución industrial, la miniaturización de los componentes electrónicos acoplados en circuitos integrados, dio origen al computador digital, un producto que cambió la mentalidad en la industria y en la sociedad.

En esas dos épocas, los países que emplearon, pero especialmente que produjeron las tecnologías, se pusieron a lavanguardia de la sociedad.

En la actualidad, la Mecatrónica es un concepto nuevo en torno a las tecnologías, que concita los productos específicos en esas dos revoluciones: la integración de

las máquinas a los computadores digitales, para crear un nuevo ambiente en el tercer milenio.

Históricamente pueden distinguirse tres etapas en la evolución de la Mecatrónica.

La primera etapa corresponde a la introducción de la palabra en el medio industrial y su aceptación; se caracteriza porque cada una de las tecnologías que la integran se desarrolla independientemente.

La segunda etapa se inicia a comienzos de los años 1980s, y se caracteriza por la integración sinérgica de sus diferentes tecnologías (como la integración de la óptica a la electrónica para conformar la opto electrónica y el diseño integrado de hardware/software).

La tercera etapa puede considerarse como la que inicia la era de la Mecatrónica, y se basa en el desarrollo de la inteligencia computacional y los sistemas de información.

Una característica importante de esta última etapa es la miniaturización de los componentes en forma de micro actuadores y micro sensores, integrados en sistemas micro electromecánicos o en micro Mecatrónica.

La Mecatrónica es la integración de la ingeniería mecánica con la ingeniería eléctrica y electrónica, basada en el control inteligente computarizado para el diseño y manufactura de productos y procesos tales como un sistema de seguridad vehicular.

2.2 MARCO CONTEXTUAL

2.2.1 Contexto económico. Actualmente la telefonía celular se caracteriza por ser uno de los negocios más grandes y rentables del mundo, ya que con los avances de la tecnología, los usuarios cada vez tienen más oportunidades de adquirir nuevos y avanzados servicios en sus teléfonos celulares.

Es por eso que este proyecto puede ser un gran aporte al portafolio de servicios que adquieren los usuarios de la telefonía celular ya que por medio de éste, se brinda la oportunidad de adquirir un sistema de seguridad para sus vehículos, con la ventaja de facilitarle información adicional sobre el estado actual del vehículo, todo a través de un mensaje de texto, permitiéndole al usuario tener un mejor control y programar sus actividades de acuerdo a lo que debe hacer después de obtener esta información.

2.2.2 Contexto social. Uno de los principales motivos para el desarrollo de este proyecto fue la carencia de opciones que ofrecen las alarmas comunes, que han sido instaladas en la mayoría de los vehículos en Colombia, estas no brindan al usuario la información necesaria del estado de su vehículo y por consiguiente se observa con frecuencia que la alarma se activaba y el propietario tiene que estar cerca de su carro o no podría escuchar el sonido de la alarma.

De acuerdo a datos reportados por el Departamento de Investigación Judicial – DIJIN, en Colombia han aumentado los robos de vehículos. Es esta una de los aportes en lo social de este proyecto, el cual pretende dar una alternativa de mayor seguridad y monitoreo constante de su vehículo, sin importar el lugar donde se encuentre, permitiéndole actuar de una manera rápida ante cualquier novedad.

2.2.3 Contexto cultural. El significado de la evolución tecnológica entraña cambios tales que exige una reflexión sobre la adecuación o inadecuación de las culturas tecnológicas que se presentan en los diferentes campos de la sociedad resultado de este avance, por ello se puede deducir que el entorno en el que el hombre vive forma parte de su cultura y la tecnología impacta en la forma en que éste se desarrolla.

En cuanto al contexto cultural de este proyecto fue dirigido a las nuevas culturas tecnológicas que se están viviendo en nuestro país. Teniendo en cuenta que cada vez es más fácil acceder a los medios tecnológicos que se han desarrollado en el mundo para las comunicaciones, recreación, información, interacción, etc.

Hoy en día los teléfonos móviles celulares, ofrecen diferentes servicios para sus clientes, y con el fin de contribuir con estos nuevos servicios se presenta este proyecto para que los usuarios y propietarios de vehículos puedan tener información y control por medio de sus TMC.

2.2.4 Contexto político. Los retos que se plantean para el país en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación -CTI-, son diversos y cambiantes, entre ellos se cuentan: la competitividad, la búsqueda de alternativas tecnológicas para la generación de empleo y la respuesta desde el conocimiento a problemas geopolíticos y neo económicos como el aprovechamiento y protección de la biodiversidad. Por esta razón, Colciencias a través del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología -SNCTI, plantea una política que se construye permanentemente de manera participativa por parte de la comunidad científica, instituciones gubernamentales y la sociedad civil.

En Colombia la construcción permanente de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación ha tenido como resultados: el apoyo a la consolidación de investigación en universidades, centros y grupos de investigación; la formación de recursos humanos; el apoyo a la innovación: articulación del sistema; y el desarrollo de la información.

Por tal razón este proyecto tiene mucho futuro, porque las políticas del país, han permitido el desarrollo de nuevas aplicaciones para la tecnología en este caso en la telefonía móvil celular.

2.2.5 Contexto organizacional. Las tecnologías y en especial las telecomunicaciones tienen un gran impacto sobre las organizaciones, su funcionamiento y estructuración ante otras organizaciones determinan el comportamiento de las empresas hacia el futuro. La tecnología se convirtió en sinónimo de eficiencia y actualmente se está constituyendo como un factor importante de normatividad apuntando siempre a la calidad, evaluándose continuamente para el mejoramiento a futuro.

La tecnología crea incentivos en todas las empresas, para ser cada vez más eficientes y eficaces. La tendencia actual es automatizar los procesos de tal forma que se facilite el trabajo que se realiza en la organización, la búsqueda de la calidad, el posicionamiento del producto en el mercado, la presencia en el ámbito mundial, esto sin duda alguna requieren de la adopción de las tecnologías por todos los miembros de la organización, sin importar la generación.

No basta con adquirir la tecnología, también se requiere de la actitud y disposición del personal para lograr incrementar la productividad, alcanzando los objetivos gerenciales de la organización los cuales son la razón de ser y existir de las instituciones.

3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

3.1 TELEMETRÍA

Es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. La palabra telemetría procede de las palabras griegas tele ("lejos") y metrón ("medida").

La telemetría es una de las áreas de la ingeniería que está orientada a la medición de cualquier cantidad física, utilizando interfaces electrónicas que conectadas a través de alguna línea de transmisión ya sea un medio guiado o no guiado permiten enviar la información a un centro de gestión. Gracias a la telemetría, la tele gestión es posible en los procesos industriales porque a partir de estos datos transmitidos se puede realizar un procesamiento adecuado para obtener modelos estadísticos de comportamiento del sistema, y según el análisis de toda la información, los procesos van mejorando cada vez más y esto conlleva a un mejoramiento continuo dentro de la compañía que posea un sistema de telemetría y tele gestión de distintas variables para cualquier proceso industrial. En el que también se debe ligar con la instrumentación.

La instrumentación es un campo de la ingeniería desarrollado para que todos los procesos, automatizados o no, funcionen de acuerdo con parametrizaciones, las cuales se basan en máquinas diseñadas por el hombre; para entender la variación de los distintos fenómenos físicos dentro de un proceso, y de acuerdo con ello tomar la posición preventiva o correctiva dentro de un modelo de gestión.

También se puede decir que la Telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de telemetría han sido la recopilación de datos del clima, supervisión de plantas de generación de energía y hacer el seguimiento de vuelos espaciales tripulados y no tripulados.

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos.

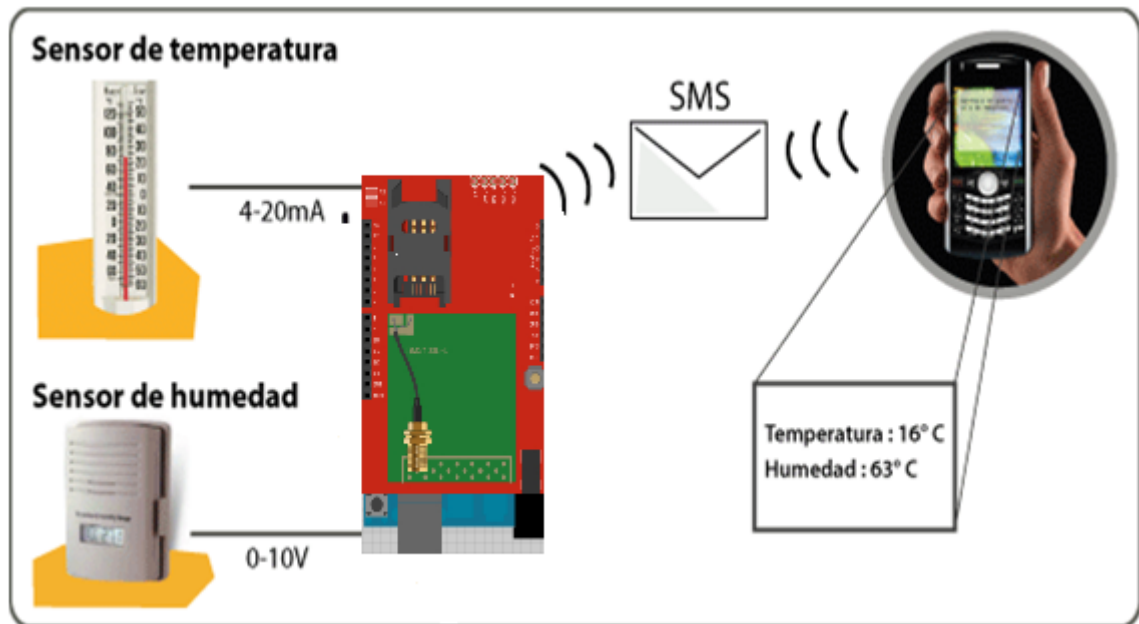
El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro; En el que se pueden hacer diferentes desarrollos.

El uso de la telemetría en el área aeronáutica se remonta a la década de 1930, cuando se utilizó un globo como equipo para recopilar datos sobre las condiciones atmosféricas. Esta forma de telemetría se amplió para su uso en los satélites de observación en la década de 1950.

La Telemetría en la biomedicina, busca fundamentalmente recopilar datos provenientes de los órganos internos de un paciente a través de los dispositivos que se implantan quirúrgicamente dentro de ese órgano. Otro apasionante campo de aplicación es el de la oceanografía, que implica la recopilación de datos remotamente relacionadas con los aspectos bajo el mar, como la composición química de las rocas submarinas o su comportamiento sísmico.

A continuación se muestra un esquema de la telemetría celular, parte fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Figura 1. Telemetría por medio de la Telefonía Móvil Celular.



Fuente. Autor

3.2 CONTROL

Los **sistemas de control** son aquellos dedicados a obtener la salida deseada de un sistema o proceso. En un sistema general se tienen una serie de entradas que provienen del sistema a controlar, llamado planta, y se diseña un sistema para que, a partir de estas entradas, modifique ciertos parámetros en el sistema planta, con lo que las señales anteriores volverán a su estado normal ante cualquier variación.

El control por realimentación tiene una larga historia que comenzó con el deseo primordial de los seres humanos de dominar los materiales y las fuerzas de la naturaleza en su provecho. Los primeros ejemplos de dispositivos de control incluyen los sistemas de regulación de relojes y los mecanismos para mantener los molinos de viento orientados en la dirección del viento. Las plantas industriales modernas poseen sofisticados sistemas de control que son cruciales para su operación correcta.

Un mejor control es la clave tecnológica para lograr productos de mayor calidad, minimización de desperdicios, protección del medio ambiente mayor rendimiento de la capacidad instalada mayores márgenes de seguridad.

La interconexión de sensores y actuadores requieren el uso de sistemas de comunicación. Una planta típica va a tener miles de señales diferentes que deben ser transmitidas a largas distancias. Así, el diseño de sistemas de comunicación y sus protocolos asociados es un aspecto cada vez más importante de la ingeniería de control moderna.

En los sistemas de control modernos la interconexión de sensores y actuadores se hace invariablemente a través de una computadora de algún tipo. Por lo tanto, los aspectos computacionales son necesariamente una parte del diseño general. Los sistemas de control actuales usan una gama de dispositivos de cómputo, que incluyen *DCS (sistemas de control distribuido)*, *PLC (controladores lógicos programables)*, *PC (computadoras personales)*, entre otros.

La salida del controlador *ON-OFF*, o de dos posiciones, solo puede cambiar entre dos valores al igual que dos estados de un interruptor. El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia dado pues el controlador produce una continua desviación del valor de referencia.

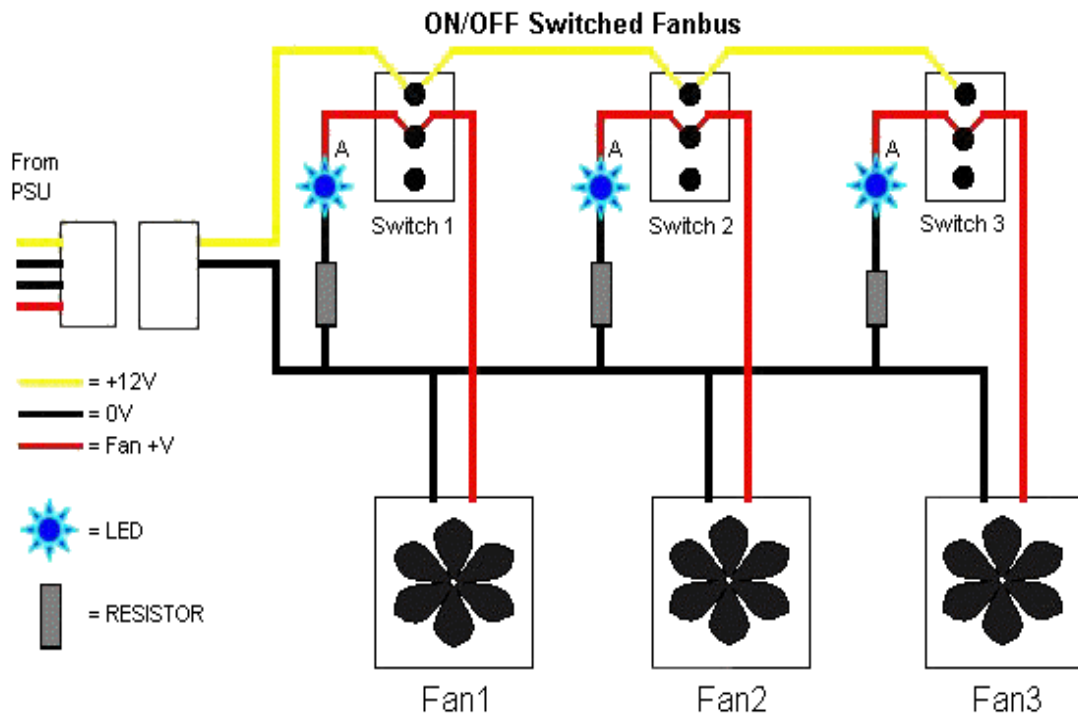
La acción del controlador de dos posiciones tiene un simple mecanismo de construcción, por esa razón este tipo de controladores es de los de más amplio uso, y comúnmente utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

Los controladores mecánicos de dos posiciones normalmente poseen algo de histéresis, por el contrario los controladores electrónicos usualmente funcionan sin histéresis, la cual está definida como la diferencia entre los tiempos de apagado y encendido del controlador.

Para determinar la regulación del controlador, son importantes los parámetros amplitud y período de tiempo de la oscilación. La oscilación depende de muchos factores, el período de tiempo está en función del tiempo muerto del sistema y la posible histéresis del controlador. La histéresis también está directamente influenciada por la amplitud de la oscilación la cual es adicionalmente dependiente de los valores del factor de histéresis y la magnitud del escalón en la variable de entrada.

A continuación se presenta en la Figura 2 un sistema de control *On-Off*, donde las cargas en este caso son unidades de ventiladores.

Figura 2. Ejemplo de Sistema de Control On-Off.



www.bit-tech.net

Fuente. Autor

3.3 REDES MÓVILES CELULARES

En 1981, los países nórdicos introdujeron un sistema celular similar a *AMPS (Advanced Mobile Phone System)*. Por otro lado, en Estados Unidos, gracias a que la entidad reguladora de ese país adoptó reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en 1983 se puso en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago.

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad (2400 bauds). En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en *FDMA, Frequency Division Multiple Access*). La tecnología predominante de esta generación es *AMPS (Advanced Mobile Phone System)*.

3.3.1 Historia de la telefonía móvil celular. Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono, en 1973, en Estados Unidos, mientras trabajaba para Motorola; pero no fue hasta 1979 cuando aparecieron los primeros sistemas comerciales en Tokio, Japón por la compañía NTT.

En 1981, los países nórdicos introdujeron un sistema celular similar a *AMPS (Advanced Mobile Phone System)*. Por otro lado, en Estados Unidos, gracias a que la entidad reguladora de ese país adoptó reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en 1983 se puso en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago.

Con ese punto de partida, en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica. La tecnología tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio. En ese sentido, hubo la necesidad de desarrollar e implantar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales, con el objeto de darles cabida a más usuarios. Para separar una etapa de la otra, la telefonía celular se ha caracterizado por contar con diferentes generaciones. A continuación, se describe cada una de ellas.

3.3.2 Generaciones de la telefonía móvil celular TMC

Primera generación (1G). La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz.

La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad (2400 bauds). En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en *FDMA*, *Frequency Division Multiple Access*) y, además, la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es *AMPS* (*Advanced Mobile Phone System*).

Segunda generación (2G). La 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. EL sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: *GSM* (*Global System por Mobile Communications*); *IS-136* (conocido también como *TIA/EIA136* o *ANSI-136*) y *CDMA* (*Code Division Multiple Access*) y *PDC* (*Personal Digital Communications*), éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas por voz, pero limitados en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS. La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación, en Estados Unidos y otros países se le conocen a 2G como *PCS* (*Personal Communications Services*).

Generación 2.5G. Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a la 3. La tecnología 2.5G es más rápida, y más económica para actualizar a 3G.

La generación 2.5G ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas 2G, como: *GPRS* (*General Packet Radio System*), *HSCSD* (*High Speed Circuit Switched*), *EDGE* (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*), entre otros.

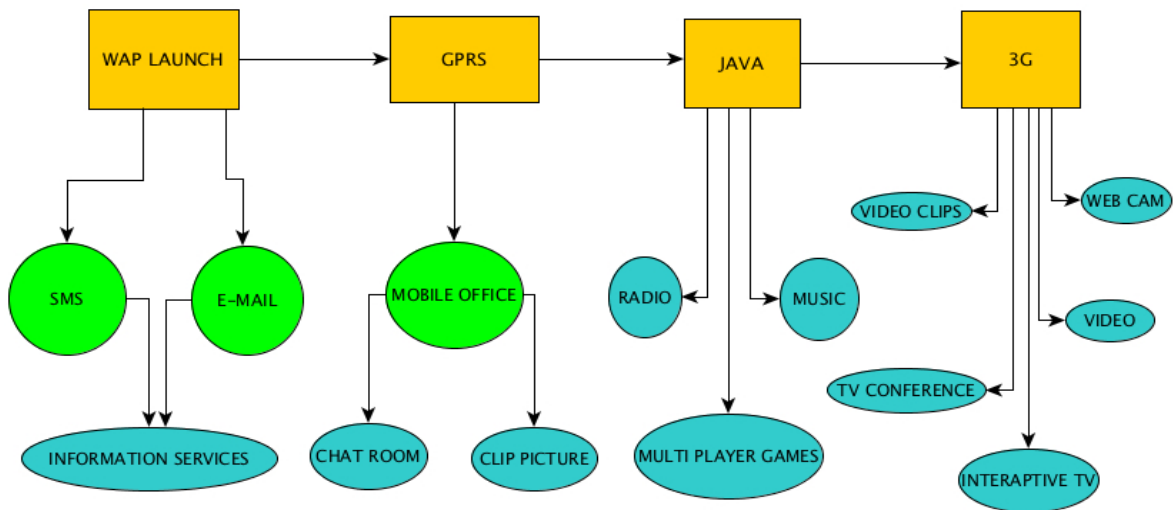
Tercera generación 3G. La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por

nombrar algunos. Las redes 3G empezaron a operar en el 2001 en Japón, por NTT; en Europa y parte de Asia en el 2002, posteriormente en Estados Unidos y otros países; Asimismo, en un futuro próximo los sistemas 3G alcanzarán velocidades de hasta 384 Kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.

En relación a las predicciones sobre la cantidad de usuarios que podría albergar 3G, *The Yankee Group* anticipó que en el 2004 habría más de 1,150 millones en el mundo, comparados con los 700 millones que hubo en el 2000. Dichas cifras anticipan un gran número de capital involucrado en la telefonía inalámbrica, lo que con mayor razón las compañías fabricantes de tecnología, así como los proveedores de servicios de telecomunicaciones estarán dispuestos a invertir su capital en esta nueva aventura llamada 3G.

Figura 3. Tipo de servicios ofrecidos por las redes desde 2G hasta 3G.



Fuente. Autor

Cuarta generación 4G. La telefonía móvil 4G es una tecnología de telefonía móvil que utilizará el estándar UMTS para transmitir información a velocidades teóricas del orden de 100 Mbps.

3.4 TECNOLOGÍAS TMC

La **tecnología FDMA**. Separa el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes. La tecnología *FDMA* es mayormente utilizada para la transmisión analógica. Esta tecnología no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital.

La **tecnología TDMA** comprime las conversaciones (digitales), y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros). Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.

La **tecnología CDMA** es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

De la evolución de estas generaciones, se enuncia a continuación los tipos de tecnología comúnmente usadas para transmitir información en las redes:

- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés).
- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés).
- Acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés).

La diferencia primordial entre estas tecnologías se encuentra en el método de acceso, el cual varía entre:

- Frecuencia, utilizada en la tecnología FDMA
- Tiempo, utilizado en la tecnología TDMA
- Códigos únicos, que se proveen a cada llamada en la tecnología CDMA.

3.5 TECNOLOGÍA GSM (GLOBAL SYSTEM MOBILE)

La tecnología GSM es un sistema que está en constante evolución. Una de sus grandes fortalezas es la capacidad de *roaming* internacional que tiene. Esto ofrece a los consumidores tener el mismo número telefónico en más de 159 países. La

tecnología satelital GSM ha extendido su servicio ofreciendo cobertura a los territorios que no cuentan con ningún tipo de telefonía o manera de comunicarse.

GSM se diferencia de los sistemas inalámbricos de primera generación porque usa tecnología digital y métodos de ofrecen múltiples accesos de transmisión con división de tiempos. La voz es digitalmente codificada por única vía, lo que emula las características del lenguaje humano. El método de transmisión permite la transmisión de una gran cantidad de datos a buena velocidad.

Evolución de la tecnología GSM. Los servicios de alta banda ancha están siendo disponibles a través de tecnologías que pertenecen a la segunda generación. El desarrollo hacia la tercera generación está claramente trazado y trae consigo la posibilidad aplicaciones sofisticadas en multimedia y datos. El estándar GSM continuará evolucionando con sistemas inalámbricos y satelitales que ofrecen más y mejores servicios. Esto incluye alta velocidad, servicios de datos multimedia apoyando paralelamente el uso de servicios integrados con Internet y redes alámbricas.

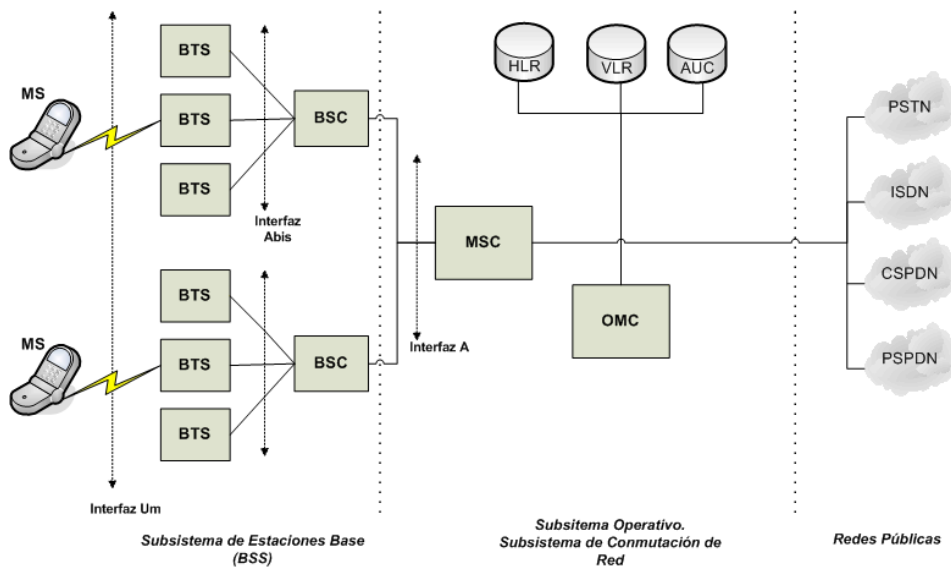
La Tercera Generación. Es el término que se usa para la siguiente generación de sistemas móviles de comunicación. Este nuevo sistema provee mejores servicios a los ya existentes de voz, texto y datos. Los conceptos para los sistemas de tercera generación están siendo desarrollados por grupos globales como el *Third Generation partner ship Project (3GPP)*. La visión de la asociación GSM de la tercera generación está basada en los estándares actuales de GSM, pero evoluciona al incluir una interface de radio adicional mejor adaptado con mayor velocidad y servicios de datos multimedia.

Servicios de la tercera generación. Ofrece transmisión de video en línea, acceso con alta velocidad a Internet, multimedia. La principal ventaja de los sistemas de tercera generación es que ofrecen servicios con capacidades que incluyen una mejor capacidad, calidad y mayor velocidad en transmisión de datos de lo que ofrecen otras generaciones. Los sistemas 3G incluyen el uso simultáneo de múltiples servicios y son el puente entre lo inalámbrico y lo fijo.

- Servicios de voz
- Llamada en espera
- Segunda llamada
- Reenvió de llamadas
- Identificador de llamadas
- *SMS (Servicio de Mensajes Cortos)*
- *MMS (Servicio de Mensajes Multimedia)*

La arquitectura de la red GSM está dividida en tres partes: el sistema de conmutación, el sistema de estaciones base y el sistema de operación y mantenimiento (Ver Figura 4). Cada uno de estos sistemas contiene una serie de unidades en las cuales se realizan diversas funciones que el sistema GSM es capaz de proporcionar.

Figura 4. Arquitectura de la red GSM.



Fuente. www.gprs.com

3.5.1 Nodos de la red GSM. Las funcionalidades de la red GSM se encuentran divididas entre: Las estaciones móviles (*MS-Mobile Stations*): terminales o dispositivos utilizados para que el usuario se comunique en la red celular, el subsistema de estaciones base (*BSS- Base Station Subsystem*). El BSS incluye dos tipos de elementos: La estación base transceptora (*BTS-Base Transceiver Station*) que maneja las interfaces de radio hacia la MS y la estación base controladora (*BSC- Base Station Controller*).

Sus funciones son: codificación/decodificación de los canales, cifrado/descifrado del camino radio, medidas de intensidad de la señal, diversidad en la recepción, búsqueda del MS, recepción de las peticiones de canal desde las Mss.

Sus funciones son entre otras: administrar los recursos de radio, supervisión de las estaciones base, gestión de la transmisión hacia las estaciones base, tras codificar y adaptar velocidades y localización de las estaciones móviles.

El centro de conmutación móvil (*MSC- Mobile Switching Center*), el cual se encarga de establecer y mantener las llamadas que se hacen en la red, gestionar

los *handovers* entre centrales, gestionar servicios complementarios y recuperación de datos de verificación y contabilidad.

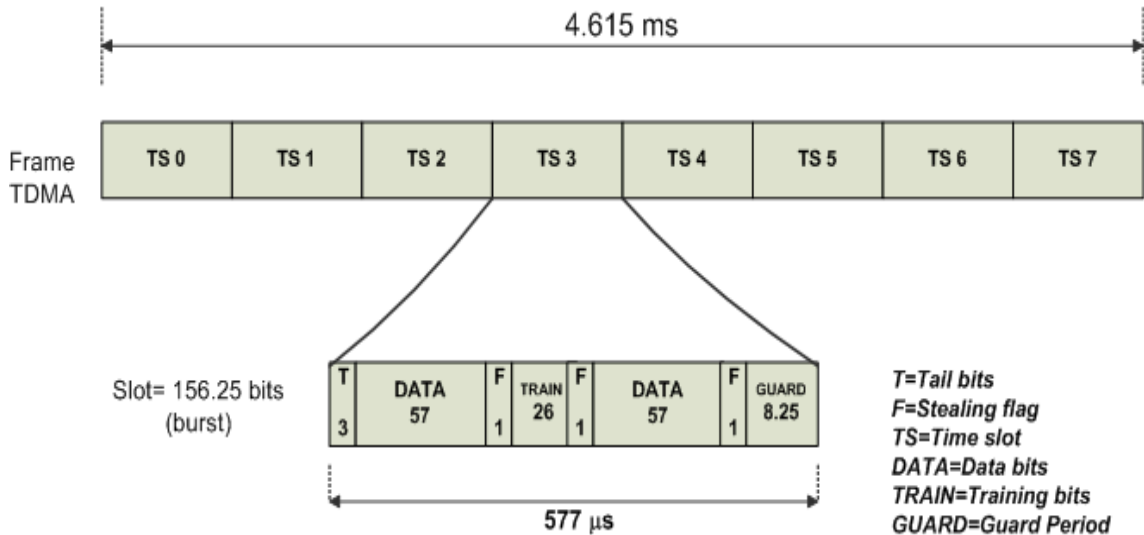
Las funciones relacionadas con el proceso de llamadas y abonados están implementadas en el sistema de conmutación, mientras que las funciones relacionadas con la radio se concentran en el sistema de estaciones base; todo ello está supervisado por el sistema de operación y mantenimiento.

3.5.2 Interfaz GSM. La arquitectura del sistema GSM incluye tres interfaces estándar utilizadas para la señalización dentro del sistema de conmutación:

- La interfaz aire: Es la conexión entre la estación móvil (MS) y la estación base (BTS). La señalización en esta interfaz usa un sistema específico de protocolo jerarquizado para GSM que utiliza las capas 1, 2 y 3 del modelo de referencia OSI, dicho protocolo recibe el nombre de *LAPDm (Protocolo de Acceso de Enlace sobre el Canal Dm)*.
- La interfaz Abis: Es la conexión entre la *BTS* y el *BSC* y la señalización en esta interfaz es implementada como un esquema especial de la señalización por canal común, es decir uno de los canales se utiliza como canal de señalización según el protocolo de acceso de enlace sobre el canal *D (LAPD)*.
- La interfaz A: Es el enlace entre el sistema de conmutación y el sistema de estaciones base. La señalización se lleva a cabo según la parte de aplicación del sistema de estaciones base que gestiona la asignación y liberación de los recursos de radio, traspaso de llamadas, control de llamadas y gestión de la movilidad.

Al ser un sistema híbrido (FM/TM), el sistema GSM organiza las transmisiones de radio, asignando portadoras (frecuencias centrales de los slots que se sitúan cada 200 kHz) y timeslots, a los canales lógicos. La duración del Framees de 4.615 ms y cada uno es dividido en 8 time slots (como se muestra en la Figura 5).

Figura 5. Frame GSM



Fuente. www.gprs.com

3.5.3 Uso de la tecnología GSM en transmisión de datos. En el campo de la Automatización y Control Industrial se requiere frecuentemente conectar distintos equipos y sistemas. Para tal objeto, usualmente, se emplean unidades remotas de transferencia de datos (*RTU*) debidamente interconectadas, y cuando el medio requerido es el aire, se dispone de módems RF (Radio Frecuencia); Sin embargo, hoy en día es posible emplear la red de telefonía móvil, la que ya cuenta con la tecnología adecuada para transmisión de datos (*GSM*). Todo usuario de telefonía celular puede conectarse a Internet, enviar y recibir mensaje y transmitir y recibir datos relativos al proceso.

Las comunicaciones contemplan el intercambio de mensajes entre personas y equipos dentro y fuera del vehículo, él envió de mensajes de alarma, él diagnóstico del vehículo desde el exterior y el accionamiento de sistemas a distancia. En un sistema de seguridad vehicular todos los puntos de comunicación se encuentran interrelacionados, debiendo existir un “bucle” que en rute todas las señales. Dicho sistema dota al usuario de grandes posibilidades de comunicación, tanto en el interior como en el exterior de su vehículo.

3.5.4 Ventajas de las RTU con GSM. Las primeras aplicaciones industriales implementadas con GSM se generaron por la dificultad orográfica o la excesiva dispersión de los puntos a controlar, lo que imposibilitaba o encarecía las comunicaciones por radio. Además, una plataforma GSM se puede implementar

más rápidamente, ya que no requiere licencia, torres, repetidores o permisos de paso en terrenos.

De igual modo, el GSM presenta tres ventajas adicionales que han resultado claves para su extensión, como lo son una cobertura universal con antenas de tamaño reducido, módems GSM a precios competitivos y un bajo consumo energético. Al tener una cobertura universal, se han desarrollado RTU de pequeño tamaño con antena interna, es decir, sin costo de instalación exterior. Asimismo, estos equipos no tienen salida de antena, lo que permite altos grados de estanqueidad (IP68).

Evidentemente, al adoptar el *GSM* se ha renunciado a una parte de las funcionalidades de la RTU con módem RF tradicional. En concreto, se ha renunciado a la comunicación continua del tipo polling y a las funciones de control que requieran proceso continuo (PID) o muestreo a frecuencia de milisegundos (controles de planta de producción).

La comunicación *GSM* tiene un costo por tiempo de conexión, por lo que se debe limitar a alarmas y volcado de históricos. Al fin y al cabo, no se trata de sustituir el módem RF con el *GSM*, sino de bajar los costos de los telecontroles dispersos, que son el mercado objetivo del control vía *GSM*. Sin embargo, al utilizar la tecnología *GPRS*, es posible la conexión permanente a bajo costo.

Figura 6. Campos de aplicación de las RTU con GSM



Fuente. www.gprs.com

Las aplicaciones posibles de este tipo de RTU son múltiples y en su mayoría novedosas, ya que hasta el momento las tecnologías alternativas ofrecían costos demasiado elevados para implementarlas.

A modo de ejemplo, mencionaremos algunas aplicaciones en diferentes campos:

- Seguridad industrial: supervisión de sistemas eléctricos, intrusismo y control de ambiente en naves industriales y cámaras frigoríficas.
- Transporte industrial: control de seguridad en transportes de materias peligrosas.
- Energía: control de mini-centrales hidráulicas, generadores eólicos o solares.
- Sector agrícola: estaciones meteorológicas y agrimensuras.
- Sector medioambiental: estaciones meteorológicas y control de plagas.

Muchas compañías ofrecen actualmente equipos para la transmisión de datos *GSM/GPRS* y cada vez están siendo de mayor uso, ya que la red GSM ha ido cubriendo un mayor territorio.

El costo de cada punto instalado es drásticamente menor al de una instalación con un mini-PLC. Además, actúa como un PLC y entrega la alimentación a los sensores cada vez que se requiere, de modo que no se necesitan dispositivos adicionales.

3.6 GENERAL PACKET RADIO SERVICE (GPRS)

GPRS es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

La tecnología GPRS, o generación 2.5, representa un paso más hacia los sistemas inalámbricos de Tercera Generación o *UMTS*. Su principal base radica en la posibilidad de disponer de un terminal permanentemente conectado, tarifando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión como hemos podido observar en un punto anterior.

Obtiene mayor velocidad y mejor eficiencia de la red. Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado a GSM a una velocidad máxima de 9.6 *Kbps*, con el *GPRS* no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 *Kbps* y un máximo de 115 *Kbps* por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red. La tecnología GPRS permite

proporcionar servicios de transmisión de datos de una forma más eficiente a como se venía haciendo hasta el momento.

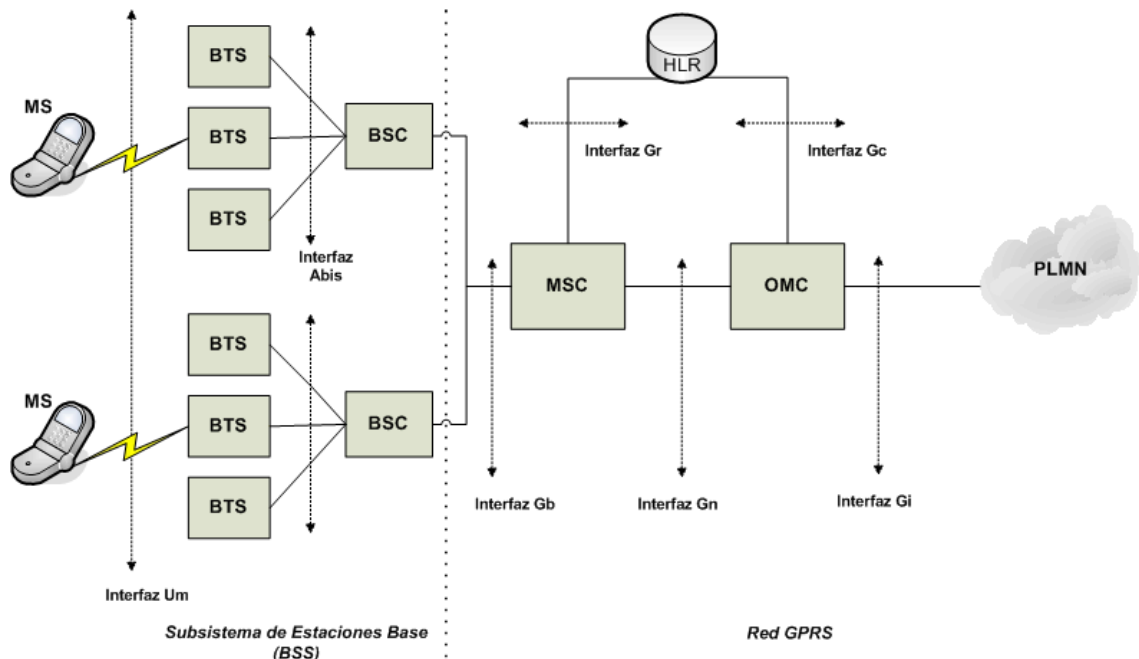
GPRS es una evolución no traumática de la actual red GSM: no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras actuales de GSM. Por este motivo, GPRS tiene, desde sus inicios, la misma cobertura que la actual red GSM. *GPRS (Global Packet Radio Service)* es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM.

La Figura 7 ilustra la arquitectura del sistema GPRS. Comparado con el sistema GSM, GPRS introduce 2 nuevos elementos, (que se encuentran sombreados en dicha figura) para crear un modo de transferencia de paquetes end to end.

Se proveen dos servicios:

- Punto a Punto (PTP)
- Punto a Multipunto (PTM)

Figura 7. Arquitectura del sistema GPRS



Fuente. www.gprs.com

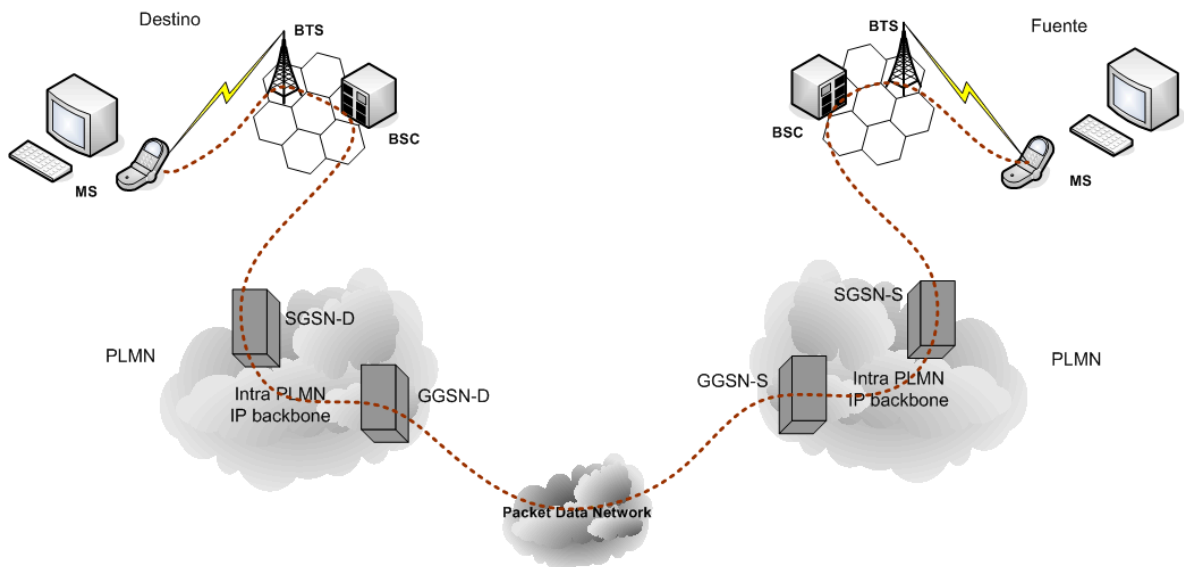
Independientemente del ruteo de paquetes y la transferencia dentro de la red móvil pública terrestre, dentro es soportado un nuevo nodo de red lógico llamado

el Nodo de Soporte GPRS. El nodo de soporte de salida GPRS actúa como una interfaz lógica hacia las redes de paquetes de datos externas. El nodo de soporte de servicio GPRS es responsable por la entrega de paquetes a las MS's dentro de su área de servicio.

Dentro de la red GPRS, las unidades de protocolo de datos son encapsuladas en el GSN origen y des encapsuladas en el GSN destino. Entre los GSNs el Protocolo de Internet es utilizado como el Backbone para transferir PDUs. Todos los datos GPRS relativos al usuario necesarios para que el SGSN desempeñe sus funciones de ruteo y transferencia de datos son almacenados dentro del HLR. La Figura 8 muestra un ejemplo simple de ruteo en una transmisión. El SGSN de la estación móvil fuente (SGSN-S), encapsula los paquetes transmitidos por la MS y los envía al correspondiente GGSN.

Basándose en la exanimación de la dirección destino, los paquetes son entonces ruteados al GGSN-D a través de la red de paquetes de datos. El GGSN-D chequea el contexto del ruteo asociado con la dirección y destino, determina el SGSN sirviendo al destino (SGSN-D) y la información relevante al tune. Cada paquete es entonces encapsulado y reenviado al SGSN-D, que lo entrega finalmente a la MS destino.

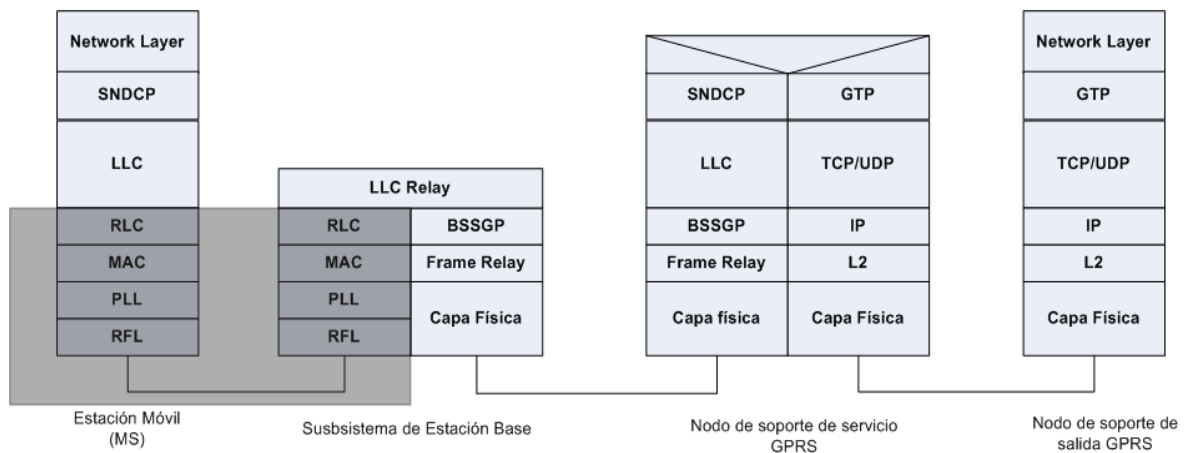
Figura 8. Ejemplo de ruteo en una red GPRS.



Fuente. www.gprs.com

3.6.1 Arquitectura del protocolo. La Figura 9 muestra el plano de transmisión propuesto hasta la capa de red de acuerdo al modelo de referencia OSI. Por encima de la capa de red se pueden utilizar diversos protocolos o estándares pero dicha selección se encuentra fuera del alcance de la especificación GPRS. Bajo el protocolo TCP/UDP y el IP son utilizados los protocolos de la capa de red del Backbone de la red GPRS. Los protocolos basados en Ethernet, ISDN y ATM pueden ser utilizados bajo IP dependiendo de la arquitectura de red del operador.

Figura 9. Plano de transmisión GPRS



Fuente. www.gprs.com

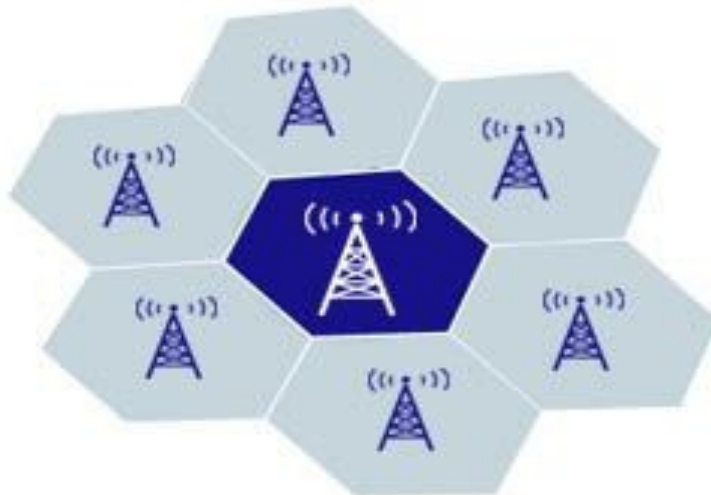
Entre el SGSN y la MS, el protocolo SNDC mapea las características del protocolo a nivel de red dentro del LLC (Logical Link Control) y provee funcionalidades tales como: el multiplex de los mensajes de la capa de red dentro de una conexión virtual lógica, la encriptación, la segmentación y la compresión.

Las radiocomunicaciones entre una MS y la red GPRS se encuentran indicadas por el área sombreada en la Figura 9, y cubren las funciones de las capas físicas y de enlace de datos.

3.7 FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR (TMC)

La gran idea del sistema celular es la división de la ciudad en pequeñas células o celdas. Esta idea permite la re-utilización de frecuencias a través de la ciudad, con lo que miles de personas pueden usar los teléfonos al mismo tiempo. En un sistema típico de telefonía analógica de los Estados Unidos, la compañía recibe alrededor de 800 frecuencias para usar en cada ciudad. La compañía divide la ciudad en celdas. Cada celda generalmente tiene un tamaño de 26 kilómetros cuadrados. Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos (figuras de seis lados), en una gran rejilla de hexágonos.

Figura 10. Celdas diseñadas como hexágonos.



Fuente. www.gprs.com

Cada celda tiene una estación base que consiste de una torre y un pequeño edificio que contiene el equipo de radio. Cada celda en un sistema análogo utiliza un séptimo de los canales de voz disponibles. Eso es, una celda, más las seis celdas que la rodean en un arreglo hexagonal, cada una utilizando un séptimo de los canales disponibles para que cada celda tenga un grupo único de frecuencias y no haya colisiones.

Un proveedor de servicio celular típicamente recibe 832 radiofrecuencias para utilizar en una ciudad.

- Cada teléfono celular utiliza dos frecuencias por llamada, por lo que típicamente hay 395 canales de voz por portador de señal. (las 42 frecuencias restantes son utilizadas como canales de control). Por lo tanto, cada celda tiene alrededor de 56 canales de voz disponibles.
- En otras palabras, en cualquier celda, pueden hablar 56 personas en sus teléfonos celulares al mismo tiempo. Con la transmisión digital, el número de canales disponibles aumenta. Por ejemplo el sistema digital TDMA puede acarrear el triple de llamadas en cada celda, alrededor de 168 canales disponibles simultáneamente.

Los teléfonos celulares tienen adentro transmisores de bajo poder. Muchos teléfonos celulares tienen dos intensidades de señal: 0.6 watts y 3.0 watts. La estación central también transmite a bajo poder.

Los transmisores de bajo poder tienen dos ventajas:

- Las transmisiones de la base central y de los teléfonos en la misma celda no salen de ésta. Por lo tanto, cada celda puede re-utilizar las mismas 56 frecuencias a través de la ciudad.
- El consumo de energía del teléfono celular, que generalmente funciona con baterías, es relativamente bajo. Una baja energía significa baterías más pequeñas, lo cual hace posibles los teléfonos celulares.

La tecnología celular requiere un gran número de bases o estaciones en una ciudad de cualquier tamaño. Una ciudad grande puede llegar a tener cientos de torres y necesita tener una oficina central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región.

3.8 TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO

Arduino es una plataforma de código abierto basado en prototipos de electrónica flexible y fácil de usar para distintos hardware y software basado en entradas y salidas. Arduino puede detectar el medio ambiente mediante la recepción de la entrada de una variedad de sensores y puede controlar luces, motores y otros actuadores.

Los proyectos Arduino pueden ser independientes o se pueden comunicar con el software que se ejecuta en un computador (por ejemplo, Flash, Processing, MaxMSP). Los diseños de referencia de hardware (archivos CAD) están disponibles bajo una licencia de código abierto, es libre de adaptarlos a cada necesidad. La tarjeta de programación Arduino UNO viene lista para usar, basta con conectar la tarjeta al computador por medio del puerto USB o con un adaptador AC/DC, no requiere programador externo; Además es compatible con los diferentes módulos Arduino permitiendo de forma fácil adaptar comunicación inalámbrica *Xbee*, comunicación Ethernet, entre otras.

Especificaciones técnicas de Arduino Uno. El Arduino UNO es una placa electrónica basada en el ATmega328. Cuenta con 14 entradas / salidas digitales, 6 entradas analógicas, una de 16 MHz del oscilador de cristal, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera de ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar al micro.

Tabla2. Características Arduino

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Micro controladores | ATMega328 |
| Voltaje de funcionamiento | 5V |
| Voltaje de Entrada (recomendado) | 7-12V |
| Voltaje de entrada (los límites) | 6-20V |
| Digital pines I / O | 14 (6 proporcionan una salida PWM) |
| Pines de entrada analógica | 6 |
| Corriente de I / S de CC Pin | 40 mA |
| De corriente continua de 3,3 V Pin | 50 mA |
| Memoria Flash | 32 KB (ATmega328) |
| SRAM | 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328) |
| Velocidad de reloj | 16 MHz |

Fuente. Autor

Poder. El Arduino UNO puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa que se selecciona automáticamente, el poder puede venir de un adaptador de CA a CC (de pared) o la batería. El adaptador se puede conectar a un plug de 2.1mm centro-positivo en el conector de alimentación de la placa, los cables de la batería se pueden insertar en los encabezados de pin GND y Vin del conector de alimentación.

La junta puede operar en un suministro externo de 6 a 20 voltios. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Pines de alimentación.

VIN. Se puede suministrar tensión a través de este pin cuando el voltaje de entrada a la placa Arduino es diferente a 5 voltios de la conexión USB.

5V. La fuente de alimentación regulada para alimentar el micro controlador y otros componentes en el tablero, se suministra a través de USB.

3V3. 3,3 voltios generados por el chip en la placa FTDI. Consumo de corriente máxima es de 50 mA.

Entradas y Salidas del módulo. Cada uno de los 14 pines digitales en el Arduino puede ser utilizado como una entrada o salida, usando pin Mode, digital Write y digital Read, operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tienen una resistencia interna pull-up de 20 a 50 kOhm.

Algunos pines tienen funciones especializadas:

Serie: Se utiliza para recibir (RX): 0 y transmisión (TX): 1 datos serie TTL.

Interrupciones externas: 2 y 3, estos pines pueden ser configurados para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el valor.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10 y 11 proporcionan 8-bits de salida con la analogWrite función.

LED: 13. Led conectado al pin digital 13. Cuando el pin es de alto valor, el led está encendido, cuando el pasador es bajo, es apagado.

El Arduino tiene 6 entradas analógicas, cada una proporciona 10 bits de resolución (es decir 1024 valores diferentes).

Comunicación. El Arduino tiene una serie de facilidades para comunicarse con un computador, otro Arduino, u otros micro controladores.

El ATmega328 ofrece UART TTL (5V) de comunicación en serie, que está disponible en los pines digitales (RX) y (TX). Un FTDI FT232RL en los canales de la junta con comunicación serial a través de USB y drivers FTDI que proporcionan un puerto COM virtual con el software en el computador. El software de Arduino incluye un monitor de serie que permite que se envíe y reciba datos de texto a la placa Arduino a través del chip FTDI y la conexión USB al computador.

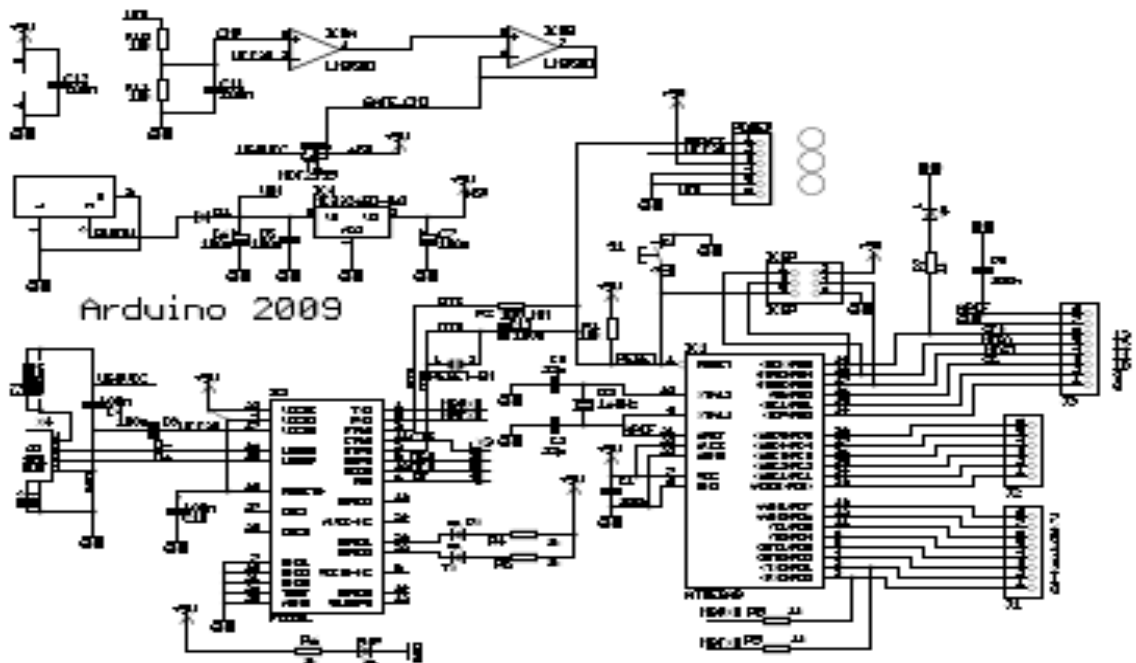
Programación. El Arduino UNO es programado con un software libre de Arduino. Seleccione Arduino Uno ATmega328 "de las Herramientas> Junta de menú (de acuerdo con el micro controlador en el tablero). El ATmega328 en el Arduino Uno viene pre-cargado con un gestor de arranque que le permite cargar un nuevo código sin el uso de un programador de hardware externo.

Restaurar automáticamente. El Arduino Uno está diseñado de una manera que le permite ser restaurado mediante el software que se ejecuta en un ordenador conectado. Una de las líneas de control de flujo de hardware está conectado a la línea de reposición del ATmega328 a través de un condensador 100 nano faradios. Cuando esta línea se afirma, la línea de reset cae lo suficiente como para restablecer el chip.

USB protección contra sobre corriente. El Arduino Uno tiene un poli fusible reajutable que protege los puertos USB de sobre corriente. Si hay más de 500 mA, automáticamente se corta la conexión hasta que el cortocircuito o una sobrecarga sean eliminados.

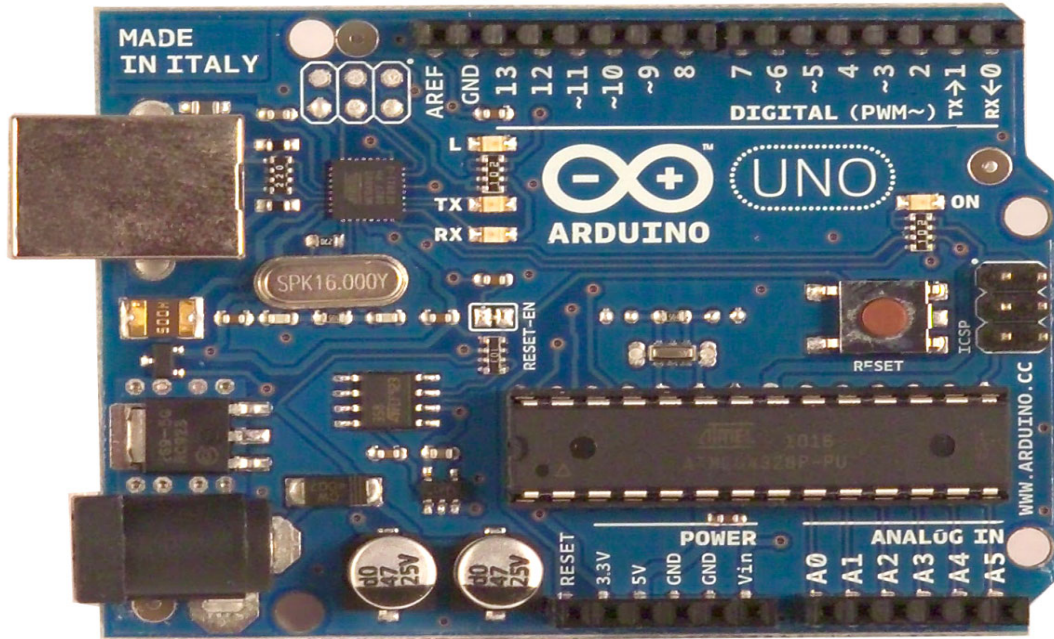
Características físicas. La longitud máxima y la anchura de la placa Arduino Uno son 2,7 y 2,1 pulgadas respectivamente. Tres orificios de los tornillos permiten que la tarjeta sea sujeta a una superficie o caja. La distancia entre los pines digitales 7 y 8 es de 160 milésimas de pulgada.

Figura 11. Esquema Arduino UNO



Fuente. www.dynamo.com

Figura 12. Tarjeta de desarrollo Arduino Uno



Fuente. www.arduino.com

3.9 MODULO GSM/GPRS SM5100B

El modulo celular SM5100B incluye todas las piezas necesarias para la interfaz con la tarjeta Arduino. Esto le permite agregar fácilmente SMS, GSM / GPRS y TCP / IP a las funcionalidades basadas en proyectos Arduino.

Todo lo que se necesita es agregar una tarjeta SIM y una antena y se puede empezar a enviar declaraciones como ("Serial.print") para hacer llamadas, enviar mensajes de texto y servidores de páginas web y todo desde la red celular.

El SM5100B es un módulo, quad-band GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900, que puede ser integrado en un gran número de proyectos inalámbricos.

Este módulo cuenta con dos UARTS, una interfaz SPI, y dos ADC de 10 bits, un teclado de 4x6, y una interfaz de pantalla LCD. Entradas / salidas que están disponibles para un altavoz y un micrófono.

Características:

Rango de temperatura: -10 a 55 ° C (en funcionamiento).

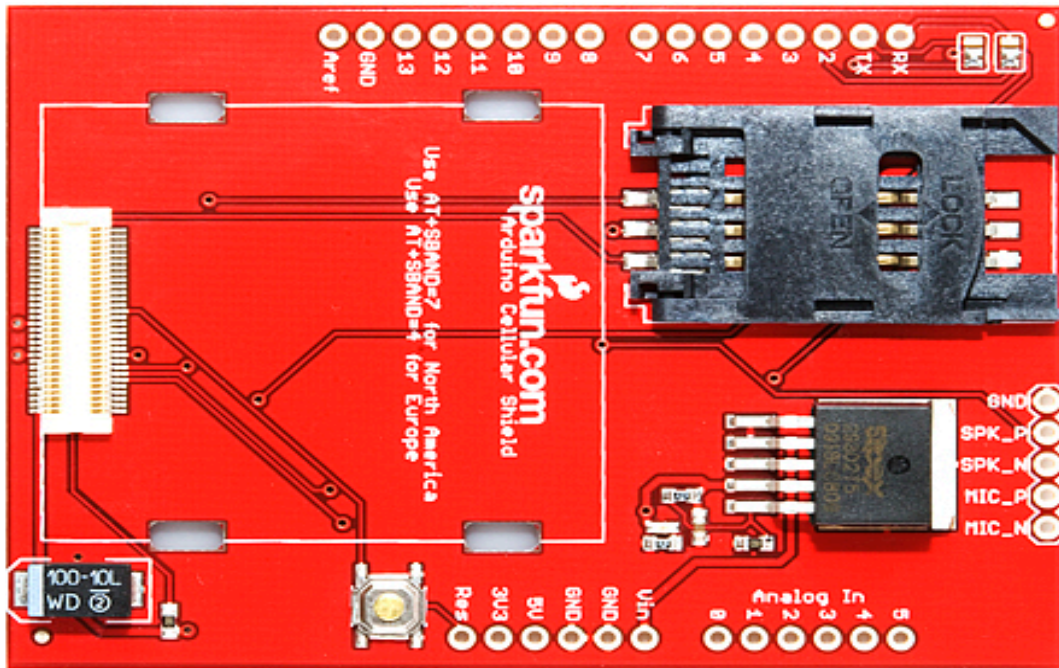
Conexión: 60 pines, conector de acoplamiento
Fuente de alimentación: VBAT: 3.3V a 4.2V gama, 3.6V típico
Consumo de energía: Modo de desconexión: 100uA <
El modo de espera: 2.0mA <El modo de espera: <7.0mA (promedio)
Modo de comunicación: 350 mA (media, GSM), 2A (máximo típico ranura TX)
Potencia de transmisión: Clase 4 (2W) para EGSM900/GSM850
Clase 1 (1W) para DCS1800/PCS1900
Una ranura para la tarjeta SIM.
Botón de reset controla el reinicio del Arduino.
Dos puentes de soldadura permiten seleccionar la interfaz de serial para usar Software (D2, D3) o Hardware (D0, D1).
Una serie de 5 pines, con conexiones para micrófono y altavoces.

Dimensiones

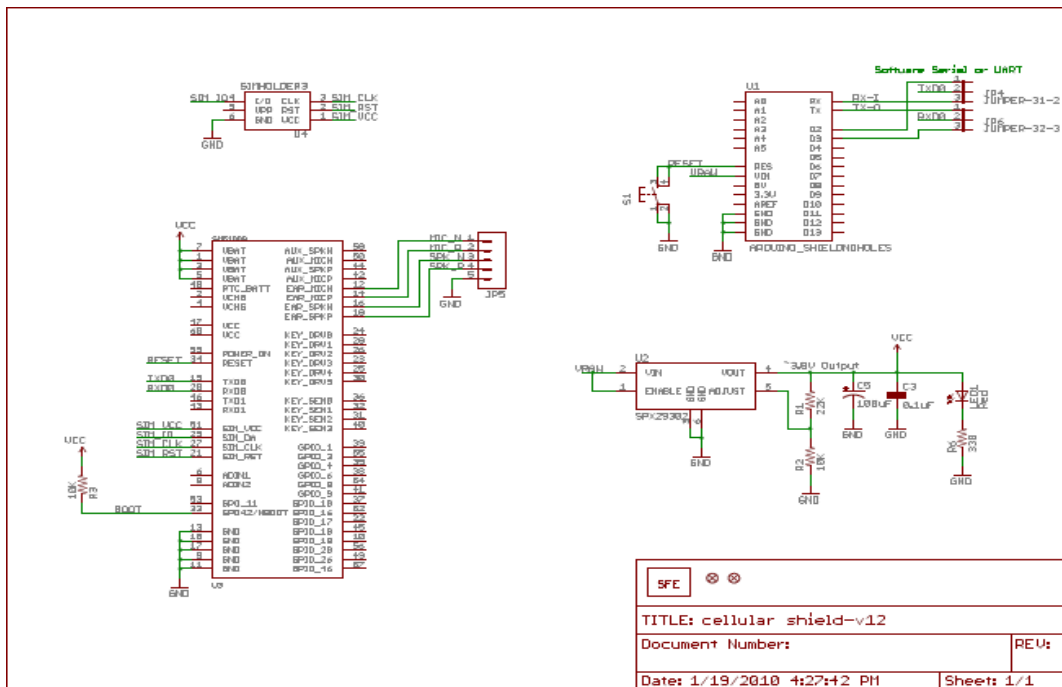
35.0 x 39.0 x 2.9mmPeso: <9 g

Comunicación con el Módulo GSM. Se ensamblan las tarjetas Arduino y el módulo de comunicación GSM tal como se muestra en la figura 15, se inserta una tarjeta SIM y debidamente alimentado se abre el puerto serial del monitor y muestra los datos del com.

Figura 13. Módulo GSM/GPRS SM51OOB

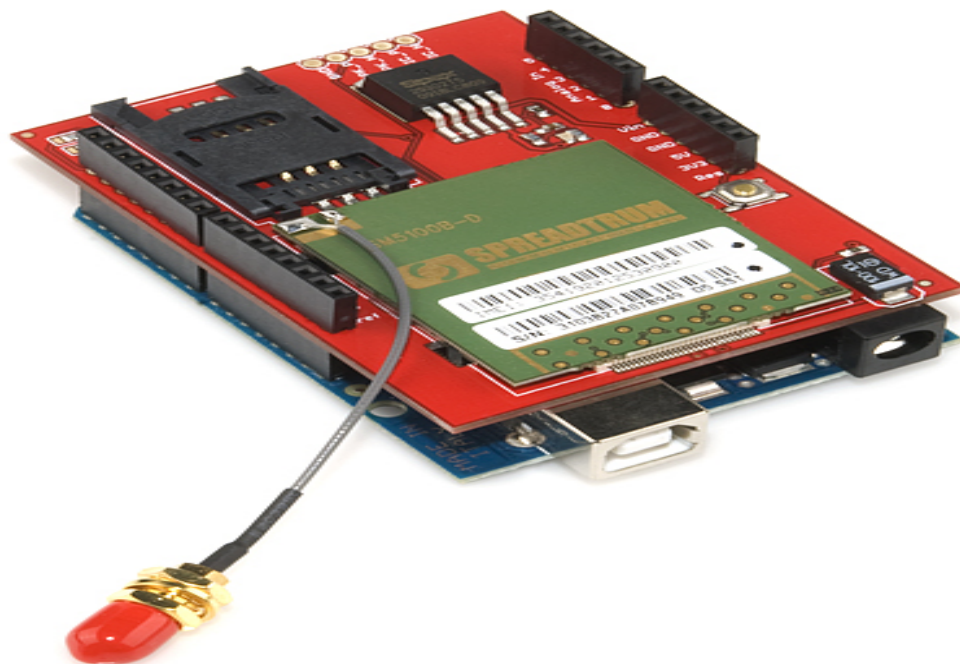


Fuente. www.sparkfun.com
Figura 14. Esquema módulo GSM/GPRS



Fuente. www.dynamo.com

Figura 15. Módulo GSM/GPRS ensamblado.



Fuente. www.dynamo.com

Código de ejemplo para la configuración del módulo GSM

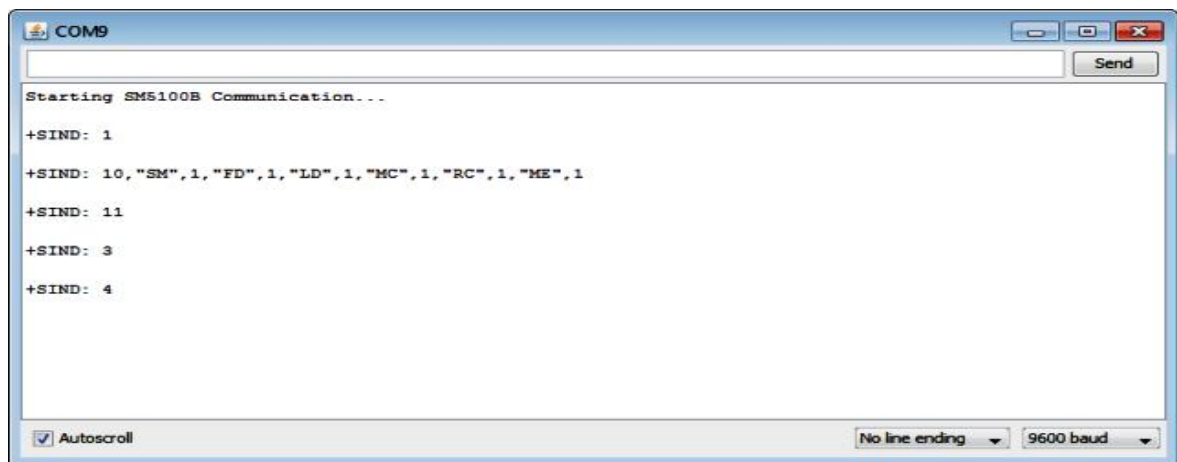
```

#include<NewSoftSerial.h> //Include the NewSoftSerial library to send serial
commands to the cellular module.#include <string.h> //Used for string
manipulations

Charincoming_char=0; //Will hold the incoming character from the Serial Port.
NewSoftSerial cell(2,3); //Create a 'fake' serial port. Pin 2 is the Rx pin, pin 3 is the
Tx pin.
void setup()
{ //Initialize serial ports for communication.
Serial.begin(9600);
Cell.begin(9600);
Serial.println("Starting SM5100B Communication...");}
void loop()
{//If a character comes in from the cellular module...
if(cell.available() >0)
{Incoming_char=cell.read(); //Get the character from the cellular serial port.
Serial.print(incoming_char); //Print the incoming character to the terminal.
} //If a character is coming from the terminal to the Arduino...
if(Serial.available() >0)
{Incoming_char=Serial.read(); //Get the character coming from the terminal
cell.print(incoming_char); //Send the character to the cellular module.}

```

Figura16. Conexión módulo GSM



Fuente. www.sparkfun.com

Los cuales indican que:

- + SIND: 1 significa que la tarjeta SIM se ha insertado;
- +SIND: 10 líneas muestra el estado de la guía telefónica en el módulo.

- + SIND: 11 significa que el módulo se está registrado en la red celular
- + SIND: 3 significa que se encuentra parcialmente listo para comunicarse
- + SIND: 4 significa que se encuentra registrado en la red, y listo para comunicarse.

Experiencia con Módulo GSM/GPRS. El módulo GSM se usa en conjunto con el Arduino Uno, antes de hacer el montaje, es necesario tener disponible una fuente de 5V a 2A ya que necesita suficiente potencia para poderse conectar e interactuar con la red celular, solo para enviar un mensaje de texto SMS requiere de 400mA, el otro punto es la compatibilidad con la red celular de Colombia, se ha probado con la telefonía Claro y Movistar y los resultados han sido sensacionales, la banda en la que se ha trabajado con estos operadores es GSM: 880 a 960MHz. Se ha realizado pruebas de encender luces de manera remota a través de un mensaje de texto.

Código para realizar una llamada desde un teléfono celular al módulo.

```
voidsetup ()
{
    // Inicializar puertos serie para la comunicación.

    cell.begin (9600);

    delay (25000); // dar tiempo al módulo GSM para inicializar, busque red, etc.

    // Este tiempo de retardo varía. Utilice ejemplo 26.1 boceto para medir la cantidad

    // Del tiempo de la junta vuelve a SIND: 4, a continuación, agregue cinco
    segundos por si acaso
}

voidloop ()
{
    cell.println ("ATDxxxxxxxx"); // marcar el número de teléfono xxxxxxxxx

    // Cambiar xxxxxxxx a su número de teléfono deseado (con código de área)
    delay (20000); // espera 20 segundos.

    cell.println ("ATH"); // finalizar llamada
    do // eliminar este bucle en su cuenta y riesgo

    {delay (1);}
    while (1> 0);
}
```

3.10 COMANDOS AT

Los comandos AT fueron desarrollados en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un MODEM para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

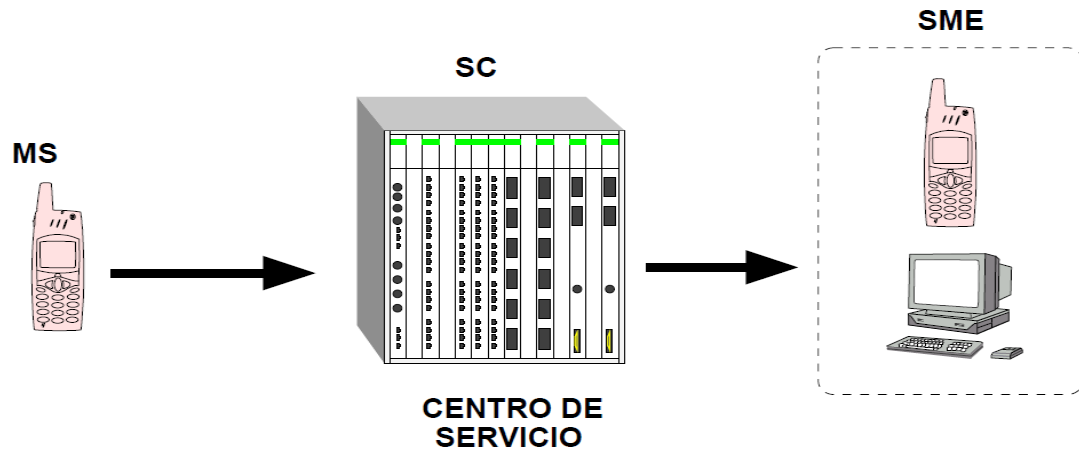
Es claro que la implementación de los comandos AT corresponde a los dispositivos GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc.

El formato básico necesario para transmitir comandos Hayes a un módulo inteligente compatible con Hayes es el siguiente: El carácter secuencia AT es el código de atención para indicar que a continuación vienen instrucciones Hayes. El Butler de instrucciones permite hasta 40 caracteres sin incluir el código de atención (AT) ni los espacios en blanco.

3.11 SMS

3.11.1 Servicio SMS. El servicio SMS permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC). El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija. En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles. Cuando se envía un mensaje para solicitar algún tipo de servicio, un extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones. En la norma GSM sólo se especifica la parte de comunicaciones entre las estaciones móviles (MS) y el Centro de servicio. La comunicación entre el Centro de Servicio y las entidades fijas, queda fuera del ámbito de esta norma (Figura 17).

Figura 17. Centro de servicio SMS

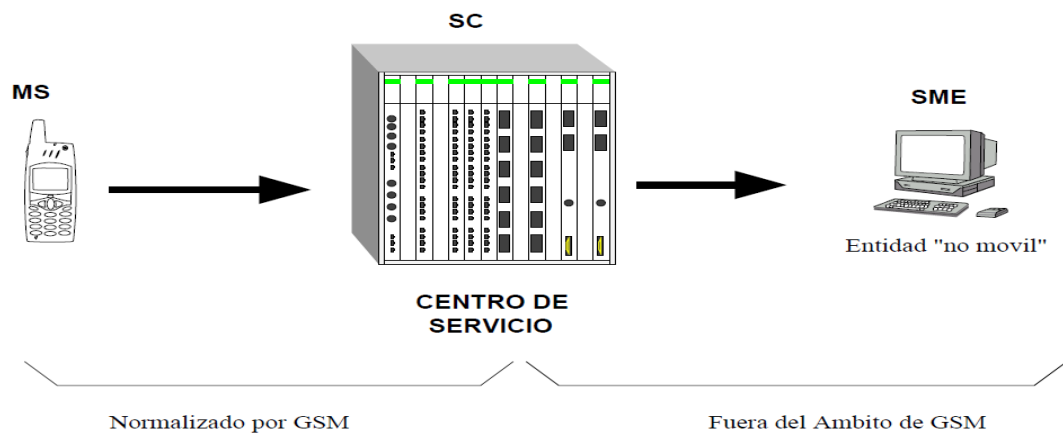


Fuente. Autor

El servicio SMS se divide en dos servicios Básicos (Figura 18):

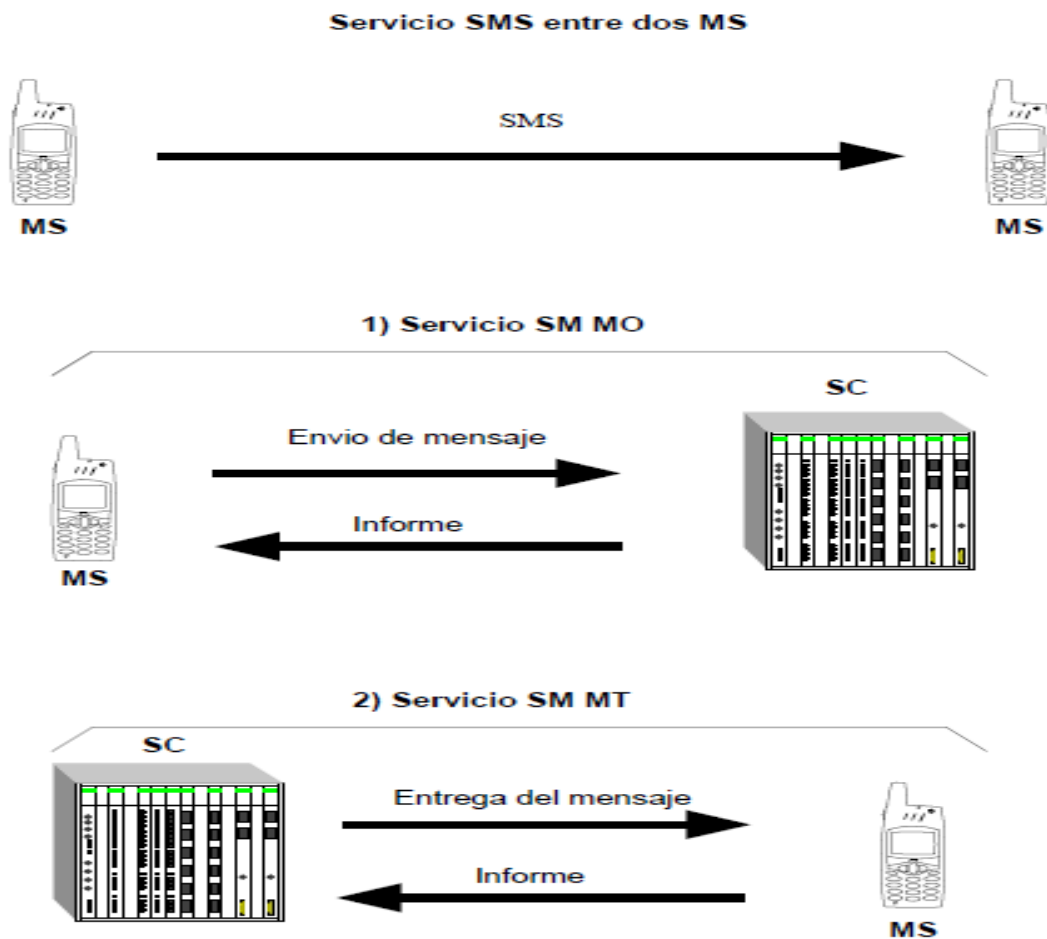
1. SM MT (Short Message Mobile Terminated Point-to-Point). Servicio de entrega de un mensaje desde el SC hasta una MS, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.
2. SM MO (Short Message Mobile Originated Point-to-Point). Servicio de envío de un mensaje desde una MS hasta un SC, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

Figura 18. Centro de servicio SMS 2.



Fuente: Autor

Figura 19. Servicio SMS SM MO y MT.



Fuente. Autor

3.11.2 Arquitectura de red

La estructura básica de la red para el servicio SMS se muestra en la Figura 20. Las entidades involucradas son las siguientes:

MS: Estación móvil

MSC: Centro de conmutación

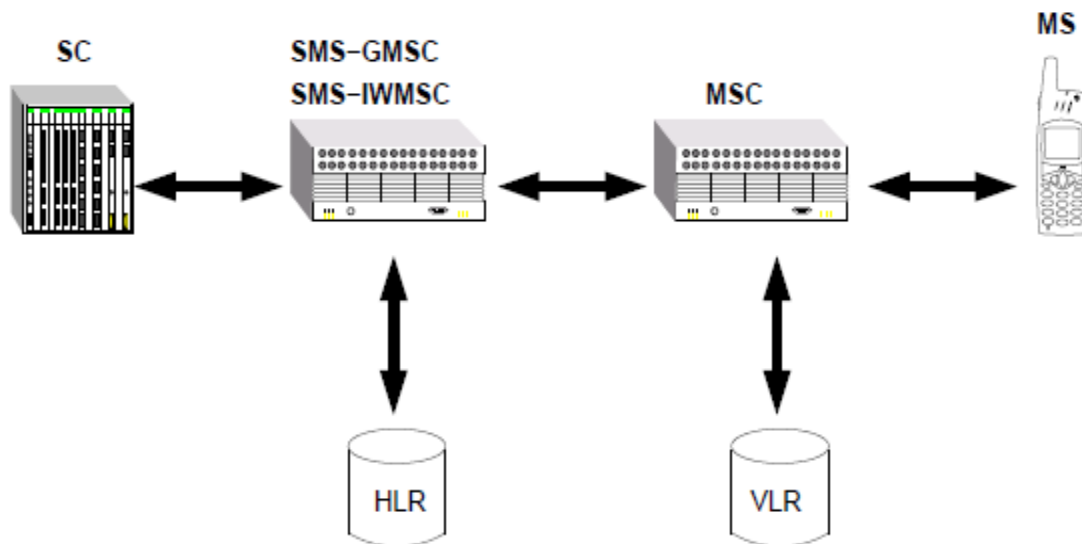
SMS-GMSC: MSC pasarela para el servicio de mensajes cortos (Servicio SM MT)

SMS-IWMSC: MSC de interconexión entre PLMN y el SC (Servicio SM MO)

SC: Centro de Servicio

HLR, VLR.

Figura 20. Arquitectura de red.



Fuente. Autor

Para la descripción detallada de la arquitectura, se utiliza un modelo de capas, en el que cada capa o nivel proporciona un servicio a la capa superior, y este servicio se implementa mediante el protocolo correspondiente. La arquitectura se divide en 4 capas (Figura 21):

SM-AL (Short Message Application Layer): Nivel de aplicación.

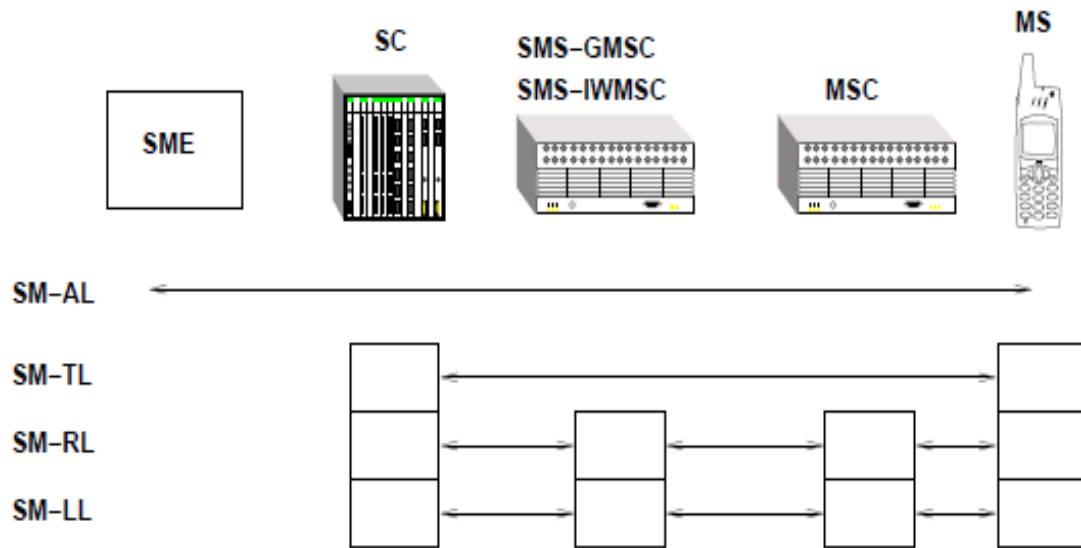
SM-TL (Short Message Transfer Layer): Nivel de transferencia.

Servicio de transferencia de un mensaje corto entre una MS y un SC (en ambos sentidos) y obtención de los correspondientes informes sobre el resultado de la transmisión. Este servicio hace abstracción de los detalles internos de la red, permitiendo que el nivel de aplicación pueda intercambiar mensajes.

SM-RL (Short Message Relay Layer): Nivel de repetición. Proporciona un servicio al nivel de transferencia que le permite enviar TPDU a su entidad gemela.

SM-LL (Short Message Lower Layers): Niveles inferiores.

Figura 21. Arquitectura de red en 4 capas.



Fuente.Autor

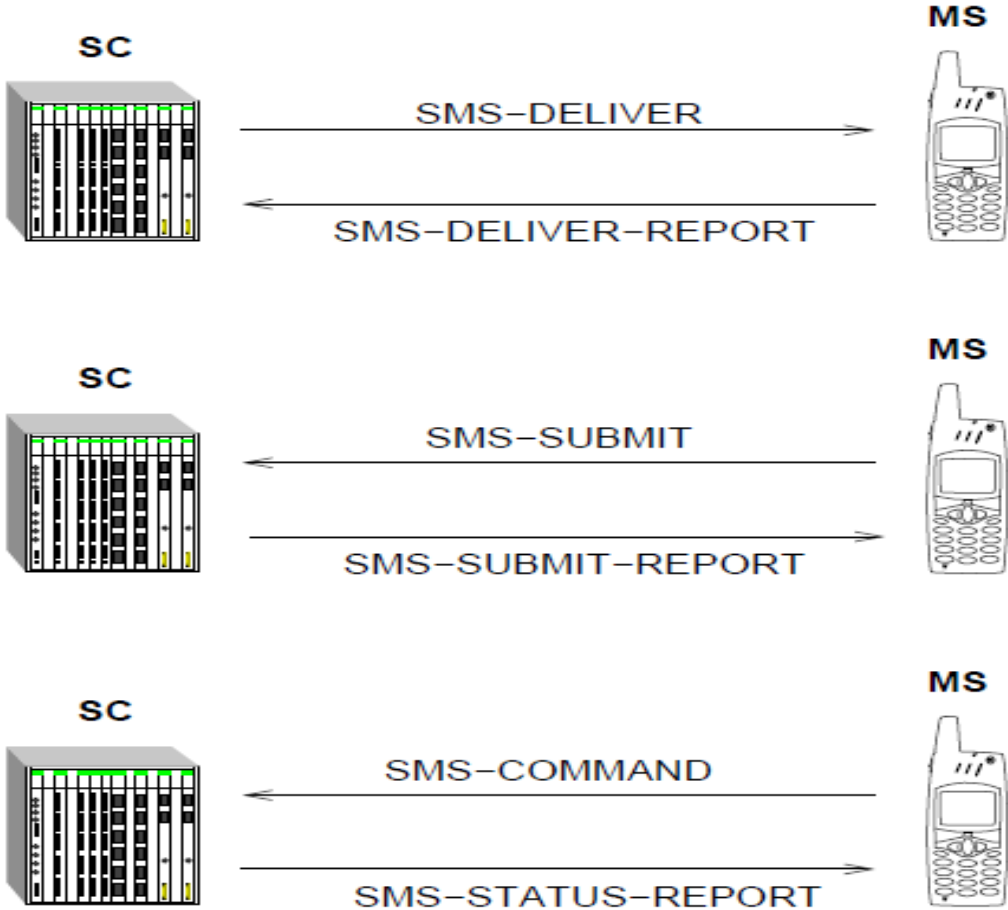
3.11.3 Nivel SM-TL y protocolo SM-TP.

Cada capa proporciona los servicios a la capa superior utilizando un protocolo. Se definen los protocolos SM-TP y SM-RP, que se corresponden con las capas SM-RL y SM-TL. El nivel de interés de este trabajo es el SM-TL, que es el que se usará para enviar y recibir SMS.

El servicio proporcionado por la **capa SM-TL** permite al nivel de aplicación enviar mensajes a su entidad gemela, recibir mensajes de ella así como obtener informes sobre el estado de transmisiones anteriores. Se utilizan las siguientes 6 PDUs.

- SMS-DELIVER:** Transmitir un mensaje desde el **SC** al **MS**
- SMS-DELIVER-REPORT:** Error en la entrega (si lo ha habido)
- SMS-SUBMIT:** Transmitir un mensaje corto desde el **MS** al **SC**
- SMS-SUBMIT-REPORT:** Error en la transmisión (Si lo ha habido)
- SMS-STATUS-REPORT:** Transmitir un informe de estado desde el **SC** al **MS**
- SMS-COMMAND:** Transmitir un comando desde el **MS** al **SC**

Figura 22. Capa SM-TL



Fuente. Autor

4. MODELO TEÓRICO

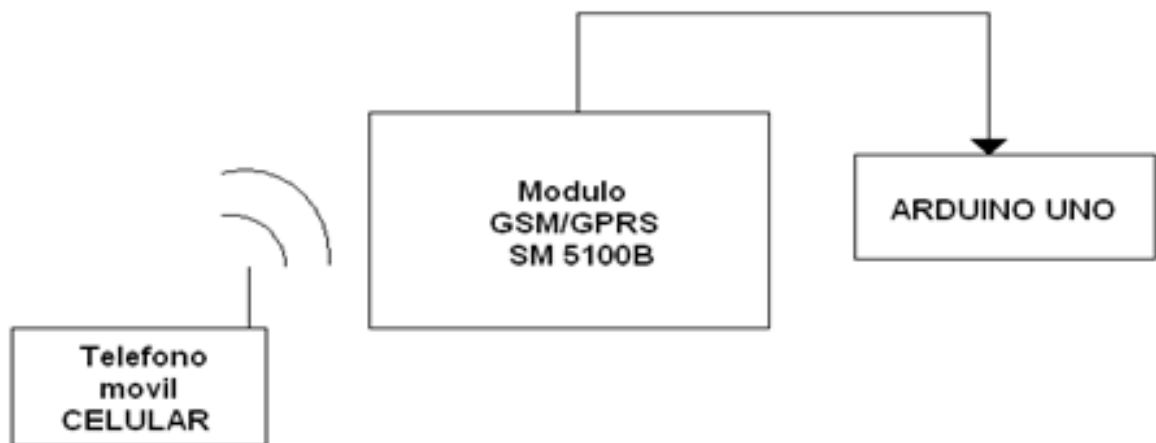
En este capítulo se presenta el diseño del prototipo para el control y monitoreo de un vehículo utilizando la tecnología GSM/GPRS.

4.1 CONTROL

El sistema de control es manejado a través de una tarjeta de desarrollo ARDUINO UNO que es el encargado de realizar las activaciones o desactivaciones de las cargas del vehículo como por ejemplo, activar o desactivar la alarma, el bloqueo, el aire acondicionado o solicitar información de la temperatura del vehículo o de otros sensores como nivel de gasolina o aceite que se podrían adaptar al sistema.

La parte de transmisión y recepción de la información se hace a través de un módulo GSM/GPRS SM 5100B. El usuario comienza realizando una llamada telefónica al número celular del módulo, el cual está configurado para contestar automáticamente, cuando el módulo establece la comunicación, el usuario por medio del celular controla las cargas o solicita información.

Figura 23. Control del Módulo GSM/GPRS SM5100B

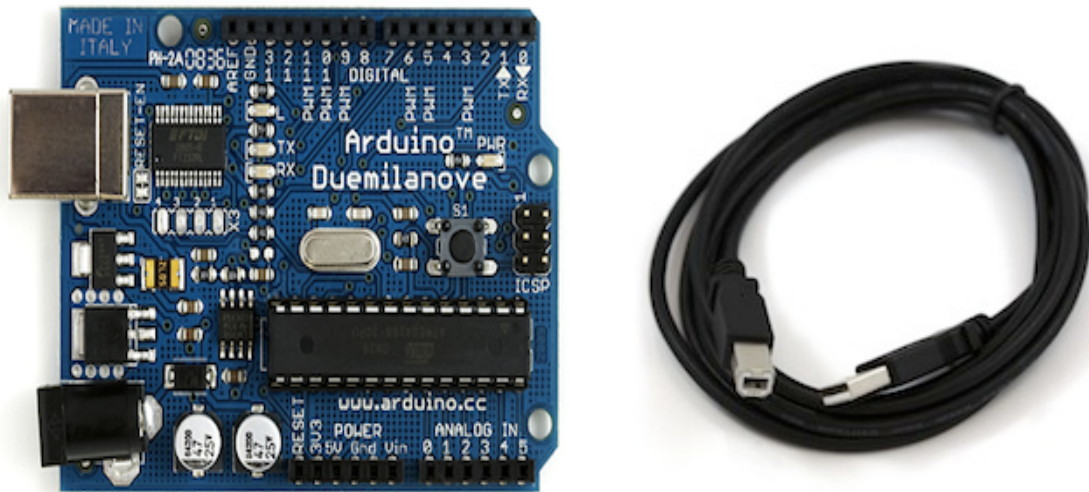


Fuente: Autor

INSTALACIÓN DEL MÓDULO ARDUINO EN WINDOWS

Arduino uno y cable usb. Se necesita una placa Arduino y un cable estándar USB, para ser conectado directamente al computador. Debido a que los sistemas de desarrollo Arduino son “open source” no necesitan instalación previa en el computador, y corren directamente en java.

Figura 24. Arduino y cable de conexión



Fuente: www.sparkfunelectronics.com

Descargue el IDE de Arduino. Se descarga la versión 022 de la página web de Arduino. En el siguiente enlace se hace de manera fácil y rápida: <http://arduino.cc/es/Guide/Windows>. Cuando la descarga finalice, sedescompila el fichero. Asegúrese de mantener la estructura de directorios. Haga doble clic en la carpeta arduino-00XX donde vera una serie de ficheros y carpetas.

Conecte la placa. Conecte la placa Arduino al computador usando el cable USB. El led verde indicador de la alimentación (nombrado como PWR en la placa) deberá quedar encendido a partir de ese momento. La placa Arduino UNO está configurada para alimentarse mediante la conexión USB. Se selecciona de forma automática y no requiere de realizar ninguna comprobación externa.

Instalación de drivers. Cuando se conecta la placa, Windows debe iniciar la instalación de los drivers. En Windows Vista y Windows 7, los drivers se

descargan e instalan automáticamente. En Windows XP, se abrirá el diálogo de instalación de nuevo hardware:

- Cuando el sistema pregunte: **¿Puede Windows conectarse a Windows Update para buscar el software?** Seleccione **No, no esta vez**. Hacer clic en Siguiente.
- Selecciona **Instalar desde una lista o localización específica (Avanzado)** hacer clic en Siguiente.
- Asegúrese que **Buscar los mejores drivers en estas localizaciones** esté seleccionado; **deselecciona Buscar en medios removibles**; selecciona **Incluye esta localización en la búsqueda** y navega al directorio **drivers/FTDI USB Drivers** dentro de la carpeta de Arduino que se ha descomprimido previamente. Hacer click en Siguiente.
- El asistente de instalación buscará los drivers y anunciará que encontró un Conversor USB-Serie. Hacer clic en finalizar.
- El asistente de instalación de hardware volverá a iniciarse. Repita los pasos de antes y seleccione la misma carpeta de instalación de los drivers. Esta vez el sistema encontrará un "USB Serial Port" (o Puerto USB-Serie).

Se puede comprobar que los drivers se han instalado correctamente abriendo la carpeta del administrador de dispositivos, en el grupo dispositivos del panel de control del sistema. Busca "USB Serial Port" (o Puerto USB-Serie) en la sección de puertos; esa es la placa Arduino.

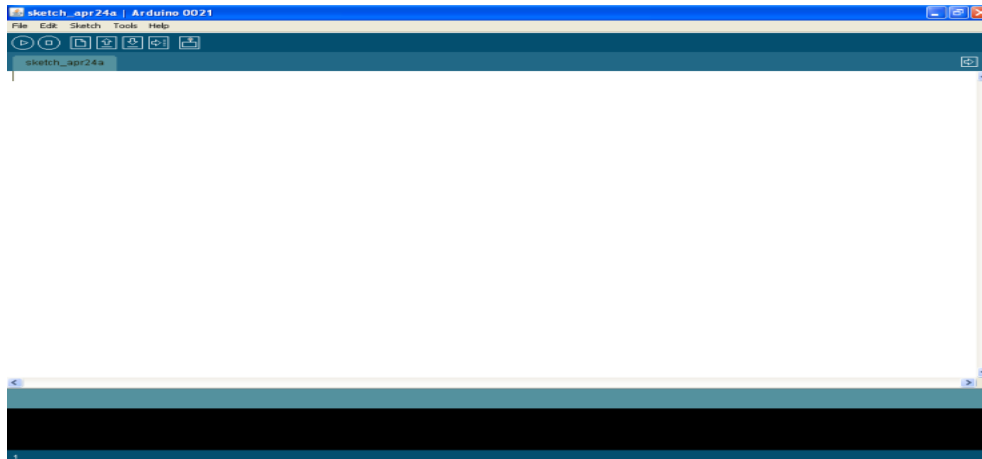
Figura 25. IDE de Arduino.



Fuente. Autor

Ejecutar la aplicación Arduino. Se hace doble clic en la aplicación Arduino.

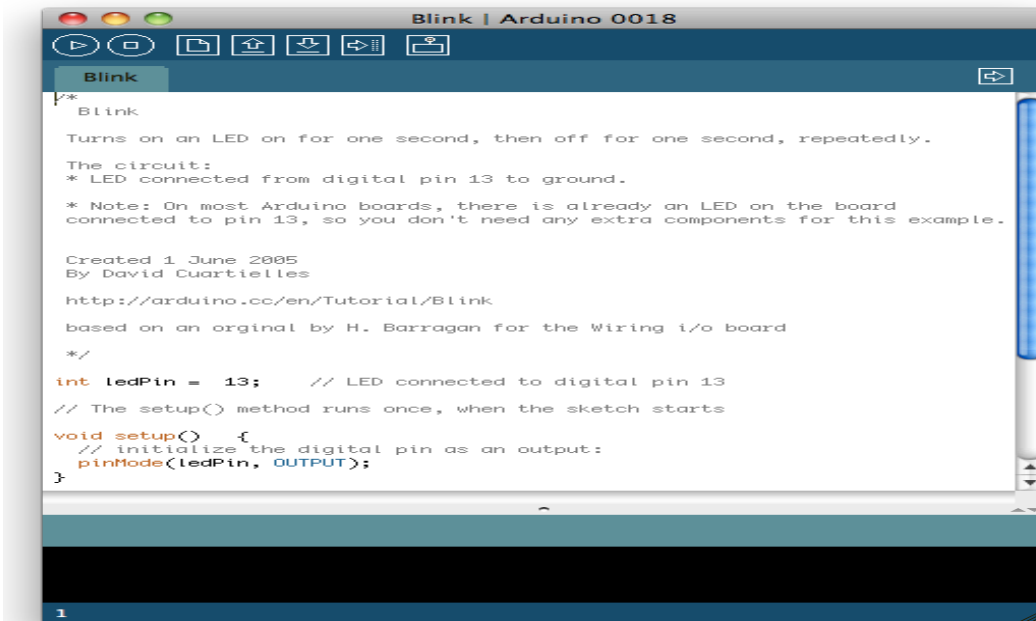
Figura 26. Entorno Arduino software.



Fuente. Autor

Abrir ejemplo Blink. Se abre el programa de ejemplo para hacer parpadear un LED ("LED blink"): **File >Examples> Digital >Blink.**

Figura 27. Programa de muestra



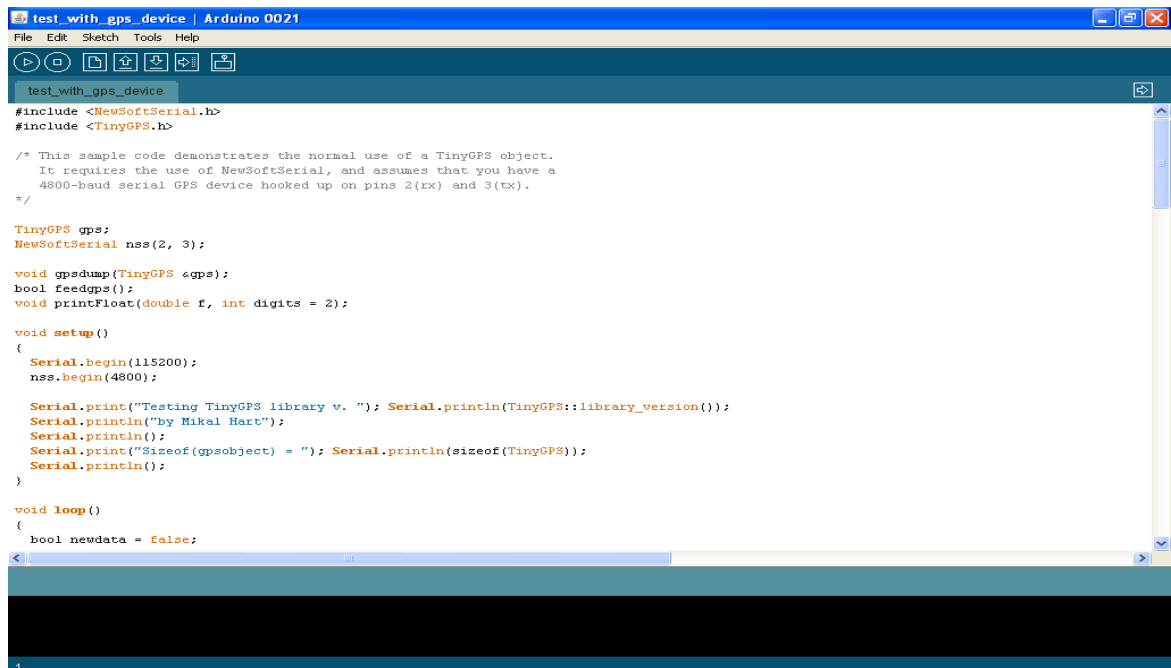
Fuente. Autor

Seleccione la placa. Se necesita seleccionar el tipo de placa del Arduino utilizado en el menú **Tools >Board**. Para las placas Arduino con el chip ATmega 328

(comprueba el texto escrito en el chip de la placa), selecciona la opción **Arduino UNO ATmega328** del menú desplegable.

Seleccione el puerto serie. Se selecciona el dispositivo serie de la placa Arduino en el menú Tools | Serial Port (Herramientas | Puertos Serie). Lo más probable es que sea **COM3** o mayor (**COM1** y **COM2** se reservan, por regla general para puertos serie de hardware). Para asegurarse de cuál es, se puede desconectar la placa y volver a mirar el menú; el puerto de la placa habrá desaparecido de la lista. Reconecta la placa y selecciona el puerto apropiado.

Figura 28. Selección del puerto en herramientas del entorno Arduino software



Fuente. Autor

Subir el programa a la placa. Ahora simplemente se pulsa sobre el botón "Upload" en el Entorno Arduino. Se debe esperar unos pocos segundos - deben parpadear los led RX y TX de la placa. Si el volcado del código es exitoso aparecerá el mensaje "Done uploading" en la barra de estado.

Figura 29. Herramientas de fácil acceso



Fuente. Autor

Pocos segundos después de finalizar el volcado del programa deberá ver cómo el led de la placa conectado al pin 13 (L) comienza a parpadear (con un color naranja). Si ocurre esto el Arduino está listo y funcionando.

Código de ejemplo para configuración del Arduino UNO

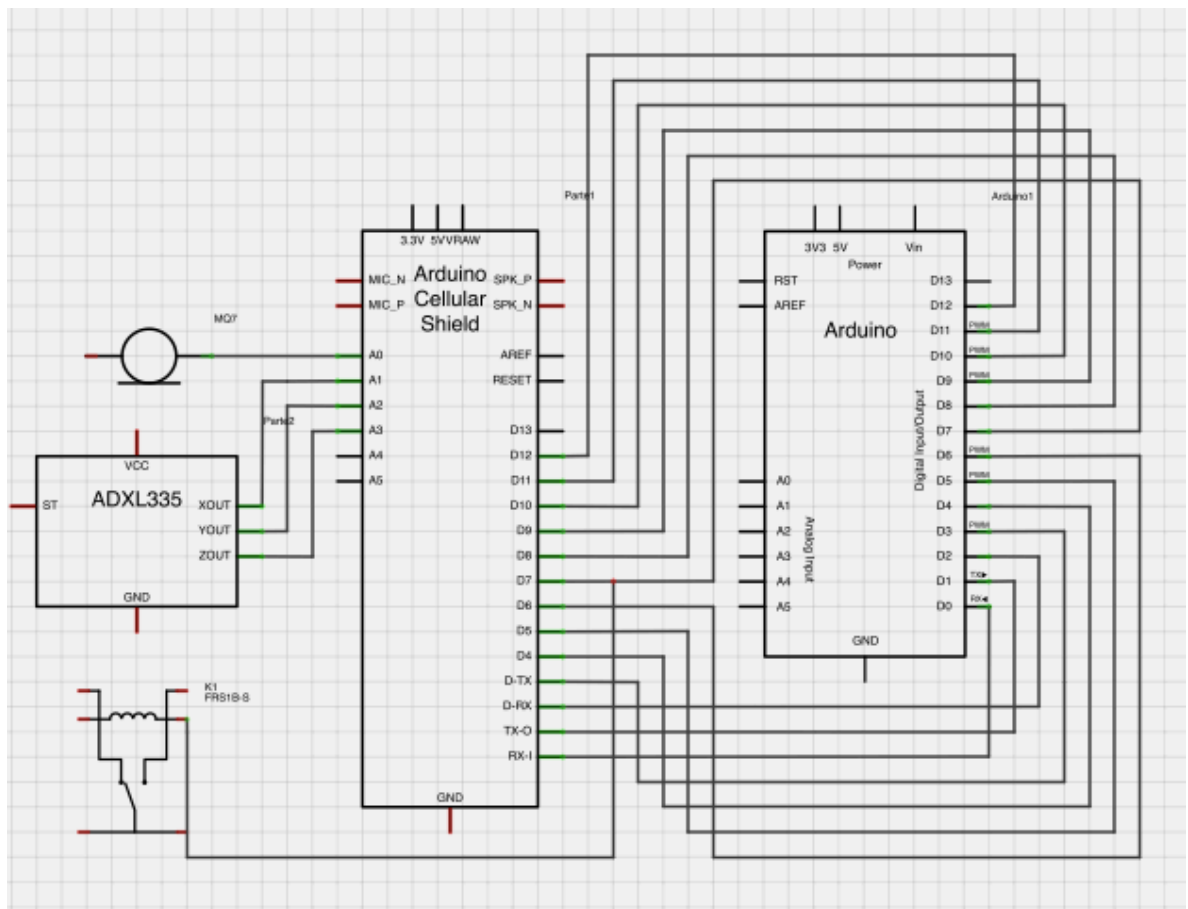
```
#include<NewSoftSerial.h> //Include the NewSoftSerial library to      send serial
commands to the cellular module.
#include <string.h>        //Used for string manipulations
charincoming_char=0;     //Will hold the incoming character from the Serial Port.
NewSoftSerial cell (2,3); //Create a 'fake' serial port. Pin 2 is the Rx pin, pin 3 is
the Tx pin.

Voidsetup ()
{
    //Initialize serial ports for communication.
    Serial.begin(9600);
    cell.begin(9600);
    Serial.println("Starting SM5100B Communication...");
}
void loop()
{
    //If a character comes in from the cellular module...
    if(cell.available() >0)
    {
        incoming_char=cell.read(); //Get the character from the cellular  serial port.
        Serial.print(incoming_char); //Print the incoming character to the terminal.
    }
    //If a character is coming from the terminal to the Arduino...
    if(Serial.available() >0)
    {
        incoming_char=Serial.read(); //Get the character coming from the terminal
        cell.print(incoming_char); //Send the character to the cellular module.
    }
}
```

Sensores. Los sensores de monóxido de carbono y el acelerómetro que se utilizan para la toma de medidas físicas del vehículo están conectados con el sistema de control y utilizan la salida de los pines así:

- A0 – para leer señal del sensor de Co
- A1 – para leer señal del acelerómetro eje x
- A2 – para leer señal del acelerómetro eje y
- A3 – para leer señal del acelerómetro eje z
- Digital #7 – para el apagado del motor

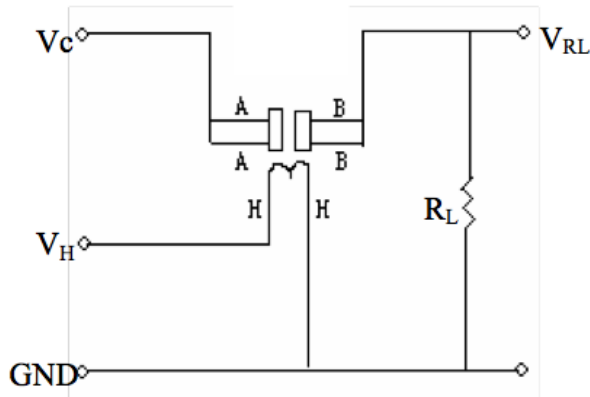
Figura30. Circuito para la parte de Control y Sensores.



Fuente. Autor

Sensor de monóxido de carbono

Figura 31. Esquemático sensor CO



Fuente. Autor

Dónde:

V_c : Voltaje $\leq 10V$ DC

V_h : Voltaje $5.0V \pm 0.2V$ AC o DC, $1.5V \pm 0.1V$

Alimentación

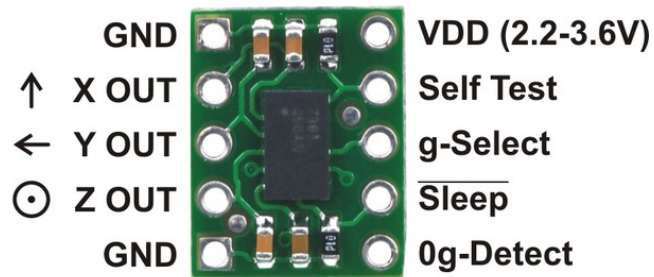
V_{rl} : Voltaje

Gnd:

Acelerómetro

Los pines utilizados para este sensor son: A1, A2, A3, digital #5.

Figura 32. Acelerómetro



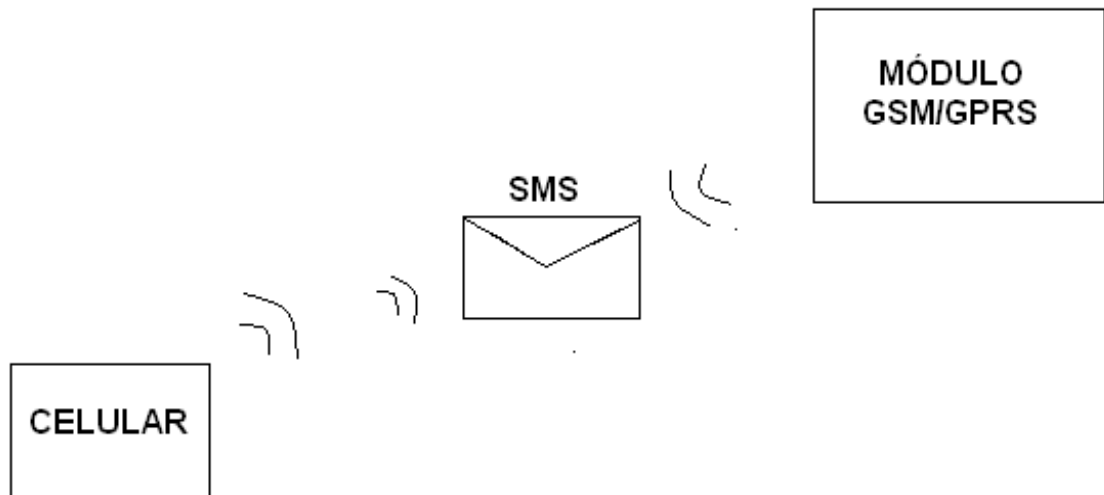
Fuente. www.wiring.org.co

4.2 MONITOREO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR

Telemetría. La etapa telemetría, que es un conjunto de procedimientos para medir magnitudes físicas y químicas desde una posición distante al lugar donde se producen los fenómenos cuando existen limitaciones de acceso. Donde el usuario va a recibir información del estado del vehículo puede ser de dos maneras. Por solicitud del propietario del vehículo o automáticamente cuando sucede un evento importante como por ejemplo que la alarma se active.

Para el uso del dispositivo. El usuario establece una llamada al número celular ubicado en el módulo del sistema que se encuentra en el interior del vehículo. El módulo SM5100B se encarga de enviar un mensaje de texto con la información solicitada, como el porcentaje de monóxido de carbono e inclinación al número del teléfono celular configurado.

Figura 33. Envío de información SMS



Fuente. Autor

Funciones del Hardware

- Incluir dispositivos para la transmisión y recepción de datos formando una red inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.15.4.
- Permitir la comunicación entre el módulo GSM/GPRS, con la tarjeta de desarrollo Arduino UNO.
- Suministrar la energía requerida para el funcionamiento de los distintos módulos.

El sistema propuesto permite el envío de información sobre el estado del vehículo desde el emisor móvil ubicado en el interior del vehículo a través de mensajes de texto SMS al usuario cuando este lo solicite, este está soportado en las redes celulares GSM (Estándar actual soportado en el país por los operadores móviles).

Las redes celulares soportadas en el estándar GSM permiten la transferencia de datos en pocos segundos desde un terminal a otro. La cobertura juega un papel importante ya que abarca grandes áreas lo que posibilita la transferencia de información por medio del servicio de mensajería SMS. Los datos son enviados en un formato de texto simple por el equipo emisor principal del prototipo vehicular. El mensaje de texto SMS cuenta con 160 caracteres que es el tope máximo permitido, lo suficiente para enviar los datos solicitados.

Listado de componentes electrónicos básicos

Tabla 3. Listado de componentes

| Componente | Referencia | Cantidad |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| Módulo GSM/GPRS | SM5100B | 1 |
| Tarjeta desarrollo | Arduino | 1 |
| Sim Card | comcel | 1 |
| Sensor CO | GSM850 | 1 |
| Antena | sparkfun | 1 |
| Tarjeta bomera | | 1 |
| Acelerometro | MMA7361L | 1 |

Fuente. Autor

A continuación se hace la descripción del funcionamiento del sistema y la programación del módulo GSM/GPRS SM5100B para el envío de la información automáticamente.

Prototipo vehicular. Se escoge trabajar con tarjeta de desarrollo Arduino UNO y módulo GSM/GPRS SM5100B por las grandes ventajas para el desarrollo como alto desempeño, gran eficiencia, bajo consumo de potencia, alta velocidad, ya que es un excelente factor costo beneficio.

Estas tarjetas de desarrollo tienen sistema de almacenamiento tipo flash que cuentan con una mejor tecnología en los procesos de escritura y borrado,

permitiendo el cambio en la lógica de operación ya que el software que se utiliza para la programación no tiene opción de simulación directamente en el hardware solo de tipo visual interactiva, de tal forma que las pruebas se realizaran con las tarjetas ya programadas y puesto en marcha en el hardware.

MÓDULO GSM/GPRS SM5100B. El módulo realiza y recibe llamadas, envía y recibe mensajes SMS y transferencia de datos. Para utilizar esta pantalla, se necesita una tarjeta SIM.

Figura34. Módulo GSM/GPRS SM5100B



Fuente. Autor

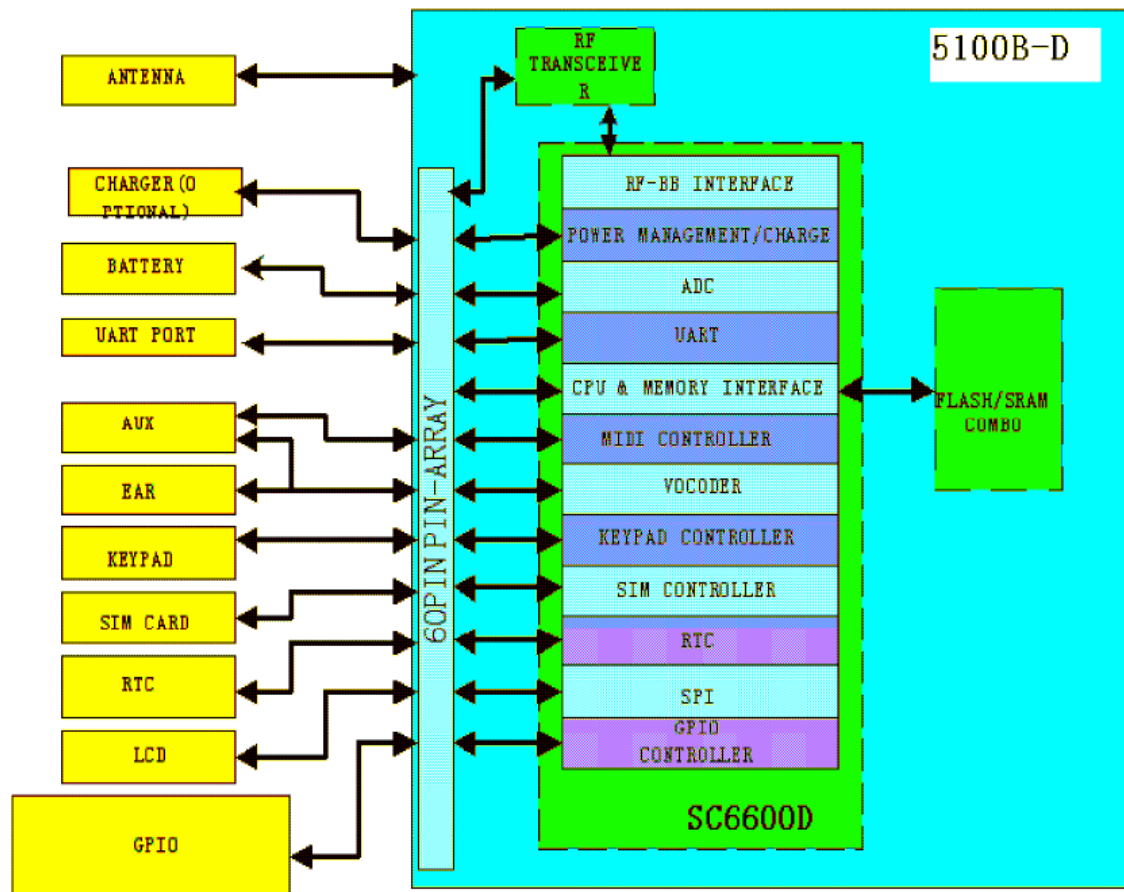
En primer lugar, se mostrara cómo enviar y recibir SMS. Los puertos digitales utilizados para la comunicación se pueden cambiar.

La pantalla utiliza un conjunto de comandos AT.

- AT - comprobación de estado
- ATE - seleccionar el modo ECO
- AT + CMGF - send SMS
- AT CMGL + - Lista SMS recibido

La tarjeta SIM previamente insertada debe estar activada para envío y recepción de datos. El escudo GSM sólo funciona con "2G" redes móviles GSM que operan en las frecuencias de 850, 900 y PCS1900 MHz.

Figura 35. Diagrama de bloques



Fuente. Autor

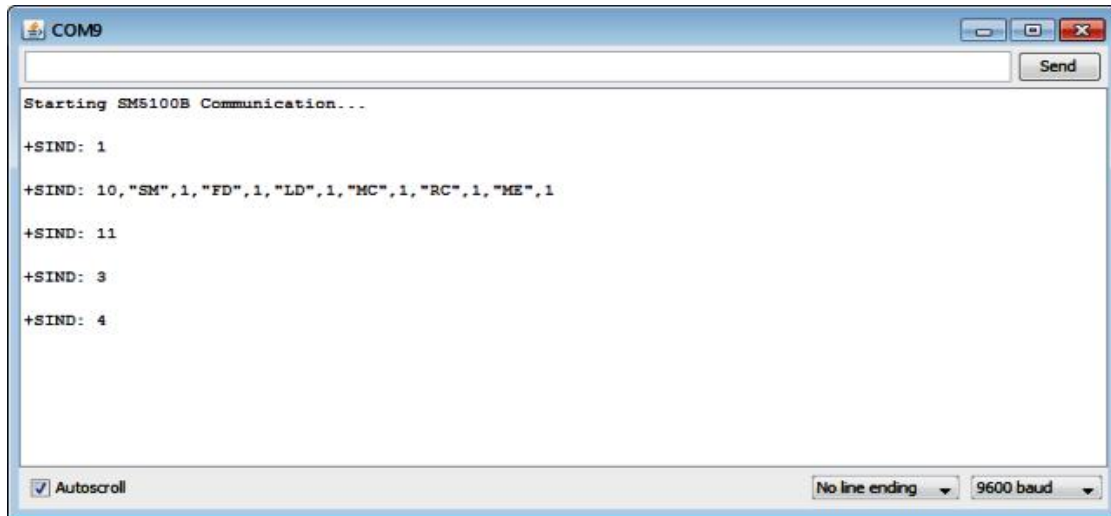
Es necesario asegurarse que la banda GSM haya sido registrada en el país donde se encuentra en este caso Colombia. Después de encender el Arduino con el protector instalado, se comprueba que el módulo lee y reconoce la tarjeta SIM y se selecciona el puerto y baudios en 9600.

La secuencia de arranque debe ser así:

```
+ SIND: 1
+ SIND: 10, "SM", 1, "FD", 1, "LD", 1, "MC", 1, "RC", 1.
```

La comunicación con el módulo comienza después de la primera línea que se muestra. La segunda línea de comunicación, + SIND: 10, nos dice si el módulo puede ver una tarjeta SIM. Si la tarjeta SIM se detecta cualquier otro campo es un 1, y si la tarjeta SIM no se detecta cualquier otro campo es un 0.

Figura36. Programa terminal



Fuente. www.spakfun.com

La respuesta + SIND del módulo celular indica el estado de los módulos.

Significados de respuesta:

- 0 Tarjeta SIM eliminado
- 1 Tarjeta SIM insertada
- 2 Melodía de timbre
- 3 AT módulo está parcialmente listo
- 4 AT módulo está totalmente listo
- 5 ID de llamadas liberadas
- 6 llamadas cuyo lanzamiento ID = <idx>
- 7 El red de servicio está disponible para una llamada de emergencia
- 8 La red se pierde
- 9 Audio IN
- 10 Mostrar el estado de cada agenda tras frase init
- 11 Registrado en la red

Para hacer una llamada:

Comando AT - ATDxxxxyyzzzz, número de teléfono con el formato: (xxx) yyy-zzz

Si se hace una llamada telefónica, se debe asegurar de hacer referencia a la ficha técnica de dispositivos para conectar un micrófono y un altavoz a la pantalla.

Para enviar un mensaje de texto:

Comando AT AT + CMGF = 1

Texto' Este comando establece el modo de mensaje de texto al comando AT = AT + CMGS = "xxxxyyzzzz" (retorno de carro) "Texto a enviar" (CTRL + Z)

Este comando es un poco confuso para describir. El número de teléfono en el formato (xxx) yyy-zzzz va dentro de comillas dobles. Pulse 'enter' después del cierre de las cotizaciones.

A continuación, se introduce el texto que se desea enviar. Terminar el comando AT mediante el envío de CTRL + Z. Este carácter no puede ser enviado desde el terminal de Arduino. Se debe utilizar un programa de terminal como Hyperterminal alternativo, Tera Term, Terminal Bray o X-CTU.

Ensamble el módulo SM5100B con la placa Arduino. Ahora abra una conexión en serie usando un programa como Putty, la terminal serie con 9600bps:

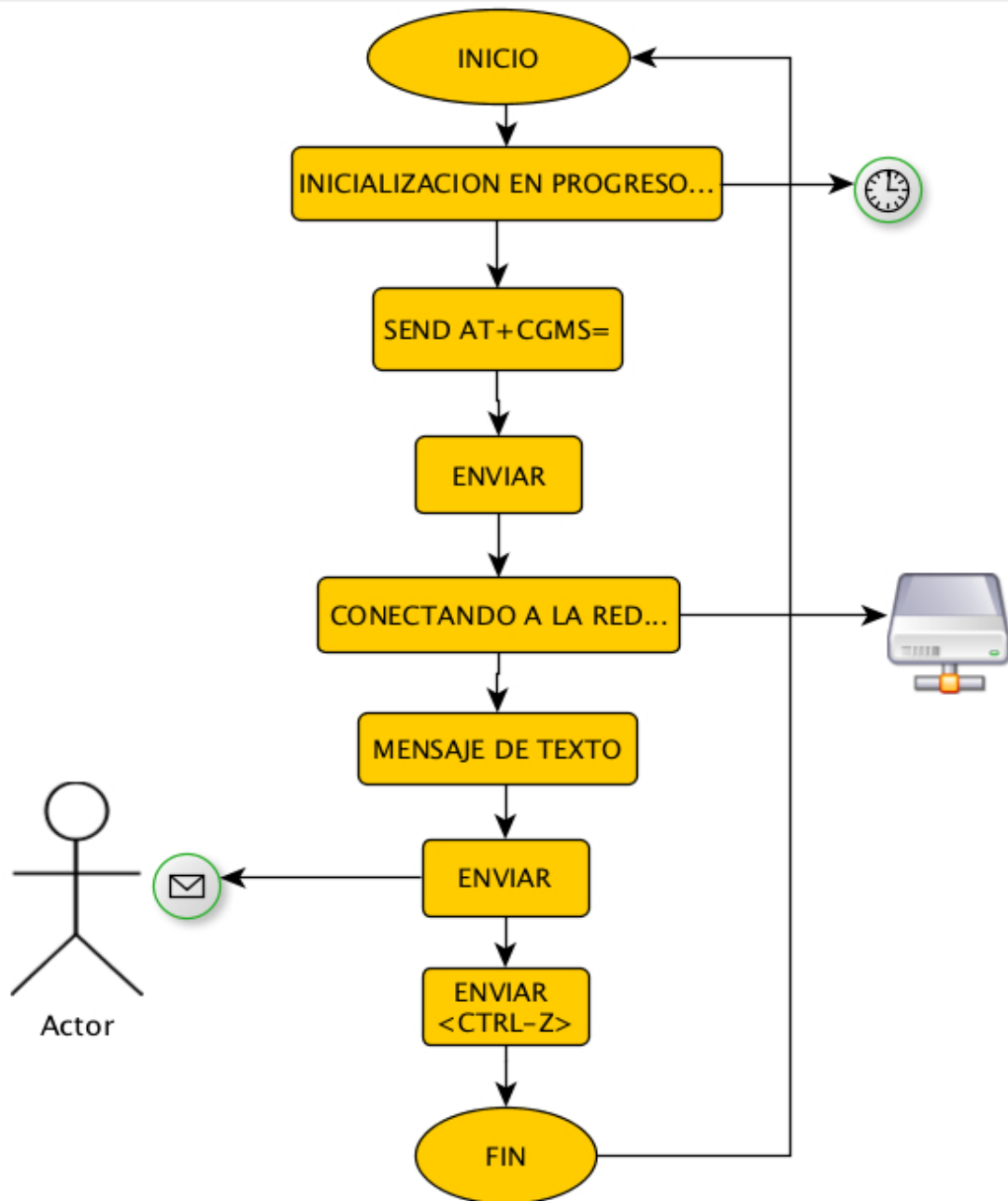
Código para configurar el módulo SM5100B

```
# Include<SoftwareSerial.h> // Incluir la biblioteca NewSoftSerial para enviar
comandos serie al módulo celular.
#include<string.h> // Se utiliza para la manipulación de cadenas
Charlasincoming_char = 0; // Se mantenga el carácter entrante del puerto serie.
SoftwareSerial celda (2,3); // Se crea un 'falso' puerto serie. El pin 2 es el pin Rx,
el pin 3 es el pin Tx.
voidsetup
()
{
/ / Inicializar los puertos serie para la comunicación.
Serial.begin (9600);
cell.begin (9600);

/ / ¡Vamos a empezar
Serial.println ("Inicio de Comunicación SM5100B ...");
}
voidloop
()
{
/ / Si un personaje entra en el módulo celular ...
if (cell.available ()> 0)
{
incoming_charcell.read = (); // Obtener el carácter desde el puerto serial celular
Serial. print (incoming_char). // imprimir el carácter entrante al terminal
}
/ / Si un personaje está llegando desde la terminal hasta el Arduino ...
if (Serial.available ()> 0)
{
```

```
incoming_charSerial.read = ( ) // Obtener el personaje que viene de la terminal
cell.print (incoming_char). // Enviar el personaje al módulo celular
}
```

Figura 37. Diagrama de la estructura general del programa.



Fuente. Autor

Después de la prueba, el módulo está listo para enviar un mensaje SMS,

Escriba:

- AT + CMGF = 1 <ENTER>
- AT CMGS = "5555555555" <ENTER>, donde 5555555555 es el teléfono de destino
- Escriba el mensaje cuando un carácter '>' aparecerá. Pulse Ctrl + Z para finalizar.

Para comprobar si hay nuevos mensajes, escriba:

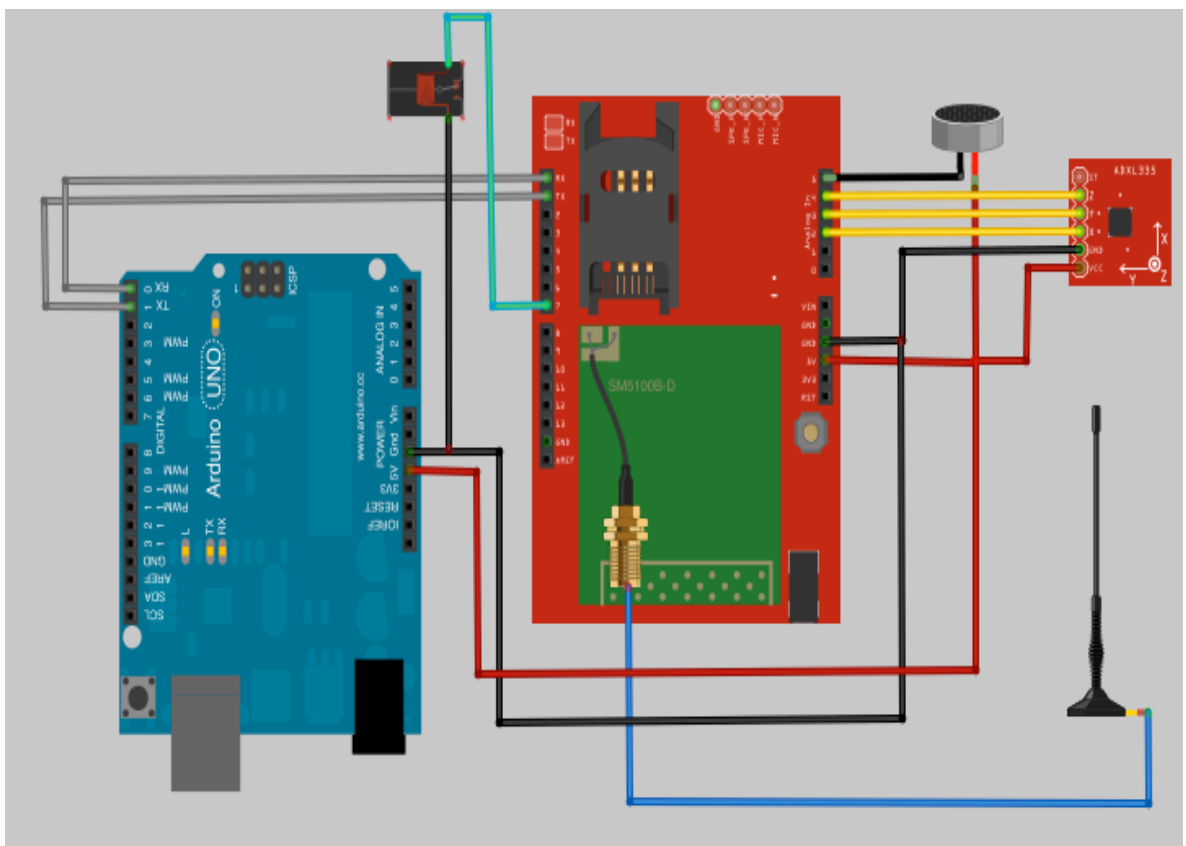
- AT + CMGF = 1 <ENTER>;
- AT + CMGL = "ALL".

Teniendo el módulo GSM/GPRS SM5100B y la tarjeta Arduino programados y con sus respectivos accesorios y sensores listos, se procede a ensamblar y puesta en marcha.

5. CONCRECIÓN DEL MODELO

En este capítulo se puede apreciar la implementación del diseño del capítulo anterior.

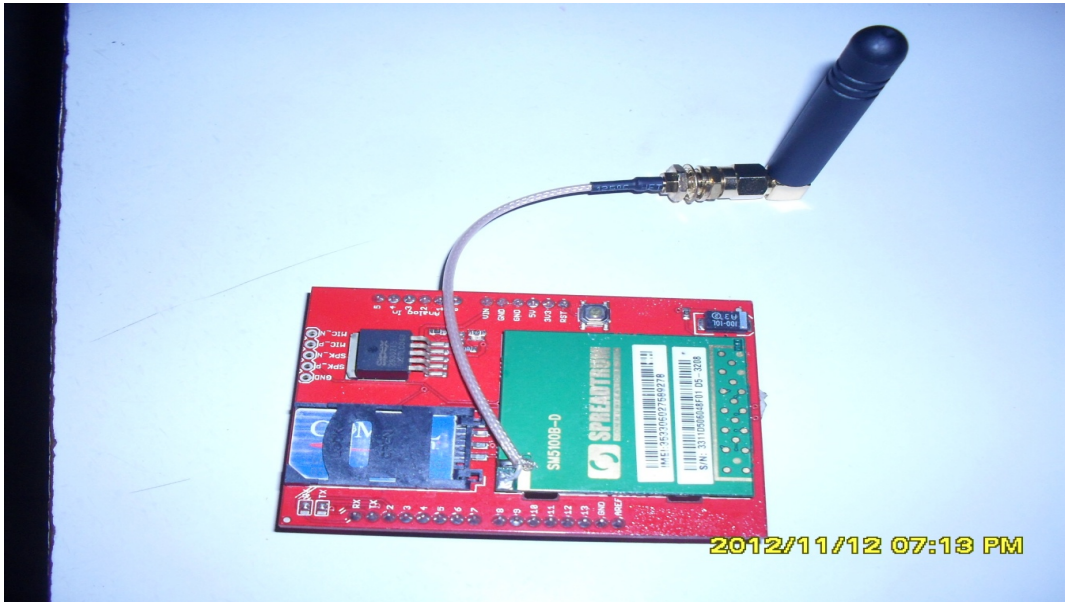
Figura 38. Diseño completo del Prototipo.



Fuente: Autor

Para lo cual se utilizó un módulo de comunicaciones SM5100B de la compañía linksprite technologies.

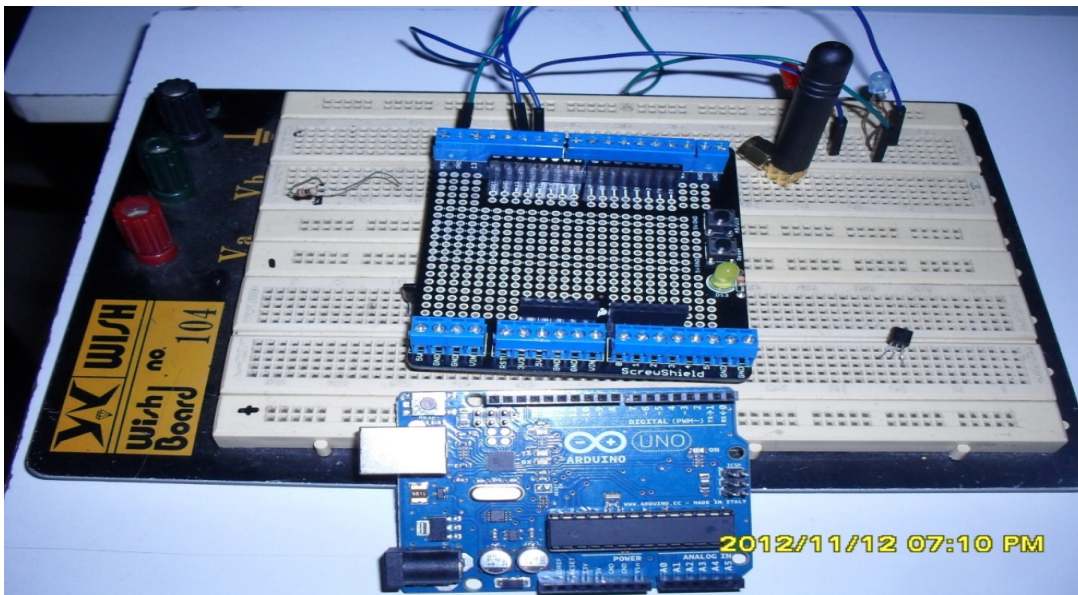
Figura 39. Módulo SM5100B



Fuente. Autor

Una tarjeta de desarrollo Arduino Uno y una tarjeta de borneras para fácil conexión de diferentes periféricos.

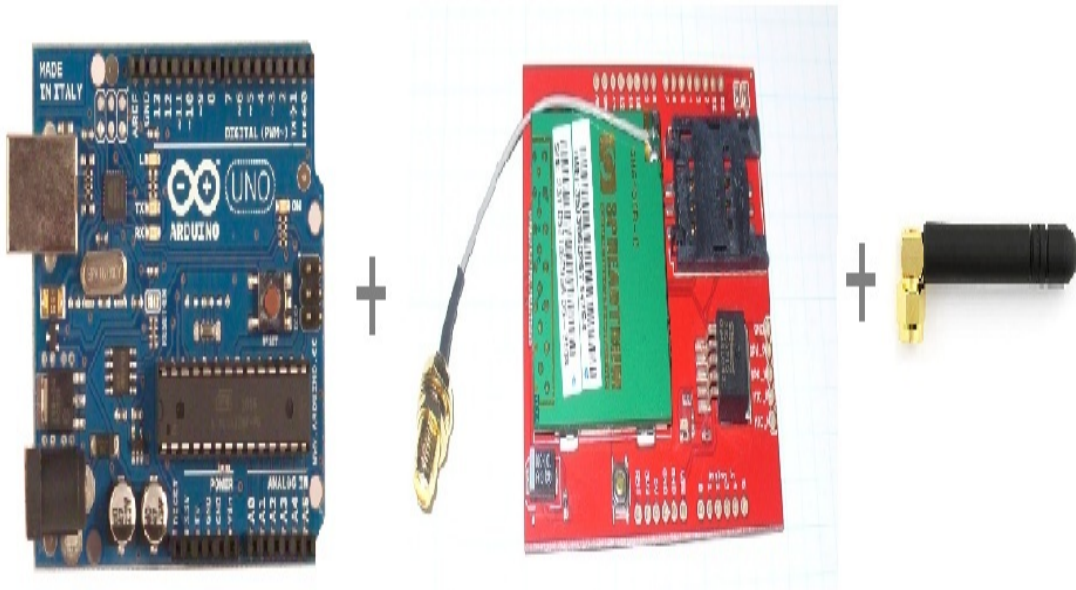
Figura 40. Arduino UNO



Fuente. Autor

El siguiente paso es tratar de ensamblar todas las tarjetas electrónicas en su debido orden.

Figura 41. Orden de ensamble



Fuente. Autor

Figura 42. Conexión a borneras



Fuente. Autor

5.1 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE

Para la implementación y montaje del prototipo fueron necesarios los siguientes equipos:

- Tarjeta de desarrollo Arduino Uno
- Módulo de comunicación GSM/GPRS SM5100b
- Tarjeta de conexiones con borneras
- Sensor de monóxido de carbono
- Sensor acelerómetro

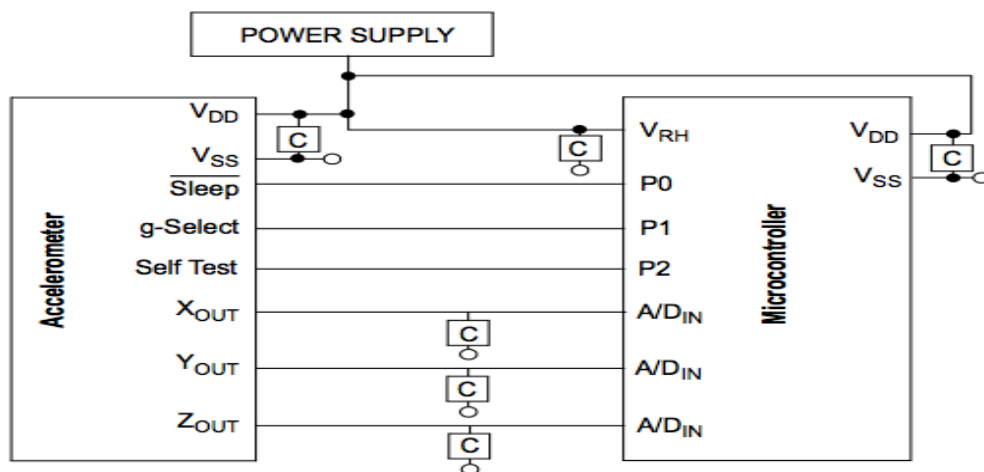
La implementación del sistema se realiza de la siguiente forma:

Se inicia con la tarjeta de borneras, ésta tiene pines de conexión rápida que encajan perfectamente con la placa del Arduino, esto permite una disposición más cómoda de cada uno de los pines del micro-controlador ya que permite conectar cables de diferente calibre, y así conectar los diferentes sensores que se utilizan en este proyecto. Posteriormente se sobrepone en la tarjeta de borneras el módulo de comunicación GSM/GPRS SM5100B, unida a los sensores para así terminar el ensamble.

Acelerómetro

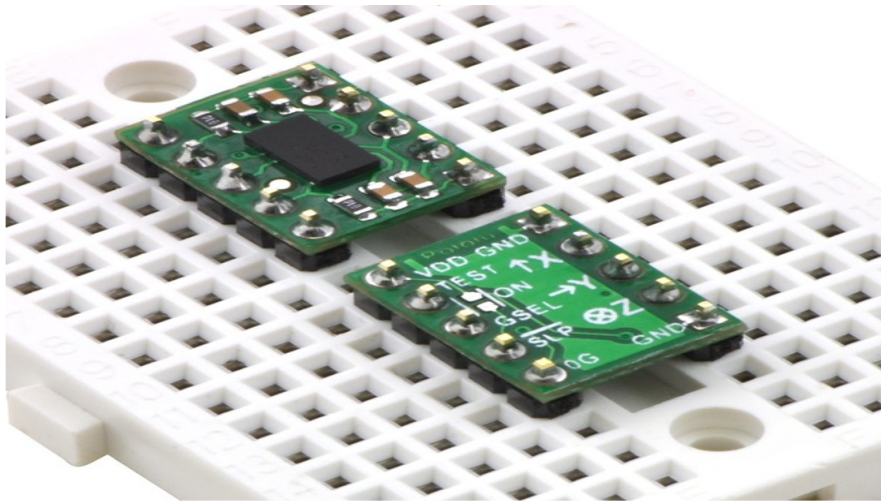
Los pines utilizados para este sensor son: A1, A2, A3, digital #5.

Figura 43. Esquemático conexión al microcontrolador



Fuente. www.wiring.org.co

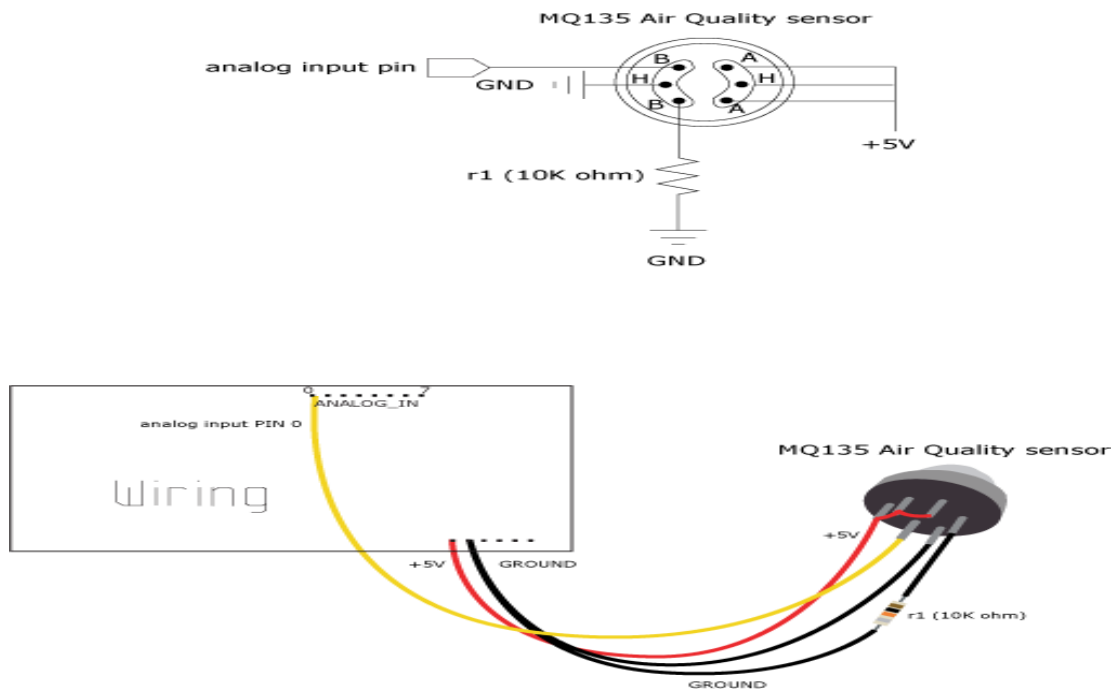
Figura 44. Acelerómetro



Fuente. www.wiring.org.co

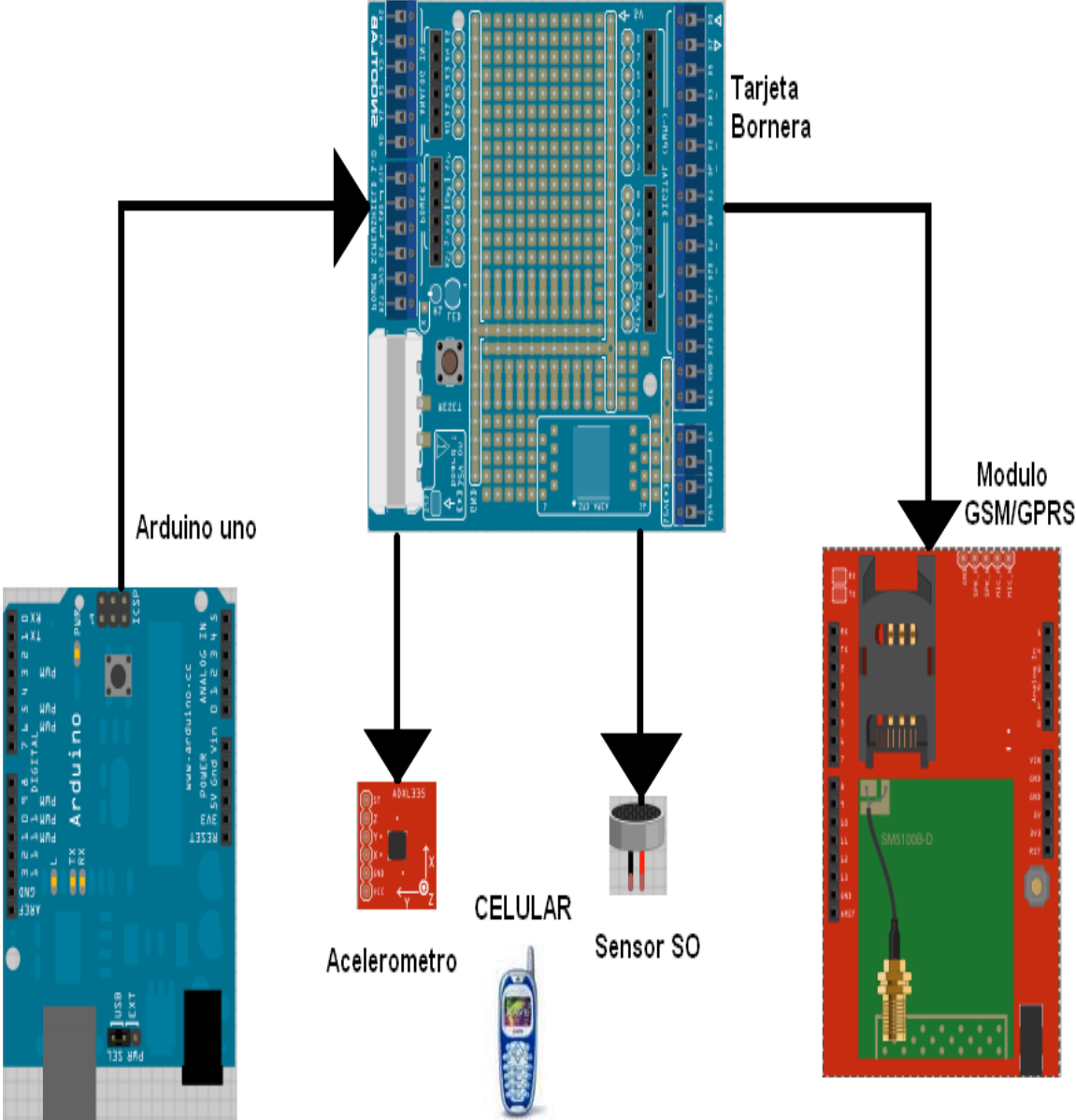
Sensor de monóxido de carbono

Figura 45. Esquemático sensor CO



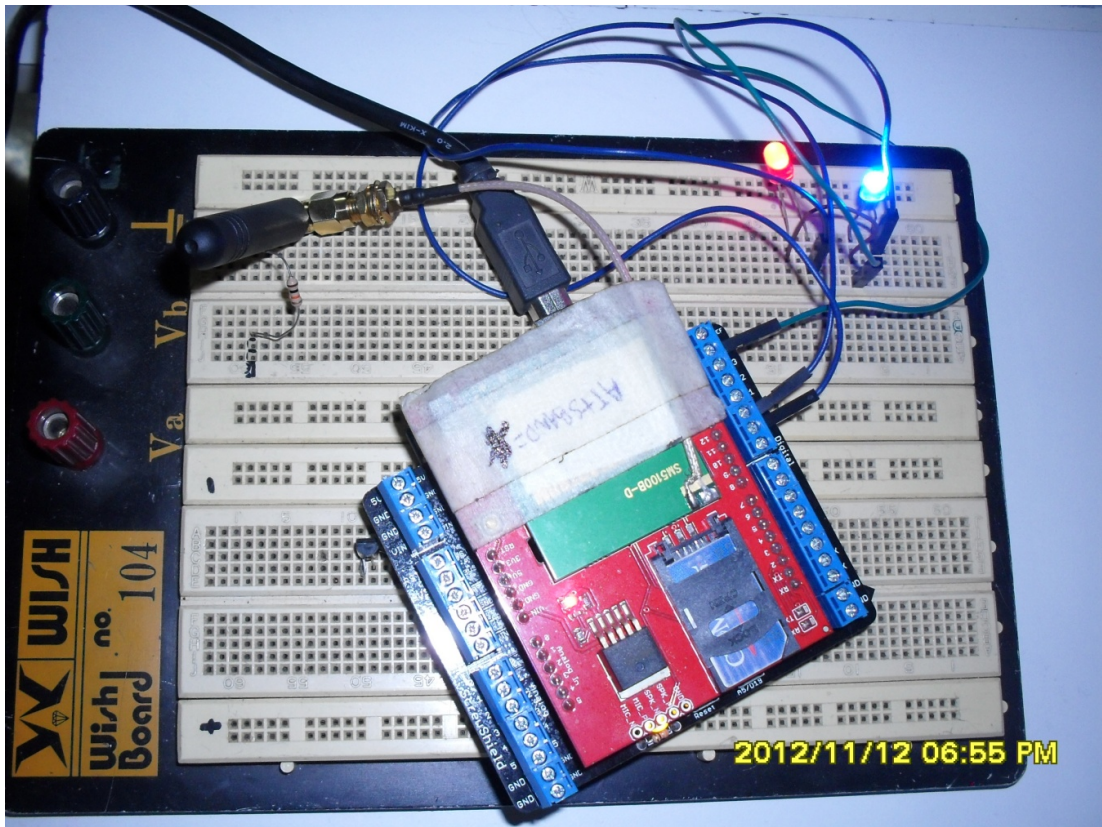
Fuente. www.dynamo.com

Figura 46. Muestra de ensamble



Fuente. Autor

Figura 47. Ensamble del prototipo



Fuente. Autor

Para la adecuación del prototipo en el vehículo se hace de la siguiente manera.

Se toman los 12 voltios provenientes de la batería del vehículo, para alimentar el circuito de seguridad.

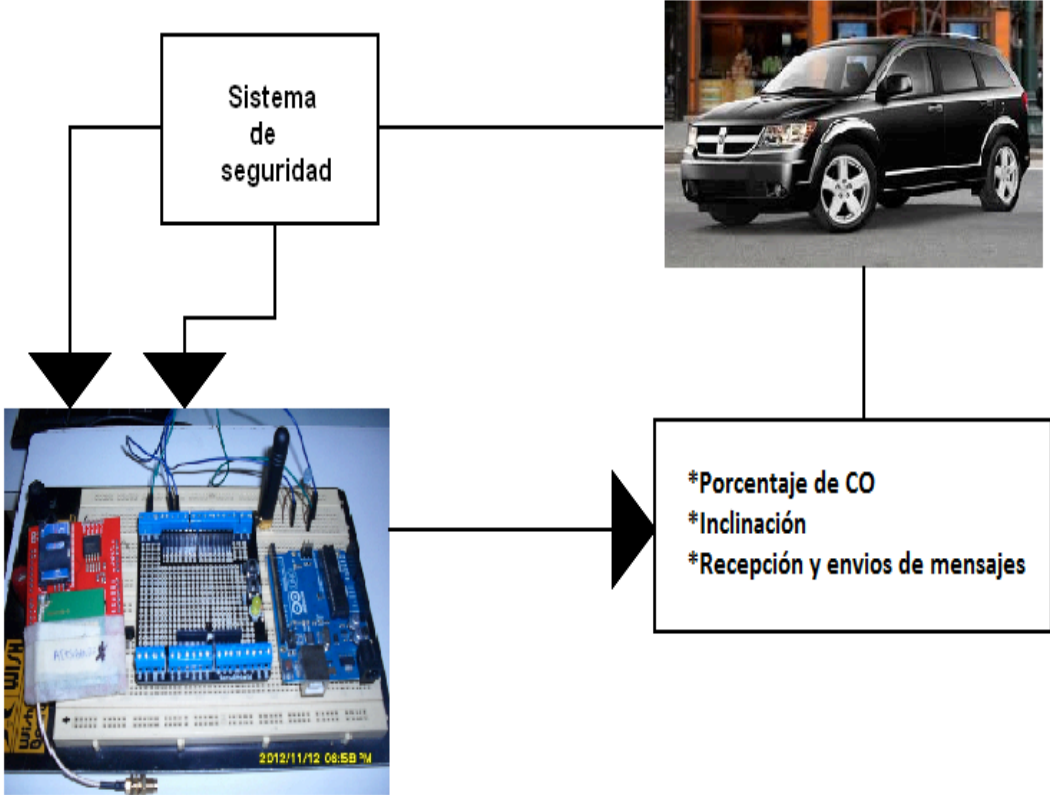
Los pines utilizados de la tarjeta de desarrollo Arduino Uno son:

- A0 – para leer señal del sensor de Co
- A1 – para leer señal del acelerómetro eje x
- A2 – para leer señal del acelerómetro eje y
- A3 – para leer señal del acelerómetro eje z
- Digital #7 – para el apagado del motor

Los pines Tx y Rx se comunican directamente con el puerto USB del computador para programación, datos y lecturas. Los pines 2 y 3 crean una comunicación serial falsa entre el módulo GSM/GPRS y el Arduino, para no confundir señales

con el puerto USB, de esta manera el sistema de seguridad vehicular queda conectado en el interior del vehículo y en contacto con el usuario vía GSM.

Figura 48. Implementación del sistema para el vehículo.



Fuente. Autor

Código de programación final para el dispositivo vehicular

```
#include <NewSoftSerial.h>
    char inchar;
    NewSoftSerial cell(2,3);

int out1 = 9;
    int out2 = 10;
    int out3 = 11;
    int out4 = 12;
    void setup()
    {
        pinMode(out1, OUTPUT); pinMode(out2, OUTPUT);

pinMode(out3, OUTPUT);
        pinMode(out4, OUTPUT);
        digitalWrite(out1, LOW);
        digitalWrite(out2, LOW);
        digitalWrite(out3, LOW);
        digitalWrite(out4, LOW);
        cell.begin(9600);
        delay(30000);
        cell.println("AT+CMGF=1");
delay(200);
        cell.println("AT+CNMI=3,3,0,0");
        delay(200);
    }

    void loop()  {
        if(cell.available() >0)
        {
            inchar=cell.read();
            if (inchar=='#')
            {
                delay(10);
                inchar=cell.read();
                if (inchar=='a')
                {
                    delay(10);
                    inchar=cell.read();
```

```

    if (inchar=='0')
    {
    digitalWrite(out1, LOW);
    }
    else if (inchar=='1')
    {
    digitalWrite(out1, HIGH);
    }
    delay(10);
    inchar=cell.read();
    if (inchar=='b')
    {
    inchar=cell.read();
    if (inchar=='0')
    {
    digitalWrite(out2, LOW);
    }
else if (inchar=='1')
{
    digitalWrite(out2, HIGH);
    }
delay(10);
inchar=cell.read();
    if (inchar=='c')
    {
    inchar=cell.read();
    if (inchar=='0')
    {
    digitalWrite(out3, LOW);
    }
    else if (inchar=='1')
    {
    digitalWrite(out3, HIGH);
    }
    delay(10);
    inchar=cell.read();
    if (inchar=='d')
    {
    delay(10);

```

```
    inchar=cell.read();
    if (inchar=='0')
    {
    digitalWrite(out4, LOW);
    }
    else if (inchar=='1')
    {
    digitalWrite(out4, HIGH);
    }
    delay(10);
    }
}

cell.println("AT+CMGD=1,4");
}
}
```

6. DISEÑO METODOLOGICO

Este proyecto obedece a una investigación aplicada exploratoria debido a que los sistemas a efectuar, planteados en este documento requieren de un estudio tanto teórico como práctico; ya que este tipo de sistemas a desarrollar e implementar ya se encuentran en el mercado, pero con la diferencia de que se realizarán con tecnología relativamente económica y de mayor alcance para todo tipo de público.

En particular se tienen previstos las siguientes actividades para alcanzar cada uno de los objetivos planteados:

Objetivo1: Integrar diferentes dispositivos electrónicos al interior de un vehículo.

Actividad 1 Búsqueda de información acerca de que es la tecnología GSM/GPRS, las tecnologías utilizadas en la automatización de un vehículo y las posibles aplicaciones al interior del mismo.

Actividad 1.1 Realización del listado de materiales a utilizar durante el desarrollo del prototipo.

Actividad 1.2 Ejecución de la simulación del prototipo en las etapas de potencia y regulación.

Actividad 1.3 Montaje de los circuitos simulados en el computador y expectación del comportamiento de los componentes electrónicos a medida que pasa el tiempo.

Objetivo 2: Seleccionar los protocolos de comunicación que permitan comunicar los diferentes dispositivos.

Actividad 2.1 Estudiar acerca de la tecnología disponible en el mercado para la realización de la comunicación entre el prototipo a implementar en el vehículo y el usuario.

Actividad 2.2 Selección de la tecnología adecuada para la etapa de comunicación.

Actividad 2.3 Búsqueda de video tutoriales acerca de los módulos de radio frecuencia de la etapa de comunicación.

Actividad 2.4 Activación y puesta a punto de los módulos de radio frecuencia.

Objetivo 3: Estudiar e implementar una estrategia de control adecuada para el manejo de dispositivos al interior de un vehículo.

Actividad 3.1 Selección del compilador adecuado para la creación, desarrollo y finalización de la estrategia de control.

Actividad 3.2 Generación de lluvia de ideas de la posible estrategia de control a implementar.

Actividad 3.3 Puesta a punto de la estrategia de control a través de pruebas de ensayo y error.

Actividad 3.4 Programación del módulo a utilizar.

Actividad 3.5 Montaje y ensamblen las etapas de potencia, regulación, comunicación y finalmente control.

Actividad 3.6 Integración de las tarjetas electrónicas de la etapa de potencia, regulación, comunicación y control para el prototipo.

7. CONCLUSIONES

Se realizó el diseño, implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS llegando a las siguientes conclusiones:

- ✓ Los objetivos propuestos fueron alcanzados mediante la concepción de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS.
- ✓ Se logró diseñar un prototipo de un sistema de seguridad para vehículos con comunicación inalámbrica para obtener información sobre el estado actual del mismo soportado en GSM/GPRS existente en Colombia por medio de mensajes de texto SMS.
- ✓ Se seleccionó un adecuado protocolo de comunicación como fue el GSM/GPRS siendo una tecnología competitiva ofreciendo fiabilidad de datos de bajo costo trabajando con las cuatro bandas existentes en el país basado en la norma IEEE 802.15.4, el cual permitió comunicar los diferentes dispositivos en el interior del vehículo.
- ✓ El prototipo obtenido establece las bases de diseño para obtener un producto final competitivo dentro del mercado relacionado con los sistemas de seguridad vehicular.
- ✓ Se integraron dos áreas fundamentales de la ingeniería Mecatrónica, en la parte de programación y en la utilización de las redes de telefonía móvil celular y este documento queda a disposición de todas las personas interesadas en los campos de la electrónica, eléctrica y programación aplicada a la auto-trónica.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1Tendencias Científicas. Tendencia 21[en línea]. España. 2004 [consulta Junio 2012]. Disponible en:
http://www.tendencias21.net/index.php3?action=page&id_art=9735.

2Moya, Santiago. Manejando la casa por celular. En: El Tiempo. Bogotá (Enero 15 de 2006). Disponible en:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1885251>.

3 Asociación Colombina de Ingenieros. Perspectivas para las Telecomunicaciones en Colombia. Disponible en:
<http://www.aciem.org/bancoconocimiento/p/perspectivatelecomunext/Perspectivas%20en%20Telecomunicaciones%202005.pdf>

4 La basura electrónica amenaza su medio ambiente. En: Vanguardia.com. (Febrero 10 de 2012). Disponible en: <http://www.vanguardia.com/vivirmejor/ola-verde/20510-la-basura-electronica-amenaza-su-medio-ambiente>

5Se robaron 3.276 vehículos en los dos primeros meses del año en Colombia. En: Revista Motor. El Tiempo (Marzo 2010. Disponible en:
http://www.eltiempo.com/motor/vehiculos/ARTICULO-WEB-PLANTILLA_NOTA_INTERIOR-7398867.html

6Ministerio de Educación Nacional. La ciencia y la tecnología, una política prioritaria para Colombia. En línea]. Colombia 2012. [Consulta Junio de 2012]. Disponible en:
<http://www.mineduccion.gov.co/cvn/1665/article-123831.html>

7Quintero, H., L.F. Telemetría y tele gestión en procesos industriales mediante canales inalámbricos Wi-Fi utilizando instrumentación virtual y dispositivos PDA. Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Red. III Jornadas, JDARE 2006. Alicante, España, mayo 22-23, 2006. Disponible en:
<http://www.dtic.ua.es/grupoM/recursos/articulos/JDARE-06-J.pdf>

8R C Net. Telemetría [En línea]. [Consultado Junio de 2012]. Disponible en:
<http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>

9REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española Vigésima segunda edición: <http://buscon.rae.es>

10HISPAVILA, Divisores de tensión. Disponible en internet en:
<http://www.hispavila.com/3ds/tutores/divstension.html>

9. BIBLIOGRAFÍA

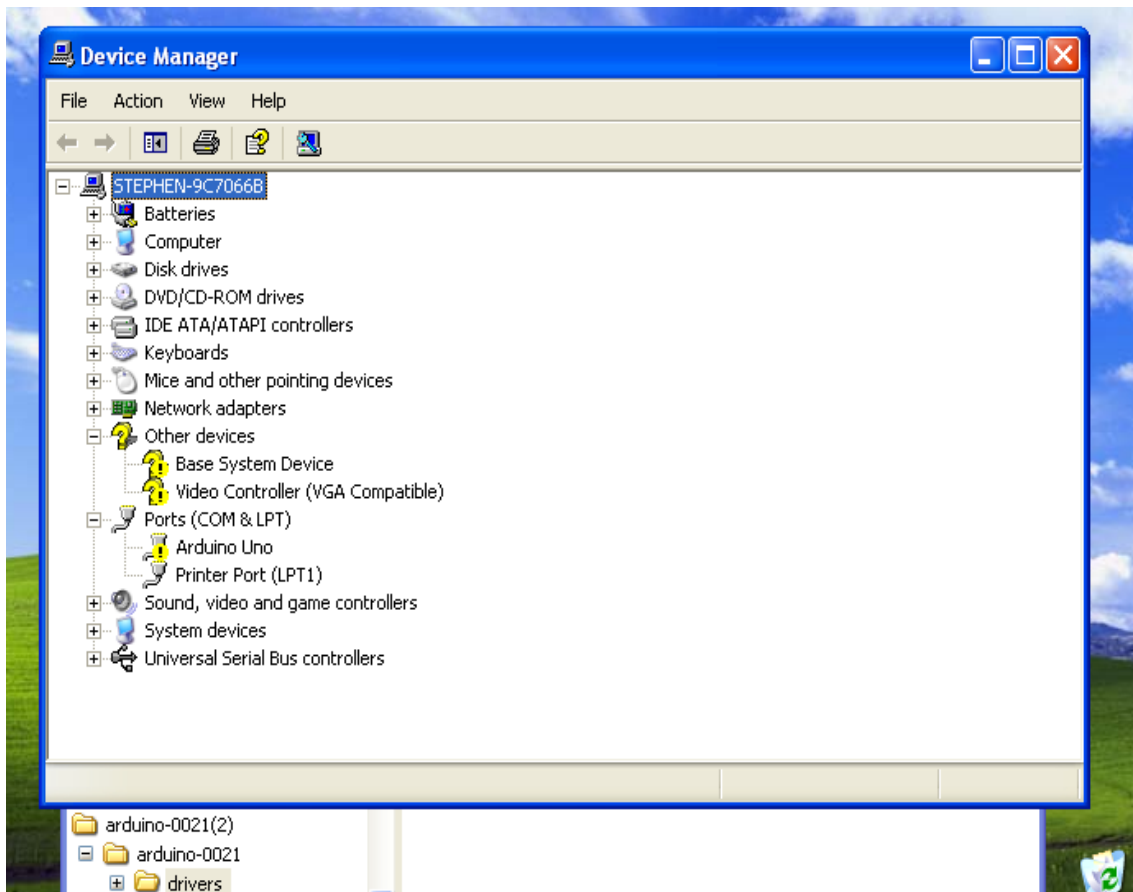
- Álvaro Hernán Cárdenas Valencia, Activación de Cargas Eléctricas por medio de la Telefonía celular, Universidad del Quindío, Trabajo de Grado, Armenia 2006.
- MICRO CONTROLADORES PIC 2ª PARTE: PIC 16F87X: diseño practico de aplicaciones de VV.AA. y ANGULO USATEGUI, JOSE MARIA ET AL.ISBN: 9788448146276 N° Edición:1ª Año de edición:2006
- “Trasmisión por Radio”. José María Hernando Rábanos. Ed. Centro de estudios ramón areces, S.A. Segunda edición.
- “Technical realization of the Short Message Service (SMS) Pointo-to-Point”. GSM-03.40. Version 5.3.0. ETSI.
- FERNANDEZ David. Programando dispositivos móviles con software libres. Taller. Universidad de Alcalá de Henares.
- JOSE Pelegri Sebastián. Labview entorno grafico de programación.
- JOSEP Balcells. JOSE Luis Romeral. Autómatas Programables.
- http://www.lawebdelprogramador.com/news/mostrar_new.php?id=121&texto=Palm+Pilot&n1=127448&n2=0&n3=0&n4=0&n5=0&n6=0&n7=0&n8=0&n9=0&n0=0.

10. ANEXOS

10.1 Instalación de Arduino Uno en Windows XP

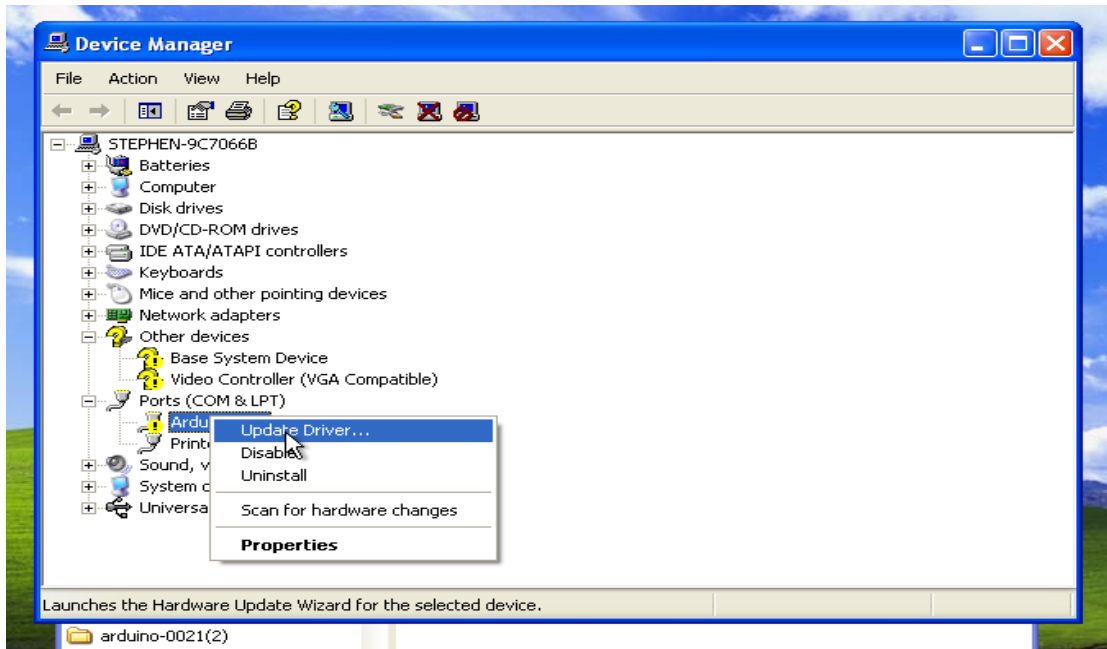
Esta es una guía para instalar Arduino Uno en Windows XP, cuando se ha intentado, pero el sistema operativo no puede instalar los drivers.

Figura 49. Administrador de dispositivos en Windows XP



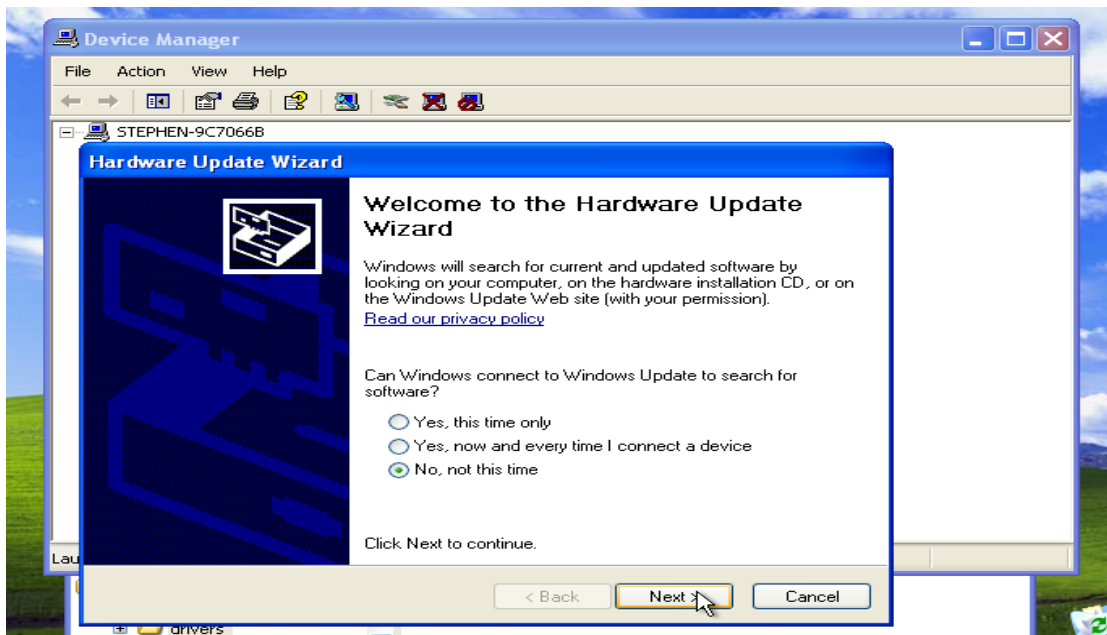
Fuente. Autor

Figura 50. Abrir driver de comunicación



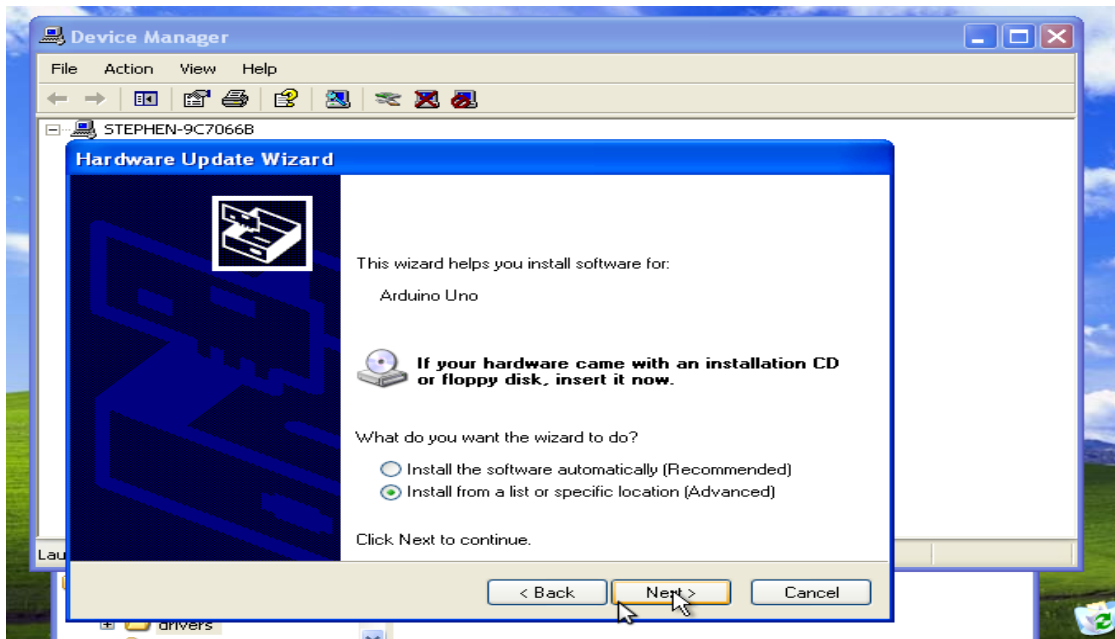
Fuente. Autor

Figura 51. Configuración



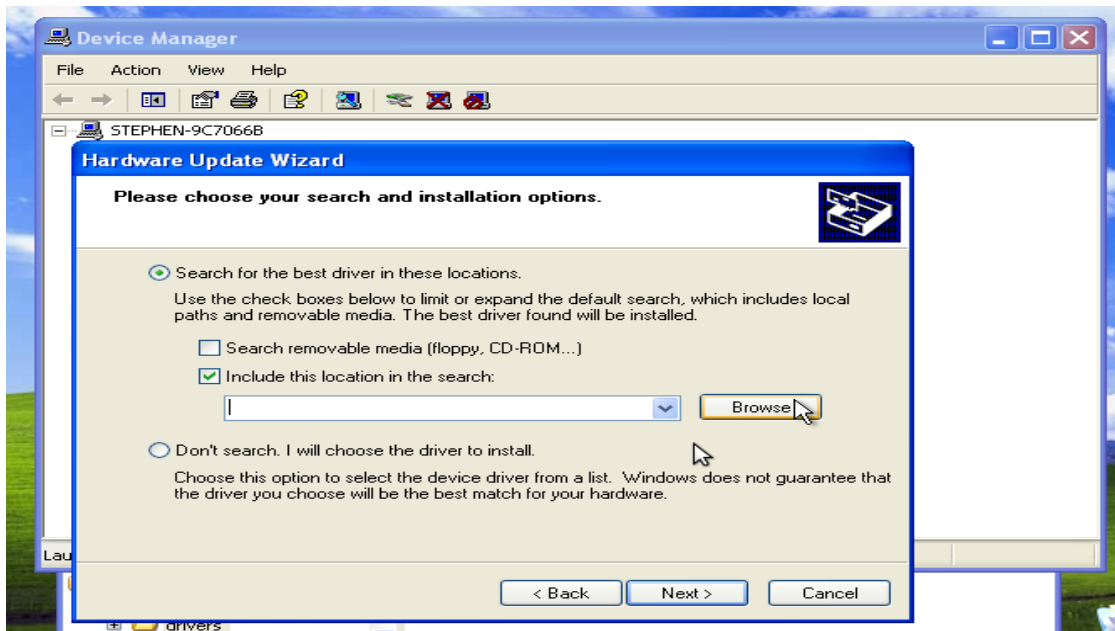
Fuente: Autor

Figura 52. Instalación driver de comunicación



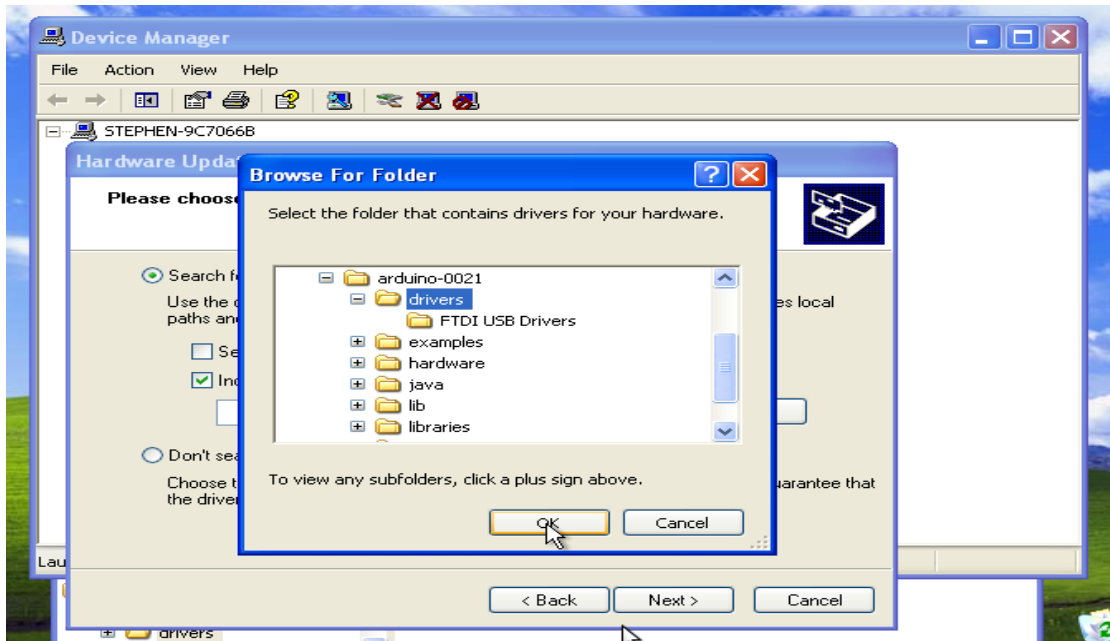
Fuente: Autor

Figura 53. Búsqueda de carpeta contenedora



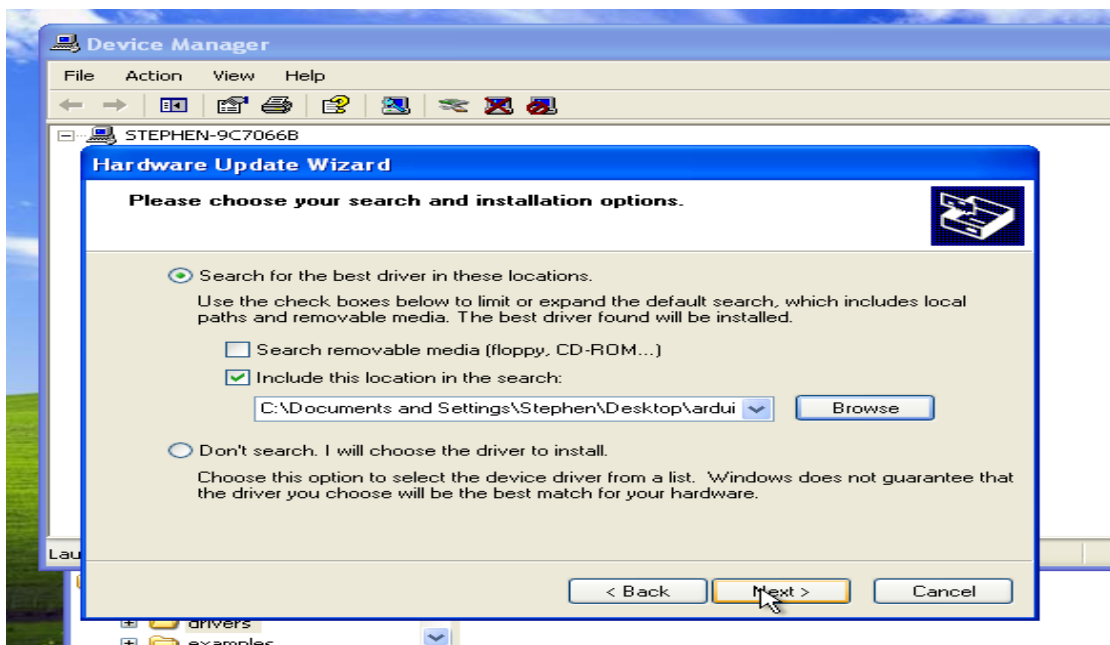
Fuente: Autor

Figura 54. Selección de archivo contenedor del driver de comunicación:



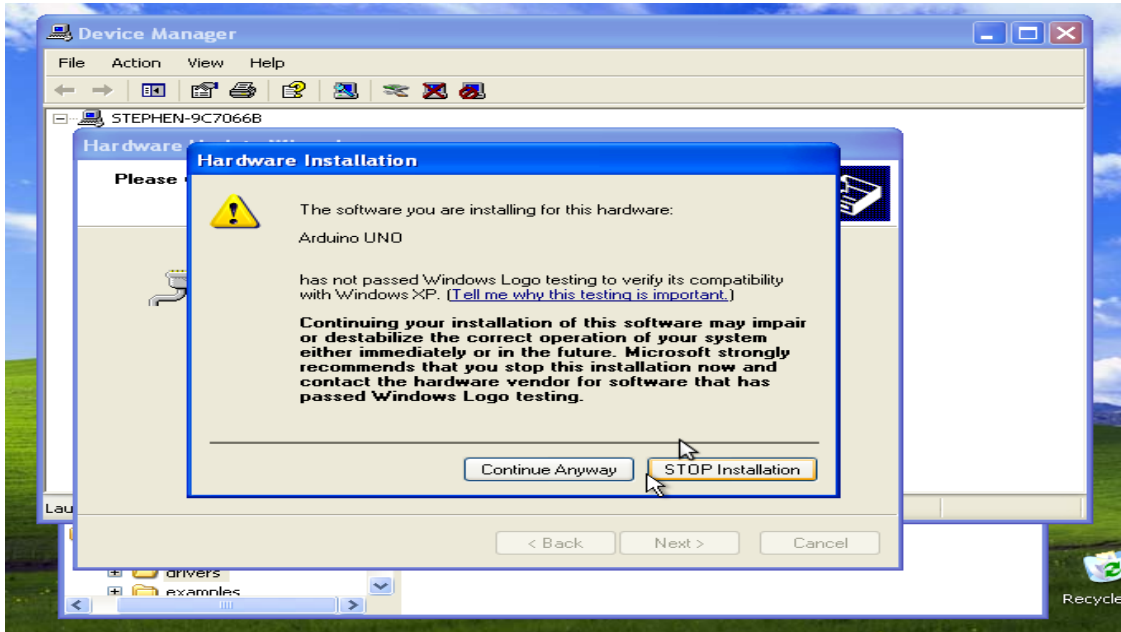
Fuente: Autor

Figura 55. Aceptar búsqueda de archivo



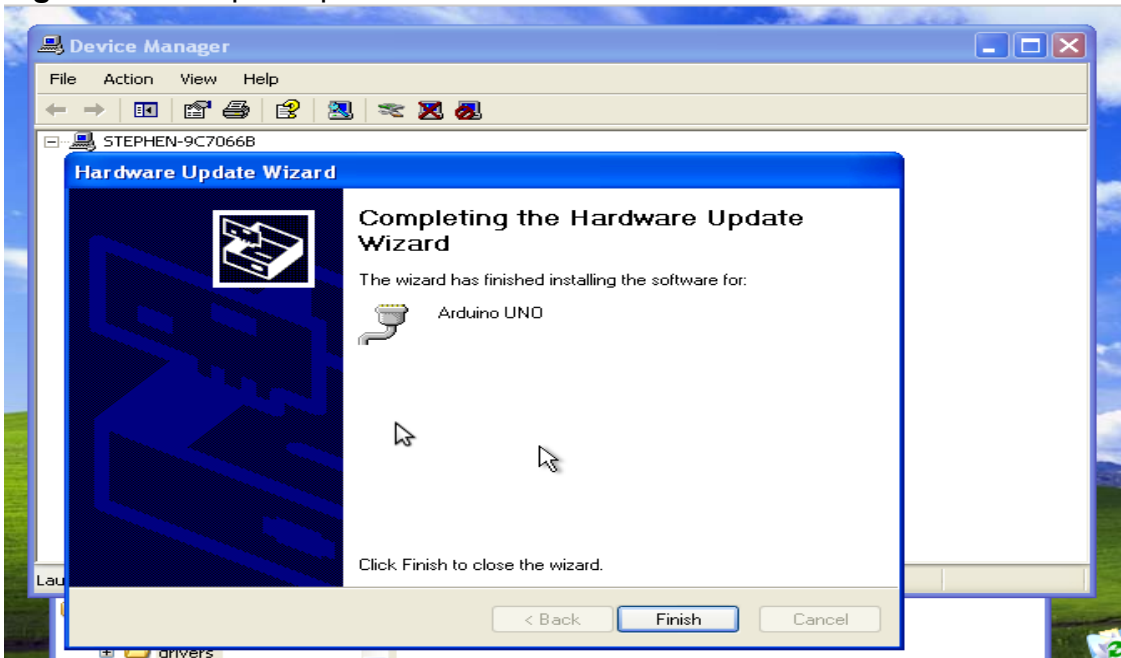
Fuente: Autor

Figura 56. Advertencia de software



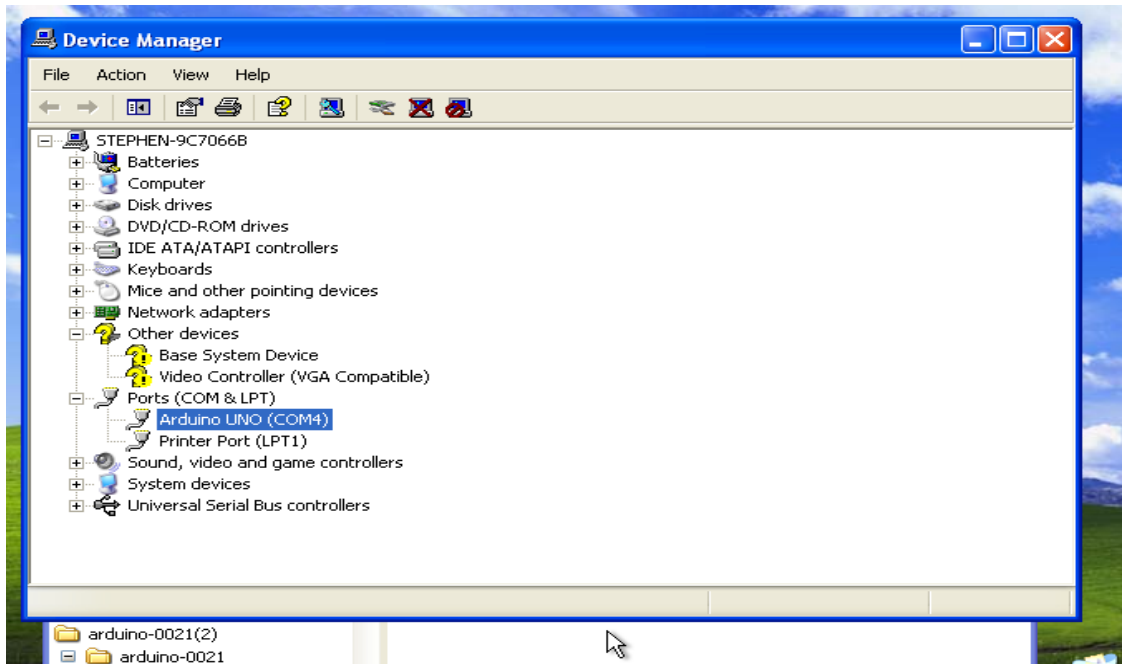
Fuente: Autor

Figura 57. Completar proceso



Fuente: Autor

Figura 58. Dispositivo instalado y comunicándose con el ordenador



Fuente: Autor

10.2 SENSOR DE CO MQ7

El sensor de CO es utilizado en el prototipo para medir la concentración de monóxido de carbono generado por el vehículo.

Descripción del sensor de CO. Este sensor mide la proporción de concentración de CO (monóxido de carbono) en el aire, puede detectar concentraciones desde 20 – 2000 ppm.

Este sensor tiene una sensibilidad alta y rápido tiempo de respuesta. La salida del sensor es una resistencia análoga. El circuito de impulsión es muy simple, todo lo que tiene que hacer es alimentar la espiral de calentamiento con 5V, añadir una resistencia de carga, y conectar a la salida de un ADC.

Funciones

*Alta sensibilidad al monóxido de carbono.

* Se utilizan en equipos de gas para la detección de monóxido de carbono (CO) en la industria y en vehículos.

Figura 59. Sensor MQ7

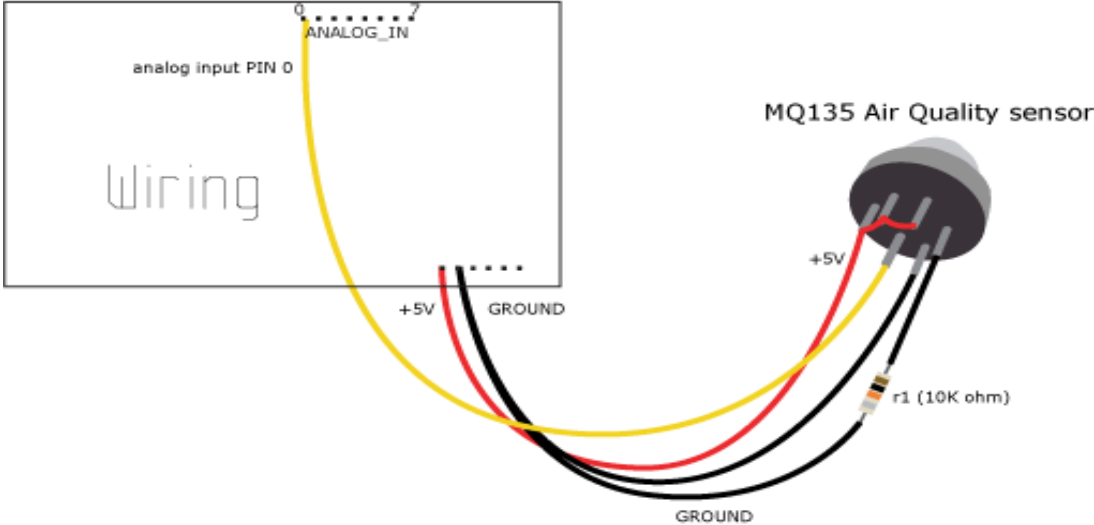
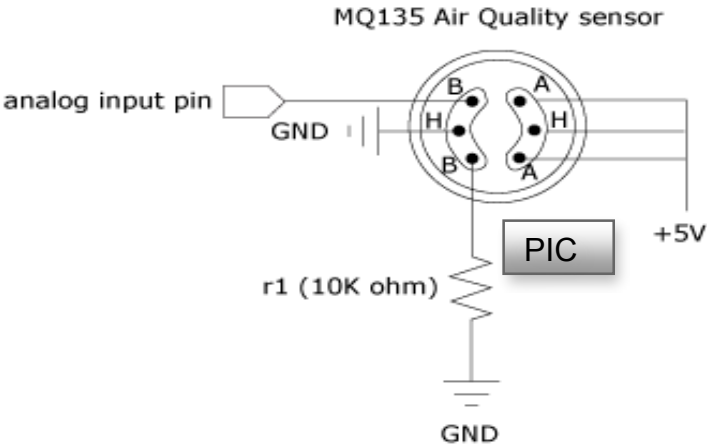


Fuente: www.dynamo.com

Circuito Básico CO. En la Figura 60 se muestra el diagrama esquemático del sensor de luminosidad que consta de una resistencia variable o LDR, conectado en serie con una resistencia fija de 10k y su correspondiente señal análoga de entrada al PIC.

Estructura y configuración de circuitos básicos de medición. Estructura y configuración del sensor de MQ-7 de gas se muestra en la siguiente figura (configuración A o B): Sensor compuesto por micro tubo de cerámica AL₂O₃, dióxido de estaño (SnO₂) capa sensible, la medición del electrodo y el calentador se fijan en una corteza hecha por la red de plástico y acero inoxidable. El calentador proporciona las condiciones necesarias de trabajo para el trabajo de los componentes sensibles. 6 pines, 4 de ellos se utilizan para recoger señales, y otras 2 se utilizan para proporcionar corriente de calentamiento.

Figura 60. Circuito básico CO



Fuente: www.dynamo.com

Tabla 4. Especificaciones condición de trabajo

| Símbolo | Nombre del parámetro | estado técnico | Observación |
|---------|-----------------------------------|------------------|-------------|
| VC | circuito de tensión | 5V ± 0,1 | AC o DC |
| VH (H) | Tensión de calentamiento(de alto) | 5V ± 0,1 | AC o DC |
| VH(L) | Tensión de calentamiento (bajo) | 1.4V ± 0.1 | AC o DC |
| RL | La resistencia de carga | se puede ajustar | |
| RH | Resistencia de calentamiento | 33Ω ± 5% | |
| TH (H) | Tiempo de calentamiento (alto) | 60 ± 1 segundo | |
| TH (L) | Tiempo de calentamiento (baja) | 90 ± 1 segundo | |
| PH | consumo de calefacción | Acerca de 350MW | |

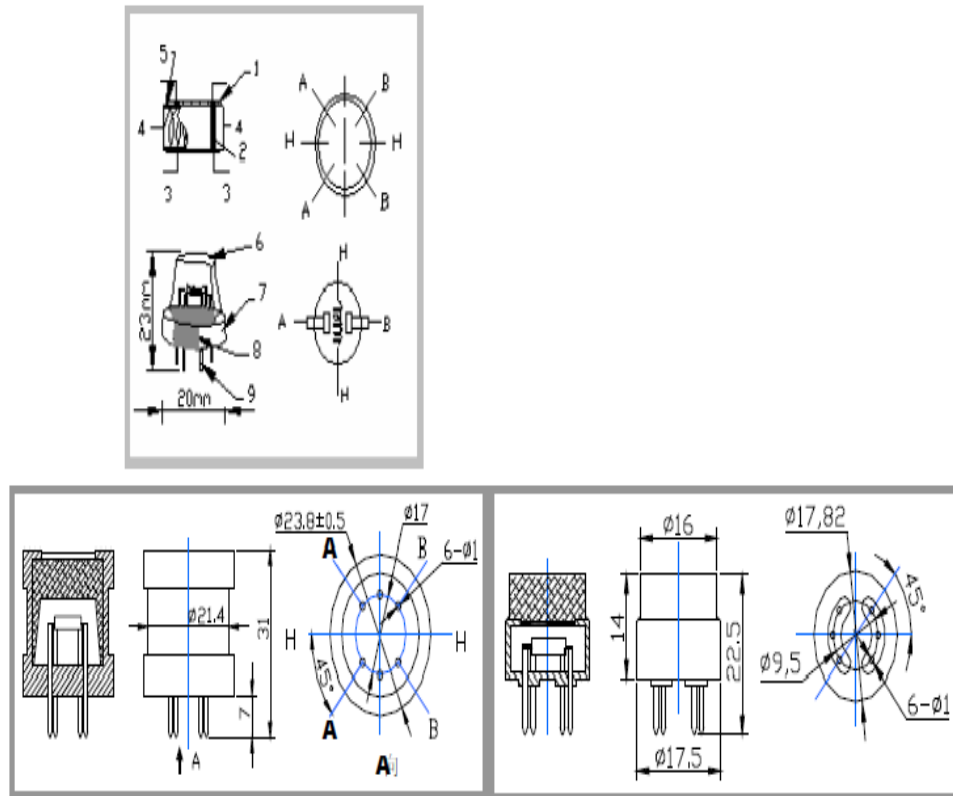
Tabla 5. Condiciones para el Medio Ambiente

| Símbolo | Parámetros | Condiciones técnicas | Observación |
|---------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Tao | Uso de la temperatura | 20 °C -50 °C | |
| Tas | temperatura de almacenamiento | -20 °C -50 °C | Asesoramiento con alcance |
| RH | Humedad relativa del aire | Menos del 95% | |
| O2 | La concentración de oxígeno | 21% (condición base) | El valor mínimo 2% |

Tabla 6: La sensibilidad característica

| Símbolo | Parámetros | técnica | Observación |
|------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| RS | Resistencia de la superficie del cuerpo | 2-20k | En el monóxido de carbono 100 ppm |
| | Concentración tasa pendiente | Menos de 0.5 | Rs(300ppm) /Rs(100ppm) |
| Norma condiciones de trabajo | Temperatura -20 °C ± 2 °C Humedad relativa 65% ± 5% de RL: 10 k ± 5% | | |
| | Vc: 5V ± 0.1V | VH: 5V ± 0.1V | VH: 1.4V ± 0.1V |
| Precaliente el tiempo | Nomenosde48 horas | Detección de la gama: el monóxido de carbono-20 ppm 2000 ppm | |

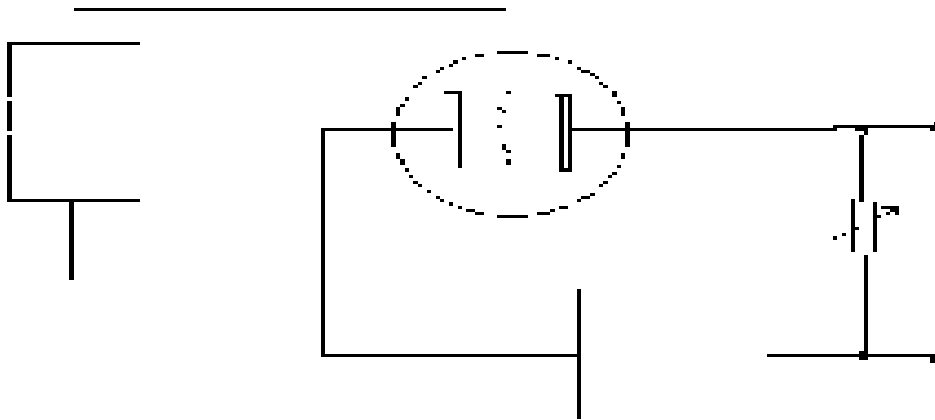
Figura 61. Esquemático sensor MQ-7



Fuente: www.dynamo.com

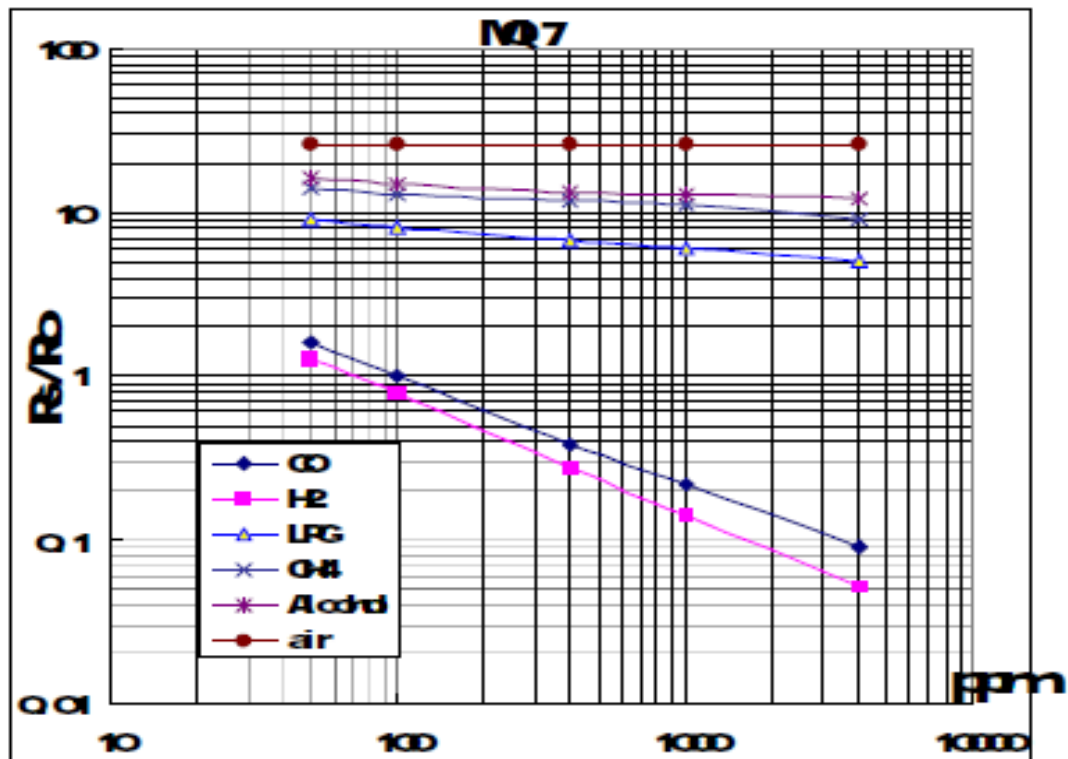
Norma del circuito Como se muestra en la figura, circuito de medición estándar del sensor MQ-7 y los componentes sensibles constan de dos partes: uno es el circuito de calefacción que tiene la función de control de tiempo (el de alta tensión y el trabajo de baja tensión circular). El segundo es el circuito de salida de la señal, se puede responder con precisión los cambios de la superficie la resistencia del sensor.

Figura 62. Circuito de medida de parámetro eléctrico.



Fuente: www.dynamo.com

Figura 63. Característica de sensibilidad del MQ-7.

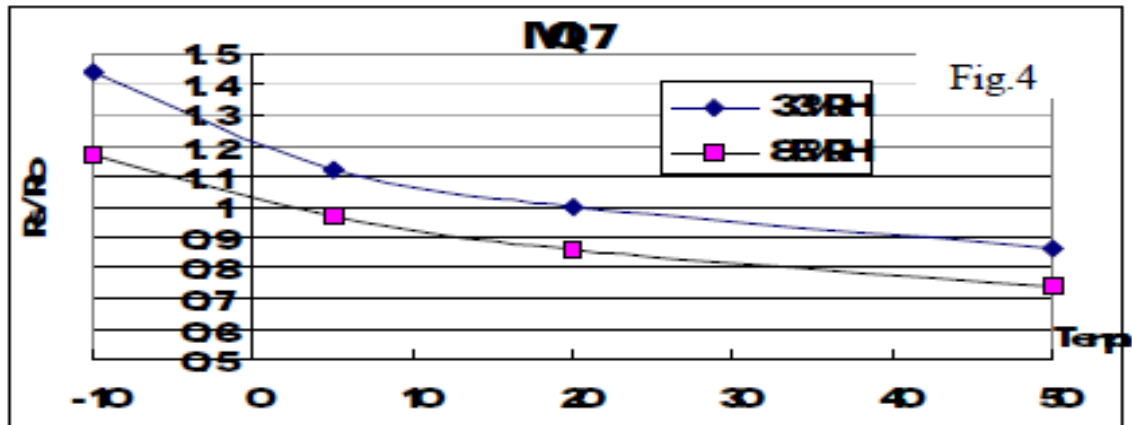


Fuente: www.dynamo.com

Para varios gases en:

Temperatura: 20 °C, Humedad: 65%,
Concentración de O₂ del 21%. RL = 10 k
Ro: Sensor de la resistencia en 100 ppm
R: resistencia del sensor en distintas concentraciones de los gases.

Figura 64. Muestra la dependencia del MQ-7 en temperatura y humedad.



Fuente. www.dynamo.com

Ro: resistencia del sensor a 100 ppm en el aire a 33% HR y 20°.
R: resistencia del sensor en 100 ppm de CO en diferentes temperaturas y humedades.

Funcionamiento La resistencia de la superficie del sensor de R se obtiene a través de la salida efectuada señal de tensión de la carga RL. La relación entre ellos se describe así:

$$R \setminus RL = (Vc - VRL) / VRL.$$

Sensibilidad de ajuste. El valor de resistencia del MQ-7 se diferencia en varios tipos y diversos gases de concentración. Así cuando con estos componentes el ajuste de la sensibilidad es muy necesario. Se recomienda calibrar el detector de 200 ppm de CO en el aire y el valor de uso de la resistencia de carga que (RL) cerca de 10 kW (5KΩ a 47 kW). Para medir con precisión el punto adecuado para la alarma del detector de gas, debe ser determinado después de tener en cuenta la temperatura y la influencia de la humedad.

Código de ejemplo para visualizar la lectura del sensor

```
int sensorValue;

void setup()

{
  Serial.begin(9600); // inicializa el puerto serial y configura a 9600
}

void loop()

{
  sensorValue = analogRead(0); // lee la entrada análoga pin 0

  Serial.print (sensorValue, DEC); // imprime el valor leído

  Serial.print (" "); // imprime un espacio entre los números

  delay(100); // espera 100ms para la próxima lectura

}
```

Fuente: <http://wiring.org.co/>

10.3 ACELERÓMETRO

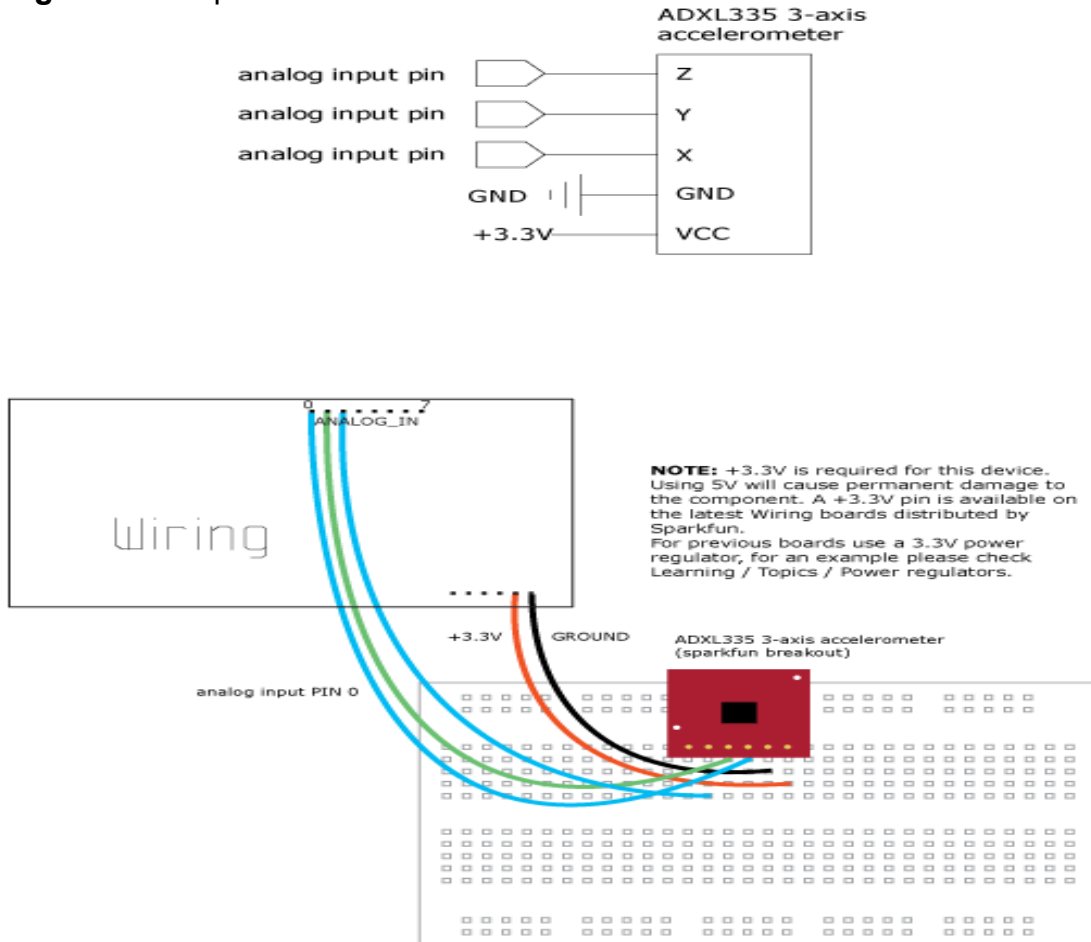
Los acelerómetros electrónicos son fabricados para medir la aceleración en una, dos o tres dimensiones, de manera que sea posible medir la aceleración en cada eje. Esta característica permite medir la inclinación de un cuerpo, puesto que es posible determinar con el acelerómetro la componente de la aceleración provocada por la gravedad que actúa sobre el cuerpo. Siendo un caso típico de aplicación el iPhone.

Un acelerómetro también es usado para determinar la posición de un cuerpo, pues al conocerse su aceleración en todo momento, es posible calcular los desplazamientos que hizo.

Considerando que se conocen la posición y velocidad original del cuerpo bajo análisis, y sumando los desplazamientos medidos se determina la posición. Siendo un caso típico de aplicación de este caso el Wiimote.

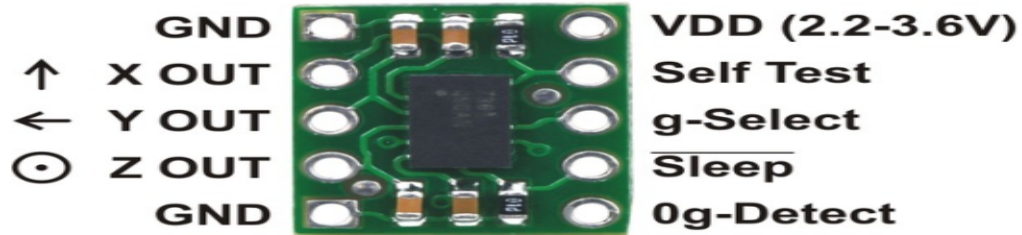
El acelerómetro de 3 ejes MMA7341L, con sensibilidad ajustable +/-3,+/-11g, y salida de detección de cero gravedad, el acelerómetro en board está listo para usar, integra a su vez filtro pasa bajos de un polo en cada una de sus salidas.

Figura 65. Esquemático acelerómetro



Fuente: www.wiring.com

Figura 66. Esquema Acelerómetro



Fuente: www.wiring.com

Características

- N° de ejes 3
- Rango +/-3g (440 mV/g), +/-11g(118 mV/g)
- Voltaje 2-3.6V
- Tamaño: 12.7mm x 10.2mm

Código de ejemplo para lectura de un acelerómetro de 3 ejes

```
int x, y, z;
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //inicializa el puerto serial y configura a 9600
}
void loop()
{
  x = analogRead(0); // lee la entrada análoga pin 0
  y = analogRead(1); // lee la entrada análoga pin 1
  z = analogRead(2); // lee la entrada análoga pin 2
  Serial.print("accelerations are x, y, z: ");
  Serial.print(x, DEC); // imprime las aceleraciones en el eje X
  Serial.print(" "); // imprime un espacio entre los números
  Serial.print(y, DEC); // imprime las aceleraciones en el eje Y
  Serial.print(" "); // imprime un espacio entre los números
  Serial.println(z, DEC); // imprime las aceleraciones en el eje Z
  delay(100); // espera 100ms para la próxima lectura
}
```

10.4 ANTENA

Una pequeña antena celular de alta calidad, quad-band, bajo el estándar SMA. Esta antena la puedes ubicar fuera de la estructura en donde reside tu comunicación celular, es totalmente compatible con el conector para antena de nuestro modulo celular.

Características. Funciona en los siguientes espectros de redes celulares:

- GSM/850E: 824 a 894MHz
- GSM: 880 a 960MHz
- DCS: 1710 a 1880MHz
- PCS: 1850 a 1990MHz

Figura 67. Antena GSM/850



Fuente. www.wiring.org.com.