



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO PARA CONDUCCIÓN SEGURA, BASADO EN
MONITORIZACIÓN DE SEÑALES BIOMÉTRICAS, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS GSM, GPRS.

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTOR: LUIS GONZALO PASTRANO BADILLO
TUTOR: ING. FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENEGRO

Riobamba-Ecuador

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que la propuesta tecnológica “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA CONDUCCIÓN SEGURA, BASADO EN MONITORIZACIÓN DE SEÑALES BIOMÉTRICAS, UTILIZANDO TECNOLOGÍAS GSM, GPRS”, de responsabilidad del señor Luis Gonzalo Pastrano Badillo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Franklin Moreno DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Franklin Moreno DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Mónica Zabala MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, Luis Gonzalo Pastrano Badillo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Luis Gonzalo Pastrano Badillo

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi padres, Fabio (+) mi ángel de la guarda y Azucena que han sido el pilar fundamental para seguir adelante, no rendirme ante las dificultades y cumplir cada uno de mis sueños, su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida ha sido muy importante, especialmente en la educación, gracias por su esfuerzo y sacrificio, le doy gracias a Dios por poderlos decir mamá y papá, los amo y mi hermano Josué que me ha apoyado en todo momento. A mis abuelitos María y Carlos, Emma y Gonzalo (+), no encuentro palabras para poder agradecerles por todo su esfuerzo y sacrificio, son mi inspiración, le pido a Dios que permita tenerlos mucho tiempo a mi lado y poder retribuir su enorme cariño. A mis tío/as Wuillen, Juan, Fabián, Dolores, María Teresa, Leonor, Anita, Rocío y Flor, que han sido mi segundo padre y mi segunda madre, lo/as llevo en mi corazón. Gracias Totales.

Luis Gonzalo

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme permitido cumplir esta meta, el sacrificio de todos estos años de estudio han dado sus frutos, con humildad le ruego que me brinde salud para seguir adelante y cumplir mis sueños.

A mi tutor, Ingeniero Franklin Moreno, que con su apoyo, experiencia, paciencia y consejo me ha sabido guiar en el desarrollo del presente trabajo. A todos los docentes de mi querida Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, por brindarme sus conocimientos en pos de mi formación académica.

Y a todas las personas que me han brindado su amistad y hemos caminado estos años de educación universitaria.

Luis Gonzalo

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA	
FIRMA DE RESPONSABILIDADES	II
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 CONDUCCIÓN EN ESTADO DE EMBRIAGUEZ	1
1.2.1 Efectos del alcohol.....	2
1.2.1.1 Nivel de alcohol y efectos.....	2
1.2.1.2 Estadísticas de siniestros por causas probables.	3
1.2.1.3 Estadísticas de fallecidos por causas probables.	5
1.3 ALCOHOLÍMETRO.....	6
1.3.1 Análisis de alcohol en el aliento	7
1.3.2 Tipos de alcoholímetros.....	7
1.3.2.1 Alcoholímetro desechable	7
1.3.2.2 Alcoholímetro portátil digital	8
1.3.2.3 Alcoholímetro digital con impresora	9

1.3.2.4	Alcoholímetro con bloqueo de vehículos	9
1.3.3	Estructura del alcoholímetro.....	10
1.3.3.1	Sensores de gas en base a óxido de estaño	10
1.4	BIOMÉTRÍA	11
1.5	FRECUENCIA CARDIACA	12
1.5.1	Dispositivos de medición.....	14
1.5.1.1	Pulsómetro Polar.....	14
1.5.1.2	Esfigmomanómetro Digital	15
1.6	REDES VEHICULARES	16
1.6.1	Redes Móviles Ad-Hoc	16
1.6.2	Redes Vehiculares Ad-Hoc (VANETs).....	17
1.6.3	Características de VANET	18
1.6.4	Arquitectura VANET	19
1.6.4.1	Dominio de vehículo	20
1.6.4.2	Dominio ad-hoc	21
1.6.4.3	Dominio de infraestructura.....	22
1.7	WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)	23
1.7.1	Definición	23
1.7.2	Arquitectura	24
1.7.2.1	Nodo Inalámbrico	24
1.7.2.2	Nodo sensor	25
1.7.2.3	Gateway	26
1.7.2.4	Estación base	26
1.7.3	Topología de Red.....	27
1.7.3.1	Configuración Estrella	27
1.7.3.2	Configuración Malla.....	28
1.7.3.3	Configuración Híbrida Estrella-Malla	28
1.7.4	Aplicaciones de redes WSN	29
1.7.4.1	Aplicaciones Militares	29

1.7.4.2	Aplicaciones en Agricultura	30
1.7.4.3	Aplicaciones en Medio Ambiente	30
1.7.4.4	Aplicaciones en Automoción.....	30
1.7.4.5	Aplicaciones en Medicina.....	31
1.8	TELEFONÍA CELULAR.....	31
1.8.1	La célula	33
1.8.1.1	Geometría Celular.....	34
1.8.2	Arquitectura sistema de telefonía celular.....	36
1.8.2.1	Estación Móvil (MS)	37
1.8.2.2	Estación Base (BS)	38
1.8.2.3	Central de conmutación de telefonía móvil (MTSO)	39
1.8.3	Evolución de la telefonía celular	40
1.8.3.1	Primera generación 1G	40
1.8.3.2	Segunda Generación 2G	41
1.8.3.3	Generación 2.5G.....	42
1.8.3.4	Tercera Generación 3G.....	42
1.8.3.5	Cuarta Generación 4G	43
1.8.3.6	Quinta Generación 5G	44
1.9	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).....	45
1.9.1	Funcionamiento	45
1.9.1.1	Triangulación.....	45
1.9.1.2	Cálculo de distancias hacia los satélites	46
1.9.1.3	Control de tiempo	46
1.9.1.4	Posición del satélite	46
1.9.1.5	Corrección de errores.....	47
1.9.2	Aplicaciones	47
1.9.2.1	Navegación	47
1.9.2.2	Obras Civiles	47
1.9.2.3	Transporte.....	48

1.9.2.4	Telecomunicaciones	48
1.9.2.5	Defensa Civil	48
CAPÍTULO II		49
2.	MARCO METODOLÓGICO	49
2.1	INTRODUCCIÓN	49
2.2	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	50
2.2.1	Bloque Sensorial	50
2.2.2	Bloque de Procesamiento	51
2.2.3	Bloque de Comunicación	51
2.2.4	Interfaz de usuario.	51
2.3	ELECCIÓN DE PLATAFORMA DE HARDWARE LIBRE	52
2.3.1	Plataformas	52
2.3.1.1	Arduino	52
2.3.1.2	Libelium Waspote	53
2.3.1.3	Intel Galileo	54
2.3.2	Comparación de Plataformas	55
2.4	SENSORES	56
2.4.1	Señales a medir	56
2.4.1.1	Sensor de alcohol	57
2.4.1.2	Sensor de frecuencia cardiaca	59
2.5	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	61
2.5.1	GSM/GPRS	61
2.5.1.1	Arquitectura GSM/GPRS	61
2.5.1.2	Acceso a Internet	62
2.5.1.3	Arquitectura protocolaria	63
2.5.1.4	Canal de operación	64
2.5.1.5	Taza de transmisión	64
2.5.2	Módulo GSM/GPRS	65
2.5.2.1	Shield GSM/GPRS SIM900	66

2.5.2.2	Comandos AT Shield GSM/GPRS	67
2.5.3	BLUETOOTH.....	68
2.5.3.1	Arquitectura	69
2.5.3.2	Módulos Bluetooth	71
2.5.3.3	Comandos AT.....	73
2.5.4	GPS	74
2.5.4.1	Módulos GPS.....	75
2.6	MONITOREO	76
2.6.1	Hosting Web	76
2.6.2	Dominio Web	78
2.6.3	Protocolo FTP.....	78
2.6.4	Interfaz de usuario	79
2.7	DISEÑO DEL SISTEMA.....	79
2.7.1	Diagrama de bloques	80
2.7.2	Esquema.....	80
2.7.3	Fuentes de energía	82
2.8	IMPLEMENTACIÓN	83
2.8.1	Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación.....	83
2.8.1.1	Sensor de Alcohol.....	85
2.8.1.2	Localización – GPS	86
2.8.1.3	Shield GSM/GPRS	86
2.8.1.4	Módulo Bluetooth HC-06 esclavo	90
2.8.1.5	Relé.....	91
2.8.2	Nodo 2 – Frecuencia Cardíaca.....	91
2.8.2.1	Sensor de Frecuencia Cardíaca	92
2.8.2.2	Módulo Bluetooth HC-05 maestro	94
2.8.3	Gateway – Aplicación Web.....	95
2.8.3.1	Diseño de la interfaz de Usuario.....	96
2.8.4	Función extra – Aplicación Móvil (Desbloqueo)	97

CAPÍTULO III.....	101
3. ANÁLISIS Y RESULTADOS	101
3.1 INTRODUCCIÓN.....	101
3.2 BANCO DE PRUEBAS	101
3.2.1 Análisis - Nivel de alcohol	101
3.2.2 Análisis - Frecuencia Cardíaca	104
3.2.3 Datos de consumo de corriente Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación	106
3.2.4 Datos de consumo de corriente Nodo 2 – Frecuencia Cardíaca	107
3.3 MONITORIZACIÓN	108
3.3.1 Aplicación Web – Monitoreo	108
3.3.1.1 Interfaz de mapa en tiempo real.....	108
3.3.1.2 Tabla informativa de alcoholemia,	109
3.3.1.3 Tabla informativa de frecuencia cardíaca.....	110
3.4 PRESENTACIÓN Y COSTOS	110
3.4.1 Producto Final.....	110
3.4.2 Análisis de costos	111
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Efectos de alcohol en la sangre.....	2
Tabla 2-1 Siniestros por causas probables a nivel nacional junio-2016.....	4
Tabla 3-1 Siniestros por causas probables a nivel nacional octubre-2016.....	5
Tabla 4-1 Fallecidos por causas probables a nivel nacional octubre-2016	6
Tabla 5-1 Frecuencia cardiaca en función de la edad	13
Tabla 6-1 Síntomas de Bradicardia y Taquicardia	13
Tabla 7-1 Sistemas celulares de primera generación	41
Tabla 8-1 Sistema celular de segunda generación.....	42
Tabla 1-2 Tabla comparativa plataformas de hardware libre.....	55
Tabla 2-2 Sensores de alcohol.....	57
Tabla 3-2 Datos técnicos sensor MQ-3	58
Tabla 4-2 Datos técnicos sensores de frecuencia cardiaca.....	60
Tabla 5-2 Tazas de transmisión GPRS.....	64
Tabla 6-2 Comparación módulos GSM/GPRS	65
Tabla 7-2 Comandos AT para GSM/GPRS	67
Tabla 8-2 Datos técnicos módulos HC-05 y HC-06.....	73
Tabla 9-2 Comandos AT módulo HC-05	73
Tabla 10-2 Comandos AT módulo HC-06	74
Tabla 11-2 Módulos GPS NEO 6.....	75
Tabla 12-2 Hosting Gratuito y Pagado.....	77
Tabla 13-2 Fuentes de alimentación para Arduino	82
Tabla 14-2 Conexión sensor MQ-3 – Arduino Mega.....	85
Tabla 15-2 Conexión GPS NEO-6M – Arduino Mega	86
Tabla 16-2 APN de operadoras de telefonía celular.....	89
Tabla 17-2 Conexión módulo Bluetooth HC-06 – Arduino Mega.....	91

Tabla 18-2 Conexión módulo Bluetooth HC-05 – Arduino Uno.....	95
Tabla 19-2 Conexión módulo Bluetooth HC-06 – Arduino Mega.....	98
Tabla 1-3 Concentración de alcohol por bebidas.....	102
Tabla 2-3 Análisis – Nivel de Alcohol.....	103
Tabla 3-3 Análisis Frecuencia Cardiaca.....	105
Tabla 4-3 Consumo de corriente – Nodo 1	106
Tabla 5-3 Consumo de corriente – Nodo 2	107
Tabla 6-3 Análisis de costos.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Alcohólmetero desechable	8
Figura 2-1 Alcohólmetero digital	8
Figura 3-1 Alcohólmetero digital con impresora.....	9
Figura 4-1 Alcohólmetero Interlock	10
Figura 5-1 Puntos para tomar el pulso	14
Figura 6-1 Pulsómetro Polar M400.....	15
Figura 7-1 Tensiómtero electrónico OMRON.....	16
Figura 8-1 Jerarquía de redes ad-hoc inalámbricas.....	17
Figura 9-1 VANET implementada.....	18
Figura 10-1 Arquitectura de una VANET.....	20
Figura 11-1 Unidad a bordo (OBU).....	20
Figura 12-1 Unidad de Aplicaciones (AU).....	21
Figura 13-1 Comunicación vehículo a vehículo	21
Figura 14-1 Comunicación vehicular: a) Vehículo – Infraestructura, b) Híbrido.....	22
Figura 15-1 Elementos WSN	24
Figura 16-1 Elementos Nodo Sensor	25
Figura 17-1 Elemento Gateway	26
Figura 18-1 Estación base WSN	26
Figura 19-1 Elementos del sistema celular	32
Figura 20-1 Área teórica de cobertura de una célula (círculo).....	33
Figura 21-1 Célula circular: (a) Exclusión de zona, (b) Solapamiento de zonas.	34
Figura 22-1 Células hexágonoales en el sistema celular.....	35
Figura 23-1 Arquitectura del sistema de telefonía celular	37
Figura 24-1 Estación móvil (teléfono celular)	37
Figura 25-1 Estación base para comunicación de los MS y la red celular.....	38
Figura 26-1 Centro de conmutación de Telefonía Móvil.....	40

Figura 1-2 Arduino UNO.....	53
Figura 2-2 Tarjeta Libelium Waspote.....	54
Figura 3-2 Tarjeta Intel Galileo	54
Figura 4-2 Plataforma Arduino: (a) Arduino Uno, (b) Arduino Mega	56
Figura 5-2 Sensor MQ-3 y su estructura.....	58
Figura 6-2 Pulse Sensor Amped.....	59
Figura 7-2 Sensor ECG PS25205.....	60
Figura 8-2 Arquitectura Red GPRS.	62
Figura 9-2 Protocolos tecnología GSM/GPRS	63
Figura 10-2 Timeslot-Burts GSM/GPRS.....	64
Figura 11-2 Shield GSM/GPRS SIM900.....	66
Figura 12-2 Arquitectura Hardware de Bluetooth	70
Figura 13-2 Arquitectura de Protocolos de Bluetooth.	71
Figura 14-2 Módulo Bluetooth HC-06.....	72
Figura 15-2 Módulo Bluetooth HC-05.....	72
Figura 16-2 Módulo GPS NEO-6M.....	76
Figura 17-2 Nodo 1 – Módulo Alcholemla.....	81
Figura 18-2 Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca	81
Figura 19-2 Nodo 1 – Alcholemla y Comunicación.	84
Figura 20-2 Entorno IDE de Arduino	85
Figura 21-2 Modos de comunicación serial SIM900.....	87
Figura 22-2 Configuración previa del Shield GSM/GPRS.	88
Figura 23-2 Configuración de Módulo HC-06.....	90
Figura 24-2 Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca	92
Figura 25-2 Señales del sensor de pulso.	93
Figura 26-2 Administrador de archivos de la Aplicación Web.....	96
Figura 27-2 Interfaz de Usuario de la Aplicación Web	97
Figura 28-2 Diseño de interfaz de aplicación móvil.	98
Figura 29-2 Estructura del programa de la aplicación móvil.	99

Figura 30-2 Aplicación Móvil – Desbloqueo.....	100
Figura 1-3 Driver Security – Alcoholemia.....	103
Figura 2-3 Tensiómetro electrónico WS-300.....	104
Figura 3-3 Driver Security – Frecuencia Cardiaca	105
Figura 4-3 Interfaz de mapa en tiempo real.	109
Figura 5-3 Monitoreo de alcoholemia.....	109
Figura 6-3 Monitoreo de frecuencia cardiaca.	110
Figura 7-3 Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación (Ensamblado).....	111
Figura 8-3 Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca (Ensamblado).....	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Topología en estrella WSN.....	27
Gráfico 2-1 Topología Malla WSN.....	28
Gráfico 3-1 Topología Híbrida WSN.....	29
Gráfico 1-2 Arquitectura del sistema	50
Gráfico 2-2 Diagrama de Bloques del Sistema	80

RESUMEN

Se ha desarrollado un sistema electrónico basado en el monitoreo de señales biométricas para conducción segura usando tecnologías GSM/GPRS. Las señales biométricas medidas fueron la concentración de alcohol en la sangre por prueba de aliento y la frecuencia cardiaca. El sistema tuvo dos nodos físicos y una aplicación web para el monitoreo, la información detectada por sensores y otros dispositivos se procesó con una plataforma de hardware libre (Arduino), en el Nodo 1 si el sensor de alcohol detecta un nivel superior a 0.3 gr/l el encendido del auto no puede ejecutarse y se envía un mensaje de texto, en el Nodo 2 se midió la frecuencia cardiaca, datos que se enviaron inalámbricamente al Nodo 1, si la frecuencia cardiaca presenta anomalías se activa una alerta y se envía un mensaje de texto similar a la falla del test de alcohol. La comunicación inalámbrica entre los Nodos 1 y Nodo 2 se realizó mediante tecnología Bluetooth cada minuto, la transmisión de datos a internet cada 3 minutos usando la infraestructura de la red de telefonía celular GSM/GPRS. En la aplicación web se mostró un mapa que indica la ubicación del conductor en tiempo real si falla el test de alcohol, se contó con una tabla informativa que presenta los datos calculados y el nivel de alerta a través de indicadores de color, otra tabla informativa para el monitoreo de la frecuencia cardiaca de las mismas características. Se concluyó que el monitorear señales biométricas ayuda a precautelar la seguridad del conductor. En este trabajo se ha medido dos señales biométricas el aliento y el pulso cardiaco, es importante que el sistema tenga posteriores desarrollos con la inclusión de nuevos sensores biométricos aprovechando la alta escalabilidad del sistema.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>
<TELECOMUNICACIONES> <ALCOHOL> <BLUETOOTH> <COMUNICACIÓN
INALÁMBRICA> <MONITOREO> <CONDUCCIÓN SEGURA> <FRECUENCIA
CARDIACA>

ABSTRACT

An electronic system has been developed base on the monitoring of biometric signals for safe driving using GSM/GPRS technologies. The measured biometric signs were the concentration of alcohol in the blood by breath test and heart rate. The system had two physical nodes and a web application for monitoring, the information detected by sensors and other devices was processed with a free hardware platform (Arduino) at Node 1 if the alcohol sensor detects a level higher than 0,3 g/l the ignition of the car cannot be executed and a text message is sent, in Node 2 the heart rate was measured, this data was sent wirelessly to Node 1, if the heart rate is abnormal, an alert is triggered and a text message similar to the alcohol test failure is sent. The wireless communication between Nodes 1 and Node 2 was carried out by means of Bluetooth technology every minute, the transmission of data to the internet every 3 minutes using GSM/GPRS network infrastructure. In the web application a map was show indicating the location of the driver in real time if the alcohol test failed, there was an informative table that presents the calculated data and alert level trough color indicators, another information table for the monitoring of the heart rate of the same characteristics. It was concluded that monitoring biometric signals helps to ensure the safety of the driver. In this work we have measured two biometrics signs of breath and heart rate, it is important that the system has further developments with the inclusion of new biometric sensors taking advantage of the high scalability of the system.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <TELECOMMUNICATIONS>, <ALCOHOL>, <BLUETOOTH>, <WIRELESS COMMUNICATION>, <MONITORING>, <SAFE DRIVING>, <HEART RATE>.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La innovación tecnológica del Internet, ha permitido que los humanos estén conectados en todo momento compartiendo información o facilitando la ejecución de sus actividades de forma correcta, en la actualidad la interconectividad de las cosas y los seres usando la nube como medio de procesamiento de información está tomando relevancia, usando ampliamente redes de sensores que recopilan información para ser procesada y luego presentada para fines específicos utilizando medios de comunicación inalámbrica, es así que se puede monitorear un entorno y obtener resultados en función a las características de estudio.

El desarrollo en el área de las redes vehiculares, tiene como un eje de acción la movilidad, pues se tiene diversos problemas en esta área, tal es el caso del comportamiento irresponsable de varios conductores que han causado una gran cantidad de accidentes de tránsito, segando su propia vida como la de muchas personas a nivel mundial, la conducción en estado etílico es considerada como una de las seis principales causas de accidentes en las vías de América Latina, como lo menciona un estudio realizado por la Junta Nacional de Seguridad y Transporte de los Estados Unidos (NTSB), debido a esto la seguridad en la conducción es muy trascendental al igual que la salud del conductor.

La salud del ser humano es muy importante, especialmente en el progreso de sus diferentes actividades diarias, y es allí donde las tecnologías de comunicación inalámbrica son una alternativa para ayudar a los médicos a llevar un control de signos vitales y/o enfermedades de sus pacientes y que mejor hacerlo a larga distancia. En conducción vehicular un factor significativo a evaluar, es la frecuencia cardiaca de una persona, sea que disminuya o se eleve sobre el rango normal, lo que ayudaría a alertar sobre posibles problemas de orden anímico, físico o corporal, y así estar al tanto del estado de su salud, especialmente si existen cuadros previos de problemas cardiacos.

En el Ecuador, conducir bajo efectos del alcohol es la tercera causa de muerte, y así lo indica las estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), debido a esta realidad se han tomado medidas de precaución y contingencia, mediante campañas de concientización a nivel local y nacional, lo que no ha sido suficiente para ponerle un alto a esta problemática, es así que como precaución, la salud del conductor es un factor importante, como llevar el registro de su actividad cardiaca, pues si existen anomalías afectaría directamente en su desempeño al conducir.

De esta forma se ha pensado en diseñar e implementar un prototipo tipificado como propuesta tecnológica, que al detectar el estado en nivel de alcohol en la sangre del conductor permita o no la operación del mismo, y realizar la evaluación de su frecuencia cardiaca mientras conduce, alertando a un familiar el estado del chofer sea por el nivel de alcohol detectado con bloqueo de automóvil y/o el registro de alguna anomalía en su sistema cardiaco, es decir si se detecta un alto nivel de alcohol en la sangre, el automotor se bloquea e inmediatamente se alerta a un familiar indicando su posición, y niveles de gas etílico calculado.

Igualmente sucede con el registro de la frecuencia cardiaca que presente el conductor, en caso que este se eleve o disminuya del rango normal de 60 a 100 latidos por minuto, se activa una señal de precaución sugiriendo disminuir la velocidad y paralelamente se alerta al familiar la condición a su ser querido. Los datos recogidos en estas evaluaciones biométricas (test de alcoholemia, ritmo cardiaco) se procesan y se muestran en una aplicación web que se encarga del monitoreo de las señales en estudio, donde el usuario puede interactuar con los datos recopilados y conocer la ubicación en tiempo real del automotor si este fue bloqueado por el test de alcoholemia.

En el mercado no se dispone de un sistema que englobe toda la funcionalidad del proyecto puesto a consideración, a nivel de proyectos de titulación sucede lo mismo, es decir existen trabajos orientados al test de alcoholemia con bloqueo de automóvil y trabajos que se enmarcan a un control de signos vitales, que no están enfocados directamente a la seguridad en la conducción y la movilidad, entre los proyectos llevados a cabo se puede enunciar.

La Ing. María Casanova de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo realizó el *“Diseño, construcción e instalación de un alcoholímetro con dispositivo de bloqueo de vehículo”*, el Ing. César Guañuna de la Universidad Técnica Equinoccial realizó el *“Diseño e implementación de sistema de encendido para automóvil mediante bloqueo por alcochek con dispositivos de peso y posición del conductor”*.

Los Ingenieros Euro Mena y José Mullo de la Escuela Superior Politécnica del Ejército realizaron el *“Diseño y construcción de un alcoholímetro para automóvil con dispositivo de bloqueo”*, finalmente el Ing. Edison Cupuerán de la Universidad Técnica del Norte desarrolló la *“Implementación de un dispositivo de seguridad para el bloqueo de encendido de un vehículo mediante alcochek”*. Estos trabajos de titulación hacen hincapié en el bloqueo del automóvil en base al test de alcoholemia, pero no se incluye tareas de monitoreo remoto, ubicación en tiempo real y aviso a familiar, el proyecto de la Universidad Técnica del Norte incluye el servicio de aviso mediante mensaje de texto.

Sobre la medición de la frecuencia cardiaca, el Ing. Edison Tintín de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca desarrollo el “*Diseño y elaboración de un prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles*”, la Ing. Gabriela Vallejo de la Universidad Técnica de Ambato realizó un “*Sistema de monitoreo de signos vitales y alerta de accidentes para personas con problemas de movilidad*”, y los Ingenieros Daniel Cilio y Katherine Herrera desarrollaron la “*Monitorización de signos vitales mediante una red de dispositivos móviles*”, estos han sido trabajos previos relacionados a la evaluación de signos vitales que incluye el ritmo cardiaco abordado en el presente trabajo de titulación.

Se puede notar algo especial y es que en los dispositivos de detección de alcohol en el mercado y desarrollados como trabajos de titulación no se han integrado tecnologías de telecomunicaciones, redes vehiculares y/o redes WSN (red de sensores inalámbricos), para la recopilación de información, procesamiento y comunicación de los sistemas de manera inalámbrica, conceptos que se aplican al registro de la frecuencia cardiaca, estableciéndose así un sistema macro que realice tareas de monitoreo, aviso y ubicación a largas distancias usando la infraestructura de telefonía celular para la transmisión de datos en mensaje de texto y monitoreo de las señales en una aplicación web colgada en la nube (internet).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño e implementación de un sistema electrónico para conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas permitirá la reducción de accidentes de tránsito y la evaluación del estado de salud de un conductor?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es el rango de control sobre el conductor en base al nivel de alcohol en la sangre?
- ¿Cuál es la incidencia de prevención debido al registro del ritmo cardiaco del conductor?
- ¿Cuál es el tiempo de respuesta del sistema frente al nivel de alcohol detectado en el conductor y su ritmo cardiaco frente al monitoreo remoto, ubicación y alerta?
- ¿Cuál es la tecnología adecuada para el sistema de comunicación del estado del conductor y su ubicación hacia un familiar?
- ¿Qué método de posicionamiento es el adecuado para conocer la ubicación del automóvil en tiempo real?
- ¿Qué tecnología de monitorización se va a utilizar para mostrar los datos obtenidos del funcionamiento del sistema?

JUSTIFICACION DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

- JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El proyecto propuesto acopla un sistema electrónico con uno de comunicaciones, que al detectar el nivel de alcohol que el conductor presente mediante un sensor de alcohol, permita o no el encendido de su automotor, en caso que el nivel de alcohol supere los 0,3 gramos por litro de sangre (0,3 gr/l) como lo dicta el COIP (Código Orgánico Integral Penal) en el artículo 385. Además de hacer un registro de la frecuencia cardiaca del chofer al conducir su automóvil usando un sensor de frecuencia cardiaca, como método de alerta a anomalías en el comportamiento del corazón, sugiriendo la disminución de la velocidad del vehículo.

La medición de la concentración de alcohol de la sangre se obtiene según la cantidad en gramos de alcohol por unidad de litro de sangre en el cuerpo humano, cuya escala normada por la Organización Mundial de la Salud indica que a valores menores a 0,3 gr/l, el ser humano puede realizar su actividad psicomotriz de manera normal, en cambio si el nivel detectado de alcohol en la sangre es superior a los 0,3 gr/l el sistema psicomotriz se ve alterado y la actividad física de una persona se ve limitada, especialmente si opera maquinaria y/o automotores, pudiendo morir por intoxicación si existe una concentración de alcohol mayor a 5gr/l.

La frecuencia cardiaca de un adulto varía entre los 60 a 100 latidos por minuto (LPM), siendo normal si el pulso se encuentra dentro de este rango. Si la frecuencia disminuye bajo los 60 LPM se conoce como bradicardia, y si supera los 100 LPM se conoce como taquicardia, estas condiciones representan serias consecuencias en una persona que ejecuta la operación de maquinaria, y lógicamente su estado de salud.

La bradicardia se conoce como el ritmo cardiaco lento, en este estado el corazón no bombea suficiente sangre con niveles altos de oxígeno al cuerpo mientras realice una actividad o ejercicio, la taquicardia se conoce como el ritmo cardiaco rápido, superando los 100 LPM hasta los 400 LPM, en este estado el corazón no bombea con eficiencia la sangre.

El sistema al inmovilizar el automóvil debido a la detección de alcohol en el conductor, mediante un módulo de comunicación se informa su estado a un familiar por mensaje de texto, la ubicación del automóvil en tiempo real se obtiene gracias a un módulo GPS, esto puede ser visualizado en un mapa cargado en la aplicación web diseñada, en conjunto con otros datos monitoreados como nivel de alcohol, latitud, longitud, hora y fecha.

Usando la misma infraestructura se realiza el registro del ritmo cardiaco que presenta el conductor, para lo cual se utiliza un sensor de frecuencia cardiaca, si este disminuye de 60 LPM

o supera los 100 LPM, se envía un mensaje de texto al familiar, y en la aplicación web puede observar la frecuencia cardiaca detectada.

El módulo de comunicación a utilizar gracias a su infraestructura debe permitir enviar mensajes de texto desde el sistema hacia el teléfono móvil de un familiar, la tecnología más recomendable es la telefonía celular 2G, que permite la comunicación a largas distancias, por la cual se transmitirá la información del mensaje de texto y los datos hacia la aplicación de monitoreo, donde se tiene la ubicación usando GPS, la frecuencia cardiaca y nivel de alcohol detectados por el sistema, almacenándolos en la nube, en tiempo real.

- JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El sistema electrónico propuesto busca generar concientización y seguridad en los conductores, para que su actividad sea realizada con mayor responsabilidad, además de precautelar su salud, tomando en cuenta que la conducción debe desarrollarse en óptimas condiciones psicomotrices. En lo que va del año la ANT en base a sus estadísticas indica que los accidentes de tránsito debido a la influencia de alcohol ascienden a 1.023 accidentes representando el 6,61% del total de siniestros y fallecidos bajo estas circunstancias en un total de 31 personas significando el 3,19% del total de decesos.

El registro de la actividad cardiaca del conductor permite precautelar la salud del mismo, en especial si el chofer tiene antecedentes de problemas cardiovasculares, siendo importante evaluar su pulso ya que si se presenta bradicardia o taquicardia, afectará de forma directa el normal desempeño frente al volante y algo adicional, su familia puede estar al tanto del estado en el que se encuentra su ser querido.

Un accidente cardiaco es difícil de predecir, pero puede ser evitado y monitoreado, en este proyecto se lo hace de manera remota para una evaluación rápida, de acuerdo a datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el censo del año 2014, se indica que hubo una cantidad total de 1316 muertos debido a insuficiencia cardiaca o complicaciones, por lo que llevar un control es importante para ayudar a que estas cifras disminuyan, específicamente en una persona que conduce un automotor.

En los trabajos realizados previamente, mencionados en los antecedentes se encargan del bloqueo del automóvil, al sistema se incorpora la función de alerta mediante mensaje de texto que se envía al teléfono celular de un familiar cuando se detecte un nivel de alcohol superior a lo permitido y el auto se bloquea, este mensaje se envía mediante un módulo de comunicación GSM/GPRS. En el mensaje de texto se indicará la dirección de la aplicación web, en la que se encuentra la

información en tiempo real de la ubicación del conductor en un mapa, pudiéndole prestar auxilio, cabe indicar que el sistema inicia en estado de circuito abierto, el que pasará a circuito cerrado si la condición del conductor es adecuada.

Por otra parte el registro del ritmo cardiaco es procesado por el sistema, gracias a un sensor al detectar un pulso por debajo de los 60 LPM o por encima de los 100 LPM, se activa la función de alerta y precaución, enviándose un mensaje de aviso a un familiar, la información recopilada se almacena en la página de monitoreo, usando la misma infraestructura de comunicación para la alerta de alcoholemia.

La información manejada es la detectada por los sensores, en conjunto con la posición de latitud y longitud otorgado por el módulo GPS, transmitiéndose inalámbricamente usando un módulo de comunicación GSM/GPRS, se envía el mensaje y los datos a almacenar en la página web usando la infraestructura de la red de telefonía celular.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Diseñar e implementar un sistema electrónico para conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas utilizando tecnologías GSM, GPRS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el estado del arte de los dispositivos, tecnologías, sistemas de comunicación, posicionamiento y hardware para el desarrollo del sistema.
- Diseñar la parte electrónica, detección de alcohol y ritmo cardiaco, comunicación, ubicación del conductor y monitoreo que conforman el sistema.
- Implementar el sistema electrónico para conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas.
- Realizar un banco de pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema en función de las variables a controlar por el sistema.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

Al desarrollar un proyecto se debe tomar muy en cuenta la teoría básica para poder ejecutar el trabajo, el estado del arte es importante para tener presente el punto de partida por el orientar el desarrollo del mismo. En este capítulo se describe la legislación vigente, tecnologías, dispositivos y hardware en el cual se basa el proyecto de titulación.

1.2 CONDUCCIÓN EN ESTADO DE EMBRIAGUEZ

En el capítulo octavo de las infracciones de tránsito del Código Orgánico Integral Penal del Ecuador, la sección tercera sobre contravenciones de tránsito artículo 385 indica que si una persona conduce un automóvil en estado de embriaguez será sancionado de acuerdo a la siguiente escala.

1. Si el nivel de alcohol por litro de sangre es de 0,3 a 0,8 gramos, se aplicará una multa de un salario básico unificado del trabajador en general, pérdida de cinco puntos en su licencia de conducir y cinco días de privación de libertad.
2. Si el nivel de alcohol por litro de sangre es mayor de 0,8 hasta 1,2 gramos, se aplicará multa de dos salarios básicos unificados del trabajador en general, pérdida de diez puntos en su licencia de conducir y quince días de privación de libertad.
3. Si el nivel de alcohol por litro de sangre supera 1,2 gramos, se aplicará multa de tres salarios básicos unificados del trabajador en general, la suspensión de la licencia por sesenta días y treinta días de privación de libertad

Para las y los conductores de vehículos de transporte público liviano o pesado, comercial o de carga, la tolerancia al consumo de cualquier sustancia estupefaciente, psicotrópica o preparado que las contengan es cero, y un nivel máximo de alcohol de 0,1 gramos por cada litro de sangre. En caso de exceder dicho límite, la sanción para el responsable será pérdida de treinta puntos en su licencia de conducir y pena privativa de libertad de noventa días. Además en todos estos casos, como medida preventiva se aprehenderá el vehículo por veinticuatro horas. (Ministerio de Justicia, Derechos Humanos y Cultos, 2014)

1.2.1 Efectos del alcohol

El alcohol es una droga que proviene de una sustancia química, que provoca alteraciones a nivel perceptivo, emocional y físico, afectando directamente al sistema nervioso central, en un conductor aumenta drásticamente el riesgo de sufrir/provocar accidentes de tránsito.

1.2.1.1 Nivel de alcohol y efectos

De acuerdo a la cantidad de alcohol en gramos por cada litro de sangre al ingerir bebidas alcohólicas, los efectos varían, como se puede ver en la *Tabla 1-1*.

Tabla 1-1 Efectos de alcohol en la sangre

Concentración de alcohol en la sangre	Sintomatología
< 0,3 g/l	- Alteración muy leve
0,3 – 0,5 g/l	- Borrachera leve - Disminución rendimiento psicomotor - Reducción de percepción de luces - Distorsión en percepción de distancia - Disminución campo visual (efecto túnel)
0,5 – 1 g/l	- Borrachera moderada - Deterioro moderado del rendimiento psicomotor - Alteración de coordinación manual - Deterioro de percepción de luz roja - Tiempo de reacción aumenta - Impulsividad y agresividad al volante
1 – 2 g/l	- Borrachera intensa - Deterioro de rendimiento psicomotor

	<ul style="list-style-type: none"> - Conducción temeraria - Reducción de agudeza visual - Reducción de visión periférica - Visión borrosa - Falta de coordinación de movimientos
2 – 3 g/l	<ul style="list-style-type: none"> - Borrachera completa - Deterioro muy grave del rendimiento psicomotor - Visión muy borrosa - Incoordinación grave
3 – 5 g/l	<ul style="list-style-type: none"> - Coma - Imposibilidad de conducir
>5 g/l	<ul style="list-style-type: none"> - Muerte

Fuente: Elaboración Comisión Clínica DGPNSD – España

1.2.1.2 Estadísticas de siniestros por causas probables.

En lo que va del año a nivel nacional las estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), indica que los siniestros por causas probables hasta el mes de octubre del 2016, por accidentes de tránsito debido a la influencia de alcohol asciende a 1694 siniestros siendo el 6.76% del total de accidentes en el país, que si se compara con las estadísticas hasta el primer semestre del año, es decir junio donde se tenía un total de siniestros de 1023 equivalente al 6.61% del total accidentes hasta ese mes, se nota que en un lapso de cuatro meses el índice de percances relacionados al consumo de alcohol tuvo un crecimiento de 671 incidentes, estos datos se muestran en la *Tabla 2-1* y *Tabla 3-1*.

Tabla 2-1 Siniestros por causas probables a nivel nacional junio-2016

CODIGO	CAUSAS PROBABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL A JUNIO -2016	%
C14	CONducir desatento a las condiciones de tránsito (CELULAR, PANTALLAS DE VIDEO, COMIDA, MAQUILLAJE O CUALQUIER OTRO ELEMENTO DISTRACTOR)	634	632	590	492	522	478	3.348	21,64
C09	CONducir VEHICULO SUPERANDO LOS LIMITES MAXIMOS DE VELOCIDAD	408	314	262	289	287	295	1.855	11,99
C23	NO RESPETAR LAS SEÑALES REGLAMENTARIAS DE TRANSITO (PARE, CEDA EL PASO, LUZ ROJA DEL SEMAFORO, ETC)	366	300	296	248	304	318	1.832	11,84
C11	NO MANTENER LA DISTANCIA PRUDENCIAL CON RESPECTO AL VEHICULO QUE LE ANTECEDE	263	238	220	239	222	219	1.401	9,05
C25	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO A VEHICULOS	171	207	192	202	179	138	1.089	7,04
C06	CONduce BAJO LA INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	188	179	137	169	181	169	1.023	6,61
C26	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO AL PEATON	156	153	202	150	114	166	941	6,08
C19	REALIZAR CAMBIO BRUSCO O INDEBIDO DE CARRIL	185	160	138	138	143	110	874	5,65
C12	NO GUARDAR LA DISTANCIA LATERAL MINIMA DE SEGURIDAD ENTRE VEHICULOS	194	102	81	127	104	161	769	4,97
C16	NO TRANSITAR POR LAS ACERAS O ZONAS DE SEGURIDAD DESTINADAS PARA EL EFECTO	89	75	57	69	71	43	404	2,61
C03	CONducir EN ESTADO DE SOMNOLENCIA O MALAS CONDICIONES FISICAS (SUEÑO, CANSANCIO Y FATIGA)	78	51	69	70	64	64	396	2,56
C22	ADELANTAR O REBASAR A OTRO VEHICULO EN MOVIMIENTO EN ZONAS O SITIOS PELIGROSOS TALES COMO: (CURVAS, PUENTES, TUNELES, PENDIENTES, ETC)	78	61	55	55	37	22	308	1,99
C01	CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR (EXPLOSION DE NEUMATICO NUEVO, DERRUMBE, INUNDACION, CAIDA DE PUENTE, ARBOL, PRESENCIA INTEMPESTIVA E IMPREVISTA DE SEMOVIENTES EN LA VIA, ETC)	44	51	44	34	40	29	242	1,56
C15	DEJAR O RECOGER PASAJEROS EN LUGARES NO PERMITIDOS	25	28	41	27	32	23	176	1,14
C27	PEATON QUE CRUZA LA CALZADA SIN RESPETAR LA SEÑALIZACION EXISTENTE (SEMAFOROS O SEÑALES MANUALES)	31	34	21	21	25	24	156	1,01
C10	CONDICIONES AMBIENTALES Y/O ATMOSFERICAS (NIEBLA, NEBLINA, GRANIZO, LLUVIA)	31	17	21	33	19	13	134	0,87
C18	CONducir EN SENTIDO CONTRARIO A LA VIA NORMAL DE CIRCULACION	18	17	15	26	14	37	127	0,82
C05	FALLA MECANICA EN LOS SISTEMAS Y/O NEUMATICOS (SISTEMA DE FRENOS, DIRECCION, ELECTRONICO O MECANICO)	28	12	16	15	12	12	95	0,61
C21	MALAS CONDICIONES DE LA VIA Y/O CONFIGURACION (ILUMINACION Y DISEÑO)	11	6	10	16	27	4	74	0,48
C17	BAJARSE O SUBIRSE DE VEHICULOS EN MOVIMIENTO SIN TOMAR LAS PRECAUCIONES DEBIDAS	7	10	6	4	4	20	51	0,33
C02	PRESENCIA DE AGENTES EXTERNOS EN LA VIA (AGUA, ACEITE, PIEDRA, LASTRE, ESCOMBROS, MADEROS, ETC)	10	7	9	7	6	5	44	0,28
C07	TRANSITA BAJO INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	3	9	10	4	5	5	36	0,23
C08	PESO Y VOLUMEN-NO CUMPLIR CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD NECESARIAS AL TRANSPORTAR CARGAS	7	7	9	5	2	1	31	0,20
C24	NO RESPETAR LAS SEÑALES MANUALES DEL AGENTE DE TRANSITO	9	3	5	7	3	-	27	0,17
C04	DAÑOS MECANICOS PREVISIBLES	2	5	5	3	4	2	21	0,14
C20	EL CONDUCTOR QUE DETENGA O ESTACIONE VEHICULOS EN SITIOS O ZONAS QUE ENTRAÑEN PELIGRO, TALES COMO ZONA DE SEGURIDAD, CURVAS, PUENTES, TUNELES, PENDIENTES	7	1	2	3	3	1	17	0,11
C28	DISPOSITIVO REGULADOR DE TRANSITO EN MAL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO (SEMAFORO)	1	0	0	0	1	-	2	0,01
	TOTAL	3.044	2.679	2.513	2.453	2.425	2.359	15.473	100,00

Fuente: (ANT, 2016)

Tabla 3-1 Siniestros por causas probables a nivel nacional octubre-2016

CODIGO	CAUSAS PROBABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL A OCTUBRE - 2016	%
C14	CONDUCCION DESATENTO A LAS CONDICIONES DE TRANSITO (CELULAR, PANTALLAS DE VIDEO, COMIDA, MAQUILLAJE O CUALQUIER OTRO ELEMENTO DISTRACTOR)	634	632	590	492	522	478	480	551	501	531	5.411	21,61
C09	CONDUCCION VEHICULO SUPERANDO LOS LIMITES MAXIMOS DE VELOCIDAD	408	314	262	289	287	295	311	307	310	349	3.132	12,51
C23	NO RESPETAR LAS SEÑALES REGLAMENTARIAS DE TRANSITO (PARE, CEDA EL PASO, LUZ ROJA DEL SEMAFORO, ETC)	366	300	296	248	304	318	389	314	207	276	3.018	12,05
C11	NO MANTENER LA DISTANCIA PRUDENCIAL CON RESPECTO AL VEHICULO QUE LE ANTECEDE	263	238	220	239	222	219	258	229	146	163	2.197	8,77
C25	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO A VEHICULOS	171	207	192	202	179	138	176	184	156	140	1.745	6,97
C06	CONDUCE BAJO LA INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	188	179	137	169	181	169	201	141	162	167	1.694	6,76
C26	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO AL PEATON	156	153	202	150	114	166	141	133	104	216	1.535	6,13
C19	REALIZAR CAMBIO BRUSCO O INDEBIDO DE CARRIL	185	160	138	138	143	110	126	120	124	164	1.408	5,62
C12	NO GUARDAR LA DISTANCIA LATERAL MINIMA DE SEGURIDAD ENTRE VEHICULOS	194	102	81	127	104	161	145	128	124	107	1.273	5,08
C03	CONDUCCION EN ESTADO DE SOMNOLENCIA O MALAS CONDICIONES FISICAS (SUEÑO, CANSANCIO Y FATIGA)	78	51	69	70	64	64	67	55	72	69	659	2,63
C16	NO TRANSITAR POR LAS ACERAS O ZONAS DE SEGURIDAD DESTINADAS PARA EL EFECTO	89	75	57	69	71	43	51	56	49	63	623	2,49
C22	ADELANTAR O REBASAR A OTRO VEHICULO EN MOVIMIENTO EN ZONAS O SITIOS PELIGROSOS TALES COMO: (CURVAS, PUENTES, TUNELES, PENDIENTES, ETC)	78	61	55	55	37	22	31	30	38	34	441	1,76
C01	CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR (EXPLOSION DE NEUMATICO NUEVO, DERRUMBE, INUNDACION, CAIDA DE PUENTE, ARBOL, PRESENCIA INTEMPESTIVA E IMPREVISTA DE SEMOVIENTES EN LA VIA, ETC)	44	51	44	34	40	29	29	21	41	37	370	1,48
C15	DEJAR O RECOGER PASAJEROS EN LUGARES NO PERMITIDOS	25	28	41	27	32	23	30	27	29	20	282	1,13
C27	PEATON QUE CRUZA LA CALZADA SIN RESPETAR LA SEÑALIZACION EXISTENTE (SEMAFOROS O SEÑALES MANUALES)	31	34	21	21	25	24	25	21	24	28	254	1,01
C18	CONDUCCION EN SENTIDO CONTRARIO A LA VIA NORMAL DE CIRCULACION	18	17	15	26	14	37	24	21	22	22	216	0,86
C10	CONDICIONES AMBIENTALES Y/O ATMOSFERICAS (NIEBLA, NEBLINA, GRANIZO, LLUVIA)	31	17	21	33	19	13	8	6	1	4	153	0,61
C05	FALLA MECANICA EN LOS SISTEMAS Y/O NEUMATICOS (SISTEMA DE FRENOS, DIRECCION, ELECTRONICO O MECANICO)	28	12	16	15	12	12	17	15	8	15	150	0,60
C21	MALAS CONDICIONES DE LA VIA Y/O CONFIGURACION (LUMINACION Y DISEÑO)	11	6	10	16	27	4	17	4	21	8	124	0,50
C17	BAJARSE O SUBIRSE DE VEHICULOS EN MOVIMIENTO SIN TOMAR LAS PRECAUCIONES DEBIDAS	7	10	6	4	4	20	11	5	4	11	82	0,33
C02	PRESENCIA DE AGENTES EXTERNOS EN LA VIA (AGUA, ACEITE, PIEDRA, LASTRE, ESCOMBROS, MADEROS, ETC)	10	7	9	7	6	5	7	7	9	9	76	0,30
C07	TRANSITA BAJO INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	3	9	10	4	5	5	2	7	4	6	55	0,22
C24	NO RESPETAR LAS SEÑALES MANUALES DEL AGENTE DE TRANSITO	9	3	5	7	3		6	3	4	4	44	0,18
C08	PESO Y VOLUMEN NO CUMPLIR CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD NECESARIAS AL TRANSPORTAR CARGAS	7	7	9	5	2	1	1	5	1	5	43	0,17
C04	DAÑOS MECANICOS PREVISIBLES	2	5	5	3	4	2	4	5	3	2	35	0,14
C20	EL CONDUCTOR QUE DETENGA O ESTACIONE VEHICULOS EN SITIOS O ZONAS QUE ENTRANEN PELIGRO, TALES COMO ZONA DE SEGURIDAD, CURVAS, PUENTES, TUNELES, PENDIENTES	7	1	2	3	3	1	2	1	1	1	22	0,09
C28	DISPOSITIVO REGULADOR DE TRANSITO EN MAL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO (SEMAFORO)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0,01
TOTAL		3.044	2.679	2.513	2.453	2.425	2.359	2.559	2.396	2.165	2.451	25.044	100,00

Fuente: (ANT, 2016)

1.2.1.3 Estadísticas de fallecidos por causas probables.

En función a la estadísticas antes mencionadas, la ANT presenta datos de la cantidad de fallecidos a causa de la conducción bajo efectos del alcohol, con un total de 55 decesos en lo que va del año hasta el mes de octubre, de un total de 1607 fallecidos por accidentes de tránsito en el Ecuador, como se muestra en la *Tabla 4-1*.

Tabla 4-1 Fallecidos por causas probables a nivel nacional octubre-2016

CÓDIGO	CAUSAS PROBABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL A OCTUBRE - 2016	%
C14	CONducir desatento a las condiciones de tránsito (CELULAR, PANTALLAS DE VIDEO, COMIDA, MAQUILLAJE O CUALQUIER OTRO ELEMENTO DISTRACTOR)	80	62	56	62	65	66	66	48	48	65	618	38,46
C09	CONducir vehículo superando los límites máximos de velocidad	35	16	15	19	23	22	20	23	17	24	214	13,32
C26	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO AL PEATON	4	9	7	8	11	16	11	20	12	17	115	7,16
C16	NO TRANSITAR POR LAS ACERAS O ZONAS DE SEGURIDAD DESTINADAS PARA EL EFECTO	11	12	7	18	12	12	6	7	8	12	105	6,53
C23	NO RESPETAR LAS SEÑALES REGLAMENTARIAS DE TRANSITO (PARE, CEDA EL PASO, LUZ ROJA DEL SEMAFORO, ETC)	8	11	10	5	5	4	17	15	6	7	88	5,48
C19	REALIZAR CAMBIO BRUSCO O INDEBIDO DE CARRIL	5	11	8	6	12	7	1	5	5	12	72	4,48
C11	NO MANTENER LA DISTANCIA PRUDENCIAL CON RESPECTO AL VEHICULO QUE LE ANTECEDE	9	7	9	4	6	10	10	11	2	3	71	4,42
C25	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO A VEHICULOS	1	3	7	12	7	3	6	5	10	6	60	3,73
C06	CONDUCE BAJO LA INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	10	6	4	4	4	3	5	5	2	12	55	3,42
C18	CONducir en sentido contrario a la vía normal de circulación	1	1	0	4	2	8	5	4	4	4	33	2,05
C12	NO GUARDAR LA DISTANCIA LATERAL MINIMA DE SEGURIDAD ENTRE VEHICULOS	5	2	3	1	1	3	4	1	1	4	25	1,56
C22	ADELANTAR O REBASAR A OTRO VEHICULO EN MOVIMIENTO EN ZONAS O SITIOS PELIGROSOS TALES COMO: (CURVAS, PUENTES, TUNELES, PENDIENTES, ETC)	2	2	0	1	0	2	1	2	9	4	23	1,43
C27	PEATON QUE CRUZA LA CALZADA SIN RESPETAR LA SEÑALIZACION EXISTENTE (SEMAFOROS O SEÑALES MANUALES)	0	5	4	2	2	3	3	1	0	2	22	1,37
C03	CONducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (SUEÑO, CANSANCIO Y FATIGA)	0	3	2	2	0	1	1	4	4	2	19	1,18
C01	CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR (EXPLOSION DE NEUMATICO NUEVO, DERRUMBE, INUNDACION, CAIDA DE PUENTE, ARBOL, PRESENCIA INTEMPESTIVA E IMPREVISTA DE SEMOVIENTES EN LA VIA, ETC)	2	2	2	3	1	2	1	0	1	4	18	1,12
C05	FALLA MECANICA EN LOS SISTEMAS Y/O NEUMATICOS (SISTEMA DE FRENOS, DIRECCION, ELECTRONICO O MECANICO)	3	1	2	3	1	1	3	2	0	0	16	1,00
C21	MALAS CONDICIONES DE LA VIA Y/O CONFIGURACION (ILUMINACION Y DISEÑO)	0	0	0	2	3	1	2	1	0	2	11	0,68
C17	BAJARSE O SUBIRSE DE VEHICULOS EN MOVIMIENTO SIN TOMAR LAS PRECAUCIONES DEBIDAS	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	8	0,50
C07	TRANSITA BAJO INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	2	0	3	0	0	1	1	0	0	1	8	0,50
C10	CONDICIONES AMBIENTALES Y/O ATMOSFERICAS (NIEBLA, NEBLINA, GRANIZO, LLUVIA)	0	1	1	1	3	1	0	0	0	0	7	0,44
C04	DAÑOS MECANICOS PREVISIBLES	0	0	2	0	0	-	0	3	1	0	6	0,37
C02	PRESENCIA DE AGENTES EXTERNOS EN LA VIA (AGUA, ACEITE, PIEDRA, LASTRE, ESCOMBROS, MADEROS, ETC)	0	0	4	0	0	1	1	0	0	0	6	0,37
C15	DEJAR O RECOGER PASAJEROS EN LUGARES NO PERMITIDOS	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	5	0,31
C24	NO RESPETAR LAS SEÑALES MANUALES DEL AGENTE DE TRANSITO	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,12
TOTAL		182	165	149	168	169	169	164	158	130	183	1.607	100,00

Fuente: (ANT, 2016)

1.3 ALCOHOLÍMETRO

El alcoholímetro es un dispositivo utilizado por los agentes de policía cuando existe la sospecha que un conductor está en estado de ebriedad, determina el nivel de alcohol en una bebida alcohólica, en la sangre o en un gas, pudiendo determinar si una persona está en capacidad de conducir un automóvil, basa su funcionamiento a partir de la ingesta de una bebida alcohólica, el aire exhalado es proporcional a la concentración de alcohol en la sangre circulante en los pulmones. (Casanova Vásquez, 2014)

1.3.1 Análisis de alcohol en el aliento

Una de las técnicas para determinar el efecto que tiene el alcohol sobre la capacidad de conducir de una persona es el análisis de alcohol en el aliento, midiendo la concentración de etanol en el aire exhalado. La concentración de aire exhalado está en proporción con la concentración de etanol en la sangre y a su vez en equilibrio con la que se presenta en el cerebro, este tipo de análisis posee la misma fiabilidad que los mejores métodos como el de análisis de sangre (de Prada, y otros, 2003).

Este método de análisis tiene las siguientes ventajas sobre el análisis de sangre:

- ✓ No es invasiva al paciente
- ✓ Mayor facilidad en la toma de la prueba
- ✓ Resultado inmediato
- ✓ Económico
- ✓ No es fácil de alterar

1.3.2 Tipos de alcoholímetros

Actualmente existe una amplia gama de dispositivos que miden el nivel de gas etanol en el aliento, de tipo desechable, digital, digital con impresora y de bloqueo de vehículos.

1.3.2.1 Alcoholímetro desechable

Este tipo de alcoholímetro (*Figura 1-1*) entrega resultados previos que no tienen valor legal, económicos y de uso único que se usaban para determinar previamente si una persona debía someterse a un análisis de sangre. Consiste en ampollas de vidrio cerradas que contienen cristales de dicromato de potasio en un medio de ácido sulfúrico, que previo a su uso se rompe la ampolla en una bolsa hermética y el nivel de alcohol detectado en el aliento se define por el cambio de color que va desde el amarillo al azul verdoso en los cristales de dicromato. (de Prada, y otros, 2003)



Figura 1-1 Alcoholímetro desechable
Fuente: (Diinsel S.A de C.V, 2016)

1.3.2.2 Alcoholímetro portátil digital

Los alcoholímetros portátiles (*Figura 2-1*) son dispositivos digitales que miden la concentración de alcohol en la sangre de una persona, mediante una muestra de aliento, poseen una alta sensibilidad y fiabilidad de los resultados que provee, son los que generalmente utilizan los agentes de tránsito cuando existe la sospecha que un conductor presenta cuadro de ebriedad. El resultado del análisis se muestra en una pantalla digital, siendo un dispositivo maleable, efectivo y de fácil uso.



Figura 2-1 Alcoholímetro digital

Fuente: <http://www.planetajoy.com/?Llegan+los+alcohol%EDmetros+port%E1tiles&page=ampliada&id=373>

1.3.2.3 Alcoholímetro digital con impresora

Estos dispositivos funcionan de manera similar a los alcoholímetros digitales, que a más de presentar el resultado del análisis de alcoholemia en una muestra de aliento en una pantalla digital, se imprime en papel en una pequeña impresora que viene adjunta al dispositivo, como se muestra en la *Figura 3-1*.



Figura 3-1 Alcoholímetro digital con impresora

Fuente: [http://mydiagnosticos.com.mx/alcoholimetros_profesional.html#prettyPhoto\[iframes\]/7/](http://mydiagnosticos.com.mx/alcoholimetros_profesional.html#prettyPhoto[iframes]/7/)

1.3.2.4 Alcoholímetro con bloqueo de vehículos

Se los conoce como dispositivos interlock, que lleva incorporado un alcoholímetro con un sensor electroquímico que se conecta al encendido del vehículo, de modo que este no arranca hasta que se realiza la prueba con resultados negativos, la forma del dispositivo se puede ver en la *Figura 4-1*. Diseñado especialmente para el control de conductores en general y de transportes de mercancías peligrosas, autocares de pasajeros, trenes, ambulancias, etc. (de Prada, y otros, 2003)



Figura 4-1 Alcoholímetro Interlock

Fuente: <http://alcoholimetrosdrager.com/interlock-7000/>

1.3.3 Estructura del alcoholímetro

Un alcoholímetro está compuesto por sensores que se encargan de la detección del gas etanol como un olor mediante una muestra de aliento de una persona, estos sensores están fabricados con una capa de óxido de estaño, lo que permite que la sensibilidad sea muy alta frente a la existencia de alcohol.

1.3.3.1 Sensores de gas en base a óxido de estaño

Los sensores detectores de gas basan su funcionamiento en la utilización de óxidos semiconductores, el semiconductor más utilizado en la fabricación de estos sensores es el de dióxido de estaño para la detección de gases, permitiendo tener en el dispositivo una alta sensibilidad, reproducibilidad y selectividad durante el proceso de censado. (Guañuna Pozo, 2014)

El dióxido de estaño es un semiconductor tipo n que debido a la quimisorción del oxígeno produce la transferencia de electrones desde el interior hacia el exterior del compuesto químico, modificando las barreras de potencial formadas al borde del dióxido de estaño, las características

de las barreras de potencial dependen del contenido de oxígeno del material ocasionando la variación de la resistividad del sensor. (Ponce, y otros, 2005)

1.4 BIOMETRÍA

La biometría es la ciencia de la identificación humana en base a características únicas, dedicada al estudio estadístico de las características cuantitativas de los seres vivos tales como peso, longitud, entre otros, en base a lo mencionado el estudio fisiológico de los seres humanos mediante el uso de la tecnología permite desarrollar investigaciones que pueden ofrecer un nivel de seguridad de identificación confiable. (Delgado Parra, 2015)

Se incluye en el estudio biométrico las siguientes mediciones:

- ✓ Huellas dactilares
- ✓ Visión
- ✓ Geometría de la mano
- ✓ Ritmo cardiaco
- ✓ Concentración de compuestos en la sangre
- ✓ Geometría facial
- ✓ ADN
- ✓ Aliento
- ✓ Firma
- ✓ Reconocimiento de Voz

1.5 FRECUENCIA CARDIACA

La frecuencia cardiaca también se denomina como pulso cardiaco, es una onda de sangre que proviene de la contracción del ventrículo izquierdo, la sangre pasa a través de las arterias y venas de todo el cuerpo, en forma normal cada ventrículo bombea 70 mililitros de sangre en cada contracción. Cuando se valora el pulso se observa el ritmo o la frecuencia, el volumen y la tensión, es así que la frecuencia es el número de latidos por minuto (LPM). (Tintín Durán, 2015)

La frecuencia cardiaca se ve alterada cuando una persona está enferma, las alteraciones se da debido a diversos factores como procesos patológicos, edad, sexo, talla y actividad física o emocional, además el pulso disminuye conforme al desarrollo humano gracias al metabolismo, que inicia desde el nacimiento hasta la vejez, una frecuencia cardiaca en un rango de 60 y 100 LPM se considera normal en una persona adulta. (Smeltzer, y otros, 1994)

Los problemas cardiacos se presentan cuando la frecuencia cardiaca esta sobre o bajo el nivel de valoración normal; si una persona tiene un pulso acelerado por encima de 100 LPM puede tener un cuadro de TAQUICARDIA, al contrario si una persona tiene un pulso debajo de 60 LPM podría recaer en una BRADICARDIA, en función a la edad del ser humano se tiene valores normales de frecuencia cardiaca como se observa en la *Tabla 5-1*.

Las condiciones para tener una frecuencia cardiaca anormal es:

- ✓ Cardiopatía
- ✓ Válvula cardiaca anormal
- ✓ Nivel bajo de potasio en la sangre

Las palpitaciones cardiacas anormales son debidas a:

- ✓ Estrés, ansiedad
- ✓ Consumo de cafeína
- ✓ Consumo de drogas
- ✓ Ejercicio

- ✓ Fiebre
- ✓ Hipertiroidismo
- ✓ Bajo nivel de oxígeno en la sangre

Hablando de taquicardia y bradicardia, estos vienen en conjunto de síntomas como se muestra en la *Tabla 6-1*.

Tabla 5-1 Frecuencia cardiaca en función de la edad

Edad	Frecuencia del pulso/minuto	
	Promedio	Intervalo
Recién nacidos hasta 1 mes	130	80 – 180
1 año	120	80 – 140
2 años	110	80 – 130
6 años	100	75 – 120
10 años	70	50 – 90
Adulto	80	60 – 100

Fuente: (Tintín Durán, 2015)

Tabla 6-1 Síntomas de Bradicardia y Taquicardia

Condición	Sintomatología
Bradicardia	Mareos
	Síncope (pérdida de conocimiento)
	Cansancio extremo
	Falta de aire
Taquicardia	Dificultades respiratorias
	Mareo
	Debilidad súbita
	Temblor en el pecho
	Vértigo
	Síncope

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Para tomar el pulso de una persona existen zonas especiales donde se puede captar este valor, como es la sístole auricular, ventricular y la diástole cardiaca, a nivel arterial el pulso se mide en

las arterias temporal, carotídeo, braquial, radial, apical, femoral, poplíteo, pedio y tibial posterior, como se presenta en la *Figura 5-1*.

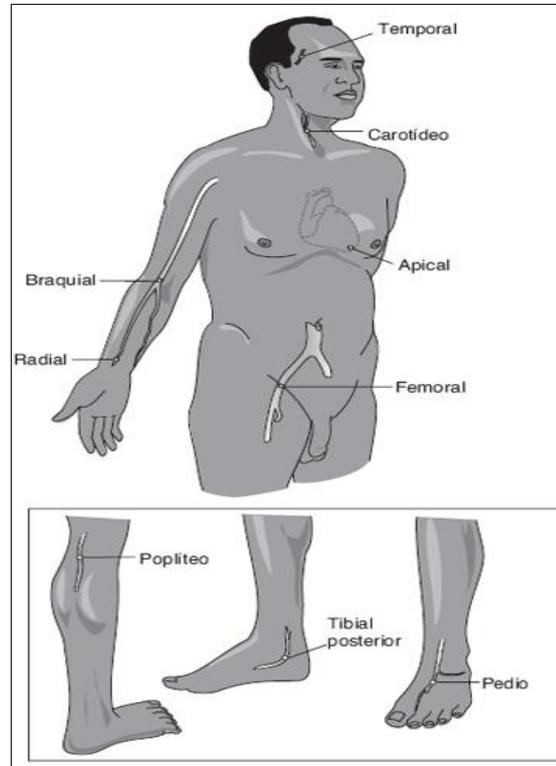


Figura 5-1 Puntos para tomar el pulso

Fuente: <http://www.mailxmail.com/cursos/signos-vitales-valoracion/puntos-palpacion-pulso>

1.5.1 Dispositivos de medición

En el mercado existen dispositivos electrónicos para realizar las mediciones de la frecuencia cardíaca, muy similares diferenciados por la empresa fabricante, utilizados por médicos y también por personas naturales para llevar un control casero de sus signos vitales especialmente de su sistema cardiovascular, en este apartado se pone a consideración los dispositivos utilizados para medir el ritmo cardíaco.

1.5.1.1 Pulsómetro Polar

Son dispositivos electrónicos similares en su estructura física a un reloj, creado para deportistas y amantes a la actividad física, con el fin de llevar un control en su rendimiento atlético, en su mayoría poseen GPS, medición de actividad cardiaca y conexión a aplicación móvil de administración inteligente de rendimiento. Se utiliza para el monitoreo del ritmo cardiaco, distancia recorrida, puede ser usado en un intervalo de 24 horas los 7 días de la semana, un ejemplo de este dispositivo se puede distinguir en la *Figura 6-1*.



Figura 6-1 Pulsómetro Polar M400

Fuente: <https://www.polar.com/es/productos/sport/M400>

1.5.1.2 Esfigmomanómetro Digital

Es un dispositivo que mide la presión arterial, además evalúa el valor de la frecuencia cardiaca que presente un paciente, mostrado en una pantalla digital el resultado del análisis, generalmente lo conocen también como tensiómetro electrónico. Físicamente es un brazalete que tiene la capacidad de inflarse durante un intervalo de tiempo calculando gracias al estetoscopio integrado, la presión (sistólica - diastólica) y la frecuencia cardiaca, son utilizados por médicos para ver el estado de su sistema circulatorio, igualmente es utilizado por personas en su casa para controlar su salud, son de alta fiabilidad y muy utilizados en la actualidad, así lo podemos apreciar en la *Figura 7-1*.



Figura 7-1 Tensiómetro electrónico OMRON

Fuente: <http://www.dmedicina.com/vida-sana/2002/09/30/medicion-control-presion-arterial-5547.html>

1.6 REDES VEHICULARES

El desarrollo de las tecnologías de comunicación inalámbrica, ha permitido incursionar en diversas áreas del conocimiento, en la actualidad la visión tecnológica se orienta a dotar de inteligencia a todo cuanto nos rodea, para optimizar recursos, controlar el medio ambiente, la movilidad, la seguridad, la salud entre otras, es decir mejorar la calidad de vida.

Una de las nuevas innovaciones, es una tecnología que empieza a tener una gran acogida, como son las redes vehiculares, que son la disposición de una infraestructura de red acoplada a los vehículos y su entorno de movilidad para tareas de monitorización, control de tráfico y comunicación entre vehículos, el desarrollo de este proyecto se apoya en los conceptos de las redes vehiculares ad-hoc.

1.6.1 *Redes Móviles Ad-Hoc*

También conocidas como MANETs, constituyen una colección autónoma de dispositivos móviles portátiles que se comunican entre sí a través de enlaces inalámbricos de forma coordinada y distribuida. (Maldonado Narváez, 2012) Estas redes no necesitan infraestructura puesto que no

necesitan de una administración central, de este modo cada nodo tiene una forma de movilidad distinta, y a su vez utiliza una interfaz inalámbrica para el envío de datos.

Las MANETs son un subconjunto de las Redes Inalámbricas Ad-Hoc (WANET) lo que da como resultado la jerarquización de las redes ad-hoc inalámbricas (*Figura 8-1*).

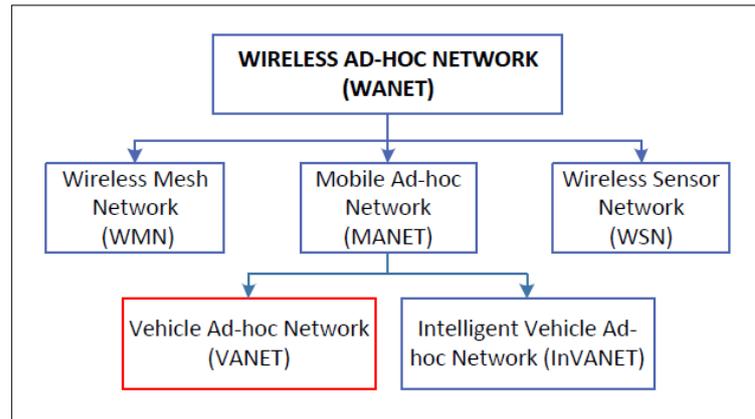


Figura 8-1 Jerarquía de redes ad-hoc inalámbricas
Fuente: (Maldonado Narváez, 2012)

1.6.2 Redes Vehiculares Ad-Hoc (VANETs)

Una red móvil ad-hoc es una colección de nodos inalámbricos móviles que se comunican de manera espontánea y auto-organizada constituyendo una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura preestablecida (como puntos de acceso WiFi o torres de estación base celulares) ni administración centralizada. Los equipos o nodos que forman parte de ella (Notebooks, PDAs, Celulares), se organizan por sí mismos para ayudarse los unos a los otros en el proceso de transportar paquetes de datos entre un origen y un destino, los nodos pueden ser móviles, además de la optimización en recursos tanto en infraestructura y a nivel económico. (Rocabado Moreno, 2013)

Las redes vehiculares son tecnologías nuevas que aún siguen en estudio con el afán de ofrecer mayores prestaciones a las que en la actualidad se tiene en sus implementaciones. La tendencia es el uso de las redes Ad-Hoc VANETs (Vehicular Ad Hoc Network) o Redes Vehiculares Ad-

Hoc, siendo una visión hacia el futuro de las comunicaciones entre vehículos u otra infraestructura dentro del amplio mundo de las redes vehiculares.

Una red vehicular ad-hoc forma parte de las redes inalámbricas, siendo independientes de alguna infraestructura ya implementada para su funcionamiento, es flexible y de bajo costo que a partir de dos o más nodos se puede desplegar, los nodos son capaces de ser transmisores, receptores o enrutadores según la necesidad y funcionamiento del sistema. Las VANETs son redes enfocadas a entornos a entornos vehiculares, en las cuales sus nodos son vehículos que conforman en conjunto una red en movimiento, como se aprecia en la *Figura 9-1*.



Figura 9-1 VANET implementada
Fuente: (Tripp-Barba, y otros, 2013)

En el vehículo existen dispositivos que permiten capturar información de sí mismo así como de su entorno, esta información es procesada para la toma de decisiones del vehículo y se transmite a nodos adyacentes u otra infraestructura, para ejecutar una acción.

1.6.3 Características de VANET

Las VANETs se consideran un subconjunto de las MANETs (*Figura 8-1*), posee las siguientes características. (Maldonado Narváez, 2012)

1. *Energía ilimitada.*- Para las redes vehiculares el propio automotor proporciona la energía de manera permanente a los dispositivos electrónicos y de comunicación.

2. *Capacidad computacional.*- La capacidad de detección es muy alta, así como la de comunicación y procesamiento.
3. *Movilidad predecible.*- Gracias a la tecnología GPS es posible conocer la posición exacta del vehículo además su trayectoria, desplazamiento y calcular su posición en el transcurso del tiempo.
4. *Potencialmente escalable.*- Tiende al crecimiento de nodos y directamente el aumento del tamaño de la red, para lo que se requiere mayor potencia para la cobertura y mantener la comunicación.
5. *Alta movilidad.*- Debido a que los vehículos pueden elevar o disminuir su velocidad podría generar inconsistencias en el enrutamiento de paquetes de datos entre vehículos, en el caso que la comunicación de la red sea nodo a nodo.
6. *Partición de red.*- Por la dinámica del tráfico las redes vehiculares particionan la frecuencia, por ejemplo en zonas rurales el tráfico es escaso por lo que puede existir un gran número de nodos aislados.
7. *Topología y conectividad de red.*- Los vehículos se mueven y cambian de posición constantemente, generando dinamismo en la topología así como en los enlaces, donde la conectividad depende de la cantidad de conexiones inalámbricas y nodos interconectados, ya que estos últimos, no todos pueden estar equipados con la misma interfaz de comunicación.

1.6.4 Arquitectura VANET

En redes vehiculares se distinguen tres dominios de comunicación, el dominio de vehículo, el dominio ad-hoc y por último el dominio de infraestructura (*Figura 10-1*), la disposición de dispositivos de la arquitectura, depende de las funciones del sistema a implementarse.

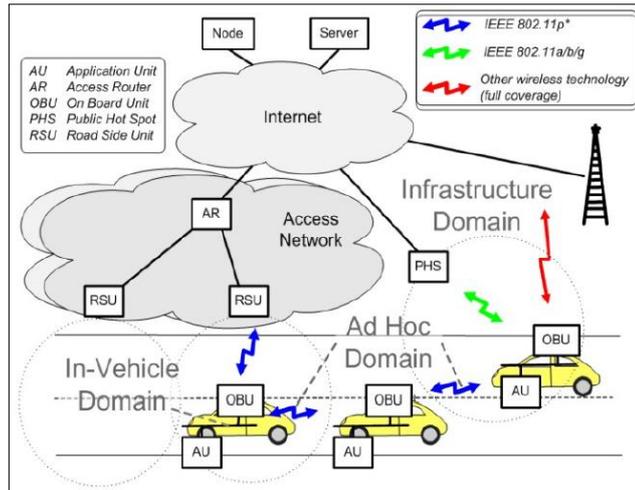


Figura 10-1 Arquitectura de una VANET
 Fuente: (Maldonado Narváez, 2012)

1.6.4.1 Dominio de vehículo

Es una red local en el interior del vehículo que se compone por la On-Board Unit (OBU) que es un dispositivo que permita la comunicación inalámbrica o cableada (*Figura 11-1*), y la Aplicación Unit (AU) (*Figura 12-1*) que se encarga de activar las aplicaciones haciendo uso del funcionamiento de la OBU, en este dominio se pueden encontrar sensores, celulares, computadores portátiles, módulos de comunicación inalámbrica, equipos de visualización o alerta, entre otros.



Figura 11-1 Unidad a bordo (OBU)

Fuente: <http://noticias.coches.com/noticias-motor/gestion-de-peajes-por-gps-proximamente/55846>



Figura 12-1 Unidad de Aplicaciones (AU)

Fuente: <http://www.xataka.com/automovil/estrategia-de-los-navegadores-gps-integrados>

1.6.4.2 Dominio ad-hoc

Es la comunicación vehículo a vehículo (V2V), si el uso de la red de infraestructura, esta es la que se genera cuando se comparte información entre los nodos (vehículos) que circulan por una vía, equipados por las OBU y RSUs estos últimos son los dispositivos ubicados a lo largo de la vía que permiten la interconectividad entre vehículos, por lo general se usan para mejorar la seguridad vial mediante el envío y recepción inalámbrica de datos entre nodos (*Figura 13-1*).

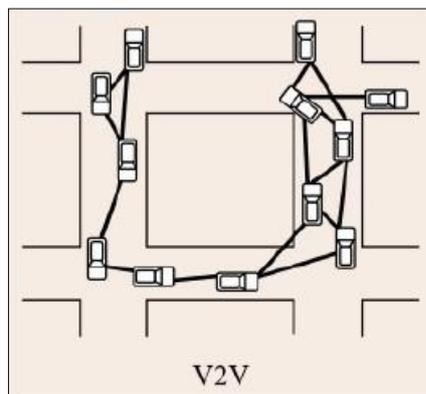


Figura 13-1 Comunicación vehículo a vehículo

Fuente: (Maldonado Narváez, 2012)

1.6.4.3 Dominio de infraestructura

Este dominio hace referencia a la comunicación entre el vehículo con el soporte de infraestructura de red, donde conexión puede ser por medio de las RSUs y/o puntos de acceso a internet (hostspots), además se puede aprovechar la comunicación con las redes celulares y tecnologías de radio como GSM, GPRS, UMTS, LTE, WIMAX las que tiene la función de soporte de comunicación de corto y largo alcance, generalmente asociadas a tareas de control, monitoreo y seguridad vial.

En el dominio de infraestructura se tiene también un modelo híbrido, donde coexisten las comunicaciones vehículo a vehículo (V2V), vehículo a infraestructura (V2I) y viceversa (*Figura 14-1*). (Maldonado Narváez, 2012). Al conocer la arquitectura de referencia de las redes vehiculares desde el punto de vista del diseño de este proyecto es considerable tomar en cuenta que el prototipo está enmarcado en el dominio de infraestructura de una VANET, lo que será cubierto con más detalle en el siguiente capítulo.

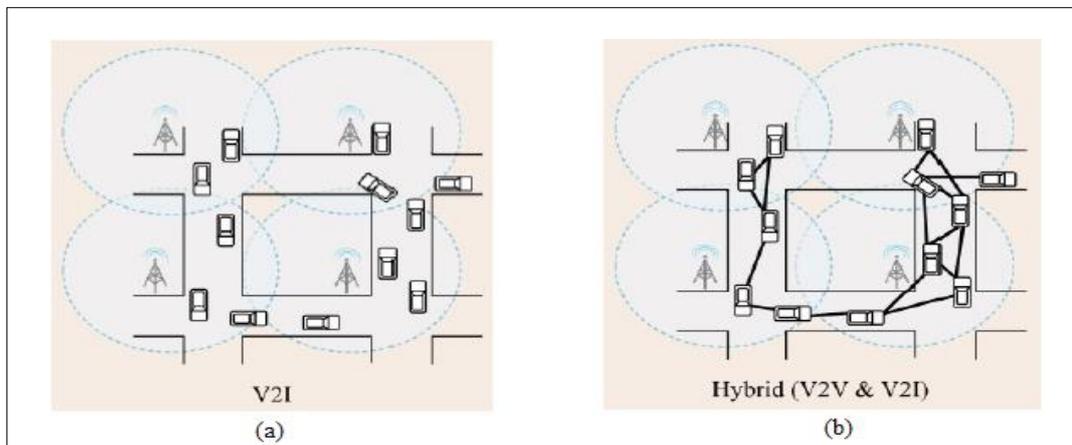


Figura 14-1 Comunicación vehicular: a) Vehículo – Infraestructura, b) Híbrido
Fuente: (Maldonado Narváez, 2012)

1.7 WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)

Las comunicaciones inalámbricas son ampliamente utilizadas para transmitir y recibir datos de una forma más dinámica y principalmente a largas distancias, actualmente se usa los enlaces de radio para poder ejecutar actividades sin la directa manipulación del hombre, automatizando los procesos, una de esas tecnologías son las WSN o redes de sensores inalámbricos.

La innovación de la comunicación inalámbrica nace desde los enlaces punto a punto utilizando comunicación infrarroja cuya característica es el ser una tecnología de corto alcance, después la necesidad de enlaces entre dispositivos y sistemas hizo necesario la comunicación multipunto naciendo Bluetooth y la comunicación multi-saltos soportada por ZigBee, en la actualidad se utilizan tecnologías inalámbricas, tal que en redes locales se tiene WiFi, en redes inalámbricas de área metropolitana WIMAX y en telefonía celular las constantes innovaciones tecnológicas permite hoy por hoy disponer de tecnología 4.5G, en un futuro no muy lejano 6G.

Una característica especial es que la redes de sensores son infraestructuras en la cuales no hay intervención del ser humano, con una probabilidad de fallo en nodos como en la misma topología para lo cual se construyen para ejecutar una única función y disminuir considerablemente la generación de fallos concretos en la red.

Lo más importante es que las tecnologías inalámbricas ha permitido desarrollar red de sensores inalámbricos para distintas aplicaciones, así que empresas como IBM, Intel, Microsoft, Motorola y Texas Instruments han puesto un amplio interés en la investigación y desarrollo de esta tecnología.

1.7.1 *Definición*

“Una red de sensores inalámbricos es una red formada con pequeños dispositivos distribuidos geográficamente capaces de obtener información de su entorno con un mínimo de consumo energético, una vez recolectada la información requerida la transmite de manera inalámbrica a un nodo central para que pueda ser procesada y almacenada correctamente”. (Coronel Silva, y otros, 2016)

1.7.2 Arquitectura

Una red de sensores inalámbricos (*Figura 15-1*) está conformada por varios dispositivos distribuidos de tal manera cuya disposición permite controlar diferentes escenarios bajo factores como contaminantes del aire y agua, el movimiento, la presión, el sonido, la temperatura y vibración, pudiendo ser fijos o móviles en su ubicación.

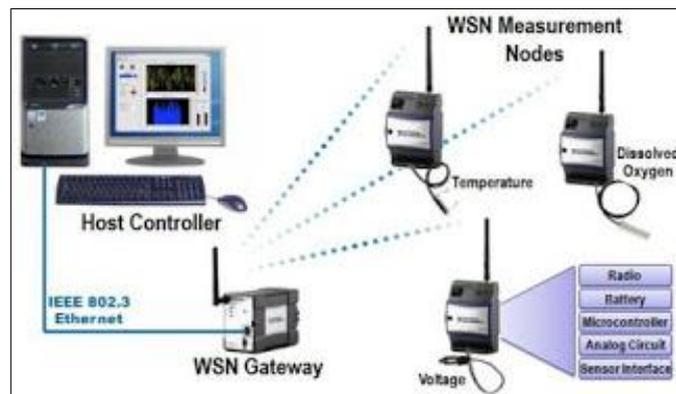


Figura 15-1 Elementos WSN

Fuente: http://lasredesensensores.blogspot.com/2012_07_01_archive.html

La arquitectura básica de una red de sensores inalámbricos se basa en la estructura de nodos inalámbricos definidos por cuatro elementos que incluye el nodo inalámbrico, nodo sensor, el gateway y la estación base.

1.7.2.1 Nodo Inalámbrico

Los nodos inalámbricos son dispositivos electrónicos que se encargan de adquirir información del entorno que lo rodea, la procesa y transmite por interfaz inalámbrica hacia otro destino intermedio o final. Para su diseño se toma en cuenta que su espacio de ocupación debe ser reducido, un consumo muy bajo de energía y un coste de los dispositivos reducido. (Saigua Carvajal, y otros, 2014)

Tienen una alta capacidad en ejecución de software operativo así como la transmisión de datos de alta confiabilidad, su utilidad se asocia directamente al funcionamiento del sistema. El

Hardware que conforma estos nodos son de distinta naturaleza y tecnología de transmisión/recepción, como módulos GPS, GSM/GPRS, Bluetooth, ZigBee, Radio Frecuencia, WiFi, etc.

1.7.2.2 *Nodo sensor*

Los nodos o dispositivos sensores se componen de un nodo inalámbrico y una placa de sensores compuesta de un procesador y los dispositivos de radio. (Saigua Carvajal, y otros, 2014) Recopilar información y la convierten en señales eléctricas, para luego enviar los datos hacia la estación base mediante una interfaz de radio.

El nodo sensor se compone de una fuente de energía, un CPU/Memoria (microcontrolador), un transmisor/receptor de radio frecuencia, y el sensor, como se ve en la *Figura 16-1*.

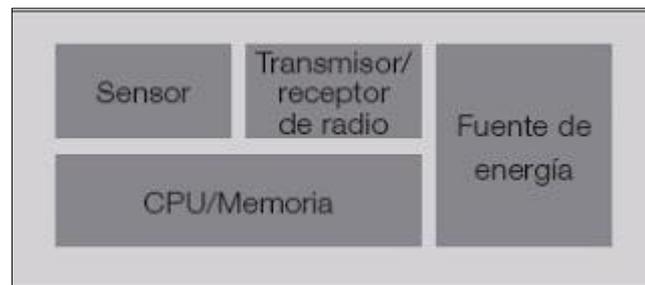


Figura 16-1 Elementos Nodo Sensor

Fuente: <http://redescontent.blogspot.com/2012/07/redes-de-sensores-inalambricos-wsn.html>

Los sensores poseen una alta resistencia a condiciones ambientales y geográficas no amigables, manteniendo en buenas condiciones la operatividad del sistema, estos dispositivos tienen un bajo nivel de consumo de energía, por debajo de los miliamperios, logrando tener una autonomía energética prolongada, haciendo necesario el cambio de baterías en lapsos de tiempo de mediano y largo plazo.

En el mercado existen placas con sensores de media de muy diversos parámetros, como sensores de presión barométrica, GPS, luz, medida de radiación solar, humedad en suelo, humedad aire, temperatura, sonido, velocidad del viento, etc. (Saigua Carvajal, y otros, 2014)

1.7.2.3 Gateway

El Gateway es un dispositivo similar al nodo sensor (*Figura 17-1*), con la diferencia que no posee un elemento sensor, se lo define como un dispositivo de puerta de enlace, debido a que se encarga de interconectar la red de sensores inalámbricos y una red de naturaleza distinta, con la facilidad de acceder de forma remota si así lo requiere el funcionamiento del sistema, adicionalmente es capaz de soportar distintos protocolos de comunicación.



Figura 17-1 Elemento Gateway
Fuente: (Coronel Silva, y otros, 2016)

1.7.2.4 Estación base

Se encarga de la recopilación, procesamiento e interpretación de la información, se realiza en un ordenador (*Figura 18-1*) con la capacidad suficiente para almacenar la información que generalmente se trata mediante una base de datos o el requerido en función de la actividad que desarrolle el sistema.



Figura 18-1 Estación base WSN
Fuente: http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2013/04/11/actualidad/1365663785_373270.html

1.7.3 Topología de Red

La topología se refiere a la manera como son distribuidos los componentes hardware de la WSN y a la manera cómo los datos son transmitidos por la red (Urbano Molano, 2013) de esta forma, hay varias arquitecturas que pueden ser usadas para implementar una aplicación WSN, como pueden ser estrella, malla o una híbrida entre ellas dos, cada topología presenta desafíos, ventajas y desventajas (Fernández Martínez, y otros, 2009).

1.7.3.1 Configuración Estrella

Es un sistema el cual encamina la información en un salto, además de tener dispuestos a los nodos sensores directamente conectados a la puerta de enlace (gateway), como se ve en el *Gráfico 1-1*, en un rango de distancia de 30 a 100 metros. Todos los nodos son idénticos, nodos finales y la puerta de enlace capta la información de todos ellos, así mismo la puerta de enlace también es usada para transmitir datos al exterior y permitir la monitorización de la red (Fernández Martínez, y otros, 2009).

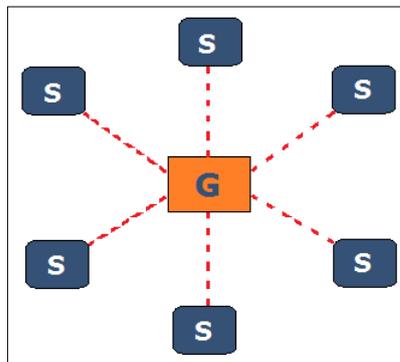


Gráfico 1-1 Topología en estrella WSN
Fuente: Pastrano Luis, 2017

La puerta de enlace se utiliza para el intercambio de datos entre nodos finales si el caso lo amerita, esta topología posee el menor consumo energético, su desventaja es la limitación en distancia de transmisión por interfaz de radio entre la puerta de enlace y los nodos, no existen rutas alternativas por si se avería un enlace, perdiéndose la información del nodo afectado.

1.7.3.2 Configuración Malla

Esta topología es un sistema multi-salto, donde todos los nodos son routers y son idénticos. Cada nodo puede enviar y recibir información de otro y de la puerta de enlace, como se muestra en el *Gráfico 2-1*. A diferencia de la topología en estrella, donde los nodos solo pueden hablar con la puerta de enlace, en ésta los nodos pueden enviarse mensajes entre ellos. (Fernández Martínez, y otros, 2009)

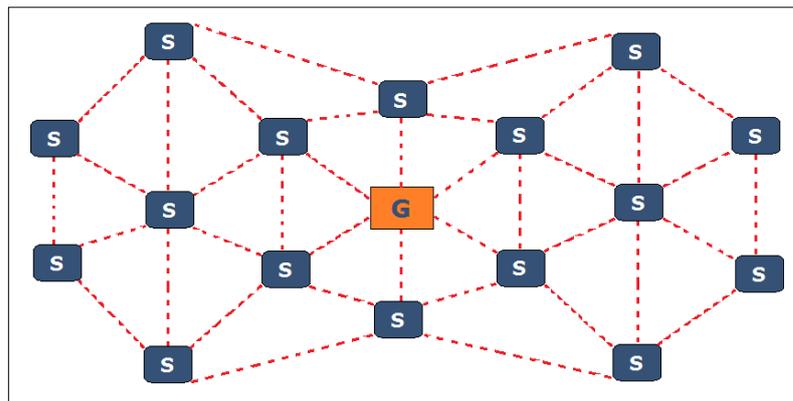


Gráfico 2-1 Topología Malla WSN

Fuente: Pastrano Luis, 2017

En teoría esta topología posee una extensión ilimitada, muy poca incidencia de fallos debido a su configuración de múltiples caminos de comunicación hacia la puerta de enlace, es decir hay caminos alternativos, una desventaja es que debido a la cantidad de nodos existentes y la distancia que hay entre ellos puede existir retardos en el envío de información.

1.7.3.3 Configuración Híbrida Estrella-Malla

En esta topología se busca aprovechar las ventajas de las configuraciones anteriores, tal es el caso de la simplicidad y el bajo consumo de una topología estrella, así como la posibilidad de cubrir una gran extensión y de reorganizarse ante fallos de la topología en malla. (Fernández Martínez, y otros, 2009).

Como se observa en el *Gráfico 3-1*, se crea una configuración en estrella alrededor de los nodos que pertenecen a una malla, de esta forma se permite ampliar la zona de acción de la red, corregir la generación de fallos en los nodos sensores, además de permitir que los nodos finales ahorren energía al conectarse con routers cercanos.

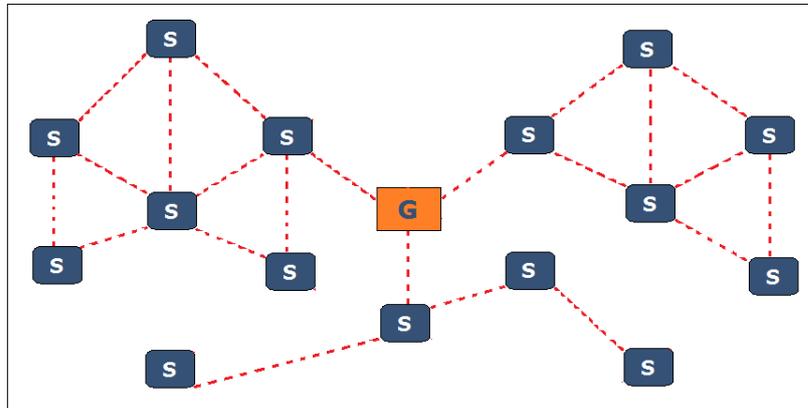


Gráfico 3-1 Topología Híbrida WSN
Fuente: Pastrano Luis, 2017

1.7.4 Aplicaciones de redes WSN

La aplicación de las redes de sensores no tiene límites, debido a la alta convergencia que existe en las tecnologías de información y comunicación inalámbrica, haciendo que sean escalables y su implementación para realizar diversas tareas, teniendo un crecimiento a futuro muy alto.

Existe una gran variedad de aplicaciones en las que se implementan las WSN, como herramienta para fortalecer sistemas, suplir necesidades y optimizar recursos, así tenemos:

1.7.4.1 Aplicaciones Militares

Como diferentes tecnologías desarrolladas a través del tiempo, fueron investigadas y desarrolladas para la milicia específicamente. En el área militar se empezó a investigar esta tecnología para obtener soluciones en tareas como el conocimiento en tiempo real del campo de batalla, es decir el control de las comunicaciones y facilitar la toma de decisiones.

Las WSN en el ámbito militar pueden ser montadas en vehículos robóticos no tripulados, tanques, aviones de guerra, submarinos, misiles y torpedos. Además, pueden ser desplegadas para detección remota de armas nucleares, biológicas y químicas, detección de ataques terroristas potenciales, y reconocimiento. (Flores Carbajal, 2012)

1.7.4.2 Aplicaciones en Agricultura

Las redes de sensores tienen una amplia acogida en la agricultura, en el monitoreo y/o medición de parámetros como:

- ✓ Control de niveles de agua, pesticidas y fertilizantes.
- ✓ Medición de la humedad y minerales del suelo.
- ✓ Optimización de cosechas en función del tiempo.
- ✓ Control de calidad de cosechas.
- ✓ Alarmas para alertar la presencia de animales intrusos, condiciones medio ambientales no adecuadas.

1.7.4.3 Aplicaciones en Medio Ambiente

Los sensores inteligentes se emplean en el caso de monitorización y seguimiento del medio ambiente, detección de incendios forestales, detección de inundaciones, monitorización exhaustiva de zonas de riesgo, explotación de animales en su hábitat natural. (Flores Carbajal, 2012)

1.7.4.4 Aplicaciones en Automoción

Con las características de las WSN, los coches podrán pronto estar disponibles para hablar unos con otros y con infraestructuras dentro de carreteras y autopistas. Los sensores pueden aplicarse en las ruedas del vehículo para dar asistencia al conductor y avisar de posibles mensajes de alerta. (Fernández Martínez, y otros, 2009)

Gracias a los sensores se puede realizar las tareas de monitoreo y control, especialmente en el área vehicular donde se desea tener un mando sobre los sistemas del coche, como es la seguridad, gestión del motor, temperatura, velocidad, y así una gran variedad de sensores que se han acoplado y se siguen introduciendo en los vehículos por parte de los fabricantes, para mejorar el funcionamiento automotriz y el confort.

Además de los sensores para el control de los sistemas que conforman un automóvil, también está la implementación de sensores para dar seguridad en la conducción, esto se viene desarrollando en diversas investigaciones, con el afán de controlar al conductor y que este desempeñe su actividad de forma adecuada y en buenas condiciones psicomotrices, como por ejemplo seguridad por huella dactilar, reconocimiento facial, alcoholemia, posicionamiento, una propiedad de este trabajo que se desarrollará en el siguiente capítulo.

1.7.4.5 Aplicaciones en Medicina

Las investigaciones en el desarrollo de red de sensores inalámbricos han tenido un gran impulso en aplicaciones para medicina orientadas principalmente al monitoreo de pacientes, es así que existen en el mercado sensores que remotamente ayudan a detectar signos vitales como frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, temperatura corporal permitiendo al médico llevar un control no solo en el hospital o clínica, sino hacerlo también a largas distancias gracias a tecnología inalámbrica.

1.8 TELEFONÍA CELULAR

Un sistema de telefonía celular se encarga de proveer conectividad inalámbrica a la PSTN o red telefónica pública conmutada, en cualquier lugar dentro del área de cobertura del sistema, acogiendo un gran número de usuarios dentro de un área geográfica usando un espectro de frecuencia limitado y así ofrecer un servicio de alta calidad que sea compatible con un sistema telefónico original. (Rappaport, 2001) El sistema trabaja en diferentes bandas de frecuencia (450, 900, 1800, 1900 MHz) utilizando modulación de frecuencia (FM) y en fase (PM) en el formato

analógico de telefonía celular, para el formato digital se tiene las modulaciones GMSK, DQPSK, OQPSK.

La alta capacidad del sistema se logra al limitar la cobertura del transmisor de cada estación base a una pequeña área conocida como célula que trabaja con los mismos canales de radio, los mismos que pueden ser reutilizados por otra estación (reutilización de frecuencias) localizada a cierta distancia, se logra que no exista interferencias por efecto de células cercanas, además el sistema celular posee una técnica de conmutación sofisticada llamada handoff, el cual no permite que una comunicación entablada por el usuario sea interrumpida y/o cortada al moverse de una célula a otra.

Un sistema celular básico consiste de la estación móvil, la estación base y un centro de conmutación móvil (MSC), como se muestra en la *Figura 19-1*. El centro de conmutación móvil se encarga de conectar todos los teléfonos móviles a la PSTN. Las torres representan las estaciones base de cada célula por medio de las cuales se establece el enlace de radio entre el dispositivo móvil y la MSC.

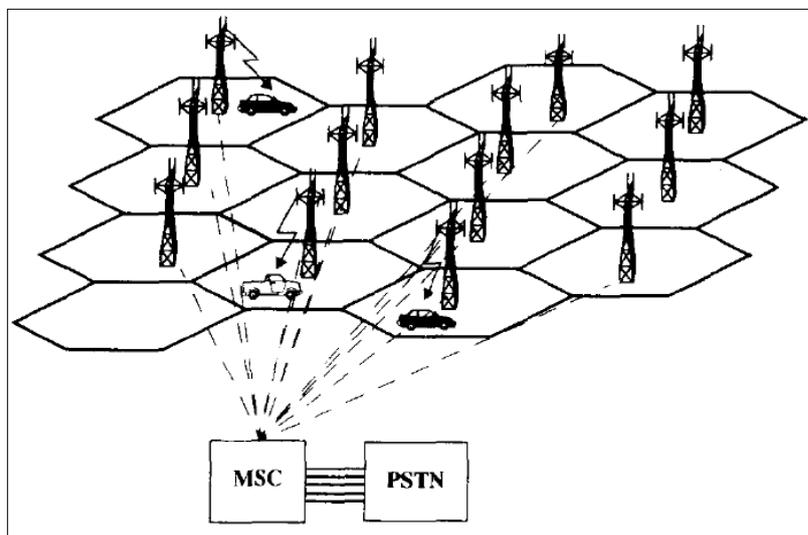


Figura 19-1 Elementos del sistema celular
Fuente: (Rappaport, 2001)

1.8.1 La célula

Es la unidad geográfica básica de un sistema celular, dentro del cual las unidades de radio móvil de dos vías (full-dúplex) se pueden comunicar (Lara Tapia, 2006) como se mira en la *Figura 20-1*. El tamaño de la célula depende específicamente de la potencia de transmisión, la banda de frecuencia, altura y ubicación de la torre, tipo de antena, topografía del terreno, sensibilidad de los equipos receptores móvil y el patrón de tráfico de la localidad o región.

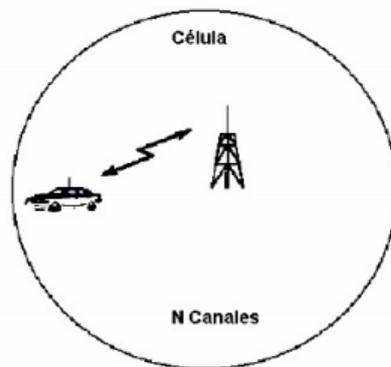


Figura 20-1 Área teórica de cobertura de una célula (círculo).
Fuente: (Lara Tapia, 2006)

En condiciones de diseño el tamaño de la célula está directamente relacionado con el número de usuarios existentes y en potencial crecimiento, además de considerar factores medio ambientales, propagación electromagnéticas en el ámbito de la difusión de las señales en zonas urbanas, que es donde existe mayor concentración de la población y la proliferación de edificaciones cuya influencia es muy grande en la propagación de las señales de radio, siendo estos los parámetros principales a tomar en cuenta en el diseño e implementación de los sistemas de comunicación inalámbrica.

Existen fenómenos que inciden en el comportamiento de las ondas electromagnéticas, estos son complejos, frente a los cuales se debe ser muy cauteloso y tomarlos muy en cuenta para la adopción y/o implementación de una tecnología inalámbrica. Estos factores son los siguientes:

- ✓ Reflexión.
- ✓ Difracción.
- ✓ Dispersión.
- ✓ Perdidas de propagación (aire libre).

1.8.1.1 Geometría Celular

En base al concepto de celular se logró resolver problemas como la congestión espectral y el aumento de usuarios, es decir el sistema era de mayor capacidad con un espectro limitado y tecnología sin mayores cambios, de esta forma a cada estación base se le asigna una porción de canales disponibles en el sistema, a las células vecinas otra porción, evitando interferencias y aumente el número de usuarios.

Se recomienda que la célula sea de forma circular, pero teóricamente considerando las propiedades de transmisión indica que esta forma geométrica es impráctica puesto que al incluir varias células circulares, existe ambigüedad de las áreas, quedando zonas excluidas de la cobertura (no difusión) y solapamiento (múltiple difusión), lo que causaría problemas de pérdidas de señal e interferencias, como se puede ver en la *Figura 21-1*, es así que en base a estudios para diseño de sistemas celulares se ha tomado otras formas geométricas que libren al sistema de los problemas antes mencionados.

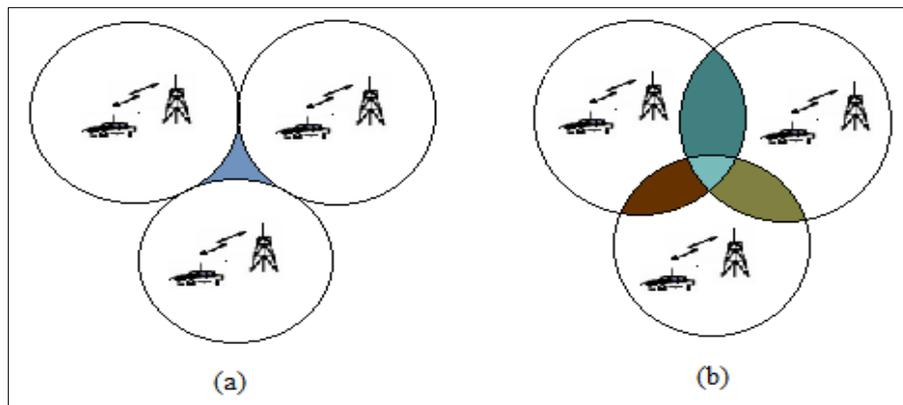


Figura 21-1 Célula circular: (a) Exclusión de zona, (b) Solapamiento de zonas.
Fuente: Pastrano Luis, 2017

El objetivo es asegurar el área de cobertura para lo cual se ha adopta un conjunto de polígonos regulares para el diseño del sistema celular. De los polígonos regulares, escoger un triángulo equilátero, rectángulo y hexágono, elimina el problema de cobertura múltiple o huecos en el área de cobertura, cualquiera de estos tres puede ser adoptado para el diseño de células (Lara Tapia, 2006), estas estructuras geométricas facilitan la determinación del comienzo y el fin de cada célula.

Para la optimización de recursos especialmente económicos, el hexágono se ha escogido para el diseño de redes de telefonía celular (*Figura 22-1*), puesto que con esta geometría se obtiene la mayor capacidad de cobertura sobre un área, además de requerir menos cantidad de células necesitando menos estaciones base. Desde un punto de vista práctico el hexágono es la figura más cercana a un patrón de radiación circular, que de manera ideal se consigue con la implementación de una antena omnidireccional en la estación base y considerando propagación en el espacio libre.

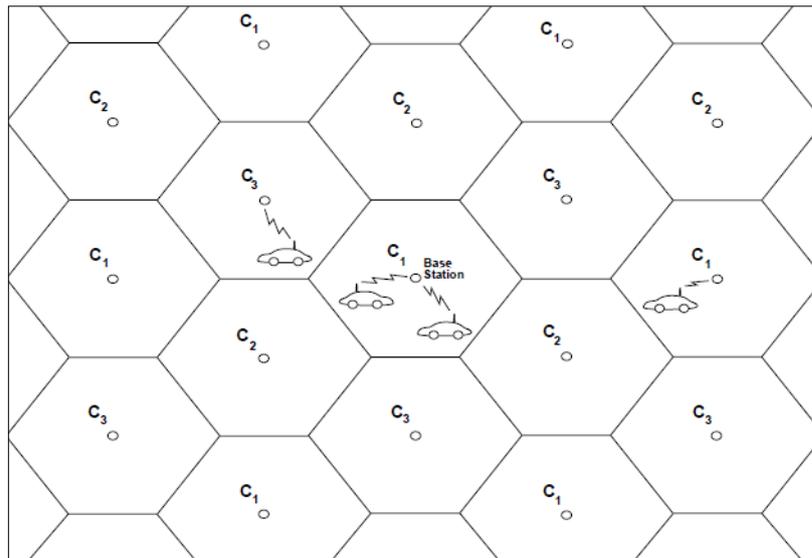


Figura 22-1 Células hexagonales en el sistema celular.
Fuente: (Goldsmith, 2005)

De acuerdo a la disposición de la antena de cada estación base se puede tener dos tipos de células o celdas:

CÉLULA OMNIDIRECCIONAL.

Cuando en la estación base se encuentra instalada una antena omnidireccional en el centro de la célula, de esta forma la señal se transmite en todas las direcciones generando un área circular, los dispositivos móviles dentro de esta área poseen una conexión muy eficiente con la estación base.

CÉLULA SECTORIAL.

Para tener una célula de este tipo, la estación base se encuentra equipada con tres, seis o más antenas direccionales, cada una de estas cubre un determinado ángulo de una célula según sea el caso, las cuales tienen formas hexagonales que juntas conforman un patrón de panal. Este tipo de

arreglos se utilizan cuando se desea mayor ganancia, sobre todo para el enlace ascendente, en entornos de cobertura difícil como son los de tipo urbano e interior de edificios. (Lara Tapia, 2006)

1.8.2 Arquitectura sistema de telefonía celular

La telefonía móvil consiste en ofrecer un acceso vía radio a un abonado de telefonía de tal forma que pueda realizar y recibir llamadas dentro del radio de cobertura del sistema. (Lara Tapia, 2006) Los investigadores de Laboratorios Dell determinaron que al dividir un área geográfica grande en pequeñas secciones llamadas células se puede incrementar la capacidad de la red de telefonía, cada célula está constituida por un conjunto de módulos específicos conectados entre sí, como se indica en la *Figura 23-1*, estos elementos son:

- ✓ La estación móvil (MS)
- ✓ La estación base (BS)
- ✓ La central de conmutación de telefonía móvil (MTSO)
- ✓ La red de telefonía pública conmutada (PSTN)

El MS es el enlace entre el usuario y la red de telefonía celular, por medio del cual se proporcionan los servicios de voz y datos, la BS es un transceptor de radio frecuencia que consiste de una torre y un pequeño edificio, donde se encuentra contenido el equipo de radio que permite la conexión de los MS al sistema. (Lara Tapia, 2006) El control y administración de las estaciones base se lo hace por medio de la MTSO, realizándose la administración y el mantenimiento de la red e interfaces con la PSTN.

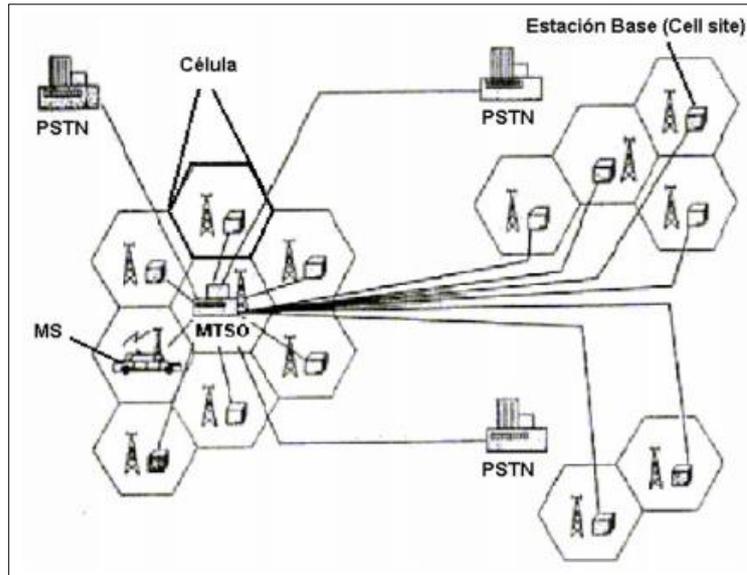


Figura 23-1 Arquitectura del sistema de telefonía celular
Fuente (Lara Tapia, 2006)

1.8.2.1 Estación Móvil (MS)

Por sus siglas en inglés “Mobile Station”, su función es la comunicación hacia las estaciones base, su contacto con la red debe ser constante debido a que es una parte fundamental del sistema celular, aquí encontramos el módulo de radio frecuencia, el módulo de antena, la unidad lógica, el módulo de control, la interfaz de usuario, el sintetizador de frecuencias, en la *Figura 24-1* se muestra un ejemplo de estación móvil.



Figura 24-1 Estación móvil (teléfono celular)
Fuente: https://www.nokia.com/en_int/phones/support-for-nokia-105

1.8.2.2 Estación Base (BS)

En inglés “Base Station”, es el equipamiento compuesto de transmisores y receptores de baja potencia en varias frecuencias o canales, que se encargan de la cobertura de la célula, la BS controla mantiene localizados a los usuarios dentro de la célula, mientras que su MS esté encendido, además lleva el registro del proceso de solicitud de llamada.

La BS es responsable de las funciones de radio dentro del sistema celular como son: gestión de las comunicaciones de radio con algún grado de procesamiento de señales, por medio de un enlace radioeléctrico bidireccional en las MS y la red celular que les brinda el servicio, manejo del traspaso de llamadas entre células (Handoff), control del nivel de potencia de la señal tanto de las Estaciones Base como de las Estaciones Móviles. (Lara Tapia, 2006)

En la *Figura 25-1* se muestra la implementación de una BS en una red celular, se estructura básicamente de los equipamientos de la BS que se encuentran en el interior de una caseta, la torre y las antenas, que pueden ser omnidireccionales para una cobertura omnidireccional o antenas direccionales para una cobertura sectorial, por ejemplo si se utilizan tres antenas direccionales, cada una tendrá una cobertura de 120° , cualquiera que fuera la implementación, la BS debe prestar los servicios de control de acceso y localización, canal de control y canal de voz para la comunicación MS - red celular y red celular - MS.

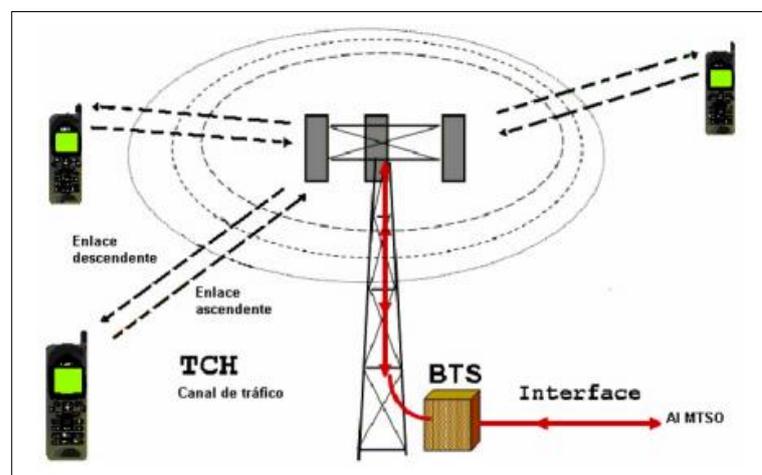


Figura 25-1 Estación base para comunicación de los MS y la red celular.
Fuente: (Lara Tapia, 2006)

1.8.2.3 Central de conmutación de telefonía móvil (MTSO)

Los operadores de telefonía celular por cada área cubierta donde presta su servicio, existe un MTSO, que se encarga del control del procesamiento y establecimiento de las llamadas, realiza tareas de señalización, conmutación, supervisión y distribución de canales de radio, controla los procesos de handoff apoyado de las BS, además de la gestión de servicios complementarios, tarificación y acceso a las bases de datos de la red (HLR y VLR), la MTSO se comunica con las BS a través de enlaces microondas, como se aprecia en la *Figura 26-1*.

HLR: Llamado también Home Location Register, es una base de datos propia de la red celular que se encarga del registro de la localización de los abonados, almacenando información específica para la administración de la comunicación de los usuarios y la información de localización. La capacidad del MTSO puede permitir que haya más de un HLR, todo depende de la capacidad del equipo.

VLR: Llamado también Visiter Location Register, es una base de datos que se encarga del registro de la localización de los abonados visitantes, almacenando información de todos los suscriptores dentro del área de servicio del VLR temporalmente, el instante que el usuario se mueve a otra área de servicio, el VLR se actualiza y solicita toda la información del suscriptor al HLR y con esta información poder establecer las llamadas, por lo que una función especial del VLR es enviar la información necesaria para la gestión de la comunicación a través de un número de re-enrutamiento generado en el establecimiento de llamadas sean hacia o desde el suscriptor.

El MTSO está equipado con fuentes de energía, interfaces, transceptores de radiofrecuencia, sistemas de antena y diferentes medios de almacenamiento que pueden ser cintas magnéticas y discos duros, estos medio son utilizados para el almacenamiento de información destinada para el cobro y facturación del servicio, también sirve para que las relaciones estadísticas que hacen saber de estado y funcionamiento del sistema celular puedan ser analizadas.

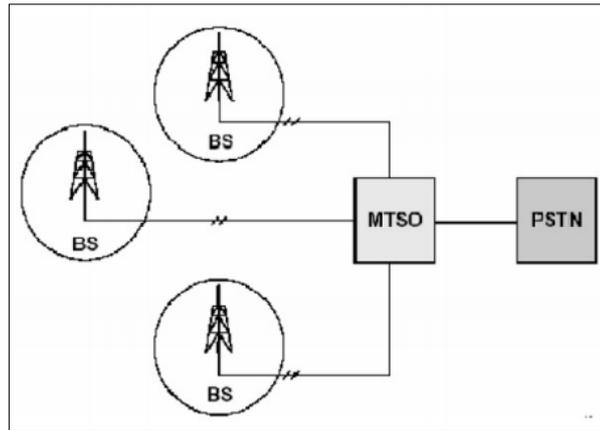


Figura 26-1 Centro de conmutación de Telefonía Móvil.

Fuente: (Lara Tapia, 2006)

1.8.3 Evolución de la telefonía celular

Los primeros pasos del desarrollo de la comunicación inalámbrica viene a partir de la década de 1880 gracias a Nikola Tesla quien invento el radio y no fue hasta 1894 que Guglielmo Marconi, lo presentó formalmente, a partir de ahí los primeros pasos de los sistemas celulares fue en 1947 fecha desde la cual la idea y necesidad de tener un medio de comunicación móvil era latente, los científicos iniciaron con los conceptos de teléfonos móviles usando células.

La evolución de la red de telefonía celular es impresionante, al principio se orientaba a la realización de llamadas, luego se sumó el servicio de mensajes de texto, mensajes multimedia, para en la actualidad a parte de la transmisión de voz , ya se puede transmitir datos de manera digital gracias a la navegación en Internet, solucionando diferentes necesidades de los usuarios, lo mismo ha pasado con los teléfonos que hoy en día tenemos a nuestra disposición, los Smartphone o teléfonos inteligentes.

1.8.3.1 Primera generación 1G

La primera generación 1G apareció en el 1979, de tecnología netamente analógica y estrictamente para voz, los enlaces de voz de muy poca calidad a una velocidad de 2400 baudios, transferencia entre celdas sumamente imprecisa, de baja capacidad y sin soporte de seguridad, se basaba en FDMA (Frequency Division Multiple Access), la tecnología en la que se desarrolló esta

generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System). En la *Tabla 7-1* se muestra los diferentes sistemas celulares utilizados en la primera generación:

Tabla 7-1 Sistemas celulares de primera generación

Sistema Celular	Desarrollador	País	No. Canales	Banda (MHz)
AMPS	AT&T	EE.UU.	832	800
TACS	Motorola	Reino Unido	1000	900
ETACS	Motorola	Reino Unido	1240	900
JTACS	Motorola	Japón	800	900
NMT-900	Nokia/Ericsson	Escandinavia	1999	900
NMT-450	Nokia/Ericsson	Escandinavia	180	450
NTT	NTT	Japón	2400	800/900

Fuente: Pastrano Luis, 2017

1.8.3.2 Segunda Generación 2G

Tecnología digital que usa protocolos de codificación más sofisticados. Hasta la actualidad estos sistemas siguen siendo usados al ser base en el desarrollo de las generaciones posteriores coexistiendo entre ellas, las tecnologías 2G son GSM, IS-136 que usan TDMA (Time Division Multiple Access), iDEN y IS-95 que usan CDMA (Code Division Multiple Access).

Las velocidades de transmisión de voz son muy altas, en contraparte de ser muy bajas para transmisión de datos, se ofrece por primera vez servicios complementarios como datos, fax y SMS (Short Message Service), ya existe seguridad en base a procesos de encriptación, la *Tabla 8-1* muestra los sistemas digitales del sistema celular de segunda generación.

Tabla 8-1 Sistema celular de segunda generación.

Sistema Celular	Banda (MHz)	Espacio de Canales (KHz)	No. Canales	Técnica de acceso	Técnica de acceso (dúplex)	Modulación
GSM	900 1800 1900	200	125	FDMA/TDMA	FDD	GMSK
TIA/EIA – 136	800 1900	1250	832	FDMA/CDMA	FDD	DQPSK
IS-95	900 1400	25	1600	FDMA/TDMA	FDD	OQPSK/DQPSK

Fuente: Pastrano Luis, 2017

1.8.3.3 Generación 2.5G

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas segunda generación, tecnologías como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros. (Robledo Ramos, 2007)

La generación 2.5G es una versión mejorada de los sistemas 2G, que proporcionan mayores velocidades de transmisión en vista de las carencias de las tecnologías de segunda generación, esto se dio en vista a que la tercera generación estaba cerca de implementarse. Se mejoró la tasa de transmisión, conmutación de datos en paquetes, optimizando recursos de radio y proporcionando mayor eficiencia al sistema.

1.8.3.4 Tercera Generación 3G

La tercera generación del sistema de telefonía celular implica mayores prestaciones en lo que a este servicio se refiere, en especial por dar solución a necesidades específicas de los usuarios, como el soporte en una red fija a servicios de videoconferencia, conectividad a internet, video y audio, implica el aumento del volumen de información a grandes velocidades entre dos puntos.

El motivo de su desarrollo se basa en tres ejes específicos como el aumento de capacidad, el incremento de tráfico y la implementación de nuevos servicios, las tecnologías 3G son UMTS (Universal Mobile Telephone Service), CDMA2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, estas tecnologías toman como técnica de acceso múltiple a CDMA (Code Division Multiple Access) además de contar con el apoyo de la ITU (International Telecommunications Union) que mediante el ITU-2000 marca los parámetros a cumplirse para que 3G sea compatible con cualquier red de telefonía celular.

Los protocolos de los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y se enfocan en aplicaciones complementarias a la voz, como audio en formato mp3, video, videoconferencia y acceso rápido a Internet, logrando alcanzar velocidades de 384 Kbps, permitiendo la movilidad de usuarios viajando a 120 Km/h en ambientes exteriores, y velocidades de 2 Mbps para una movilidad de usuarios caminando a menos de 10 Km/h en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. (Lara Tapia, 2006)

Usa como técnica de acceso a CDMA (Code Division Multiple Access) la cual ofrece los mejores beneficios en la calidad de comunicación puesto que tiene un alto nivel de seguridad y privacidad de información, gran capacidad del sistema, flexibilidad y aprovechamiento del ancho de banda, permite la difusión de una gran cantidad de comunicaciones simultáneas de voz y datos compartiendo el mismo medio o grupos de canales de radio, de esta forma cada usuario accede a cualquier canal disponible.

Un canal no es más que una parte del espectro de radio asignado de forma temporal en este caso a una llamada telefónica, con CDMA la señal se codifica digitalmente usando una clave de encriptación, conocida solamente por los dispositivos vinculados en la comunicación durante el tiempo que dure la llamada.

1.8.3.5 Cuarta Generación 4G

La tecnología 4G es un paso más en la evolución de los sistemas de telefonía móvil, dotando de inteligencia a los dispositivos, a esta generación se la conoce como Long Term Evolution o E-UTRA (Evolved Universal Terrestrial Radio Access), su desarrollo inició en el año 2006 por Siemens Networks, el objetivo principal el lograr conectividad a Internet a grandes velocidades.

LTE proporciona una alta tasa de datos, baja latencia y optimización de paquetes, con tecnología de acceso de radio con un ancho de banda flexible, permitiendo a los operadores migrar sus redes de HSPA a LTE, para lo cual se dispone de una nueva arquitectura de red, que permite soportar en movimiento un tráfico de conmutación de paquetes, con garantía de calidad de servicio a una mínima latencia. (Muñoz Vera, 2011)

LTE coexiste con los sistemas 3G y 2G en redes integradas, por lo que cualquier aplicación desarrollada en cualquier de estos sistemas, funcionará en buenas condiciones, el método de acceso escogido es OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) en downlink y SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) en uplink, así se consigue reducir interferencias, mejorar la capacidad de la red además de la incorporación al sistema del uso de múltiples antenas.

LTE-A o LTE Advanced es una ampliación de LTE, la convergencia de red (voz y datos) y la conectividad móvil a Internet es su principal característica, así como el acceso a servicios como GPS. Están basadas en técnicas de conmutación de paquetes IP, estos sistemas son capaces de transmitir a una velocidad de más de 1 Gbps.

1.8.3.6 Quinta Generación 5G

Es la última visión en el desarrollo de la telefonía móvil, se ha previsto que se lanzará oficialmente en el 2020, con el fin de suplir la gran demanda que existirá hasta ese entonces, que se calcula alrededor de 30 veces superior al tráfico actual, permitirá mayor facilidad de conexión, navegación y acceso a la red, a grandes velocidades por encima de 1 Gbps, dando soporte a aplicaciones como videos de ultra alta definición y realidad virtual.

Nokia mediante sus múltiples estudios ha indicado que en un prototipo de sistema 5G se ha conseguido transmitir a una velocidad de 10 Gbps. Su desarrollo por parte de las compañías de comunicaciones inalámbricas la ubican funcionando en un rango de frecuencias muy altas de alrededor de los 73000 MHz que está por encima de los sistemas actuales, cuyas frecuencias de operación oscilan en un rango de 700 a 3500 MHz, la ventaja de las señales de alta frecuencia es las velocidades de transmisión las cuales son muy altas y la desventaja que las distancias de

movilidad son cortas, lo que implica que se hará uso de una gran cantidad de mini torres celulares o microcélulas.

1.9 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y División Sistema Espacial, para uso militar netamente con la implementación del programa NAVSTAR (Navigation System Timing And Ranging) y GPS (Global Positioning System), se inició en 1973 y el primer satélite fue lanzado en 1978.

El GPS es un sistema satelital basado en señales de radio emitidas por una constelación de 24 satélites activos (más cuatro de reserva) en órbita alrededor de la Tierra, a una altura de 20000 km, el sistema permite la determinación de coordenadas tridimensionales en cualquier lugar sobre la superficie terrestre. (Serpas , y otros, 2004)

La obtención de coordenadas se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas, estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema. (Huerta , y otros, 2005)

1.9.1 Funcionamiento

El funcionamiento de GPS se basa en cinco fases, la triangulación, distancias de triangulación, tiempo, posición y corrección.

1.9.1.1 Triangulación

La triangulación se refiere a utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para ubicaciones aquí en la tierra, se logra mediante una muy exacta medición de nuestra distancia

hacia al menos tres satélites, lo que permite triangular nuestra posición en cualquier parte de la tierra. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007)

1.9.1.2 Cálculo de distancias hacia los satélites

La distancia hacia los satélites desde nuestro receptor GPS, se lo realiza midiendo el tiempo de retardo de la señal de radio que emite el satélite hacia el receptor, se asume que tanto el satélite y el receptor generan al mismo tiempo el mismo código pseudo aleatorio. Al comparar el retardo existente entre la llegada del pseudocódigo del satélite y el generado por el receptor GPS se determina el tiempo que ha necesitado la señal para llegar, luego se multiplica por la velocidad de la luz y de esta forma se calcula la distancia.

1.9.1.3 Control de tiempo

La medición del tiempo debe ser muy exacto en GPS, pues una milésima de segundo de desviación implica un error de 300 km, los satélites poseen un temporizador casi perfecto ya que en su infraestructura están implementados relojes atómicos de alta precisión, es así que considerando que tanto el satélite como el receptor GPS deben tener sus pseudocódigos sincronizados, el sistema tendrá un correcto funcionamiento.

1.9.1.4 Posición del satélite

Los satélites del sistema GPS, son geoestacionarios que se encuentran a 20000 km de altura en el espacio, los cuales son monitoreados constantemente mediante radares de alta precisión para llevar un control de su altura, posición y velocidad de órbita, pueden generarse errores en cualquiera de los parámetros mencionados, que se deben básicamente por efectos de la radiación solar, factores gravitacionales del sol y la luna. En caso de que exista un error, inmediatamente el Departamento de Defensa envía al satélite la información necesaria para la corrección de los errores, la señal enviada no solo lleva el código pseudo aleatorio sino que también lleva mensajes de navegación espacial, por ejemplo los datos exactos de su órbita.

1.9.1.5 Corrección de errores

La señal proveniente del satélite puede tener diferentes obstáculos para llegar al receptor GPS, como es el caso del efecto de las partículas de gas y vapor de agua presentes en la ionósfera, las cuales provocan la disminución de la velocidad de la señal causando retardo, solucionándolo mediante predicción de error promedio diario.

Mientras la señal continua su viaje al receptor, se enfrenta al fenómeno de la reflexión debido a la existencia de las edificaciones, especialmente en la zona urbana, los errores pueden ser corregidos por modelos matemáticos, así como la configuración de los satélites en el espacio, son las técnicas principales para solucionar problemas que puedan presentarse en el sistema GPS.

1.9.2 Aplicaciones

El sistema GPS en la actualidad tiene una gran variedad de aplicaciones en distintas áreas del conocimiento, tenemos así:

1.9.2.1 Navegación

Para la captura en tiempo real de la ubicación de un vehículo usando cartografía digital, por ejemplo Google Maps, de esta forma se puede determinar datos como coordenadas, velocidad a la que se desplaza un barco.

1.9.2.2 Obras Civiles

En grandes obras de ingeniería como son carreteras, líneas férreas, túneles, puentes, hidroeléctricas, redes electrónicas, telefónicas, control de calidad de una obra y de estructuras, requiriéndose una alta precisión. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007)

1.9.2.3 Transporte

Se incluye todos los medios de transporte, para tareas de ubicación, monitoreo y conducción, en la actualidad los dispositivos GPS están siendo implementados directamente en los automotores y Smartphone.

1.9.2.4 Telecomunicaciones

Específicamente en el ámbito de la comunicación satelital, telefonía celular y monitoreo de objetos a largas distancias.

1.9.2.5 Defensa Civil

Para localización y delimitación de zonas afectadas por grandes desastres, además se localizan los vehículos de auxilio y servicios, en carreteras se puede disponer de un mapa digital de toda la red vial permitiendo al conductor del vehículo conocer en tiempo real la situación del tráfico de todos los itinerarios posibles para llegar al destino. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica el desarrollo del sistema electrónico propuesto, a partir de la selección de las tecnologías adecuadas para el diseño e implementación, tomando en cuenta la funcionalidad y el costo, para obtener un sistema que ofrezca un buen servicio.

El proyecto se ha planteado como una herramienta para resguardar la seguridad y salud de los conductores antes y durante la conducción, además de concientizar a las personas que manejar un automóvil implica mucha responsabilidad, en especial la vida, especialmente cuando una de las principales causas de mortalidad a nivel nacional son los accidentes de tránsito debido a la conducción en estado etílico.

Por otro lado se trata de establecer una cultura de prevención y cuidado de la salud a través del monitoreo de señales biométricas, en este caso a través del aliento midiendo los niveles de alcohol en la sangre y la frecuencia cardíaca, por medio de sensores al desempeñar una actividad física o realizar un trabajo, en la actualidad Mercedes Benz ha lanzado la propuesta de monitorear la salud del conductor desde el automotor por ejemplo.

2.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El proyecto se estructura en cuatro bloques divididos en bloque sensorial, bloque de procesamiento, bloque de comunicación e interfaz de usuario (monitoreo), tal como se puede observar en el *Gráfico 1-2*. Los dispositivos utilizados en cada bloque se lo detallan en los apartados siguientes sobre la elección de tecnologías.

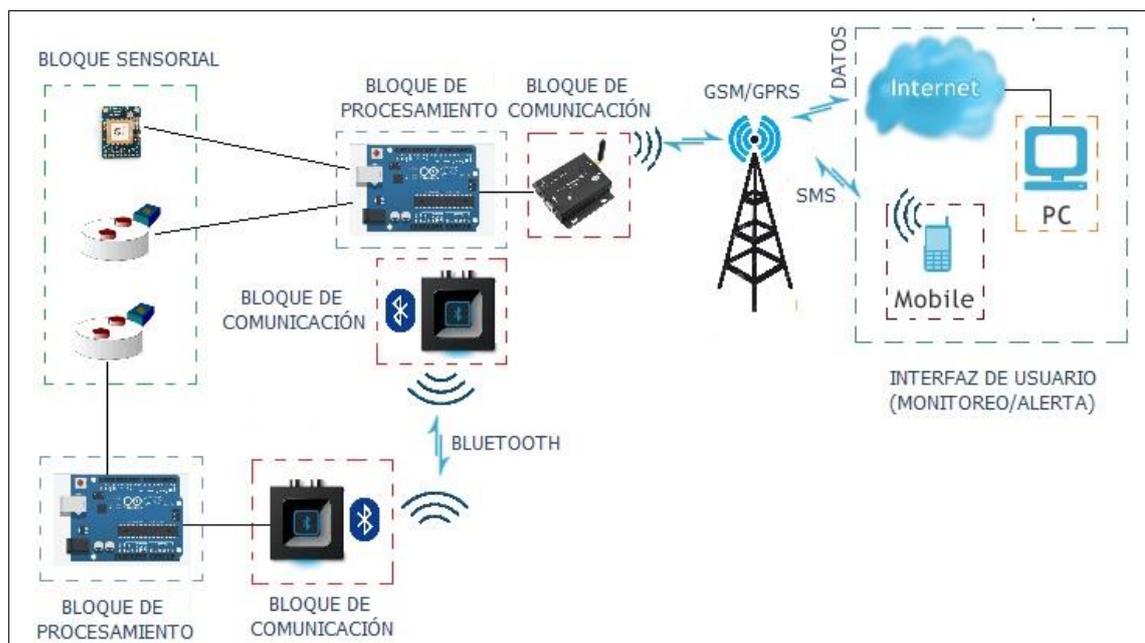


Gráfico 1-2 Arquitectura del sistema.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.2.1 Bloque Sensorial

En esta parte se hace referencia a los dispositivos que de acuerdo a su disposición y funcionalidad se encargan de adquirir la información para que el sistema realice la tarea requerida, es así que en este bloque se encuentran los sensores encargados de medir el nivel de alcohol en la sangre y la frecuencia cardiaca, además de dispositivos alternos que se encargan de obtener datos complementarios.

2.2.2 Bloque de Procesamiento

El procesamiento se realiza mediante una tarjeta o hardware microcontrolador, en el cual se ejecutará procesos específicos en base a programación para realizar el tratamiento a la información recopilada por los sensores, así de esta manera poderla analizar, ejecutar una acción y enviarla hacia su destino final.

El sistema posee dos procesamientos de información, el uno que se encarga de los datos del sensor de frecuencia cardiaca, y el otro que es el procesamiento principal que se encarga de la información del sensor de alcohol y de los datos enviados del módulo de procesamiento indicado anteriormente, en la tarjeta microcontroladora principal se ejecuta toda la funcionalidad del sistema.

2.2.3 Bloque de Comunicación

Las tecnologías de comunicación mediante las cuales se transmitirán los datos hacia el destino final y la comunicación entre la tarjeta microcontroladora principal y la de frecuencia cardiaca, cada una será de distintas características debido a la función que en cada enlace se requiere.

2.2.4 Interfaz de usuario.

La interfaz de usuario se divide en dos ejes de acción, el uno es el mensaje de texto con la alerta que le llegará al familiar del conductor, en caso que este se encuentre en malas condiciones, sea porque está bajo efectos de alcohol o su frecuencia cardiaca presenta anomalías. Y la aplicación web en la cual se realiza el monitoreo de la información procesada.

2.3 ELECCIÓN DE PLATAFORMA DE HARDWARE LIBRE

En el mercado existe una gran diversidad de dispositivos hardware, sobre los cuales se pueden montar una gran cantidad de proyectos experimentales y de implementación en lo que ha sistema electrónicos se refiere, los cuales permiten interactuar con diferentes tecnologías de comunicación, sensores, etc. Así de esta manera obtener una funcionalidad específica para el control, monitoreo y/o medición de parámetros cuyo análisis representa importancia.

2.3.1 Plataformas

En el mercado se dispone de una gran variedad de plataformas de hardware libre para el desarrollo de sistemas electrónicos, cada uno de estos están diferenciados específicamente según sus propias características que los hace distintos entre cada uno de ellos, es así que sus ventajas y desventajas están perfiladas de acuerdo a los costos, funcionalidad, datos técnicos y en especial se debe tomar en cuenta la aplicación que se requiere desarrollar, pues en base a ese parámetro también se realiza la elección de plataforma.

Entre las plataformas más utilizadas tenemos las siguientes:

- ✓ Arduino
- ✓ Libelium Waspote
- ✓ Intel Galileo

2.3.1.1 Arduino

Arduino es una plataforma hardware de código abierto, como se observa en la *Figura 1-2*, su software es amigable pues no demanda altos conocimientos de programación, más que lo básico en C++, de esta manera las personas tiene una gran facilidad de llevar a cabo sus proyectos.

Es compatible con distintos dispositivos que se encuentran en el mercado como sensores, actuadores, motores y módulos de comunicación. Las tarjetas Arduino son de bajo costo, su

software de programación Arduino IDE se ejecuta en Windows, Macintosh OS-X, y Linux, aunque la mayoría de sistemas de microcontrolador se limitan a Windows. (Arduino, 2017)

Arduino posee una variedad de modelos cuyas características se ajustan a las necesidades que el diseñador requiera, así se puede enunciar Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Nano, entre los más usados.

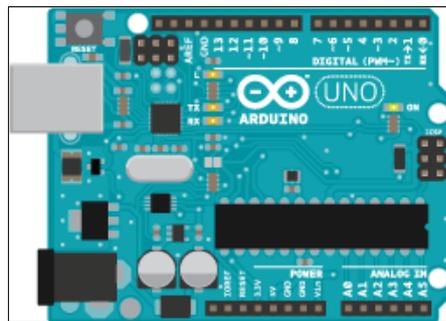


Figura 1-2 Arduino UNO.

Fuente: (Arduino, 2017)

2.3.1.2 Libelium Waspnote

Libelium se ha convertido en la empresa pionera en el impulso de proyectos de Internet de las Cosas (IoT), es así que su producto estrella es Waspnote, una tarjeta de desarrollo capaz de integrar módulos de comunicación inalámbrica sin necesidad de dispositivos complementarios como adaptadores, además tienen la ventaja de poseer sensores integrados a su infraestructura.

La tarjeta Waspnote que se observa en la *Figura 2-2*, su hardware está orientado específicamente al desarrollo de aplicaciones de IoT, es limitado en su capacidad de procesamiento, de un consumo energético muy bajo lo que le hace apto para las aplicaciones mencionadas, la desventaja es su alto costo y la dificultad de adquisición.

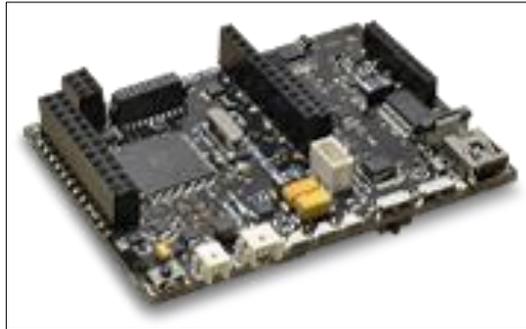


Figura 2-2 Tarjeta Libelium Waspote
Fuente: (Libelium, 2017)

2.3.1.3 Intel Galileo

Intel empresa líder a nivel mundial en el desarrollo de plataformas y microprocesadores, ha incursionado en el campo del IoT, y ha sacado al mercado una línea de tarjetas de desarrollo como alternativa al desarrollo de proyectos orientados a soluciones en el campo de IoT.

Intel Galileo es una plataforma nueva la cual tiene altos niveles de procesamiento, incorporación de puertos Ethernet, USB para periféricos, puede correr Linux además de ser compatible con Arduino, la desventaja es su tamaño, alto costo, necesita memoria MicroSD para almacenar el programa y si se reinicia el programa se borra, su forma física se puede apreciar en la *Figura 3-2*.

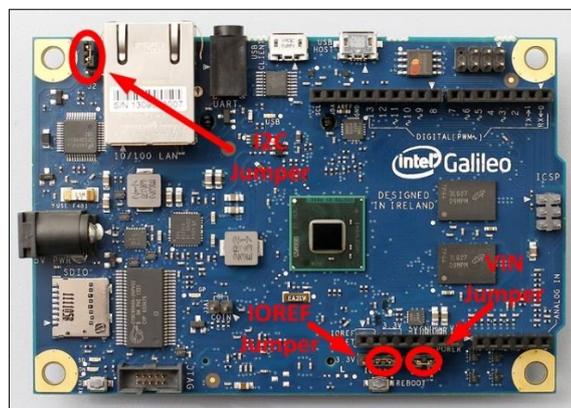


Figura 3-2 Tarjeta Intel Galileo
Fuente: (Arduino, 2017)

2.3.2 Comparación de Plataformas

Conociendo las principales características de las diferentes plataformas enunciadas, en la *Tabla 1-2* se realiza la comparación entre ellas, para seleccionar la que se acople al desarrollo del presente proyecto.

Tabla 1-2 Tabla comparativa plataformas de hardware libre

Característica	Arduino UNO	Arduino Mega 2560	Intel Galileo G1	Waspnote
Ventajas	Bajo costo, Disponibilidad de sensores en el mercado. Fácil uso y programación.		Es compatible con Arduino.	Sensores incluidos y de disponibilidad en el mercado.
Desventaja	En proyectos grandes requiere la combinación de dispositivos complementarios.		Alto costo. Memoria externa. Reinicio borra el programa.	Alto costo. Dificil adquisición. De funciones específicas.
Dimensiones	68.6 mm x 53.4 mm	102 mm x 54 mm	100 mm x 70 mm	73.5 mm x 51 mm
Voltaje IN	7 – 12 V	6 – 20 V	5 V	5 V – 7 V
Voltaje OP	5 V	5 V	3.3 V / 5 V	0.5 V – 3.8 V
Procesador	ATmega328P	ATmega2560	SoC Quark X1000	ATmega1281
Velocidad	16 MHz	16 MHz	400MHz	16MHz
Memoria Flash	32 KB	256 KB	8 MB	128 KB
I/O Analógicos	6	16	6	7
I/O Digitales	14	54	14	8
Precio	\$25	\$30	\$100	\$180

Fuente: Pastrano Luis, 2017

En función a las características descritas, para el desarrollo de este proyecto se ha elegido la plataforma Arduino, con sus modelos Arduino Uno y Arduino Mega, los cuales se muestran en la *Figura 4-2*.

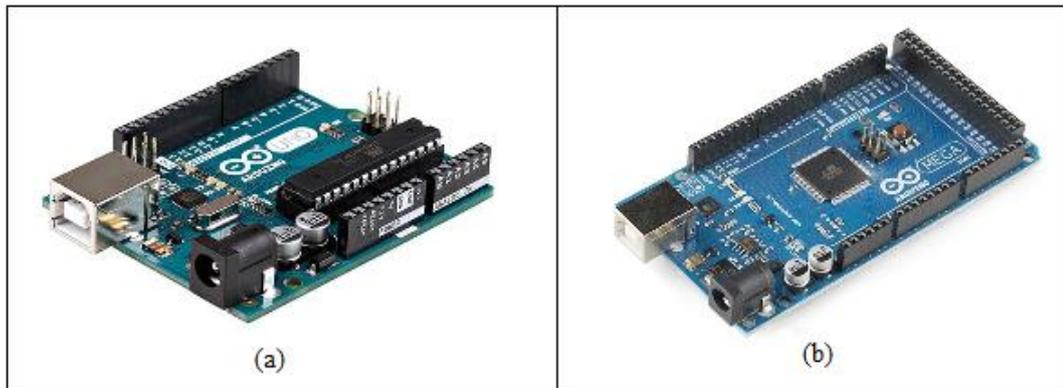


Figura 4-2 Plataforma Arduino: (a) Arduino Uno, (b) Arduino Mega
Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.4 SENSORES

Los sensores son dispositivos electrónicos que tiene la capacidad de detectar una condición o parámetro específico en un ambiente de análisis, convirtiendo una señal detectada en otra de tipo física por ejemplo un voltaje, usados actualmente en todos los procesos de las líneas de producción industrial y no industriales, orientados al control, procesamiento, monitoreo y/o medición. De esta forma gracias a estos dispositivos existe comunicación abierta entre los sistema de control y/o medición con la infraestructura física, sean los sistemas eléctricos o electrónicos.

2.4.1 Señales a medir

En el presente proyecto se va a medir dos tipos de señales biométricas. La una es la señal del gas alcohol concentrado en la sangre de un individuo a través de una muestra de aliento y un sensor capaz de detectar la frecuencia cardiaca de un individuo, en estas señales biométricas los dispositivos deben ser no invasivos. A continuación se indica los sensores escogidos para el desarrollo del sistema.

2.4.1.1 Sensor de alcohol

El sensor utilizado debe ser altamente sensible a gases como el alcohol y el etanol, en el mercado existe una alta gama de sensores de gases, vale mencionar que estos sensores son de tipo analógico, capaces de medir monóxido de carbono, anhídrido carbónico, hidrogeno, nitrógeno, ozono, alcohol, etanol, humo, butano, metano y gas natural comprimido (GNP) entre los principales, en la *Tabla 2-2*, se muestra los sensores de alcohol y etanol existentes en el mercado, compatibles con Arduino.

Tabla 2-2 Sensores de alcohol

Sensor	Forma Física	Características	Aplicación	Costo
MQ-3		Capaz de detectar gases como el alcohol, etanol, y humo, siendo altamente sensible al etanol.	Alcoholímetros.	\$ 7.00
MQ-135		Capaz de detectar gases como el benceno, alcohol, humo, y calidad del aire.	En equipos de control de calidad del aire en edificios y oficinas.	\$ 7.00
MQ-138		Capaz de detectar gases como el benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldeido e hidrógeno.	Usado para control del ambiente en industrias.	\$ 26.00

Fuente: Pastrano Luis, 2017

En vista a las características de cada uno de los sensores, el sensor MQ-3 posee una alta sensibilidad al alcohol y etanol, su costo no es muy elevado y puede ser utilizado bajo la plataforma Arduino.

SENSOR DE ALCOHOL MQ-3

Es un sensor capaz de detectar la concentración de alcohol en el aliento, de alta sensibilidad y tiempo de respuesta muy rápido, proporciona una salida analógica y por su gran fiabilidad será usado en el desarrollo de nuestro sistema, este sensor cuenta en con bobinas que producen calor al entrar en contacto con partículas de alcohol y/o etanol, de sus 6 pines, 4 pines de nomenclatura A-B para alimentación y los 2 restantes de nomenclatura H para detección de gas, su estructura se indica en la *Figura 5-2*.

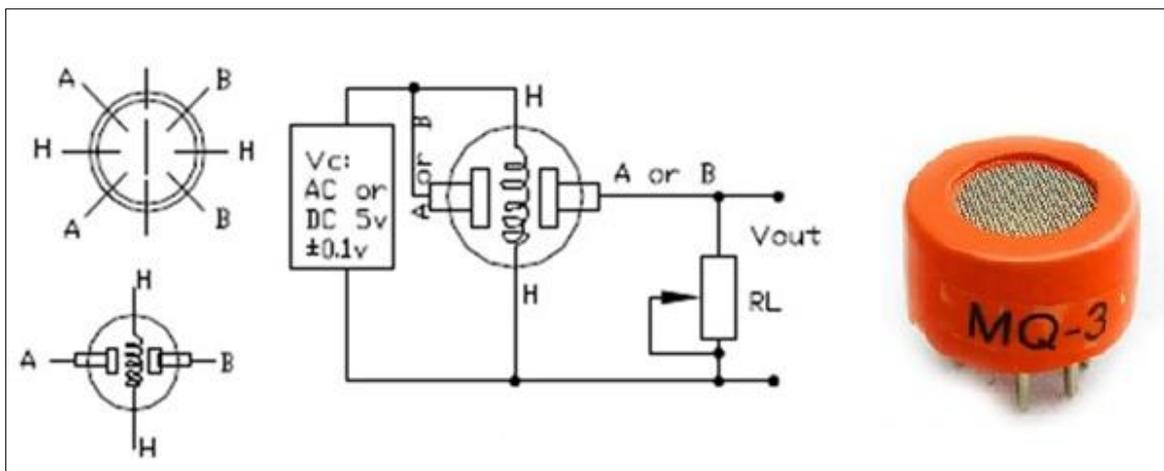


Figura 5-2 Sensor MQ-3 y su estructura.

Fuente: (DATA, 1998)

Este sensor tiene la ventaja de ser calibrado por su resistencia y así modificar la sensibilidad a los distintos gases que puede detectar, de fábrica viene calibrado para la detección de alcohol, en la *Tabla 3-2* se puede ver los datos técnicos de este sensor.

Tabla 3-2 Datos técnicos sensor MQ-3

Parámetro	Dato técnico	Detalles
Señal de salida	Resistiva analógica	
Voltaje de alimentación	5V	AC o DC
Resistencia de carga	200 k Ω	
Resistencia de calefacción	33 $\Omega \pm 5\%$	
Potencia	< 750 mW	
Temperatura de operación y almacenamiento	-10°C ~ +70°C	

Resistencia de sensor	1 M Ω ~ 15 M Ω (0,4 mg/L Alcohol)	Concentración desde 0,05 mg/L – 10 mg/L Alcohol
Taza de concentración	$\leq 0,6$	En 0,4 - 1 mg/L
Operación continua	Sobre 24 horas	

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.4.1.2 Sensor de frecuencia cardiaca

Un sensor de frecuencia cardiaca también se lo conoce como sensor ECG, el cual mide la onda de pulso cardiaco generado por el corazón, esta onda presenta un pequeño voltaje que se detecta en las yemas de los dedos, la piel de las muñecas o codos, de esta forma se calcula su frecuencia cardiaca. Un factor importante para la utilización de estos sensores es su compatibilidad con microcontroladores y/o tarjetas de desarrollo, además que esté en el mercado y sea fácil de adquirir, es así que se ha tomado en cuenta dos opciones.

PULSE SENSOR AMPED

Dispositivo tipo plug and play para Arduino, significa que en su estructura realiza medición de señal, conversión A/D y amplificación. Es un sensor de frecuencia cardiaca muy sencillo, de medición rápida y confiable, posee un detector óptico amplificado y un circuito que elimina el ruido. En la *Figura 6-2* se indica el dispositivo.



Figura 6-2 Pulse Sensor Amped

Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/11574>

SENSOR ECG PS25205

Es un sensor de estado sólido de ultra alta impedancia, puede ser usado como un sensor de contacto seco sin la necesidad de utilizar circuitos de baja impedancia que son potencialmente peligrosos para el corazón. (Vallejo Mera, 2015) Posee una capacidad de medida mucho mayor que los electrodos utilizados generalmente en el monitoreo médico, en la *Figura 7-2* se observa el dispositivo.

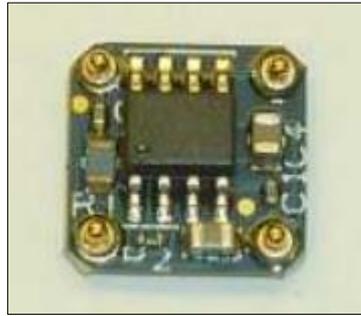


Figura 7-2 Sensor ECG PS25205

Fuente: (Datasheet 291567, 2017)

En la *Tabla 4-2* se muestra las características de los sensores indicados con anterioridad, para en función de sus parámetros seleccionar el dispositivo que mida la frecuencia cardiaca.

Tabla 4-2 Datos técnicos sensores de frecuencia cardiaca

Sensor	Voltaje	Corriente	Tipo	Precio	Disponible
Pulse Amped Sensor	3 V a 5 V	4 mA	Analógico	\$ 20	Si
ECG PS25205	$\pm 2,4$ V a $\pm 5,5$ V	1,4 mA	Digital	\$ 50	Bajo Pedido

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Al analizar las características de los dos sensores, se ha optado por el uso del sensor Pulse Amped Sensor, debido a que es un dispositivo plug and play que integra en su estructura circuitos que facilitan el cálculo de la frecuencia cardiaca de un individuo usando un opto amplificador lo que lo hace un dispositivo que medicamente no es invasivo.

2.5 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

El sistema necesita una interfaz inalámbrica tanto para la comunicación entre módulos de medición así como la transmisión de datos que se han procesado en la tarjeta Arduino hacia la aplicación web enlazándose vía Internet, enviando los datos hacia el Hosting Web donde se realiza el monitoreo de las medidas obtenidas por el sistema, de esta manera a continuación se indica las tecnologías de comunicación escogidas.

2.5.1 GSM/GPRS

En la evolución de los sistemas de telefonía celular indicadas en el primer capítulo, se menciona estas dos tecnologías que son compatibles y coexisten entre sí. Sobre GSM que es una tecnología 2G se rodean las demás tecnologías de generaciones superiores, una de ellas GPRS tecnología 2.5G, que no es más que una innovación de GSM.

En función a lo antes expuesto se ha escogido las dos tecnologías GSM por la capacidad de enviar y recibir mensajes de texto, y GPRS por ser una tecnología orientada a la transmisión de datos, además basa su funcionamiento en conmutación de paquetes lo que eleva la velocidad de los datos, cubre una extensa área de cobertura, estas tecnologías están implementadas por las operadoras de telefonía celular.

GPRS ha sido el ente principal del desarrollo de comunicación móvil por internet, la infraestructura de GSM ya desplegada es utilizada por GPRS, con funciones tales como el soporte de nodos GSM, es decir que esta tecnología funciona correctamente sin interferencias. Gracias a GPRS se accedió a internet debido al manejo de datos, haciendo posible el manejo del protocolo IP, siendo de gran importancia para que en la actualidad se haya llegado a tecnologías de cuarta generación como LTE y LTE-A.

2.5.1.1 Arquitectura GSM/GPRS

Las tecnologías GSM y GPRS, al ser tecnologías análogas se rigen bajo la misma arquitectura, la única diferencia es la adición de nuevos elementos que complementan los servicios que prestan las tecnologías tanto en comunicación de voz, mensajes de texto y transmisión de datos hacia el Internet, tal como se puede observar en la *Figura 8-2*.

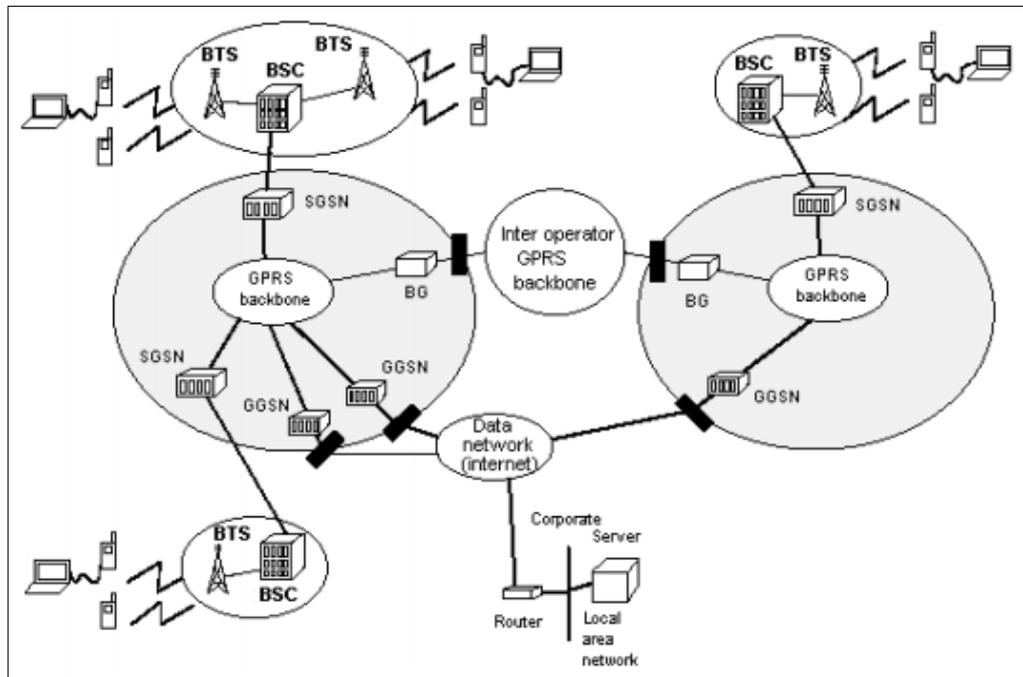


Figura 8-2 Arquitectura Red GPRS.

Fuente: (Sánchez Wevar, 2005)

Entre GSM y GPRS son tres los elementos que se añadieron a la arquitectura de red, los que se enuncian a continuación:

- ✓ BG: Es un nodo pasarela entre la interfaz del backbone de las distintas operadoras GPRS.
- ✓ GGSN: Se encarga del encaminamiento de paquetes originados en un móvil hacia su destino y/o Internet a través de una interfaz lógica.
- ✓ SGSN: Es un nodo de conmutación de paquetes IP que está al nivel de la MSC, transporta los datos desde y hacia las estaciones base localizadas en el área de servicio, detecta dispositivos móviles GPRS, además se encarga del control de tarificación, acceso y seguridad de datos que incluye procesos de encriptación y compresión de los mismos.

2.5.1.2 Acceso a Internet

El acceso a Internet se realiza gracias a que a la red GPRS se la considera como una subred IP, es decir que al agrupar todos los dispositivos móviles que quieran acceder a internet a estos se les asigna una dirección IP, configurándose de esta forma.

- ✓ Asignación de IP al terminal GPRS.
- ✓ La red GPRS hace uso de un servidor DNS local (Domain Name Server).
- ✓ Accede a un nombre del punto de acceso (APN), propio de cada operadora, con información de usuario y nodo, consulta al DNS y así obtiene a dirección de conexión del terminal móvil.
- ✓ La información enviada por el GGSN para conectar el terminal móvil a internet tiene la siguiente nomenclatura: {[ID Red.mnc][MNC].mcc[MCC].gprs}
- ✓ Finalmente el acceso puede ser transparente (IP del operador GPRS) o no transparente (IP de direccionamiento del proveedor ISP).

2.5.1.3 Arquitectura protocolaria.

La tecnología GPRS está constituida por una pila de protocolos en los que se desarrolla su funcionamiento, en la *Figura 9-2* se muestran los elementos que la constituyen.

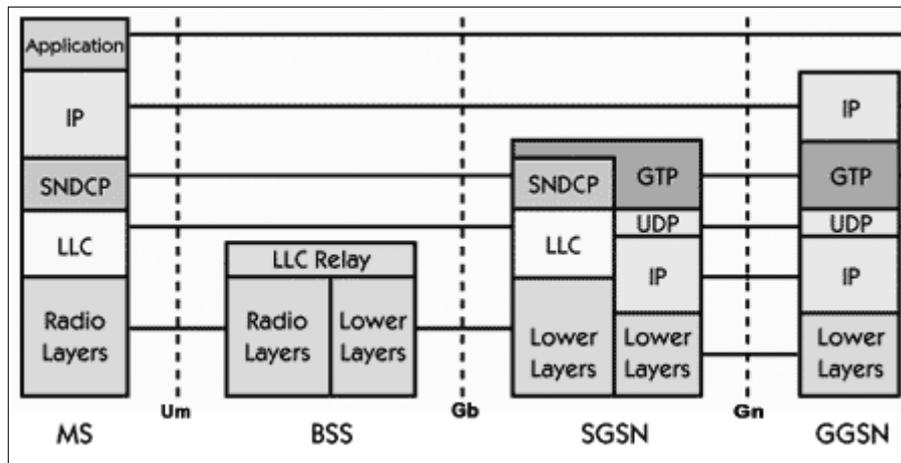


Figura 9-2 Protocolos tecnología GSM/GPRS
 Fuente: http://www.w3ii.com/es/gprs/gprs_protocol_stack.html

Estos protocolos están ligados entre sí para la operatividad de la red GSM/GPRS para las tareas de transmisión y señalización, con la inclusión de IP se tiene mayor fiabilidad en el acceso hacia la red de datos.

2.5.1.4 Canal de operación

GSM y GPRS usan el canal físico PDCH, el mismo que es exclusivo para estas tecnologías, cuya característica principal es que utiliza la misma potencia y tipo de modulación. Se dispone de 200 KHz por cada canal de portadora, un canal posee 8 canales TDMA y cada uno de estos 8 time-slots o burts, estos últimos contienen los datos a transmitirse. La capacidad de un burts GPRS es de 156,25 bits, distribuidos tal como se indica en la *Figura 10-2*.

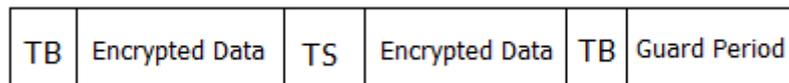


Figura 10-2 Timeslot-Burts GSM/GPRS.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Cada elemento del Timeslot realiza una determinada función como:

- ✓ **TB:** Tail Bits, tiene 3bits para identificar el receptor al que se envía el time-slot.
- ✓ **Encrypted Data:** Contiene los datos encriptados, posee 116 bits.
- ✓ **TS:** Training Sequence, para ecualizar el canal de radiofrecuencia, posee 26 bits para este proceso.
- ✓ **Guard Period:** Es un espacio de 8,25 bits que indica el fin del time-slot.

2.5.1.5 Taza de transmisión

La taza de transmisión en GPRS se obtiene a partir de cuatro esquemas de codificación (*Tabla 5-2*), que se aplican dependiendo del terminal que esté en uso.

Tabla 5-2 Tazas de transmisión GPRS

Esquema	CS1	CS2	CS3	CS4
Velocidad (Kbps)	9.05	13.4	15.6	21.4

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.5.2 Módulo GSM/GPRS

En el mercado existe una gran variedad de módulos Shield GSM/GPRS compatibles con tarjetas de desarrollo, en la *Tabla 6-2* se muestra un cuadro comparativo de diversos dispositivos con el fin de seleccionar el más adecuado para el desarrollo del proyecto, tomando en cuenta que se requiere enviar datos hacia una página de monitoreo en Internet y alerta por mensaje de texto a un usuario.

Tabla 6-2 Comparación módulos GSM/GPRS

Modelo	Shield GSM/GPRS SIM900	Shield GSM M95	GSM Shield	Shield M2M	ICOMSAT
Fabricante	SIMCOM	QUECTEL	Arduino	MCI Electrónica	Itead Studio
Microprocesador	Sim900	FT232	Quectel M66	Quectel M10	Sim900
Banda	Quad-Band	Quad-Band	Quad-Band	Quad-Band	Quad-Band
Frecuencia	850, 900, 1800 y 1900 MHz	850, 900, 1800 y 1900 MHz			
Velocidad uplink/downlink	42.8/85.6 Kbps	42.8/85.6 Kbps	85.6 Kbps	85.6 Kbps	42.8/85.6 Kbps
Protocolos soportados	TCP/HTTP, FTP	TCP/UDP/PPP/FTP/HTTP	TCP/UDP, HTTP	TCP/UDP/PPP/FTP/SMTP/HTTP/SSL/CMUX	TCP/HTTP, FTP
Funciones	SMS, voz y datos	SMS, voz, fax y datos	SMS, llamadas y datos	SMS, voz y datos	SMS, voz y datos
Alimentación	4.8 – 5.2 VDC	5 VDC	5 VDC	5 VDC	4.5 – 5.5 VDC
Corriente	50 – 450 mA	1.2 – 1.3 mA	700 – 1000 mA	40 – 1800 mA	500 – 200 mA
Puerto de Antena	Si	Si	No	Si	Si
Leds indicadores	Status, Net y PWR	Status, Net y PWR	On, Status y Net	PWR Y Net	Status, Net y PWR
Puerto de Micrófono y Altavoz	Si	Si	No	No	Si
Dimensiones	110 mm x 69 mm	55 mm x 54 mm	101.6 mm x 76.2 mm	68.6 mm x 53.3 mm	77.2 mm x 66 mm
Costo	\$ 45.00	\$ 55.00	\$ 30.00	\$20.00	\$ 50.00

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.5.2.1 Shield GSM/GPRS SIM900

En función de las características de los módulos GSM/GPRS mencionados anteriormente, se ha escogido el Shield GSM/GPRS SIM900, en función de sus datos técnicos, ya que da soporte a los principales protocolos de transmisión de datos, en la *Figura 11-2* se muestra el modelo físico de este módulo.



Figura 11-2 Shield GSM/GPRS SIM900
Fuente: <http://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>

Este shield se conecta a la red de telefonía celular para la transmisión/recepción de voz y datos, es compatible con todas las plataformas de hardware libre, especialmente con tarjetas Arduino con las cuales comparte el mismo estándar de fabricación. La configuración y el control del módulo se lo realiza mediante comandos AT a través de UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) que es un dispositivo integrado en la placa para interactuar en procesos vía puerto serial.

Su ventaja se encuentra en el manejo de aplicaciones como recibir y realizar llamadas, enviar y procesar mensajes de texto (SMS), rastreo por GPS para enviar a Internet, comunicación M2M (Machine to Machine) y transmisión de datos, todas las aplicaciones llevadas a cabo de manera remota es decir sin intervención del hombre.

2.5.2.2 Comandos AT Shield GSM/GPRS

Los comandos AT son nada más que órdenes que un microcontrolador envía en este caso al Shield GSM/GPRS para que lleve a cabo las funciones que se desea realizar, cada comando ejecuta una acción para lo cual al desarrollar el programa se debe incluir tiempos para que se ejecute cada instrucción en el Shield, y así de forma inversa recibir un mensaje de confirmación, los cuales se divisan en cuestión de diseño a través de la interfaz del puerto serial del IDE Arduino.

El control mediante comandos AT, inicia en el instante en que la tarjeta Arduino esté conectada a Shield, generalmente por puertos seriales debidamente configurados. En la *Tabla 7-2* se muestra los comandos AT más utilizados para el control del Shield, que se dividen en tres grupos.

Tabla 7-2 Comandos AT para GSM/GPRS

COMANDOS AT PARA CONEXIÓN A INTERNET	
COMANDO AT	DESCRIPCIÓN
AT	Para comprobar si el dispositivo acepta comandos AT.
AT+CPIN?	Estado del PIN de la tarjeta SIM, en estado Ready está listo para su uso.
AT+CCALR?	Consulta si está activo el servicio de llamadas, debe estar en 1.
AT+CIPSHUT	Cierra la sesión GPRS, Shut OK significa que se ha desconectado.
AT+CGATT=0	Desconexión GPRS para liberar recursos utilizados.
AT+CGATT=1	Conectarse a la red GPRS.
AT+CSQ	Para conocer la calidad de señal, si es 13 la calidad es de -87 dBm, que es un nivel correcto.
AT+CREG?	Estado de registro y acceso a la red GPRS cuando el valor es 1, si es 0 se ha conectado a red HSUPA.
AT+CSST?	Consulta de APN de la operadora en uso, si sale CMNET indica que no se ha registrado una APN.
AT+SAPBR=3,1,"CONTYPE",GPRS	Configuración GPRS con la APN
AT+SAPBR=3,1,"APN", <APN>	Configuración GPRS con la APN
AT+SAPBR=3,1,"USER",""	Consulta del nombre de usuario

AT+SAPBR=3,1,"PWD",,""	Consulta de contraseña
AT+SAPBR=1,1	Indica si se ha enlazado a la red GPRS, debe mostrar OK.
AT+CSST="<APN>",,""	Confirmación de aceptación de los datos
AT+CIPSRIP=1	Habilita al dispositivo para tener dirección IP así como un puerto de enlace de datos.
AT+CIICR	Registro de red
AT+CIFSR	Muestra la dirección IP local
COMANDO PARA INICIAR UNA SESIÓN FTP	
AT+FTPCID=1	Perfil del servidor FTP
AT+FTPTYPE="A"	Tipo de sesión iniciada
AT+FTPSERV="<DIR FTP>"	Dominio del servidor FTP
AT+FTPUN="<FTP User>"	Nombre de usuario en el host FTP
AT+FTPPW="<password>"	Contraseña en el host FTP
AT+FTPPUTNAME="Project.txt"	Archivo a transferir al host con extensión .txt
AT+FTPPUTPATH="/htdocs/"	Directorio del archivo
COMANDOS PARA SUBIR DATOS A INTERNET POR SESIÓN FTP	
AT+FTPPUT=1	Indica al servidor que se enviará datos, si en la respuesta sale 1300 quiere decir que solo se puede enviar 1300 bytes.
AT+FTPPUT=2,45	Inicia la transmisión de datos, indicándose que solo se envía 45 bytes cada transferencia
Texto	Para comprobar si los datos se han subido a internet de forma correcta
AT+FTPPUT=2,0	Cierra la transmisión

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.5.3 BLUETOOTH

Bluetooth o estándar IEEE 802.15.1 es una tecnología de comunicación inalámbrica para la transferencia de datos entre dos nodos separados a corta distancia, orientada a la comunicación de dispositivos entre dispositivos móviles, PDAs, tablets entre otros los cuales comparten un canal de manera síncrona y una misma frecuencia.

Mediante Bluetooth se puede transmitir voz y datos, con poco ancho de banda, y de bajo costo optimizando recursos, el enlace de radiofrecuencia opera en la banda de 2.45 GHz (79 canales)

donde cada canal tiene un salto de 1 MHz, además se cuenta con tres canales de voz de 64 Kbps c/u. Definiéndose un canal de comunicación de 720 Kbps con un alcance máximo de 10 metros aunque puede ampliarse a 100 metros usando amplificadores.

Puede configurarse jerárquicamente de tal manera que puede haber una cantidad de 8 dispositivos interconectados uno de ellos en modo maestro (envía y recibe datos) y esclavo (recibe datos desde el maestro), una configuración de dispositivos Bluetooth conectados se conoce como piconet pudiéndose conectar a otra piconet sin ningún problema, para su operación no necesita otra infraestructura de red externa.

En el proyecto presentado se necesita transmitir inalámbricamente los datos medidos en el nodo de frecuencia cardiaca hacia la tarjeta principal en el nodo 1, donde se procesa para el envío posterior hacia la aplicación web, se ha elegido utilizar la tecnología Bluetooth debido a que no se necesita una comunicación de largo alcance entre los dos puntos, la cantidad de información no es muy grande, es de bajo costo y sus características técnicas lo hacen fiable para la aplicación requerida.

2.5.3.1 Arquitectura

Bluetooth se concibe bajo una arquitectura de hardware y una arquitectura de software, que se describe a continuación.

ARQUITECTURA DE HARDWARE

Físicamente un dispositivo Bluetooth está formado por dos partes, el dispositivo de radio que se encarga de la modulación y transmisión de la señal a enviarse. Un controlador digital en cuya estructura se encuentra un CPU, un procesador de señales digitales (DSP – Digital Signal Processor) llamado Link Controller o controlador de enlace y las interfaces con el dispositivo anfitrión (Gonzales Vergara, 2008). En la *Figura 12-2* se puede ver la arquitectura hardware de Bluetooth.

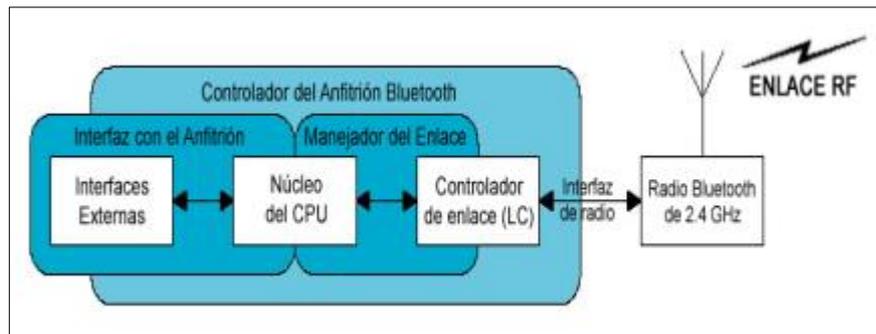


Figura 12-2 Arquitectura Hardware de Bluetooth

Fuente: (Gonzales Vergara, 2008)

Un dispositivo anfitrión es aquel encargado de transmitir los datos a manejar en la red, pueden ser teléfonos móviles, laptops, PDA, etc. el que a su vez se conecta con el dispositivo Bluetooth receptor para la interacción el que puede ser un dispositivo ya mencionado o un chip Bluetooth como los usados en Arduino.

Por hardware se ejecutan los siguientes procesos:

- ✓ Control de enlace (Link Controller – LC) para procesamiento de banda base y protocolos de capa física ARQ y FEC.
- ✓ LC realiza la transferencia de datos, además de procesos de codificación y encriptación.
- ✓ CPU procesa órdenes del dispositivo anfitrión.
- ✓ Autenticación.
- ✓ Localización de dispositivos Bluetooth.

ARQUITECTURA DE SOFTWARE

Mediante software se ejecutan procesos de compatibilidad de dispositivos, cabe mencionar que existen tres tipos de Bluetooth, de esta manera el dispositivo es capaz de reconocer otros dispositivos dentro del rango de cobertura, el protocolo que realiza esta tarea es SDP (Session Description Protocol), para emular conexiones de puerto serial RS-232 el protocolo RFCOMM (Radio Frequency Communication) y para proveer servicio de telefonía además de su control el protocolo TCS (Specification Control of Telephony).

Los protocolos interactúan con el protocolo L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol) mediante el controlador de banda base y así poder segmentar y reconstruir los paquetes

de datos que serán enviados a través de la interfaz inalámbrica Bluetooth. En la *Figura 13-2* se puede observar la arquitectura software de Bluetooth.

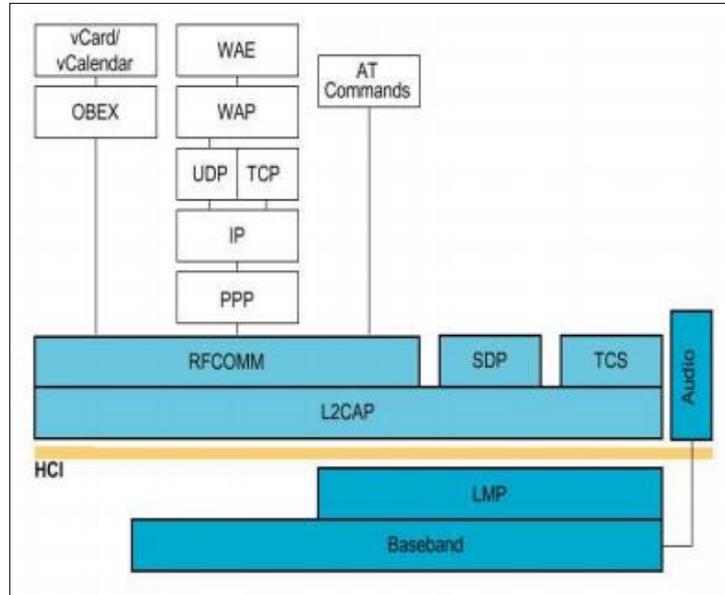


Figura 13-2 Arquitectura de Protocolos de Bluetooth.
Fuente: (Gonzales Vergara, 2008)

2.5.3.2 Módulos Bluetooth

Para desarrollar proyectos usando tecnología Bluetooth en la plataforma Arduino existen en el mercado la familia de módulo HC-03/4/5/6, los más utilizados y eficaces en su funcionamiento son los módulos HC-06 y HC-05, por lo cual a continuación se describirá sus características.

MODULO BLUETOOTH HC-06

Es un shield de comunicación inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.15.1 o Bluetooth, utilizado por aficionados y técnicos en electrónica para soluciones Wireless, como se puede ver en la *Figura 14-2* es un dispositivo de 4 terminales, puede funcionar solo en modo slave (esclavo) es decir solo puede conectarse a un dispositivo configurado como master (maestro), generalmente se lo utiliza como receptor.



Figura 14-2 Módulo Bluetooth HC-06

Fuente: <http://www.prometec.net/bt-hc06/>

MODULO BUETOOTH HC-05

Es la versión más avanzada del módulo HC-06, pudiendo ser configurado como master y slave, según el requerimiento, el modo master significa que el dispositivo puede conectarse a varios dispositivos en modo slave (máximo 7 dispositivos), permitiendo su conexión, enviar y recibir información de cada uno de ellos, es muy utilizado por su mayor virtuosismo y generalmente para redes WSN que incorpore un gran número de nodos, en la *Figura 15-2* se puede ver un módulo HC-05.



Figura 15-2 Módulo Bluetooth HC-05

Fuente: <http://www.prometec.net/bt-hc05/>

DATOS TÉCNICOS DEL MÓDULO HC-05 Y HC-06

La *Tabla 8-2* muestra las características técnicas de los dos módulos descritos con anterioridad.

Tabla 8-2 Datos técnicos módulos HC-05 y HC-06

Datos Técnicos	HC-06	HC-05
Protocolo	Bluetooth V2.0	Bluetooth V2.0
Voltaje de entrada	3.3 – 6 VDC	3.3 – 6 VDC
Voltaje de operación	3.3 VDC	3.3 VDC
Corriente de operación	< 40 mA	< 40 mA
Corriente en descanso	< 1 mA	< 1 mA
Tasa de datos	720 Kbps	720 Kbps
Velocidad de Baudio	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
Dimensiones	44 mm x 16 mm x 7 mm	44 mm x 16 mm x 7 mm
N° de pines	4	6
Pines	VCC, GND, TXD, RXD	VCC, GND, TXD, RXD, KEY, STATUS
Modo	Slave	Master & Slave
Costo	\$ 9.00	\$ 11.00

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.5.3.3 Comandos AT

Los módulos HC-05 y HC-06 deben ser configurados previo a su uso, en parámetros como su ID, modo de operación, clave de acceso, dominio, velocidad de transferencia entre los principales, lo cual se realiza mediante comandos AT, mostrados en la *Tabla 9-2* y *Tabla 10-2*.

Tabla 9-2 Comandos AT módulo HC-05

Módulo HC-05	
Comando AT	Detalle
AT	Comprobar si el dispositivo recepta comandos AT. Sale OK
AT+NAME=<Nombre>	Nombre del módulo en el enlace
AT+PSWD=<Clave>	Clave de acceso o vinculación
AT+PSWD?	Para consultar la clave actual
AT+UART=<Baudios>	Velocidad de Comunicación

AT+ROLE=1/0	Modo del módulo 1 = Master, 0 = Esclavo
AT+CMODE=1/0	Modo de conexión 1 = cualquier módulo, 0 = dispositivo con dirección específica
AT+BIND=<Mac Address>	Especificar el dispositivo a conectarse
AT+VERSION?	Versión de firmware
AT+ADDR?	Dirección MAC del módulo
AT+RESET	Reiniciar el módulo
AT+ORGL	Restaurar valores de fábrica

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Tabla 10-2 Comandos AT módulo HC-06

Módulo HC-06	
Comando AT	Detalle
AT	Comprobar si el dispositivo acepta comandos AT. Sale OK
AT+NAME<Nombre>	Nombre del módulo en el enlace
AT+PIN<Clave>	Clave de acceso o vinculación
AT+BAUD<Número>	Velocidad de Comunicación
AT+VERSION	Versión de firmware
AT+PN	Paridad por defecto
AT+PO	Paridad Impar
AT+PE	Paridad Par

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.5.4 GPS

Mediante un módulo GPS se llevara a cabo la función de ubicar el automotor y al conductor en el área donde se localizan en tiempo real, esta información será mostrada en la aplicación web de monitoreo a través de un mapa precargado y una tabla de información, en el siguiente apartado se muestra dispositivos GPS que se utilizan para estas tareas y el escogido para el desarrollo del proyecto.

2.5.4.1 Módulos GPS

En el diseño e implementación de proyectos electrónicos, especialmente usando tarjetas de desarrollo, los más utilizados son los de la familia NEO, cada módulo tiene su especificación técnica, que se indica en la *Tabla 11-2*.

Tabla 11-2 Módulos GPS NEO 6.

Detalles	NEO-6G	NEO-6Q	NEO-6M	NEO-6P	NEO-6V	NEO-6T
Soporte	GPS	GPS	GPS	GPS, PPP, Raw Data	GPS, Dead Reckoning	GPS, Timing, Raw Data
Vin	1.75 V – 2.0 V	2.7 V – 3.6 V	3.3 V – 5 V	3.3 V – 5 V	3.3 V – 5 V	3.3 V – 5 V
Interfaz	UART, USB, SPI, DDC					
Canales	50	50	50	50	50	50
Receptor	GPS L1, C/A Code					
Sistemas de Aumentación basada en Satélites	WAAS, EGNOS, MSAS					
Tiempo de inicio	26 s	26 s	38 s	32 s	27 s	26 s
Sensibilidad	-162 dBm	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm	-161 dBm	-162 dBm
Límite Altitud	50000 m					
Límite Velocidad	500 m/s					
Ganancia Antena	50 dB					
Precisión	2.5 m de error en 100 m					
Costo	\$ 24.00	\$ 25.00	\$ 30.00	\$ 45.00	\$ 45.00	\$ 50.00

Fuente: Pastrano Luis, 2017

En base a las características mostradas se ha optado por trabajar con el módulo GPS Neo 6m, debido a que trabaja bajo rangos de voltaje que entrega la plataforma Arduino, su costo no es muy

elevado, a pesar de compartir en su mayoría similitudes con el resto de dispositivos GPS, es el más usado y que mayor disponibilidad se encuentra en el mercado, este módulo se muestra en la *Figura 16-2*.



Figura 16-2 Módulo GPS NEO-6M
Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.6 MONITOREO

La interacción del usuario es importante en un sistema electrónico, como es sabido el proyecto está basado en el monitoreo de señales biométricas, se hace el control de dos factores como es el nivel de alcohol en la sangre en función de una muestra de aliento y la frecuencia cardíaca, se muestran en la interfaz de una aplicación web, esto datos son visualizados por un familiar del conductor y puede interactuar con las medidas ya indicadas, su ubicación en tiempo real, condición psicomotriz y nivel de alerta. Es así que a continuación se describe la tecnología y recursos para el diseño de la aplicación colgada en la nube.

2.6.1 *Hosting Web*

Cuando se ofrece un servicio en Internet, es decir ejecutar programas en línea como páginas web, redes sociales, correo electrónico o aplicaciones tecnológicas, se debe tener a disposición una unidad de almacenamiento o disco duro alojado en un servidor colgado en la nube de datos, en el

mencionado servidor como administrador se puede cargar archivos de texto y/o multimedia, bases de datos y recursos digitales que se desee mostrar a los usuarios.

Los Hosting son centrales digitales que permiten administrar una página web, en el mercado digital se encuentra hosting por pago y hosting gratuito, el principal recurso para manejar una página en línea es obtener un dominio para poder navegar por Internet, en la *Tabla 12-2* se muestra los principales Hosting gratuitos y de pago donde se podrá registrar.

Tabla 12-2 Hosting Gratuito y Pagado

Detalle	Hosting Gratuito			Hosting Pagado		
Hosting	Neolo	Eshost	Hostinger	JustHost	eHost	GoDaddy
Logotipo						
URL	https://neolo.com/ecuador/hostinggratisedu.php	http://eshost.com.ar	http://www.hostinger.es	https://justhost.com	https://www.ehost.com	https://es.godaddy.com
Dominio	Controlado	Controlado	Controlado	Controlado	Controlado	Libre
Capacidad	Ilimitado	1000 MB	2 GB	Ilimitado	500 GB	1000 GB
Transferencia mensual	Ilimitado	10 GB	100 GB	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado
Protocolos que soporta	PHP, MySQL, e-mail	FTP, PHP, HTML, e-mail, MySQL	FTP, PHP, e-mail, MySQL	e-mail, CGI, FTP, MySQL, PHP5, JavaScript, Flash	MySQL, e-mail, PHP, FTP	e-mail, FTP, PHP, MySQL, JavaScript
País de origen	Ecuador	Argentina	España	USA	España	USA
Costo	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3.95 mes	\$ 2.75 mes	\$ 1.00 mes

Fuente: Pastrano Luis, 2017

De acuerdo a las características de los hosting indicados, se ha optado por utilizar los servicios de Eshost que proporciona una capacidad suficiente para la cantidad de información a manejar, da soporte a los protocolos principales que son PHP, HTML y nos brinda el servicio del servidor FTP, estos protocolos son necesarios para la transferencia de información que se envía mediante la interfaz GPRS para ser mostrada en la aplicación de monitoreo.

2.6.2 Dominio Web

El dominio es el nombre con el cual nuestra aplicación es identificada en internet, este nombre es único y es soportado por el hosting, puede ser controlado es decir el nombre debe ligarse al identificador del servidor o puede ser libre donde el usuario puede dar un nombre según sea su gusto, el dominio es más fácil de manejar e identificar, puesto que sería muy complicado manejar/recordar la dirección IP de cada página para poder acceder a ellas.

El dominio está ligado a un servidor DNS el cual traduce el nombre a dirección IP para encontrarla automáticamente y permitir el acceso a ella, el dominio es otorgado directamente a través del hosting elegido, este servicio posee un buscador de dominios para verificar si el nombre creado ya se encuentra activado, o por lo contrario nuestro dominio está creado y podemos empezar a crear la interfaz y configuraciones de nuestra página.

Cada dominio posee una extensión que generalmente es .net, .com, .es y en este caso al haber elegido el servicio de eshost, el dominio tendrá la nomenclatura `www.<nombre>.eshost.com.ar`

2.6.3 Protocolo FTP

El protocolo FTP (Files Transfer Protocol) es un protocolo de transferencia de archivos así como uno de los más utilizados en el envío de datos a través de internet, el intercambio se realiza con altos niveles de seguridad, define la forma como se transmiten los datos por una red TCP/IP además forma parte del modelo cliente-servidor es decir que en un extremo se envía una orden y el extremo terminal ejecutará una acción en función de la orden.

TRAMA FTP

La trama de bits enviados por FTP está conformada por dos elementos el Header y el Marker. En el Header se genera un código de identificación de los datos a enviar, este campo se conoce como descriptor que está compuesto de 8 bits y otro campo llamado Byte Counter indica la cantidad de bytes de datos se envían, este campo se compone de 16 bits. Por último en el Marker se indica la cantidad de bytes a ser transmitidos.

2.6.4 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario hace referencia a la presentación con la que una persona interactuará con el resultado final del funcionamiento del sistema, es decir donde se podrá visualizar la información del nivel detectado si el conductor está en estado de ebriedad así como su ubicación, la frecuencia cardiaca del conductor en caso que presente anomalías, los niveles de alerta e información general.

Para el diseño de la interfaz de una página web es necesario tener conocimientos básicos en HTML, PHP y JavaScript, los mismos que son lenguajes de programación mediante los cuales se puede desarrollar páginas web, procesar información y generar algoritmos de visualización, almacenamiento y actualización.

- ✓ HTML: (Hyper Text Markup Lenguaje) Es el lenguaje básico para el diseño de una página web, contiene los elementos básicos de su estructura.
- ✓ PHP: (Hypertext Processor) Es un lenguaje más avanzado de HTML que se encarga de otorgar dinamismo al contenido de una página web, se ejecuta en el servidor enviándose al usuario visualizándose al ejecutarse automáticamente el Script.
- ✓ JavaScript: (JS) Es un lenguaje de programación orientado a objetos, que se ejecuta en el equipo del usuario para implementar perfeccionar contenidos de páginas web, agregándoles mayor calidad a la interfaz y contenidos.

El código de la página se escribe generalmente en PHP, al ingresar a ella mediante el nombre de dominio se ejecuta en su código automáticamente las funciones definidas para cada lenguaje, esto se hace cuando se ejecuta un archivo *index.php* el cual contiene la estructura de la página web.

2.7 DISEÑO DEL SISTEMA

Para el desarrollo de un sistema electrónico por más sencillo que fuese, se realiza un diseño previo, para al final obtener un sistema funcionando en correctas condiciones y cumpliendo con los parámetros deseados. El diseño se obtiene de acuerdo a los dispositivos a utilizar, niveles de

voltaje y condiciones de funcionamiento, en los siguientes apartados se muestra el diseño de nuestro sistema.

2.7.1 Diagrama de bloques

La estructura del sistema se muestra en el *Gráfico 2-2*, en la cual se puede tener una visión clara de las etapas principales en las que se desenvuelve el proyecto.

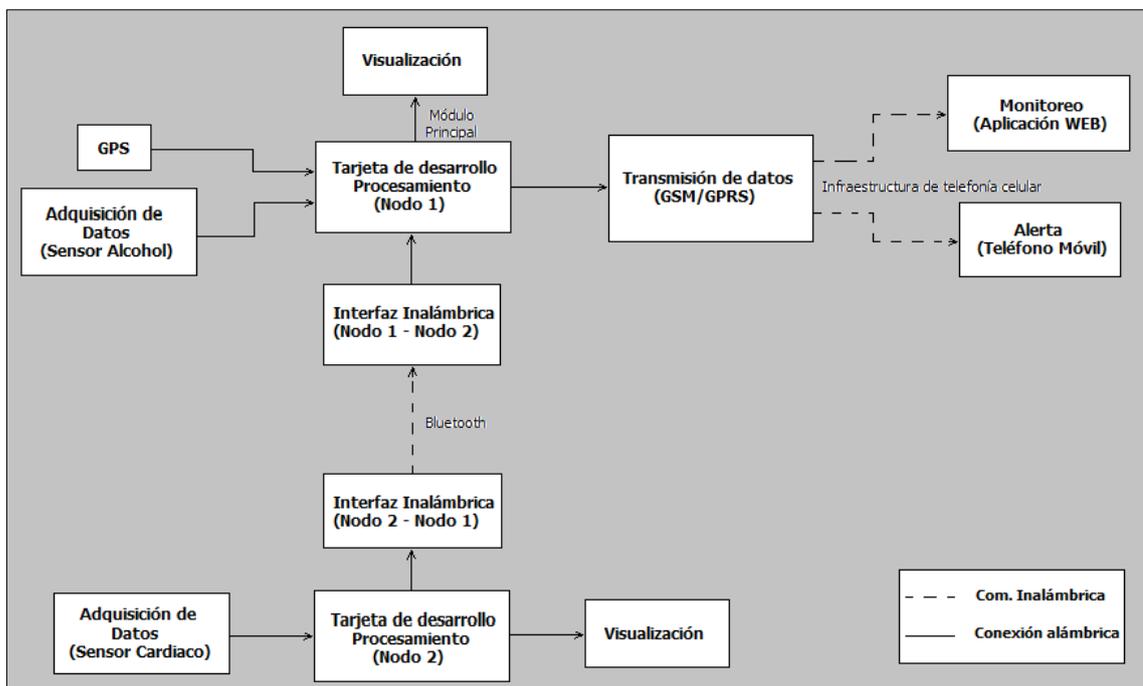


Gráfico 2-2 Diagrama de Bloques del Sistema

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.7.2 Esquema

Con la ayuda del software de desarrollo y simulación de circuitos electrónicos *Proteus V8.1 Professional* se ha realizado el diseño esquemático del sistema con todos los dispositivos que lo conforman. En el *Figura 17-2* se muestra el esquema del Nodo 1 que se encarga de la detección de alcohol, procesamiento de datos tanto de sus componentes así como de la información entregada por el Nodo 2 y la transmisión de información hacia la Web.

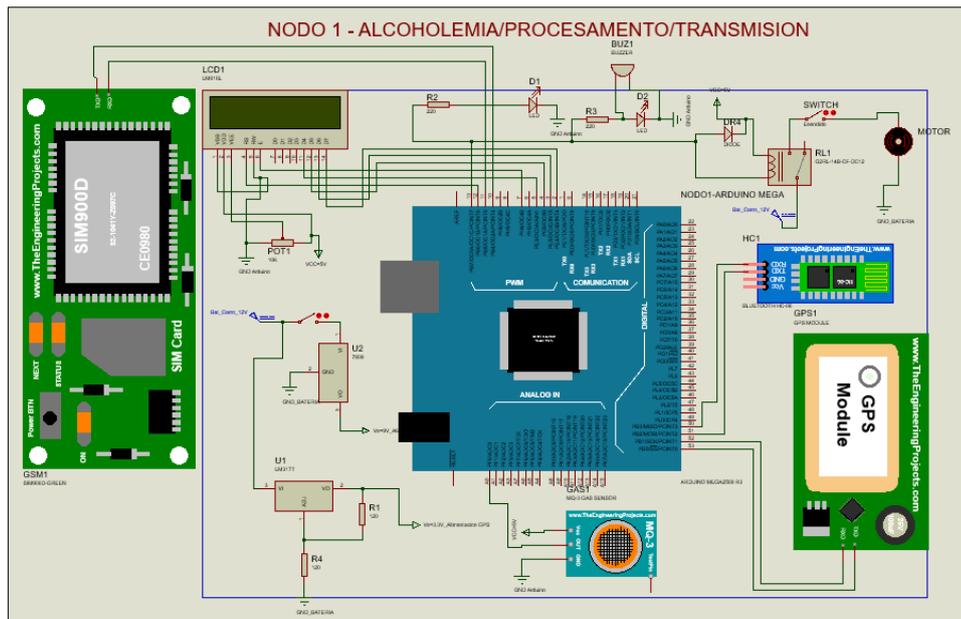


Figura 17-2 Nodo 1 – Módulo Alcoholemia
 Fuente: Pastrano Luis, 2017

En la *Figura 18-2* se muestra el esquema electrónico del Nodo 2, encargado del cálculo de la frecuencia cardiaca.

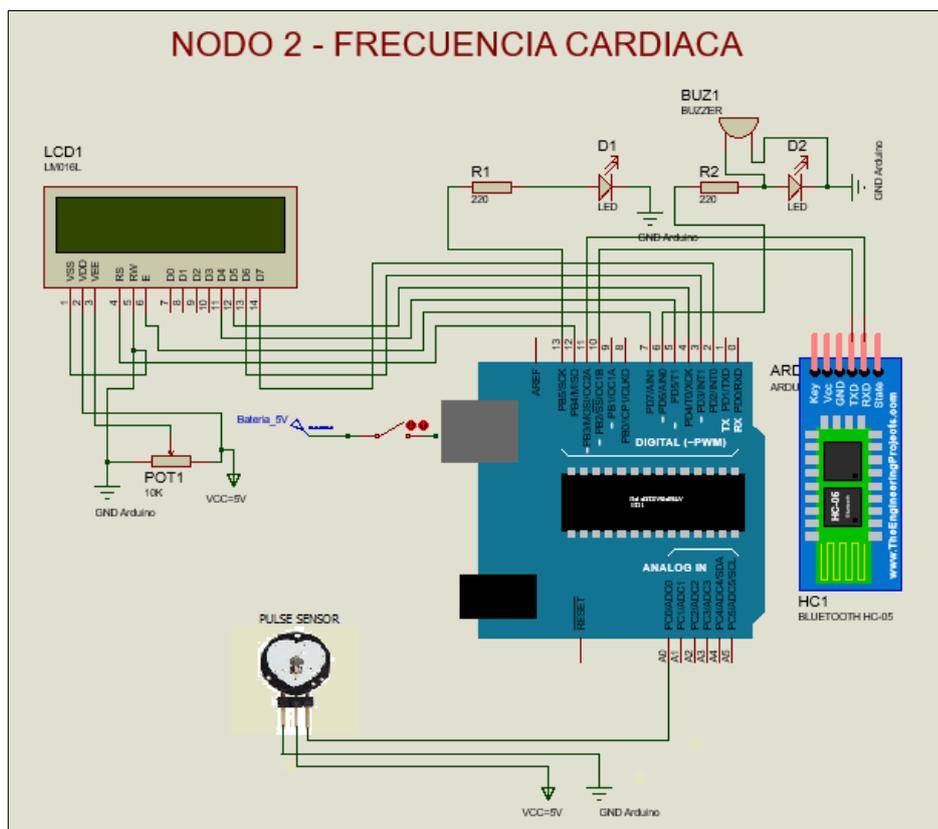


Figura 18-2 Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca
 Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.7.3 Fuentes de energía

Hay que tomar en cuenta diversos factores para escoger la fuente de alimentación adecuada para los dos nodos enunciados, factores como, tensión, corriente, tiempo de independencia, costos y estabilidad, con el fin que las tarjetas de desarrollo tengan la alimentación adecuada para que los dispositivos inmersos en la infraestructura funcionen sin problemas.

El nodo 1 en la práctica se provee de alimentación desde la batería de un carro, debido a que este módulo está orientado a ser instalado en un automotor, esta batería otorga un voltaje de 12 VDC y una corriente alrededor de 10 A, para evitar quemar la tarjeta se usa un regulador de voltaje de 9 VDC, alimentación aconsejable por Arduino en modo externo.

Para propósitos de comprobación del funcionamiento de este nodo, se ha utilizado una fuente de alimentación de 12 VDC que emule a la batería del automóvil, de esta forma se puede trabajar en los ajustes necesarios para que todas las etapas trabajen correctamente al momento en que se instale físicamente en un auto.

Por otro lado el Nodo 2 se constituye como un módulo independiente que se comunica con el Nodo 1 inalámbricamente en el envío de la información de la frecuencia cardiaca del conductor, por lo que necesita una fuente de alimentación autosustentable y de operatividad a largo plazo, de esta forma como se indica en la *Tabla 13-2* hay una variedad de fuentes de energía para alimentar las tarjetas Arduino, que en función de sus características técnicas se optará por utilizar el mejor.

Tabla 13-2 Fuentes de alimentación para Arduino

Fuente	Imagen	Vout	Iop	Recargable	Costo
Batería de Litio (2 de 3.7 V)		7.4 VDC	4800 mAh	Si (Cargador)	\$ 5.00
Banco de Baterías		5 VDC	17000 mAh	Si (Cargador)	\$ 20.00
Batería de 9V		9 VDC	600 mAh	No	\$ 1.00 - \$ 8.00
Pilas AA (4 de 1.5 V)		6 VDC	1700 – 2800 mAh	No	\$ 1.30

Pilas AA Rec (5 de 1.2 V)		6 VDC	1000 – 2500 mAh	Si (Excitación de Tensión)	\$ 4.00
Baterías Lipo 2S		7.4 – 8.4 VDC	5000 mAh	Si (Cargador)	\$ 10.00
Batería Seca		6 – 9 – 12 VDC	1.3 Ah	Si (Excitación de Tensión)	\$ 10.00
Batería Solar		5 VDC	10000 mAh	Si (Cargador y Panel Solar)	\$ 17.00

Fuente: Pastrano Luis, 2017

De acuerdo a las características y requerimientos para el funcionamiento del Nodo 2, se ha escogido la batería solar, debido a que tiene una independencia máxima de 20 horas, su recarga puede ser en base a un cargador eléctrico o mediante el panel solar, lo que lo hace muy robusto en función a otras fuentes de energía, su costo no es muy elevado si se considera la vida útil que este dispositivo ofrece.

2.8 IMPLEMENTACIÓN

Luego de haber realizado el diseño del sistema se procede a configurar los dispositivos como los sensores, procesos de medición, cálculos matemáticos, métodos de transmisión de datos, tratamiento de la información e interfaz de usuario en la aplicación web.

2.8.1 *Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación*

Este nodo es el que mayor trabajo realiza, porque es donde se centraliza la mayor parte del trabajo del sistema, es el punto pasarela de la pequeña red creada, la misma que está influenciada por conceptos de redes vehiculares puesto que su funcionamiento está orientado a hacerlo en vehículos en movimiento y red WSN pues se realiza mediciones en distintos puntos, para luego ser procesado y enviados inalámbricamente hacia un nodo final (aplicación web) para su análisis.

En este bloque se utilizó la Tarjeta Arduino Mega, debido a la cantidad de dispositivos interconectados, las funciones de comunicación y procesamiento a realizarse, además de la gran disponibilidad de pines, consiguiendo que las funciones del sistema puedan ampliarse a mayores prestaciones tecnológicas. Este Nodo es el que mayor cantidad de dispositivos interconectados posee, especialmente es donde se realiza las tareas de comunicación y control, de esta forma en la *Figura 19-2* se muestra la implementación del circuito perteneciente a esta etapa.

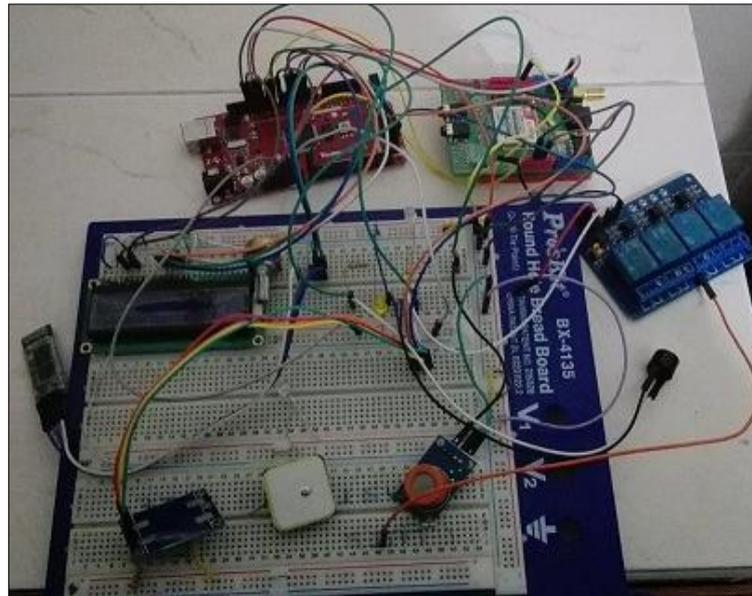


Figura 19-2 Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación.
Fuente: Pastrano Luis, 2017

A través del entorno de desarrollo IDE de Arduino (*Figura 20-2*), se crea el programa a ejecutarse por el microcontrolador de la tarjeta de desarrollo, se llevan a cabo procesos de inicio de dispositivos, operación de puertos, cálculos matemáticos, velocidad de puertos entre otros, para al final compilar el programa y cargarlo en el procesador, probando finalmente el funcionamiento del sistema diseñado.

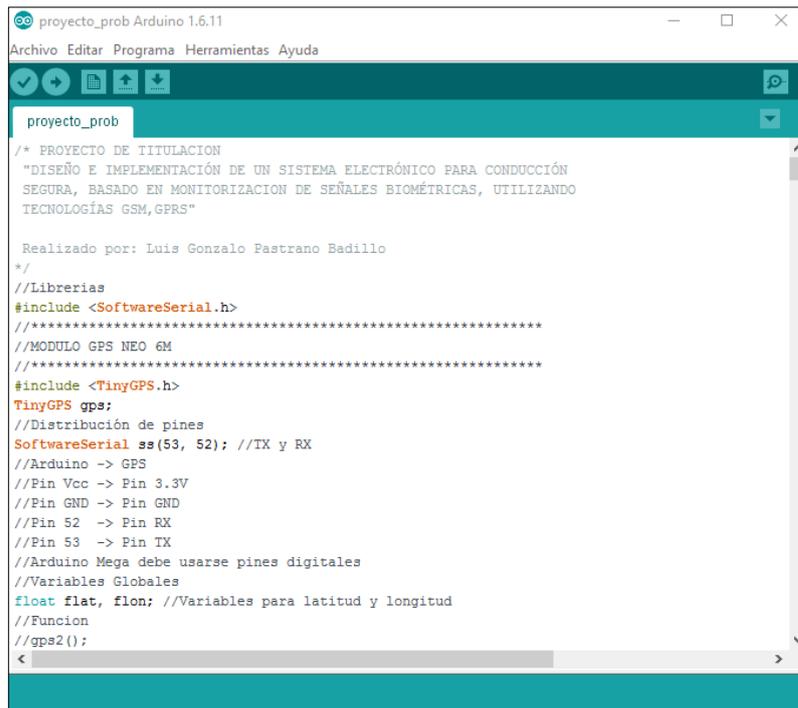


Figura 20-2 Entorno IDE de Arduino
Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.1.1 Sensor de Alcohol

En la *Tabla 14-2* se indica la conexión de los respectivos pines del sensor de alcohol MQ-3, el dispositivo funciona bajo un voltaje de 5 VDC.

Tabla 14-2 Conexión sensor MQ-3 – Arduino Mega

PINES SENSOR MQ-3	PINES ARDUINO MEGA
Vcc	5 V
GND	GND
A0	A0

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.1.2 Localización – GPS

El módulo GPS NEO-6M posee 4 pines (VCC, RX, TX, GND) dos de alimentación y dos de comunicación a través de puerto serial, el mismo que es configurado en el entorno IDE de Arduino, donde se habilita esta comunicación y la librería *TinyGPS* que permite el funcionamiento del dispositivo, en la *Tabla 15-2* se indica la distribución e interconexión de pines entre el módulo GPS y la tarjeta Arduino.

Tabla 15-2 Conexión GPS NEO-6M – Arduino Mega

PINES GPS NEO-6M	PINES ARDUINO MEGA
Vcc	3.3 V
RX	52
TX	53
GND	GND

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.1.3 Shield GSM/GPRS

El shield GSM/GPRS SIM900 necesita ser configurado en su estructura física y a través del entorno, donde se debe habilitar la comunicación serial, como ya se ha indicado con anterioridad, con este módulo se realizará la comunicación entre el sistema electrónico y la aplicación de monitoreo en la web, enlazándose mediante la red de telefonía celular usando las tecnologías GSM/GPRS.

De esta forma se ha realizado las siguientes configuraciones.

COMUNICACIÓN SERIAL

La comunicación entre el shield y la tarjeta Arduino se puede realizar mediante tres modos, estos modos definen los puertos que funcionaran como transmisor y receptor.

- ✓ Pines 7-8 comunicación en modo software serial (SW)

- ✓ Pines 0-1 comunicación en modo hardware serial (SW)
- ✓ Comunicación serial UART.

A través de la disposición de jumpers en la sección de terminales en el área de la antena se establece el modo en el cual operará el dispositivo, en la *Figura 21-2* se puede observar la disposición de jumpers en función del modo a trabajar.

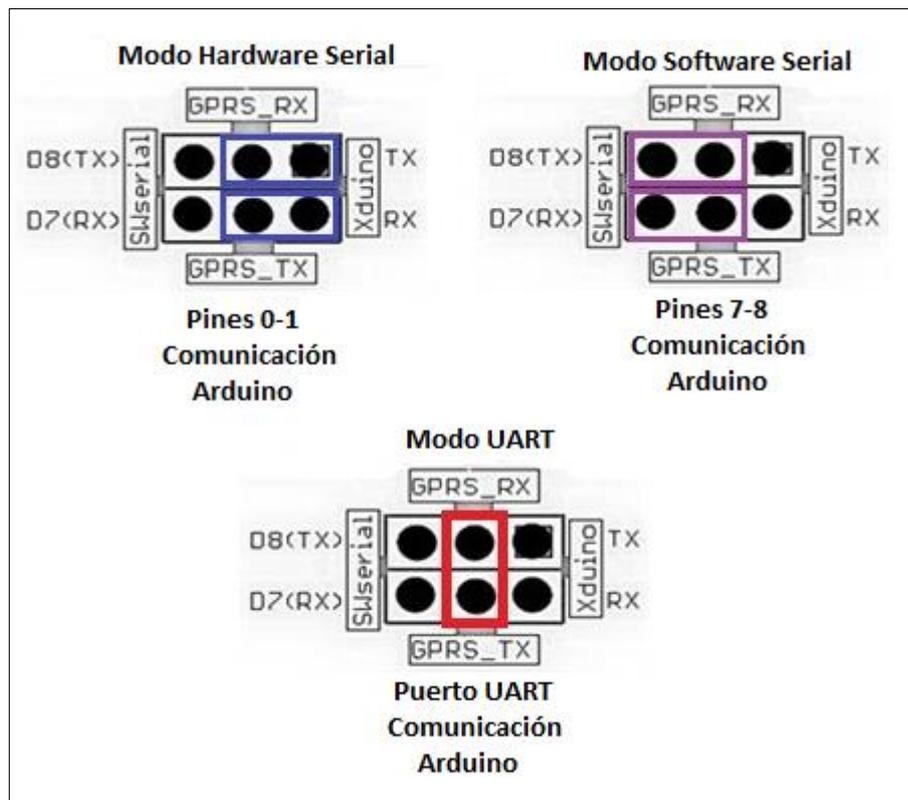


Figura 21-2 Modos de comunicación serial SIM900
Fuente: Pastrano Luis, 2017

En función a la disposición de los jumpers antes indicados se ha usado el modo Hardware serial, donde se usa los pines 0-1 del shield900 para conectarlo con Arduino se debe configurar dos puertos para que se establezca la comunicación serial. Desde su fabricación el shield viene previsto ser encendido de manera manual, para poder encenderlo automáticamente a través de código debe soldarse previamente dos puntos de la tarjeta, de esta forma se enciende el módulo usando comandos que serán compilados por la tarjeta de desarrollo.

La ubicación del jumper para elegir el modo Hardware serial, la ubicación del botón de encendido manual y la suelda de los dos puntos que permite el encendido por código, se muestra en la *Figura 22-2*.

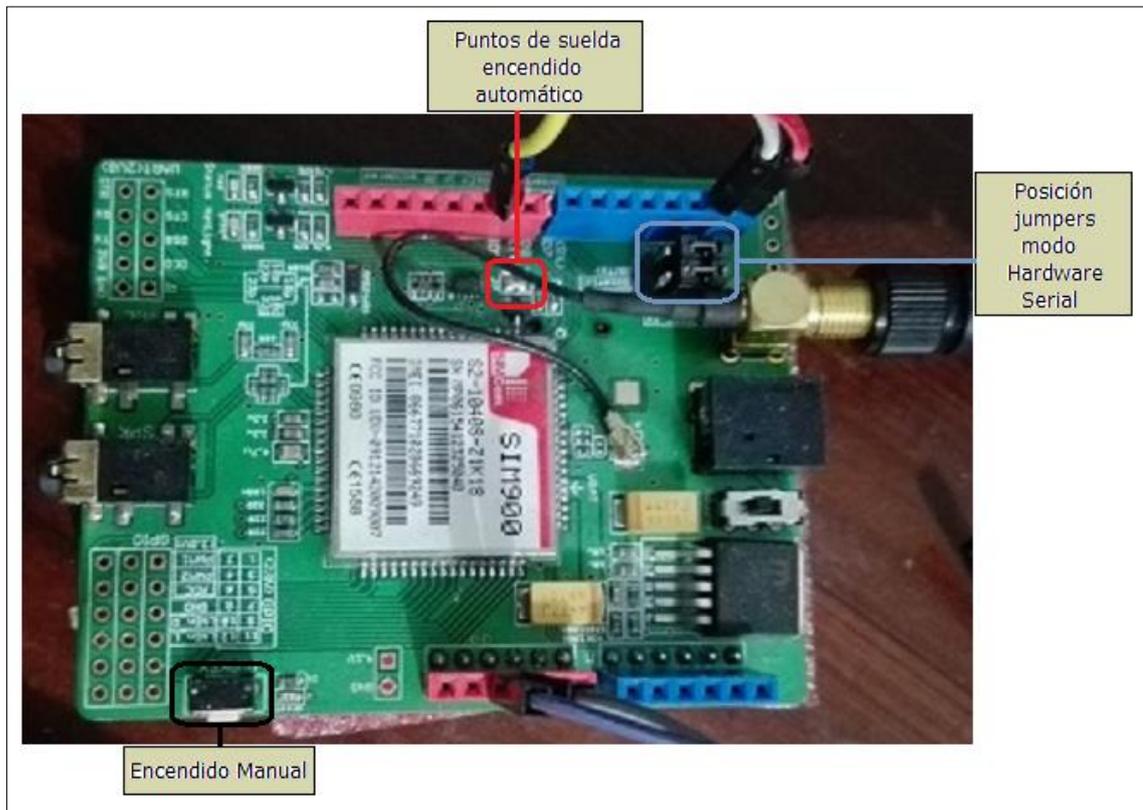


Figura 22-2 Configuración previa del Shield GSM/GPRS.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

El código para encender el módulo automáticamente se lo puede mirar en los Anexos donde se encuentra el código IDE de Arduino claramente identificado por etapas, además de la configuración de cada elemento que conforma el sistema.

PUNTO DE ACCESO A LA RED

Para poder enviar datos hacia Internet por medio del shield GSM/GPRS se necesita tener a nuestra disposición un APN (Acces Point Name) que es el nombre del punto de acceso que la operadora de telefonía móvil posee para que sus dispositivos abonados se conecten a internet, el APN es un camino virtual que permite que los dispositivos móviles naveguen por la red.

Como se había indicado, cada operadora posee un APN, el que consta de tres elementos básicos, que son el APN propiamente dicho, el nombre de USUARIO y la CONTRASEÑA, en la *Tabla 16-2* se indica la información del APN de las operadoras que prestan sus servicios en nuestro país, algo importante es que el nombre de usuario y la contraseña de las APN están en blanco, debido a que la operadora permite el libre acceso de la ruta virtual de sus respectivos abonados.

Tabla 16-2 APN de operadoras de telefonía celular.

Detalle	Claro	Movistar	CNT	Tuenti
APN	internet.claro.com.e c	internet.movistar.com.e c	internet.cnt.net.e c	internet.tuenti.e c
Usuario	No	movistar	No	No
Contraseña	No	Movistar	No	No

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Se ha decidido trabajar con la operadora CNT, debido a que sus costos de datos son muy bajos, el costo de mensajes de textos está homologado para cualquier operadora, y es la que mayor facilidad ofrece para conectarse a internet a través de su APN. Cabe indicar que en el proceso de configuración del módulo se indica el APN de la operadora ya que el dispositivo usa un chip en este caso CNT para cumplir con sus funciones.

FTP

El envío de los datos hacia internet se realiza a través del protocolo de transferencia de archivos FTP, en esta fase se realizan tres tareas en el shield GSM/GPRS para el enlace con internet:

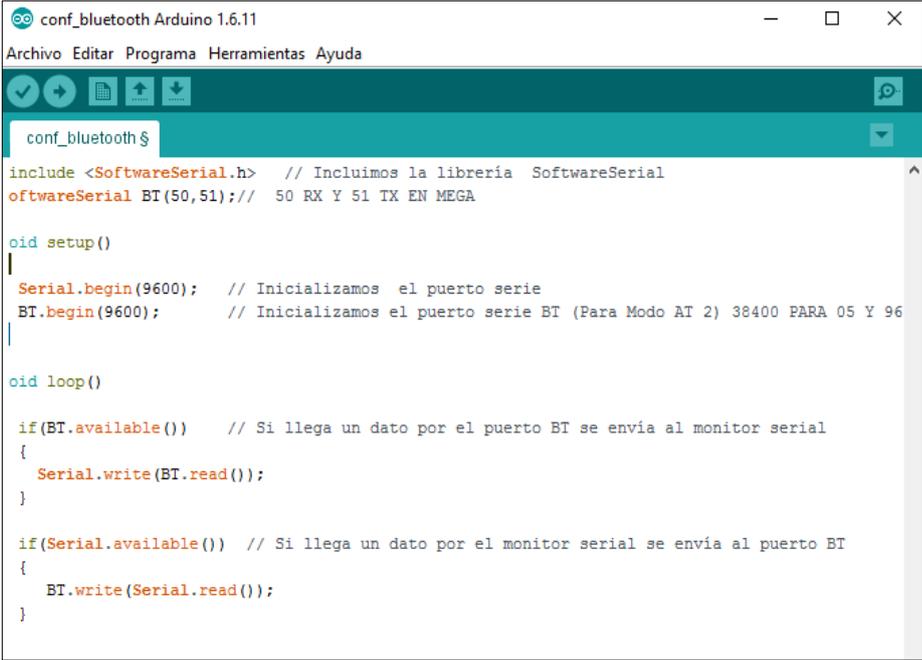
1. Configuración de conexión a internet
2. Configuración de la sesión FTP
3. Configuración del envío de datos

Estas tareas son configuradas para su ejecución mediante comandos AT, los cuales ya han sido indicados en el ítem *Módulo GSM/GPRS* de este capítulo. Es así como se realiza la configuración de la tarjeta Shield GSM/GPRS SIM900.

2.8.1.4 Módulo Bluetooth HC-06 esclavo

Para llevar a cabo la comunicación entre el Nodo 1 y el Nodo 2 se optó por usar Bluetooth como medio de comunicación inalámbrica, de esta forma como se había descrito con anterioridad al ser este Nodo de recepción de la información de la frecuencia cardiaca se ha utilizado un módulo Bluetooth modo esclavo HC-06.

Se debe realizar la configuración del nombre de dominio y contraseña, esta última debe ser la misma que en el módulo maestro para que se puedan conectar, además de obtener su dirección MAC que viene por defecto en el dispositivo y se debe anotar antes de cambiar de nombre. En la *Figura 23-2* se observa los comandos para entrar a la configuración del dispositivo.



```
conf_bluetooth Arduino 1.6.11
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
conf_bluetooth $
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la librería SoftwareSerial
SoftwareSerial BT(50,51); // 50 RX Y 51 TX EN MEGA

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie
  BT.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie BT (Para Modo AT 2) 38400 PARA 05 Y 96
}

void loop()
{
  if(BT.available()) // Si llega un dato por el puerto BT se envía al monitor serial
  {
    Serial.write(BT.read());
  }

  if(Serial.available()) // Si llega un dato por el monitor serial se envía al puerto BT
  {
    BT.write(Serial.read());
  }
}
```

Figura 23-2 Configuración de Módulo HC-06.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

La configuración se realiza en el monitor serial en modo “Sin salto de línea” con una velocidad de 9600 baudios, configurándose lo siguiente:

- ✓ Nombre: CARDIOS
- ✓ PIN: 0000 el mismo en el módulo maestro
- ✓ BAUD: 9600 la misma velocidad en el módulo maestro

De esta forma se procede a conectar a la tarjeta Arduino, la distribución de pines se muestra en la *Tabla 17-2*, la conexión se cruzada los pines, el TX del módulo se conecta al RX del Arduino, TX de Arduino al RX del módulo.

Tabla 17-2 Conexión módulo Bluetooth HC-06 – Arduino Mega

PINES Bluetooth HC-06	PINES ARDUINO MEGA
Vcc	5 V
RX	51 TX
TX	50 RX
GND	GND

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.1.5 *Relé*

En el relé se recibirá un pulso 1 que representa 5 V lo que indica que el conductor está en buenas condiciones y por ende este pulso cierra el circuito para permitir el encendido, caso contrario de recibir un pulso 0, que representa 0 V indica que el conductor está bajo efectos del alcohol por lo que el circuito permanece en modo abierto y no se puede encender. Los pulsos de activación o desactivación se reciben a través del pin 13 de la tarjeta Arduino.

2.8.2 *Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca*

Este nodo se encarga de la medición de la frecuencia cardiaca que el conductor presente a lo largo de su actividad al mando del vehículo, analizándose si su pulso está dentro de los parámetros normales, es decir de 60 a 100 LPM (Latidos Por Minuto), al existir una anomalía superando o disminuyendo bajo este rango, se alerta al conductor a través de un sonido de precaución y mediante un aviso en la pantalla LCD en el cual se aconseja disminuir la velocidad.

Cada minuto mediante enlace inalámbrico se envía al Nodo 1 la información de la frecuencia cardiaca calculada, donde si existe algún problema se envía un mensaje de alerta a un familiar el

mismo que podrá acceder a la aplicación de monitoreo en la web y observar los datos medidos. De igual forma la información del ritmo cardiaco va a estar monitoreado todo el tiempo.

En la *Figura 24-2* se muestra la conexión de los diferentes dispositivos que componen el sistema de medición de la frecuencia cardiaca.

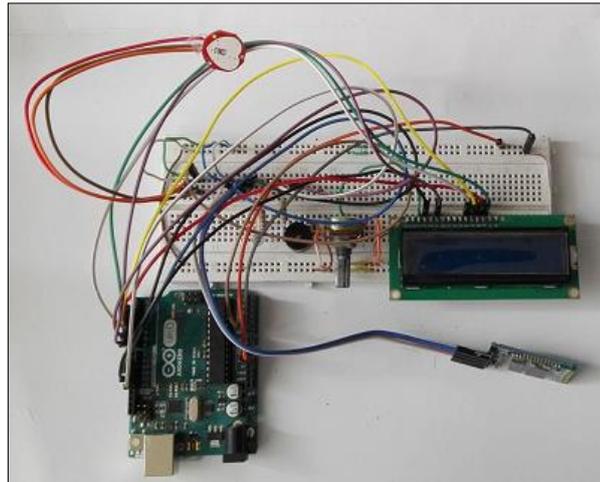


Figura 24-2 Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.2.1 *Sensor de Frecuencia Cardiaca*

Para obtener una medida fiable mediante este sensor, es prescindible establecer un algoritmo el cual permita capturar los picos máximos de la señal detectada por el sensor, las señales vienen acompañadas de señales de ruido, las cuales deben ser diferenciadas para obtener un cálculo correcto. En la *Figura 25-2* se puede observar la señal que entrega el sensor para lo cual se ha utilizado un osciloscopio, en la misma se muestra los picos máximos y las señales de ruido.

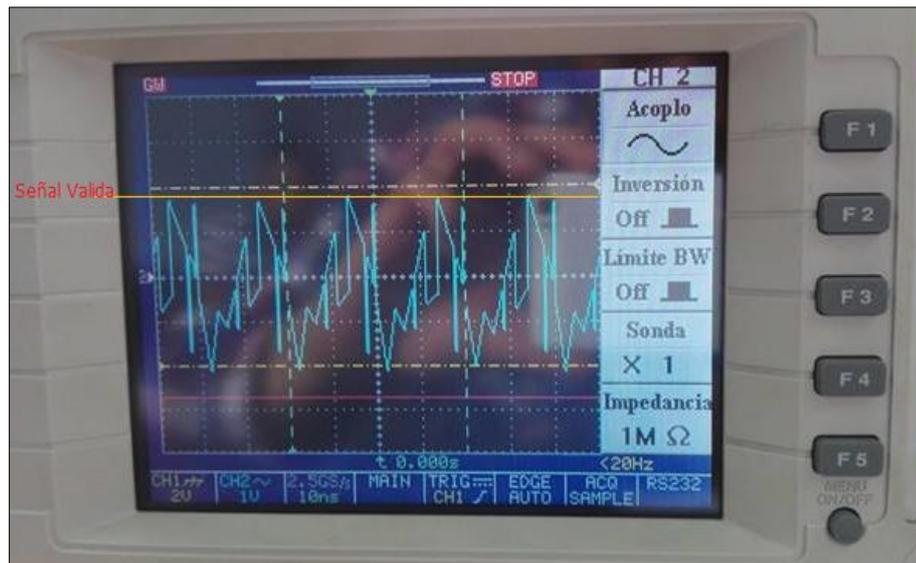


Figura 25-2 Señales del sensor de pulso.
Fuente: Pastrano Luis, 2017

En función a lo visualizado en el osciloscopio se nota que los picos máximos son las señales del pulso, como se había indicado al principio de este capítulo este sensor es de tipo plug and play por lo que entrega una señal analógica, la misma que tiene un nivel de voltaje en cada señal, es decir se realiza una conversión Analógico/Digital, con una representación de 0 a 1024 bits lo que representa 5V, por lo que el pulso medido tiene un nivel energético que de acuerdo a los datos de la hoja técnica del sensor indica que se mueve en un rango de 512 a 900 dentro del rango mencionado.

Para poder calcular los niveles donde el pulso tiene su medida correcta se determinó que existe un periodo de 10 milisegundos entre medidas correctas, por lo que hay un intervalo de 2 milisegundos entre cada pico máximo, de esta manera se necesita crear una función de interrupción en la cual se define el algoritmo de cálculo, el microcontrolador ATmega328 propio de Arduino UNO, posee esta función la cual ya está creada para el funcionamiento de este sensor, por lo que se requiere establecer los parámetros de cálculo.

La función interrupt realiza un muestreo de las señales, y de acuerdo a los tiempos de medición de picos, compara si la señal otorgada por el sensor supera un valor de 512, luego con un contador determina los niveles máximos, ahora en la estructura del programa se llama a esta función y mediante contadores se determina el pulso de acuerdo a una conversión de nivel energético y

latido por minuto, aquí se compara si el pulso medido está dentro de los parámetros normales o existe alguna anomalía.

Si la frecuencia cardíaca medida está entre un rango de 60 a 100 LPM, se considera normal, y a través de pantalla se muestra el mensaje “FELIZ VIAJE” y se indica la Frecuencia cardíaca calculada. Si el valor medido está por encima o debajo del rango establecido, se muestra el mensaje “DISMINUYA LA VELOCIDAD” el valor del pulso cardíaco, se enciende un indicador luminoso y se activa una señal sonora con propósito de alerta.

La medición se realiza en un intervalo de un minuto, enviándose hacia el Nodo 1 la información de la frecuencia cardíaca a través de una interfaz inalámbrica bajo tecnología Bluetooth, para que en este nodo se proceda a subir los datos a la aplicación de monitoreo que se encuentra en la WEB y si existiese anomalías al igual que en la detección del nivel de alcohol, se envía un mensaje de alerta a un familiar. Esta funcionalidad del proyecto está orientado para prestar una referencia del estado de salud de un conductor, especialmente si ha presentado cuadros previos de problemas cardíacos.

2.8.2.2 Módulo Bluetooth HC-05 maestro

Para establecer el enlace vía Bluetooth entre el Nodo 2 y Nodo 1, para enviar la información de la frecuencia cardíaca se ha utilizado un módulo Bluetooth modo maestro HC-05, debido a que en este modo un dispositivo bajo esta tecnología puede transmitir datos y conectarse hasta con 7 módulos esclavos, la información se envía en forma cadena de caracteres, y en el destino para procesar se requiere reconstruir la cadena y transformar a entero en caso que los datos sean de tipo numérico y se necesite realizar algún proceso matemático.

Al igual que en el módulo HC-06 se debe realizar la configuración del nombre de dominio, contraseña, además de ingresar la dirección MAC del dispositivo destino, de esta forma se establece una comunicación libre de interferencias de otros dispositivos. Para configurar el dispositivo se debe ponerlo en modo AT, manteniendo presionado un botón que viene en el dispositivo y al hacerlo alimentarlo, de esta forma su indicador led debe quedar en un estado de parpadeo lento.

Los comandos para entrar a la configuración del dispositivo son los mismos que se utilizaron en el módulo HC-06 (*Figura 23-2*) la única diferencia es la velocidad del monitor serial a 38400 y los comandos AT mostrados en el apartado *Módulo Bluetooth*. Este procedimiento se realiza en el monitor serial en modo “Ambos NL & CR” con una velocidad de 38400 baudios, configurándose lo siguiente:

- ✓ Nombre: CARDIOM
- ✓ PIN: 0000 el mismo en el módulo esclavo
- ✓ BAUD: 9600 la misma velocidad en el módulo esclavo
- ✓ ROLE: 1 Master
- ✓ CMODE: 0, modo de conexión a dirección específica.
- ✓ BIND: Dirección MAC del módulo esclavo

De esta forma se procede a conectar a la tarjeta Arduino, la distribución de pines se muestra en la *Tabla 18-2*, en la conexión se cruza los pines TX y RX, puesto que el TX del módulo se conecta al RX del Arduino, un dispositivo envía y el otro recibe, así mismo los pines TX de Arduino al RX del módulo, lo que transmite la tarjeta se recibe a través del módulo Bluetooth.

Tabla 18-2 Conexión módulo Bluetooth HC-05 – Arduino Uno

PINES Bluetooth HC-05	PINES ARDUINO UNO
Vcc	5 V
RX	11 TX
TX	10 RX
GND	GND

Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.3 Gateway – Aplicación Web

Como se había indicado con anterioridad, se ha hecho uso del hosting eshost.com.ar, en cuyo servidor se almacena la información enviada por nuestro sistema, al ingresar a la página de la empresa eshost para acceder a su servicio es necesario crear una cuenta y permite crear un dominio web, el cual ha sido creado con la dirección: www.driversecurity.eshost.com.ar, la cual en poco tiempo fue reconocido por el servidor DNS.

Los archivos necesarios para la operación de la Aplicación Web deben ser subidos al panel de control del administrador en línea el cual está complementado con el servidor FTP del hosting contratado, los archivos subidos se muestran en la *Figura 26-2*.

All	Name	Type	Size	Owner	Group	Perms	Mod Time	Actions
	Up ...							
	css	Directory	4096	18844448	18844448	nan-n-nx	Oct 3 18:42	
	images	Directory	4096	18844448	18844448	nan-n-nx	Feb 23 17:07	
	includes	Directory	4096	18844448	18844448	nan-n-nx	Feb 18 21:38	
	js	Directory	4096	18844448	18844448	nan-n-nx	Oct 3 19:30	
	ayuda.php	PHP script	5460	18844448	18844448	nan-n-n-	Feb 18 17:44	Edit
	index.php	PHP script	4871	18844448	18844448	nan-n-n-	Feb 18 17:30	Edit
	mapa.php	PHP script	2247	18844448	18844448	nan-n-n-	Oct 3 16:14	Edit
	masinfo.php	PHP script	8712	18844448	18844448	nan-n-n-	Feb 22 20:29	Edit
	masinfo2.php	PHP script	8422	18844448	18844448	nan-n-n-	Feb 23 17:05	Edit
	monitoreo.txt	Text file	32	18844448	18844448	nan-n-n-	Mar 21 16:43	Edit
	monitoreot.txt	Text file	32	18844448	18844448	nan-n-n-	Mar 21 16:43	Edit
	notas.txt	Text file	433	18844448	18844448	nan-n-n-	Sep 20 18:11	Edit
	reglamento.php	PHP script	4337	18844448	18844448	nan-n-n-	Oct 2 20:30	Edit
	rtmo.php	PHP script	4684	18844448	18844448	nan-n-n-	Nov 12 12:08	Edit

Figura 26-2 Administrador de archivos de la Aplicación Web.
Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.3.1 Diseño de la interfaz de Usuario

El desarrollo de la interfaz de usuario de la aplicación web ha sido realizado bajo lenguaje de programación PHP para otorgar un diseño dinámico, ayudado por el software Dreamweaver CS6, en la *Figura 27-2* se muestra la interfaz de usuario diseñada para la aplicación web.



Figura 27-2 Interfaz de Usuario de la Aplicación Web
Fuente: Pastrano Luis, 2017

2.8.4 Función extra – Aplicación Móvil (Desbloqueo)

Se ha desarrollado una aplicación móvil bajo plataforma Android, con el fin que si el sistema ha detectado un alto nivel de alcohol y obviamente el relé a su salida mantiene en modo de circuito abierto, lo que significa que el automóvil no podrá encenderse, poder cerrar el circuito y que el auto se pueda encender.

Esta aplicación está destinada a ser instalada en el teléfono móvil del familiar que sea programado como tutor del conductor, esta aplicación funciona mediante un enlace inalámbrico por tecnología Bluetooth, se usa un módulo HC-06 en el Nodo 1 previamente configurado y el celular.

Los comandos para entrar a la configuración del dispositivo son los mismos que se utilizaron en el módulo HC-06 (*Figura 23-2*) la única diferencia es la velocidad del monitor serial a 9600 y los comandos AT mostrados en el apartado *Módulo Bluetooth*. Este procedimiento se realiza en el monitor serial en modo “Sin salto de línea” con una velocidad de 38400 baudios, para este proceso se ha configurado los siguientes parámetros:

- ✓ Nombre: Drive
- ✓ PIN: 0000 el mismo para conectarse con el teléfono móvil.
- ✓ BAUD: 9600 velocidad de enlace

En la *Tabla 19-2* se muestra la conexión de pines del módulo Bluetooth utilizado y la tarjeta Arduino Mega en el Nodo 1.

Tabla 19-2 Conexión módulo Bluetooth HC-06 – Arduino Mega

PINES Bluetooth HC-06	PINES ARDUINO UNO
Vcc	5 V
RX	49 TX
TX	48 RX
GND	GND

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Por otro lado la aplicación móvil ha sido desarrollado en la herramienta software MIT App Inventor 2, es un software libre en el cual se puede trabajar en línea, el diseño de la aplicación se realiza a través de una interfaz gráfica en la cual se crea la interfaz deseada y los botones e información que en ella se mostrará, como se muestra en la *Figura 28-2*.

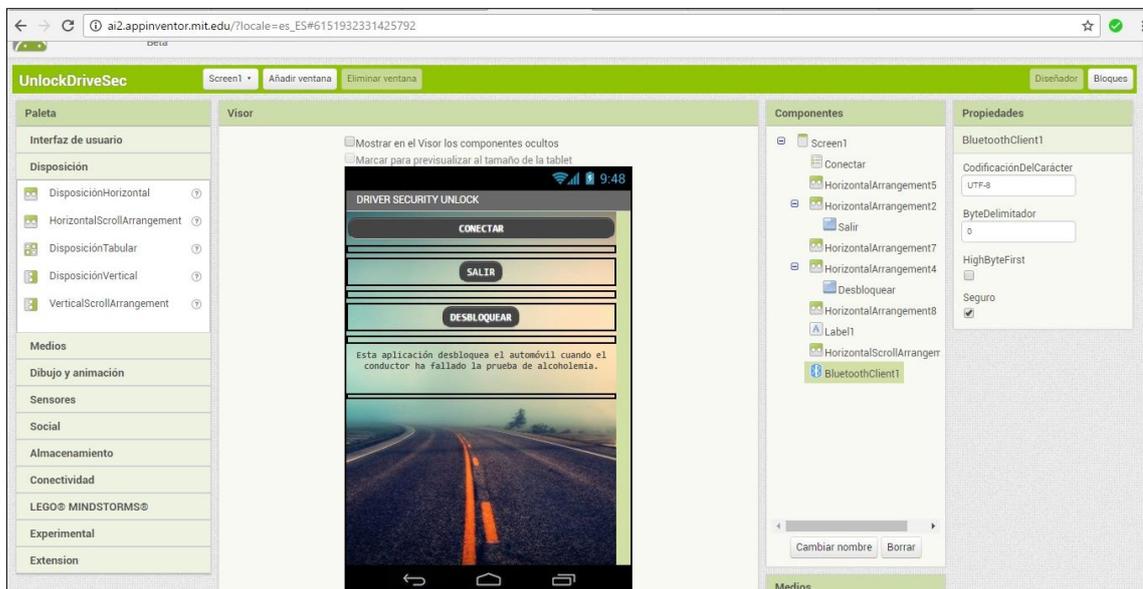


Figura 28-2 Diseño de interfaz de aplicación móvil.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Luego de haber establecido los parámetros a mostrarse en la interfaz de usuario se procede a programar el funcionamiento de cada elemento mediante una estructura de bloques, que es un

lenguaje de programación orientado a objetos, la estructura del programa se muestra en la *Figura 29-2*.

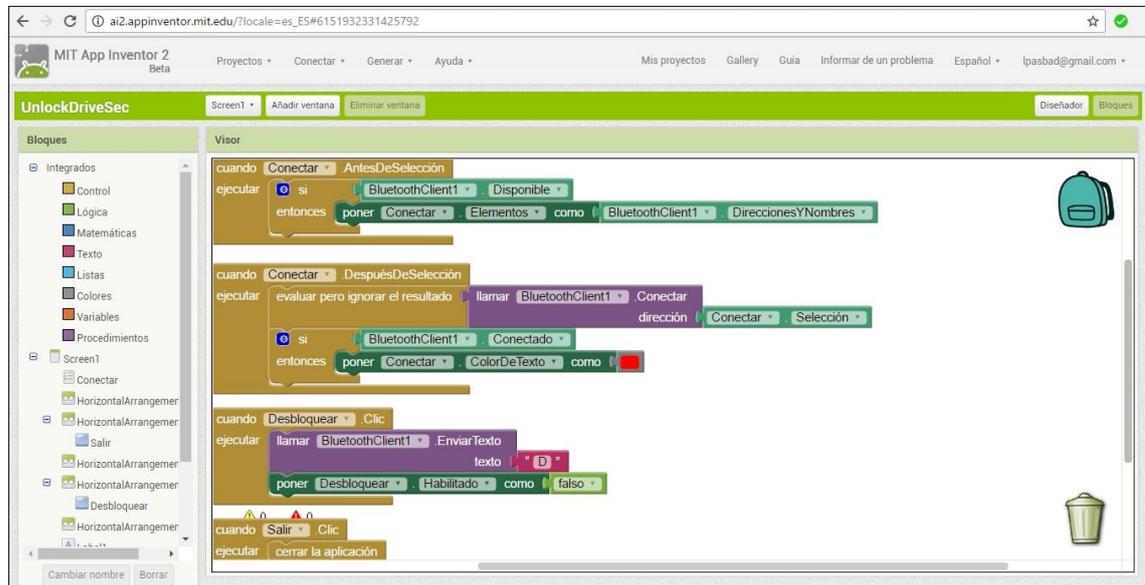


Figura 29-2 Estructura del programa de la aplicación móvil.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

De manera específica esta aplicación se conecta vía Bluetooth al Nodo 1 – Alcoholemia, y mediante un botón se ordena cerrar el circuito y así se podría poner en marcha el vehículo, claramente esta acción debe ser realizada por el familiar que le preste ayuda al conductor que se encuentre en estado de ebriedad para conducirlo de manera segura a su casa. La *Figura 30-2* presenta la interfaz de usuario de la aplicación diseñada ya instalada en un teléfono móvil, a la aplicación se la ha nombrados como *“DRIVER SECURITY UNLOCK”*.



Figura 30-2 Aplicación Móvil – Desbloqueo.
Fuente: Pastrano Luis, 2017

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se indicaran los respectivos análisis en función de las variables de medición manejadas por el sistema como son las señales biométricas medidas (nivel de alcohol en aliento humano y frecuencia cardiaca), GPS y consumo de energía. Así como factores de diseño del desarrollo del proyecto.

3.2 BANCO DE PRUEBAS

En esta etapa se da a conocer los resultados del análisis de la detección de alcohol por prueba de aliento y medición de la frecuencia cardiaca.

3.2.1 *Análisis - Nivel de alcohol*

El análisis del nivel de alcohol que detecta el sensor de alcohol MQ-3 se ha realizado midiendo la concentración de alcohol en una persona con tres bebidas de consumo común:

- ✓ Cerveza
- ✓ Vino
- ✓ Ron (Licor)

Con cantidades que generalmente las personas ingieren, el lapso de medida es de 15 minutos luego de la ingesta de cierta cantidad de bebida, este tiempo ha sido estipulado debido a que en

este lapso de tiempo el alcohol se concentra y el aliento no solo proviene de la boca, más bien procede desde los pulmones, donde la medida es correcta.

Los resultados obtenidos serán comparados con una tabla analítica de concentración de alcohol en la sangre en función de la cantidad de bebida ingerida indicada en el estudio realizado por el Ministerio del Interior y la Dirección de Tráfico del Gobierno de la República de España, el mismo que se muestra en la *Tabla 1-3* y la medición a través del sistema Driver Security mostrado en la *Figura 1-3*.

Tabla 1-3 Concentración de alcohol por bebidas.

TASA DE ALCOHOLEMIA DE BEBIDAS MÁS HABITUALES			
TIPO DE BEBIDA	CANTIDAD	HOMBRE 70-90 Kg.	MUJER 50-70 Kg.
 CERVEZA 330ml 5°	1 tercio	0,21-0,28	0,34-0,48
	2 tercios	0,43-0,55	0,68-0,95
	3 tercios	0,64-0,83	1,02-1,43
 VINO/CAVA 100ml 12°	1 vaso	0,16-0,20	0,25-0,35
	2 vasos	0,31-0,40	0,50-0,69
	3 vasos	0,47-0,60	0,74-1,04
 VERMÚ 70ml 17°	1 vaso	0,15-0,20	0,25-0,34
	2 vasos	0,31-0,40	0,49-0,69
	3 vasos	0,46-0,60	0,74-1,03
 LICOR 45ml 23°	1 vaso	0,13-0,17	0,21-0,30
	2 vasos	0,27-0,35	0,43-0,60
	3 vasos	0,40-0,52	0,64-0,90
 BRANDY 45ml 38°	1 vaso	0,22-0,29	0,35-0,49
	2 vasos	0,44-0,57	0,71-0,99
	3 vasos	0,67-0,86	1,06-1,48
 COMBINADO 50ml 38°	1 vaso	0,25-0,32	0,39-0,55
	2 vasos	0,49-0,63	0,78-1,10
	3 vasos	0,74-0,95	1,18-1,65

Fuente: (Ministerio del Interior, 2014)



Figura 1-3 Driver Security – Alcoholemia
Fuente: Pastrano Luis, 2017

La prueba se ha realizado con una persona de sexo masculino, 27 años y un peso de 85 Kg, obteniéndose los resultados que se muestran en la *Tabla 2-3*.

Tabla 2-3 Análisis – Nivel de Alcohol

Bebida	Cantidad	Intervalo de Tiempo	Driver Security (LPM)	Nivel promedio de referencia (LPM)		Conducción (SI/NO)
				Min	Max	
Cerveza	1 vaso	15 min	0.11	0.16	0.20	SI
	2 vasos	+15 min	0.37	0.31	0.40	NO
	3 vasos	+15 min	0.46	0.47	0.60	NO
Vino	1 vaso	15 min	0.19	0.21	0.28	SI
	2 vasos	+15 min	0.42	0.43	0.55	NO
	3 vasos	+15 min	0.56	0.64	0.83	NO
Ron (Licor)	1 vaso	15 min	0.25	0.25	0.32	SI
	2 vasos	+15 min	0.51	0.49	0.63	NO
	3 vasos	+15 min	0.66	0.74	0.95	NO

Fuente: Pastrano Luis, 2017

De acuerdo a las mediciones realizadas por el sistema y los rangos mostrados por el estudio del gobierno español, nos hace notar que un dispositivo de medición siempre entregará datos fiables respecto a la teoría, entonces en vista de los datos arrojados por la detección del sensor se

comprueba que la medición del nivel de alcohol es fiable y cumple con la normativa y legislación vigente en el artículo 385 del COIP sección infracciones de tránsito.

De acuerdo a las mediciones realizadas de la tasa de alcoholemia con el equipo, se puede apreciar que existe una alta sensibilidad del sensor a la detección de alcohol, determinándose así que el sistema tiene una fiabilidad del 100%, lo que permite dotar de seguridad al conductor.

3.2.2 *Análisis - Frecuencia Cardiaca*

Para analizar la fiabilidad de cálculo de la frecuencia cardiaca medida por nuestro sistema se ha realizado una comparación con un tensiómetro electrónico marca WS-300 el cual se muestra en la *Figura 2-3* y con el sistema de medición de frecuencia cardiaca Driver Security que se indica en la *Figura 3-3*. Se ha tomado un total de 30 muestras de medición de pulso, distribuidas en intervalos de 10 muestras, en la mañana, al medio día y en la noche respectivamente, cada medición con un intervalo de 6 minutos.



Figura 2-3 Tensiómetro electrónico WS-300
Fuente: Pastrano Luis, 2017



Figura 3-3 Driver Security – Frecuencia Cardiaca
Fuente: Pastrano Luis, 2017

Los datos recopilados y el análisis se muestran en la *Tabla 3-3*.

Tabla 3-3 Análisis Frecuencia Cardiaca

Parte del día	Muestra	Driver Security	Tensiómetro WS-300	Error absoluto
Mañana (08:00 – 09:00)	1	44	44	0
	2	46	45	1
	3	47	48	1
	4	61	63	2
	5	65	66	1
	6	68	66	2
	7	62	64	2
	8	60	60	0
	9	67	65	2
	10	64	64	0
Medio día (12:00 – 13:00)	11	67	66	1
	12	78	76	2
	13	76	75	1
	14	75	75	0
	15	72	74	2
	16	66	67	1

	17	62	60	2
	18	60	62	2
	19	75	72	3
	20	66	64	2
Noche (19:00 – 20:00)	21	81	78	3
	22	75	76	1
	23	80	83	3
	24	81	83	2
	25	80	82	2
	26	77	75	2
	27	69	66	3
	28	67	65	2
	29	67	67	0
	30	66	65	1
Media		67.47	67.20	1.53
Desviación estándar		9.86	9.90	
Coeficiente de variación		0.146	0.147	
Error promedio				

Fuente: Pastrano Luis, 2017

La medición realizada indica que el sistema es confiable teniendo una tasa de error promedio de 1.53, donde las mediciones individuales varían en rangos de 0 a 3 puntos de diferencia, con coeficiente de variación de 0.15 dando como resultado que los datos medidos son homogéneos y de acuerdo al resultado de la desviación estándar los valores no se encuentran muy dispersos de la media. De esta forma el Nodo 2 es un equipo confiable, el medidor de frecuencia cardiaca puede ser utilizado como referencia.

3.2.3 Datos de consumo de corriente Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación

Se ha hecho una medición de la cantidad de energía que consume este nodo, para el factor de corriente, ya que en voltaje todos los dispositivos están alimentados a 5 voltios. En la *Tabla 4-3* se observa el consumo que se genera para el funcionamiento del sistema.

Tabla 4-3 Consumo de corriente – Nodo 1

N°	Dispositivo	Consumo
1	Shield GSM/GPRS Sim900	300 mA

2	GPS Neo-6m	37 mA
3	Módulos HC-06	60 mA
4	Relé	1.5 mA
5	Salidas de alerta (Diodos, Zumbador)	0.5 mA
6	LCD 16x2	1.5 mA
7	Sensor Alcohol MQ-3	150 mA
TOTAL		550.5 mA

Fuente: Pastrano Luis, 2017

El consumo de corriente en el Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación es de 550.5 mA, soportado por baterías de automotores que sería la fuente de energía de este nodo, para efectos de pruebas del sistema se ha utilizado una fuente de alimentación de 12 voltios a 2 amperios, ya que la tarjeta Arduino Mega soporta una alimentación externa de 5 a 12 voltios y un rango de corriente de hasta 2 amperios. De esta manera este nodo tiene energía sustentable por el tiempo en el que el usuario se encuentre operando su automotor, así como otorgar un monitoreo constante.

3.2.4 Datos de consumo de corriente Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca

Se ha hecho una medición de la cantidad de energía que consume este nodo, para el factor de corriente, donde el voltaje de todos los dispositivos está alimentados a 5 voltios. En la *Tabla 5-3* se observa el consumo que se genera para el funcionamiento del sistema.

Tabla 5-3 Consumo de corriente – Nodo 2

N°	Dispositivo	Consumo
1	Sensor de Pulso Cardiaco	150 mA
3	Módulo HC-05	30 mA
5	Salidas de alerta (Diodo, Zumbador)	0.5 mA
6	LCD 16x2	1.5 mA
TOTAL		182 mA

Fuente: Pastrano Luis, 2017

El consumo de corriente del Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca es de 182 mA, por lo que el banco de batería utilizado soporta el consumo medido, pues entrega una corriente de 1.5 amperios haciendo

que la independencia energética sea de largo plazo alrededor de 20 horas de operación continua, luego de eso se recomienda recargarla mediante cable USB o también por recarga solar. Esta batería alimenta la tarjeta Arduino a través del puerto PC, otorga una alimentación de 5 voltios y una corriente de 1.5 amperios.

3.3 MONITORIZACIÓN

Aquí se indica los resultados del monitoreo previo envío de datos hacia internet a través de la interfaz de comunicación e infraestructura de red GSM/GPRS, registrándose las señales biométricas medidas por el sistema en sus respectivas formas de detección y operación.

3.3.1 Aplicación Web – Monitoreo

Como se ha indicado con anterioridad la aplicación web colgada en la nube (internet) se ha desarrollado mediante lenguaje de programación php, soportado con un servidor ftp con un hosting gratuito en el servidor de la empresa de hosting Eshost ubicado en Argentina.

3.3.1.1 Interfaz de mapa en tiempo real

Cuando el automotor no puede encenderse debido a que se ha fallado la prueba de aliento para conocer la concentración de alcohol en la sangre del conductor se envía su ubicación a la aplicación cuya interfaz cuenta con un mapa en el cual se muestra la ubicación en la zona donde se encuentra el conductor, además estos datos se envían cada 3 minutos como método de localización por GPS, tal como se muestra en la *Figura 4-3*.

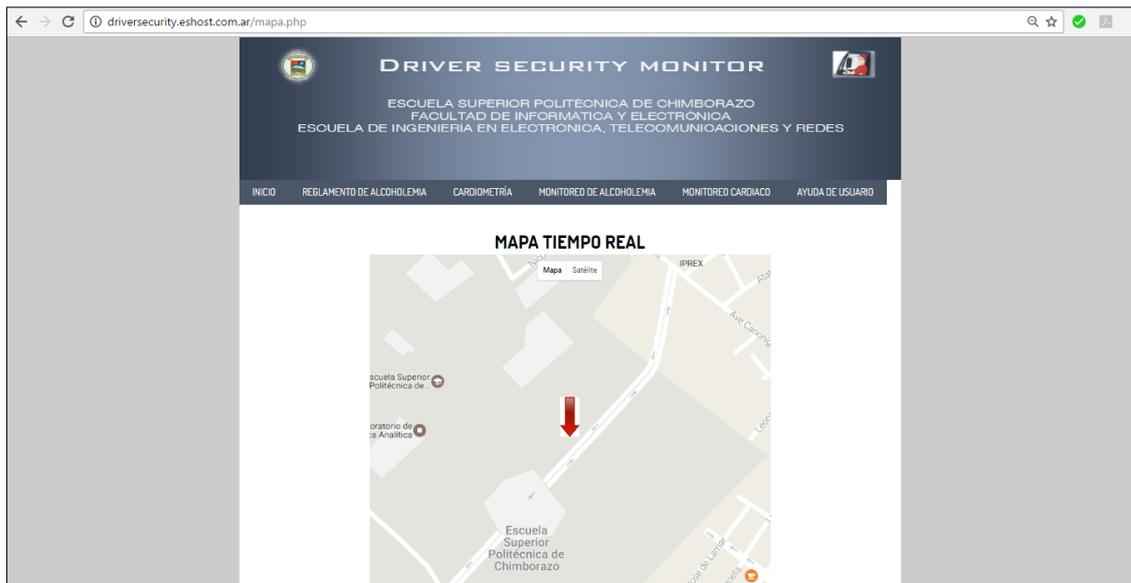


Figura 4-3 Interfaz de mapa en tiempo real.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

3.3.1.2 Tabla informativa de alcoholemia,

Cuando se ha realizado el test de aliento para detectar el nivel de alcohol del conductor en caso que este se encuentre en estado de ebriedad se envía una alerta al familiar mediante mensaje de texto, en el mismo se encuentra la dirección de la aplicación en la que al ingresar al monitoreo de alcoholemia se muestra una tabla en la que se indica el nivel de alcohol calculado, fecha y hora, observación de alerta y diferenciación de la misma a través de colores, como se puede observar en la *Figura 5-3*.

Alerta	Tipo de Alerta	Nivel de Alcohol	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Observación
Auto Bloqueado	Ebriedad Moderada	03/10/2016	19:45:13	-1.646661	-78.676693	Se prohíbe conducir un automotor	

© 2016 Sistema de Monitoreo de Señales Biométricas en Tiempo Real.
Derechos Reservados de Luis Gonzalo Pastrano Badillo.
Riobamba - Ecuador.

Figura 5-3 Monitoreo de alcoholemia

Fuente: Pastrano Luis, 2017

3.3.1.3 Tabla informativa de frecuencia cardiaca

Los datos del registro de la frecuencia cardiaca se hace envía directamente a la aplicación, y en caso de anomalías se alerta al familiar al igual que en el apartado anterior mediante mensaje de texto, al ingresar a la opción Monitoreo cardiaco se despliega una tabla en la cual se encuentra el pulso medido, fecha y hora, observación del estado de la persona y diferenciación de niveles de frecuencia por colores, así se puede ver en la *Figura 6-3*.



Figura 6-3 Monitoreo de frecuencia cardiaca.

Fuente: Pastrano Luis, 2017

3.4 PRESENTACIÓN Y COSTOS

3.4.1 Producto Final

Finalmente se presenta el sistema ensamblado, el Nodos 1 se ha ensamblado en una caja de madera estructurada para albergar todos los dispositivos, de manera ordenada y que otorgue comodidad, el ensamblaje de este nodo se muestra en la *Figura 7-3*.



Figura 7-3 Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación (Ensamblado)
Fuente: Pastrano Luis, 2017

El Nodo 2 se ha ensamblado a manera de brazalete y un guante para ubicar el sistema de medición de la frecuencia cardiaca, mismo que se puede ver en la *Figura 8-3*.



Figura 8-3 Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca (Ensamblado)
Fuente: Pastrano Luis, 2017

3.4.2 *Análisis de costos*

La realización del proyecto tiene un costo de producción que se detalla en la *Tabla 6-3*.

Tabla 6-3 Análisis de costos.

Detalle	Cantidad	Costo
Nodo 1 – Alcoholemia y Comunicación		
Arduino Mega	1	\$24.00
Shield Sim900	1	\$45.00
Módulo HC-06	2	\$22.00
Sensor MQ-3	1	\$07.00
Módulo Relé	1	\$08.00
GPS Neo-6m	1	\$25.00
LCD 16x2	1	\$06.00
Potenciómetro (100 k Ω)	1	\$01.00
Resistor (220 Ω)	4	\$00.20
Zumbador	1	\$01.00
Diodo Led	5	\$00.50
Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca		
Arduino Uno	1	\$15.00
Módulo HC-05	1	\$11.00
Sensor de Pulso Cardiaco	1	\$20.00
LCD 16x2	1	\$06.00
Banco de batería	1	\$17.00
Potenciómetro (100 k Ω)	1	\$01.00
Resistor (220 Ω)	4	\$00.20
Zumbador	1	\$01.00
Diodo Led	5	\$00.50
Otros Elementos		
Cables de Conexión	1 Paquete	\$15.00
Estaño	4 metros	\$02.00
Chasis Acrílico	1	\$11.00
Chasis Madera	1	\$20.00
Brazalete	1	\$14.00
Transporte		\$20.00
Programación		\$20.00
Mano de obra		\$50.00
Varios		\$10.50
	Total	\$373.90

Fuente: Pastrano Luis, 2017

De acuerdo a la recopilación de costos de producción, el sistema tiene un costo de \$373.90 que no es muy elevado tomando en cuenta las características operativas del sistema.

CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de monitorización de señales biométricas es importante para precautelar la seguridad de las personas al conducir pues se crea un control sobre su estado psicomotriz y se concientiza al ser humano desempeñar la conducción responsablemente.
- La aplicación de tecnologías de electrónica inalámbrica, es de ayuda para desarrollar este tipo de sistemas, que ayuden a precautelar la seguridad de conductores.
- El test de alcoholemia realizado por el equipo en base a las pruebas realizadas, permite determinar que tiene una fiabilidad del 100% debido a la alta sensibilidad del sensor de alcohol utilizado y de esta forma su lectura está dentro de las normativas de la legislación vigente.
- El diseño realizado se enfoca en el aprovechamiento de tecnologías de comunicación inalámbrica, de corto y largo alcance para tareas de monitoreo que dentro de un ambiente de interés se pueda conformar pequeñas redes de datos y WSN, así se puede optimizar recursos y utilizar infraestructura tecnológica existente.
- El monitoreo de la señal biométrica de frecuencia cardíaca permite llevar el control del rendimiento cardiovascular del conductor, que de acuerdo al análisis realizado en el banco de pruebas para frecuencia cardíaca tiene un margen de error promedio de 1.53 haciendo confiable su medición.
- La red GSM/GPRS permite transmitir datos a un sitio en internet, usando conmutación por paquetes hace que la información se transfiera con mayor seguridad.
- La tecnología GSM y GPRS son esenciales para desarrollar sistemas electrónicos de monitoreo, debido a la convergencia de red al compartir la misma infraestructura y compatibilidad con las nuevas tecnologías de telefonía celular especialmente el acceso a la red de datos.
- Los sensores de gas son de tipo analógico que entregan un valor en función del nivel de calor generado en su resistencia interna debido a la excitación de un gas específico.

- Los sensores de tipo plug and play convierten la señal detectada de analógica a digital, mediante muestreo, entrega una señal digital en un rango de 0 a 1024, los valores de este rango definen la medida de la señal detectada por el sensor.
- La utilización de Arduino como plataforma de desarrollo para este tipo de proyectos, es fiable, pues posee soporte web, dispositivos y shield compatibles de múltiples aplicaciones, disponibles en el mercado además que su programación es fácil.
- La conducción vehicular debe realizarse de manera responsable para lograr que la tasa de accidentes de tránsito y fallecimiento por conducción en estado de ebriedad disminuya.

RECOMENDACIONES

- Estudiar las problemáticas y/o necesidades de nuestro entorno y proponer soluciones con ingeniería.
- Para desarrollo de proyectos similares, se recomienda incluir otros sensores biométricos (temperatura, huella dactilar, reconocimiento de voz, reconocimiento facial, olor corporal) que ayuden a ampliar la seguridad y obtener un sistema más robusto.
- Investigar y desarrollar proyectos sobre tecnologías de redes vehiculares, por la alta aplicabilidad y visión futurista.
- Desarrollar más proyectos tecnológicos orientados a mejorar la calidad de vida y seguridad de las personas.
- Utilizar la red de telefonía celular GSM/GPRS para proyectos de monitoreo, por la capacidad, servicios y la alta disponibilidad de dispositivos soportados por estas tecnologías.
- Se recomienda usar el módulo Bluetooth HC-05 para nodos de sensores inalámbricos ya que soporta los modos maestro y esclavo
- Para desarrollar una aplicación web se recomienda el lenguaje de programación PHP, pues permite crear interfaces dinámicas.
- El crear una aplicación web requiere contratar el servicio de un Hosting Web, se recomienda usar el de tipo gratuito, pues servicios de Hosting de esta naturaleza ofrecen capacidad de almacenamiento suficiente y el soporte de los principales protocolos para operar información en internet.
- Para subir los archivos que conforman el diseño de una aplicación o página web se recomienda utilizar software SmartFTP Client el cual se conecta al servidor FTP del hosting contratado, almacenando los archivos en el directorio raíz del dominio de la página creada.
- El sistema desarrollado debe ser ubicado en el área central del tablero de la cabina del automóvil, debido a que es un área donde no se tiene índice de interferencias por señales de

ruido generado por el motor u otro elemento propio del sistema funcional del automóvil, permitiendo que los módulos de comunicación y el equipo propiamente operen sin problemas.

- En sistemas similares la alimentación de la tarjeta Arduino debe estar entre 5 a 12 voltios corriente directa y 1 a 2 amperios para sustentar el consumo dispositivos e independencia energética a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

ANT. *Fallecidos Octubre*. Dirección de Estudios y Proyectos, Agencia Nacional de Tránsito. Quito, Octubre 2016. pp. 3-4, Estadísticas.

ANT. *Siniestros Junio*. Dirección de Estudios y Proyectos, Agencia Nacional de Tránsito. Quito, Junio 2016. pp. 2-3, Estadísticas.

ANT. *Siniestros Octubre*. Dirección de Estudios y Proyectos, Agencia Nacional de Tránsito. Quito, Octubre 2016. pp. 2-3, Estadísticas.

Arduino. *Arduino*. [En línea] Arduino, 2017. [Citado el: 19 de Enero de 2017.] Disponible en: <https://www.arduino.cc/>.

Arduino. *Intel Galileo*. Arduino Certified. [En línea] 2017. [Citado el: 19 de Enero de 2017.] Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo>.

Casanova Vásquez, María Paula. *Diseño, e instalación de un alcoholímetro electrónico con dispositivo de bloqueo de un vehículo*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz, 2014. [Citado el: 6 de Septiembre de 2016.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3732/1/65T00138.pdf>.

CLÚSTER ICT-AUDIOVISUAL DE MADRID. *Internet de las cosas: Objetos interconectados y dispositivos inteligentes*. [En línea] Madrid Network, Marzo de 2013. [Citado el: 20 de Octubre de 2016.] Disponible en: <https://actualidad.madridnetwork.org/imgArticulos/Documentos/635294387380363206.pdf>.

Coronel Silva, Valeria Estefanía y Tenelanda Santillán, Dennis Miguel. 2016. *Análisis de interoperabilidad de plataforma iot aplicado al desarrollo de un sistema de monitoreo de polución de aire para la ESPOCH*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, Marzo de 2016. [Citado el: 21 de Noviembre de 2016.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5440>.

Datasheet 291567. *PS25205B EPIC Ultra Low power ECG Sensor Advance Information*. Data Sheet 291567 issue 2. [En línea] Plessey Semiconductors Ltd. 2017. [Citado el: 24 de Enero de 2017.] Disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/50a2eefee4b091209446d3a0/t/50c29db3e4b001f1d6fea194/1354931635956/PS25205+Low+Power.pdf>.

DATA, TECHNICAL. *MQ-3 SENSOR GAS*. [En línea] HANWEI ELECTRONICS CO.LTD, 1998. [Citado el: 23 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://www.hwsensor.com>.

de Prada, Fernando y Martínez, José. *ALCOHOL Y ALCOHOLÍMETROS. Historia, fundamentos científicos y aplicación didáctica*. (Informe) [En línea] Anales de la Real Sociedad Española, Enero - Marzo de 2003. [Citado el: 10 de Septiembre de 2016.] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/637814.pdf>.

Delgado Parra, Gerson Enrique *BIOMETRÍA*. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Instituto Universitario de Tecnología Agro Industrial, Ingeniería de Sistemas – Ingeniería en Informática, 2015.

Diinsel S.A de C.V. 2016. *BREATH SCAN*. [En línea] Distribuidora Internacional Selecta, 2016. [Citado el: 20 de Octubre de 2016.] Disponible en: <http://www.diinsel.com/alcohol-en-aliento.html>.

Evans, Dave. *Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. (Informe) [En línea] Cisco IBSG, Abril de 2011. [Citado el: 22 de Octubre de 2016.] Disponible en: http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf.

Fernández Martínez, Roberto, et al. *Redes de Sensores Inalámbricas: Teoría y Aplicación Práctica*. (Investigación) Universidad de la Rioja, Grupo de Investigación EDMANS, España [En línea] 2013. [Citado el: 16 de Noviembre de 2016.] Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/377564.pdf>.

Fernández Martínez, Roberto, et al. *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. Logroño : Universidad de La Rioja, Grupo de Investigación EDMANS, Servicio de Publicaciones, España 2009. ISBN 978-84-692-3007-7.

Flores Carbajal, Esther Elena. *Redes de Sensores Inalámbricos Aplicado a la Medicina*. (Tesis) (Maestría). [En línea] Universidad de Cantabria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, España, Octubre 2012. [Citado el: 4 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1288/349251.pdf?sequence=1>.

Goldsmith, Andrea. *WIRELESS COMMUNICATIONS*. Stanford University: Cambridge University Press, England 2005. ISBN-13: 978-052-1837163, ISBN-10: 0521837162

Gonzales Vergara, C. Sergio Alberto. *Tecnología Bluetooth*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica, México,

Agosto de 2008. [Citado el: 28 de Enero de 2017.] Disponible en: www.sistemamid.com/download.php?a=3805.

Guañuna Pozo, César Giovanni. *Diseño e implementación de sistema de encendido para automóvil mediante bloqueo por alcocheck con dispositivos de peso y posición del conductor.* (Tesis) (Pregrado). [En línea] Universidad Técnica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Quito, 2014. [Citado el: 10 de Septiembre de 2016.] Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4813>.

Huerta , Eduardo, Mangiaterra, Aldo y Noguera, Gustavo. *GPS Posicionamiento satelital.* [ed.] Editora UNR. Argentina : Universidad Nacional de Rosario, 2005. págs. 1-13. ISBN 950-673-488-7.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Sistema de Posicionamiento Global - GPS.* (Sección de Libro) (Cap. 4) Mejoramiento de los sistemas de cartografía del territorio colombiano. [ed.] IGAC. Bogota, Colombia, 2007. [Consulta: 10 de Enero de 2017] Disponible en: ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf

Lara Tapia, Juan Carlos. *Conceptos básicos de telefonía celular.* (Monografía) (Pregrado). [En línea] Marzo de 2006. [Citado el: 8 de Enero de 2017.] Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10895/Conceptos%20telefonía%20celular.pdf?sequence=1>.

Libelium. *Libelium.* [En línea] 2017. [Citado el: 19 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://www.libelium.com/>.

Liñan Colina, Antonio, et al. *Internet de las cosas.* [Estudio] [En línea] Octubre de 2015. [Citado el: 22 de Octubre de 2016] Disponible en: <http://wireless.ictp.it/Papers/InternetdelasCosas.pdf>.

Maldonado Narváez, Verónica Elizabeth. *Comparación de protocolos de enrutamiento y modelos de movilidad para Redes Ad-Hoc Vehiculares usando mapas reales.* (Tesis) (Pregrado) [En línea] Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2012. [Citado el: 18 de Diciembre de 2016.] Disponible: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/4276>.

Michelena Calderón, Jaime Roberto. *Diseño de un sistema de monitoreo de incendios forestales en tiempo real basado en internet de las cosas y plataformas como servicio en la nube.* (Tesis) (Maestría) Informe final caso de estudio para unidad de titulación especial. [En línea] Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito, 2016. [Citado el: 24 de Octubre de 2016.] Disponible en : <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11307/JAIME%20MICHELENA%20Caso%20de%20Estudio%20Unidad%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ministerio de Justicia, Derechos Humanos y Cultos. *Código Orgánico Integral Penal*. Quito: Gráficas Ayerve C.A, 2014. pp. 137-141. ISBN: 978-9942-07-592-5.

Ministerio del Interior. *El alcohol y la conducción*. Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior España. Madrid : Carlos Navarro y DRIMWAY STUDIOS, 2014. NIPO: 128-14-040-2.

Muñoz Vera, Karina Alejandra. *Análisis de la Tecnología Long Term Evolution (LTE) para su posible implementación en el Ecuador*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Sangolquí, 2011. [Citado el: 9 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4700>.

Ponce, M.A, et al. *Comportamiento eléctrico de sensores de SnO₂ dopados con Bi₂O₃ y Sb₂O₃*. (Artículo) [En línea] 49° Congreso Brasileiro de Ceramica, 6-9 de Junio de 2005. [Citado el: 10 de Septiembre de 2016.] Disponible en: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2005/artigos/49cbc-10-26.pdf>.

Prada Pérez, Fiamma, et al. *Movilidad Inteligente*. (Investigación) [En línea] Ministerio de Industrias Energía y Turismo, España, 2015. [Citado el: 17 de Noviembre de 2016.] Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/395/FIAMMA%20PEREZ%20y%20OTROS.pdf>.

Rappaport, Theodore S. *Wireless Communications Principles and Practice*. s.l. : Prentice Hall, 2001. pp. 14-17. ISBN: 0130422320.

Robledo Ramos, Carlos. *Introducción a la telefonía celular*. (Titulación por Seminario) [En línea] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Culhuacan, México, 5 de Noviembre de 2007. [Citado el: 9 de Enero de 2017.] Disponible en: http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-27_04-15-36110889.pdf.

Rocabado Moreno, Sergio Hernán. *Caso de estudio de comunicaciones seguras sobre redes móviles ad hoc*. (Tesis) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Informática, Argentina, Diciembre de 2013. [Citado el: 18 de Diciembre de 2016.] Disponible en: http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Redes_de_Datos/Tesis/Rocabado_Moreno_Sergio.pdf.

Saigua Carvajal, Silvia Fernanda y Villafuerte Haro, María Verónica. *Evaluación de las topologías físicas de WSN mediante la implementación de un prototipo de medición de variables ambientales para el G.E.A.A. - ESPOCH*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, Riobamba, 8 de Marzo de 2014. [Citado el: 30 de Diciembre de 2016.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3241>.

Sánchez Wevar, Juan Andrés. *Análisis y Estudio de Redes GPRS*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Electricidad y Electrónica, Chile, 2005. [Citado el: 24 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis211a/doc/bmfcis211a.pdf>.

Serpas , Juan Gilberto, Ramírez N., Manuel y Obaldía , Franklin. "PGS: El sistema de posicionamiento global". *UNICIENCIA 21* [En línea] 2004 (España). pp. 27-35 [Citado el: 10 de Enero de 2017.] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5381247.pdf>.

Smeltzer, Suzanne C y Bare, Brenda G. *Enfermería Medicoquirúrgica de Brunner y Suddarth*. [trad.] Claudia Cervera, Ignacio Sánchez y Esteban Fraga. Séptima. Philadelphia : NUEVA EDITORIAL INTERAMERICANA, S.A. de C.V. una división de MCGRAW-HILL, Inc. , 1994. Vols. I - II. ISBN 0-397-54797-8.

Tintín Durán, Edison Ismael. 2015. *Diseño y elaboración de un prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles*. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Electrónica, 2015. [Citado el: 10 de Septiembre de 2016.] Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7982/1/UPS-CT004847.pdf>.

Tripp-Barba, Carolina y Aguilar Igartua, Mónica. "RED HÍBRIDA VEHICULAR Y DE SENSORES: ESTADO DEL ARTE". *RITI Journal*, año (2013) Volumen (1, 1). [En línea] Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán, México, 19 de Febrero de 2013. [Citado el: 18 de Diciembre de 2016.] Disponible en: http://casesis.net/riti/11/Vol1No1_II.pdf. ISSN: 2387-0893.

UIT-T Y.2060. *Descripción general de Internet de los objetos*. [En línea] UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT, Junio de 2012. [Citado el: 22 de Octubre de 2016.] Recomendación UIT-T Y.2060. Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559&lang=es>.

Urbano Molano, Fernando Aparicio. "Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización en Agricultura de Precisión para Cultivos de Café en Colombia". *Journal de Ciencia e Ingeniería*. [En línea] Colombia, Agosto de 2013. [Citado el: 3 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://jci.uniautonoma.edu.co/2013/2013-8.pdf>. ISSN 2145-2628.

Vallejo Mera, Gabriela Patricia. *Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad.* (Tesis) (Pregrado). [En línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, Ambato, Octubre de 2015. [Citado el: 24 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15108>.

Xia, Feng, et al. *Internet of Thing.* [En línea] John Wiley & Sons, Ltd, 2012. [Citado el: 20 de Octubre de 2016.] Disponible en: <http://www.homeworkmarket.com/sites/default/files/q5/04/07/danainfo.acppwiszgmk2n0u279qu76contentserver.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1: SENSOR MQ-3 – HOJA TÉCNICA

HANWEI ELETRONICS CO.,LTD

MQ-3

<http://www.hwsensor.com>

TECHNICAL DATA

MQ-3 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to alcohol and small sensitivity to Benzine .
- * Fast response and High sensitivity
- * Stable and long life
- * Simple drive circuit

APPLICATION

They are suitable for alcohol checker, Breathalyser.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	200K Ω	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 750mw	

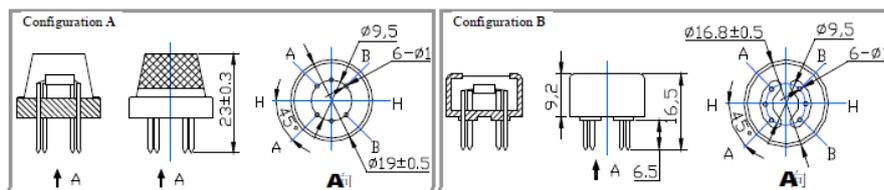
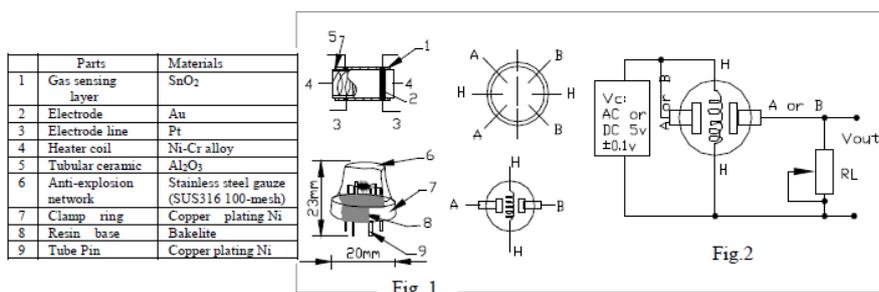
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃ -50℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃ -70℃	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R _s	Sensing Resistance	1M Ω - 8 M Ω (0.4mg/L alcohol)	Detecting concentration scope: 0.05mg/L—10mg/L Alcohol
α (0.4/1 mg/L)	Concentration slope rate	≤ 0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65% ± 5%	V _c : 5V ± 0.1 V _H : 5V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



TEL: 86-371-67169070 67169080 FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

Structure and configuration of MQ-3 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-3 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

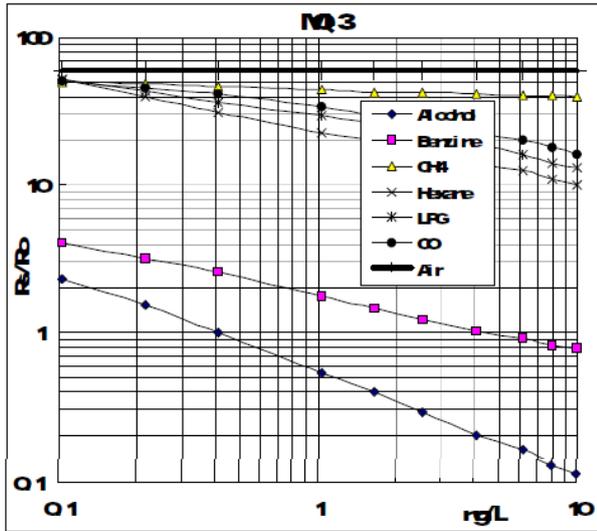


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-3

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-3 for several gases. in their: Temp: 20℃, Humidity: 65%, O₂ concentration 21% RL=200kΩ
 Ro: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol in the clean air.
 Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

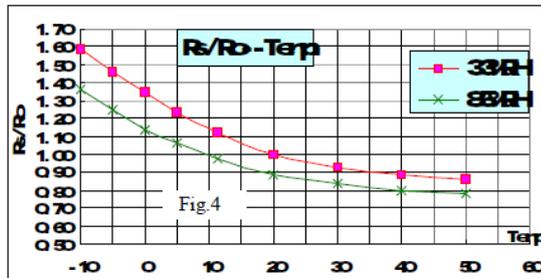


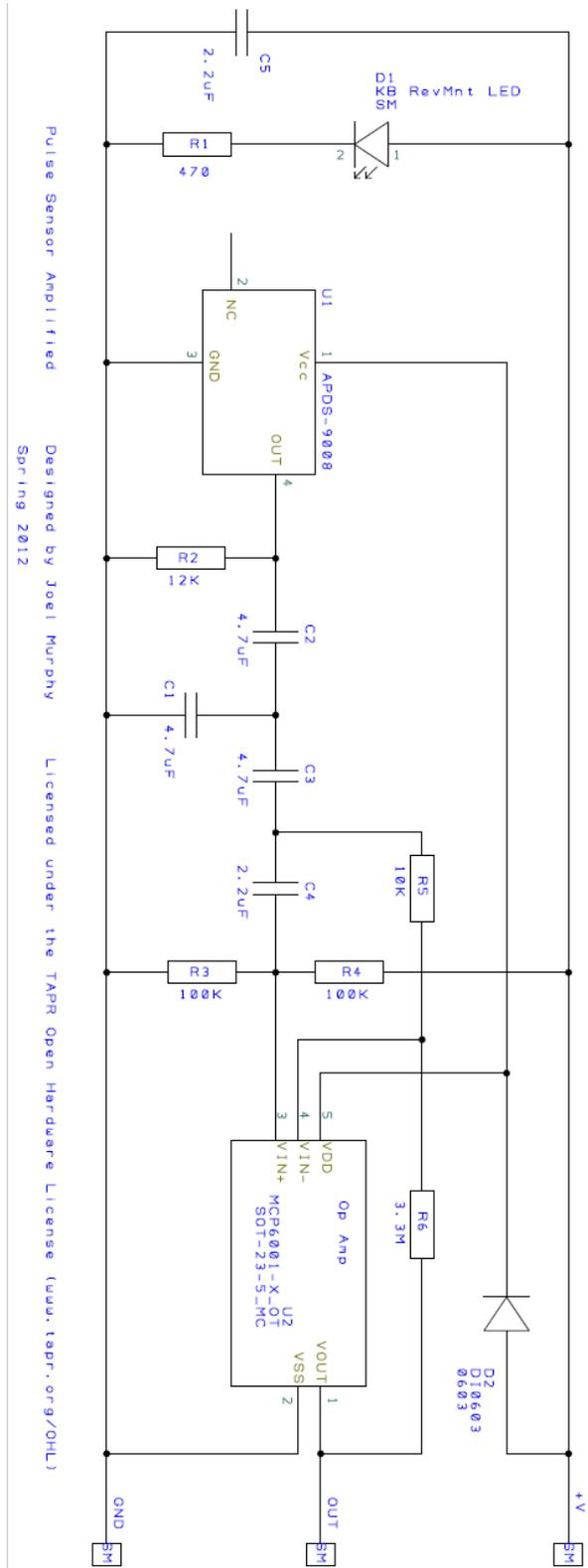
Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-3 on temperature and humidity.
 Ro: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol in air at 33%RH and 20 °C
 Rs: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol at different temperatures and humidities.

SENSIVITY ADJUSTMENT

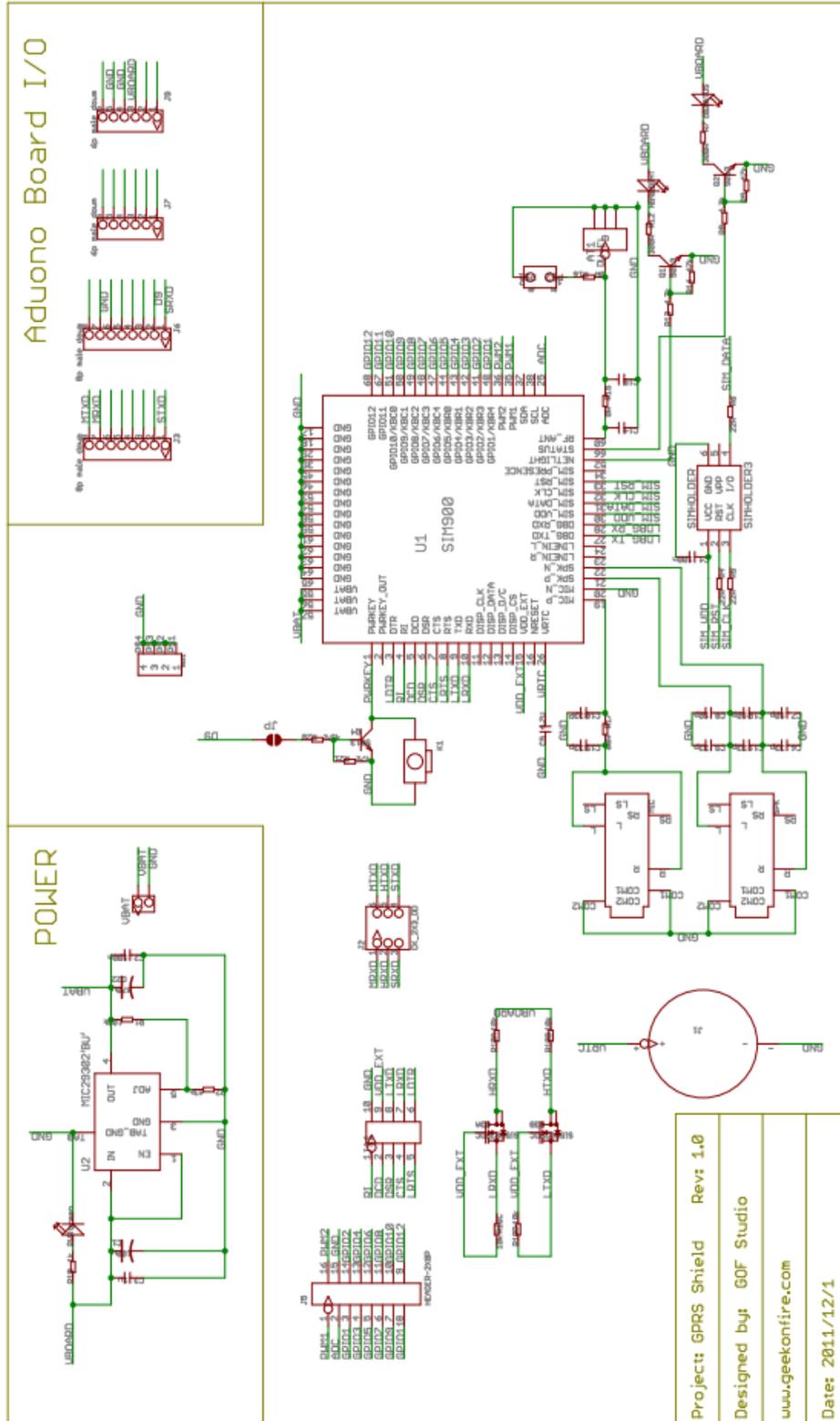
Resistance value of MQ-3 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 0.4mg/L (approximately 200ppm) of Alcohol concentration in air and use value of Load resistancethat(R_L) about 200 KΩ (100KΩ to 470 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

ANEXO 2: ESQUEMA - SENSOR DE PULSO



ANEXO 3: ESQUEMA SHIELD GSM/GPRS SIM 900



Project: GPRS Shield Rev: 1.0
 Designed by: GOF Studio
 www.geekonfire.com
 Date: 2011/12/1

NEO-6 module series

u-blox 6 ROM-based GPS receivers

GPS

locate, communicate, accelerate

Highlights

- Miniature 16.0 x 12.2 x 2.4 mm package
- UART, USB, DDC (PC compliant) and SPI interfaces
- Supports crystal for cost effectiveness or TCXO for exceptional kickstart performance
- Onboard RTC Crystal for faster warm and hot starts
- 1.8 V and 3 V variants



NEO-6

Features

- u-blox 6 position engine:
 - Navigate down to -160 dBm and -147 dBm coldstart
 - Configurable power management
 - Hybrid GPS/SBAS engine (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN)
 - Up to 5 Hz navigation rate
 - Anti-jamming technology
- A-GPS: AssistNow Online and AssistNow Offline services, OMA SUPL compliant
- Backward compatible (hardware and firmware); easy migration from NEO-5 family or NEO-4S
- Based on AEC-Q100 qualified GPS chips
- Manufactured in ISO/TS 16949 certified sites
- LCC package for reliable and cost effective manufacturing
- Operating temperature range: -40 to 85°C
- Microsoft® certified USB driver

Product description

The NEO-6 module series brings the high performance of the u-blox 6 position engine to the miniature NEO form factor. u-blox 6 has been designed with low power consumption and low costs in mind. Intelligent power management is a breakthrough for low-power applications. These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements. All NEO-6 modules are based on AEC-Q100 qualified GPS chips and are manufactured in ISO/TS 16949 certified sites. Qualification tests on NEO-6 modules are performed as stipulated in the ISO16750 standard: "Road vehicles - Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment".

Product selector

Model	Type	Supply	Interfaces	Features
	Standalone GPS Capture & Process Timing & Raw Data Dead Reckoning	1.75 - 2.0 V 2.7 - 3.6 V	UART USB SPI DDC (PC compliant)	Programmable (Flash) FW update TCXO (KickStart) RTC Crystal Antenna supply and supervisor Configuration pins Timepulse External interrupt / Wakeup
NEO-6G	*	*	* * * *	* * 3 1 *
NEO-6Q	*	*	* * * *	* * 3 1 *
NEO-6M	*	*	* * * *	* * 3 1 *



Receiver performance data

Receiver type	50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN	
Navigation update rate	up to 5 Hz	
Accuracy ¹	Position	2.5 m CEP 2.0 m CEP
Acquisition ¹		NEO-6GQ NEO-6M
	Cold starts:	29 s 32 s
	Aided starts ² :	< 1 s < 3 s
	Hot starts:	< 1 s < 1 s
Sensitivity ³		NEO-6GQ NEO-6M
	Tracking:	-160 dBm -160 dBm
	Reacquisition:	-160 dBm -160 dBm
	Cold starts:	-147 dBm -146 dBm
	Hot starts:	-156 dBm -155 dBm
Operational limits	Velocity:	500 m/s
	Altitude:	50,000 m

¹ All SV @ -130 dBm
² Dependent on aiding data connection speed and latency
³ Demonstrated with a good active antenna

Electrical data

Power supply	2.7-3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75-2.0 V (NEO-6G)
Power consumption	115 mW @ 3.0V (Max. Performance) 51 mW @ 3.0V (Power Save Mode @1 Hz) 72 mW @ 1.8 V (Max. Performance) 32 mW @ 1.8 V (Power Save Mode @1 Hz)
Backup power	1.4-3.6V, 25 µA
Supported Antennas	Active and passive

Package

Dimensions	LCC (Leadless Chip Carrier), surface mount package: 16.0 x 12.2 x 2.4 mm
Weight	1.6 g
Pinout	



Legal Notice

u-blox reserves all rights to this document and the information contained herein. Products, names, logos and designs described herein might be or may be subject to intellectual property rights. Reproduction, use, modification or disclosure to third parties of this document or any part thereof without the express permission of u-blox is strictly prohibited.
 The information contained herein is provided "as is". No warranty of any kind, either express or implied, is made in relation to the accuracy, reliability, fitness for a particular purpose or content of this document. The document may be edited by u-blox at any time. For most recent documents, please visit www.u-blox.com.
 Copyright © 2010, u-blox AG

Interfaces

Serial interfaces	1 UART 1 USB V2.0 full speed 12 Mbit/s 1 DDC (°C compliant) 1 SPI
Digital I/O	Configurable timepulse 1 EXTINT input for Wakeup
Serial and I/O	Voltages 2.7-3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75-2.0 V (NEO-6G)
Timepulse	Configurable 0.1 Hz to 1 kHz

Environmental data

Operating temp.	-40° C to 85° C
Storage temp.	-40° C to 85° C
Humidity	JEDEC MSL 4
RoHS compliant (lead-free)	

Support products

u-blox 6 Evaluation Kits:	
Easy-to-use kits to get familiar with u-blox 6 positioning technology, evaluate functionality, and visualize GPS performance.	
EVK-6H:	u-blox 6 Evaluation Kit with TCXO, suitable for NEO-6G, NEO-6Q
EVK-6P:	u-blox 6 Evaluation Kit with crystal, suitable for NEO-6M

Ordering information

NEO-6G-0	ROM-based u-blox 6 GPS Module 1.8 V with TCXO
NEO-6M-0	ROM-based u-blox 6 GPS Module with Crystal
NEO-6Q-0	ROM-based u-blox 6 GPS Module with TCXO

Available as samples and tape on reel (250 pieces)

Contact us

HQ Switzerland +41 44 722 7444 info@u-blox.com	China +86 10 68 133 545 info_cn@u-blox.com
EMEA +41 44 722 7444 info@u-blox.com	Japan +81 3 5775 3850 info_jp@u-blox.com
Americas +1 703 483 3180 info_us@u-blox.com	Korea +82 2 542 0861 info_kr@u-blox.com
APAC - Singapore +65 6734 3811 info_ap@u-blox.com	Taiwan +886 2 2657 1090 info_tw@u-blox.com

ANEXO 5: MANUAL DE USUARIO

SOPORTE TÉCNICO

El sistema está dividido en dos Nodos y una Aplicación Web para monitoreo de las señales medidas, teniendo tareas específicas bien diferenciadas y complementarias entre sí.

NODO 1 – ALCOHOLEMIA

Este Nodo se encarga de llevar a cabo las siguientes tareas:

- ✓ Detección de alcohol a través de una prueba de aliento.
- ✓ Bloqueo de automóvil si se detecta un alto nivel de alcohol.
- ✓ Envío de mensaje de alerta si se detecta ebriedad en el conductor.
- ✓ Envío de mensaje de alerta si la frecuencia cardiaca presenta anomalías.
- ✓ Transmisión de datos a internet hacia la Aplicación Web, encargada del monitoreo.
- ✓ Control de módulo GPS para obtener datos de ubicación.
- ✓ Comunicación inalámbrica Bluetooth con el Nodo 2 – Frecuencia Cardiaca.
- ✓ Transmisión de Datos usando tecnología GSM/GPRS.

El modo de funcionamiento de este nodo se describe a continuación:

- ✓ Activar el interruptor de encendido del sistema.
- ✓ Al encender el sistema se debe esperar un tiempo aproximado de 3 minutos debido a que primero se ejecutan el inicio de la comunicación a internet y en enlace a la red GSM/GPRS.

Detección del Nivel de Alcohol

- ✓ Mediante la pantalla LCD se muestra el inicio del sistema a través del mensaje *“BIENVENIDO DRIVER SECURITY”*.
- ✓ Luego le solicitará al usuario que realice la prueba de aliento con el mensaje *“TEST DE ALIENTO”* y a continuación el mensaje *“SOPLE POR FAVOR”*.
- ✓ Durante 4 segundos se debe disponer el aliento en la boquilla del sensor, teniendo dos oportunidades para realizarla.
- ✓ Si el sistema detecta que no ha sido realizada la prueba proporcionará un mensaje *“ALIENTO NO DETECTADO”*, permitiéndose realizar nuevamente la prueba.
- ✓ Si nuevamente se detecta que no se ha realizado la prueba, el sistema no ejecuta alguna acción, para lo que se requeriría reiniciarlo a través del interruptor de encendido.
- ✓ Al realizarse la prueba de aliento, si el nivel detectado es normal el circuito de salida del RELÉ cerrará el circuito lo que permitiría encender el automotor y se mostrará el mensaje *“FELICIDADES” “BUEN VIAJE”*.
- ✓ Al realizarse la prueba de aliento, si el nivel detectado es superior al permitido el circuito de salida del RELÉ se mantendrá en estado de circuito abierto lo que no permitiría encender el automotor, se muestra el mensaje *“NO ADECUADO” “Niv. <valor>gr/l”*.
- ✓ El sistema al detectar un nivel de alcohol no permitido envía un mensaje de texto a un familiar cuyo contenido es el siguiente: *“Alto nivel de alcohol, más información, ingrese a driversecurity.eshost.com.ar”* en el que se muestra una alerta y el URL de la aplicación web o página de monitoreo, además se activa una alerta en modo de indicador de luz e indicador de sonido.
- ✓ En ese momento de la detección se envía hacia la aplicación web los datos del nivel de alcohol medido, ubicación (latitud-longitud), frecuencia cardiaca medida, esta última depende de los datos enviados por el Nodo 2.

- ✓ El sistema recibe la frecuencia cardiaca medida en el Nodo 2, aquí se compara si el valor está dentro del rango normal, si existe anomalía se envía un mensaje de texto a un familiar cuyo contenido es el siguiente: “*Alteración cardiaca, más información, ingrese a driversecurity.eshost.com.ar*” mostrándose la alerta y el URL de la aplicación web o página de monitoreo.
- ✓ La frecuencia cardiaca está en constante monitoreo por lo que cada 3 minutos se envía esta información a la aplicación web, el fin es tener un control de la salud del conductor.
- ✓ Si el valor de alcohol medido está en parámetros normales, cada 3 minutos se envía a la aplicación web los datos mencionados en el ítem anterior.
- ✓ Si el sistema ha bloqueado el automotor por una alta concentración de alcohol en la sangre, el desbloqueo se realiza mediante una aplicación móvil que se describe en el siguiente apartado.

Aplicación Móvil – Desbloqueo

La aplicación desarrollada está pensada para desbloquear el automóvil cuando ha sido bloqueado debido a la detección de un nivel no permitido de alcohol en el conductor.

Es una aplicación que funciona en teléfonos móviles bajo la plataforma Android.

- ✓ En el teléfono móvil debe emparejar el dispositivo, es decir almacenar en la configuración del teléfono el dominio Bluetooth al que debe conectarse, en este caso debe emparejarse en el dominio “*Driver*” con la clave “*0000*”.
- ✓ El emparejamiento se lo realiza una sola vez.
- ✓ Luego se ejecuta la aplicación, se selecciona la opción conectar, mostrará el dispositivo Bluetooth emparejado y se acepta.
- ✓ A continuación se presiona en el botón “*DESBLOQUEAR*” y se desbloquea cerrándose el circuito a la salida del relé, lo que permitirá encender el vehículo.
- ✓ Finalmente se escoge la opción “*SALIR*” para poder salir de la ejecución de la aplicación.

NODO 2 – FRECUENCIA CARDIACA

Este nodo realiza las siguientes tareas:

- ✓ Medición de la frecuencia cardiaca.
- ✓ Alerta en caso de presentarse anomalías en el pulso cardiaco.
- ✓ Comunicación inalámbrica Bluetooth con el Nodo 1 – Alcoholemia.
- ✓ Transmisión de información mediante enlace inalámbrico al Nodo 1.

El modo de funcionamiento de este nodo se describe a continuación:

- ✓ Activar el interruptor de encendido del sistema.
- ✓ Manipular el selector de brillo de la pantalla LCD si no se puede distinguir los mensajes

Frecuencia Cardiaca

- ✓ Mediante la pantalla LCD se muestra el inicio del sistema a través del mensaje *“DRIVER SECURITY” “CONTROL CARDIACO”*.
- ✓ El sistema empieza a ejecutar la medición de la frecuencia cardiaca, en función del valor medido se obtendrá diferentes mensajes.
- ✓ Si la frecuencia cardiaca medida está en el rango entre 60 – 100 LPM, se mostrará el mensaje *“FELIZ VIAJE” “FREC. CARDIACA” “ECG. <valor>LPM”*.
- ✓ Si la frecuencia cardiaca medida no está en el rango entre 60 – 100 LPM es decir si es bajo o muy elevado, se mostrará el mensaje *“DISMINUYA LA VELOCIDAD” “FREC. CARDIACA” “ECG. <valor>LPM”*, se encenderá un indicador de luz y sonido de alerta.
- ✓ El enlace Bluetooth se establece a penas se encienda este nodo y el nodo 1, la información de la frecuencia cardiaca se mide y se envía al nodo de comunicación (Nodo 1) cada minuto.

- ✓ Este nodo de frecuencia cardiaca ha sido diseñado a modo de brazalete y guante, debiéndose ser usado en el área que corresponde a la mano y brazo derecho, realizado este proceso se procede a encender el sistema.

APLICACIÓN WEB

La aplicación web o página de monitoreo cumple las siguientes funciones.

- ✓ Interfaz de usuario informativa del alcance del proyecto.
- ✓ Ubicación en tiempo real del automotor si este ha sido bloqueado y mientras se desplaza.
- ✓ Tabla informativa del estado del conductor si se ha detectado un alto nivel de alcohol.
- ✓ Tabla informativa de la frecuencia cardiaca medida en el conductor.
- ✓ Rangos de alerta diferenciados por colores y su descripción.
- ✓ Actualización cada tres minutos.

En la aplicación el usuario interactuará de la siguiente forma:

- ✓ Debe ingresar a través del URL: www.driversecurity.eshost.com.ar
- ✓ Inmediatamente se despliega la interfaz de “*INICIO*” en la que se mostrará imágenes descriptivas del sistema, y en dos ítems en la parte inferior se da una breve introducción y se describe la funcionalidad del proyecto.
- ✓ En la opción “*REGLAMENTO DE ALCOHOLEMIA*” se muestra imágenes descriptivas del alcohol y la conducción, además se da a conocer el Artículo 385 del Código Orgánico Integral penal sobre las Infracciones de Tránsito referente a la conducción bajo efectos del alcohol.

- ✓ En la opción “*CARDIOMETRÍA*” se muestra imágenes descriptivas de la salud cardíaca, información referente a la frecuencia cardíaca, problemas cardiovasculares (taquicardia – bradicardia) y sintomatología.

- ✓ En la opción “*MONITOREO DE ALCOHOLEMIA*” se tiene dos ítems enlazados “*Mapa en Tiempo Real*” al ingresar aquí el familiar puede conocer la ubicación del conductor si este se encuentra en estado étílico, puede usarse como localizador también.

- ✓ El otro ítem es “*Más Información*” que muestra los datos de la prueba de alcoholemia realizada por el conductor, especialmente si el familiar ya ha sido alertado, estos datos se indican en forma de una tabla.

- ✓ En la opción “*MONITOREO CARDIACO*” muestra los datos de la medición de la frecuencia cardíaca del conductor, sea que el pulso presente anomalías o este en estado normal, estos datos se indican en forma de una tabla.

- ✓ En la opción “*AYUDA DE USUARIO*” se hace una descripción del sistema y datos generales del mismo.

ANEXO 6: CÓDIGO FUENTE

NODO 1 – ALCHOLEMIA Y COMUNICACIÓN

```
/* PROYECTO DE TITULACION
"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA CONDUCCIÓN
SEGURA, BASADO EN MONITORIZACION DE SEÑALES BIOMÉTRICAS, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS GSM,GPRS"

Realizado por: Luis Gonzalo Pastrano Badillo
*/
//Librerias
#include <SoftwareSerial.h>
//*****
//MODULO GPS NEO 6M
//*****
#include <TinyGPS.h>
TinyGPS gps;
//Distribución de pines
SoftwareSerial ss(53, 52); //RX y TX
//Arduino -> GPS
//Pin Vcc -> Pin 3.3V
//Pin GND -> Pin GND
//Pin 52 -> Pin RX
//Pin 53 -> Pin TX
//Arduino Mega debe usarse pines digitales
//Variables Globales
float flat, flon; //Variables para latitud y longitud
//Funcion
//gps2();

//*****
//MODULO PANTALLA LCD
//*****
#include <LiquidCrystal.h> //Libreria para utilizar LCD
LiquidCrystal lcd(12, 7, 5, 4, 3, 2); //Declaración de pines Arduino

//Constantes
#define COLS 16 //Columnas del LCD
#define ROWS 2 //Filas del LCD
#define VELOCIDAD 300 //Velocidad para mover el texto
//Distribución de pines LCD
//Arduino -> LCD
//Pin GND -> Pin 1,5,16
//Pin 5V -> Pin 2,15
//Pin 7 -> Pin 6
//Pin 5 -> Pin 11
//Pin 4 -> Pin 12
//Pin 3 -> Pin 13
//Pin 2 -> Pin 14
//LCD en pines PWM

//*****
//SENSOR DE ALCOHOL MQ-3
//*****
//Variables MQ-3
```

```

int valor_limite = 300; //Valor límite de alcohol detectado
float valor_alcohol; //Variable para almacenar datos del sensor
float taza;
float error = 50;
int x = 0;
int y = 0;
int i = 0;
//Distribución de pines
//Arduino -> MQ-3
//Pin 5V -> Pin VCC
//Pin GND -> Pin GND
//Pin A0 -> Pin A0

//*****
//MODULO BLUETOOTH HC06 MODO ESCLAVO
//*****
SoftwareSerial BT(50, 51); //RX y TX
char dato;
String readString;
int ECG;
//Distribución de pines
//Arduino -> HC06
//5 V -> VCC
//GND -> GND
//Pin 51 TX -> RX
//Pin 50 RX -> TX
//Nombre: CARDIOS
//PIN: 0000 el mismo en el maestro
//BAUD: 9600 el mismo en el maestro

//SUBIR A LA NUBE
//*****
//Variables Globales
#include <String.h>
float valor1 = 200; //Latitud
float valor2 = 300; //Longitud
float valor3 = 400; //Alcohol
float valor4 = 500; //ECG
String valor = ""; //Valor acumulado

//*****
//SHIELD GSM SIM900
//*****
SoftwareSerial SIM900(10, 11); //RX Y TX
char incoming_char = 0;
//Arduino -> GSM
//Pin 5V -> Pin 5V
//Pin GND -> Pin GND
//Pin 0(RX)-> Pin 0
//Pin 1(TX)-> Pin 1
//Pin 9 -> Pin 9
//Jumper en Hardware Serial(Xduino)
//Acoplar shield al arduino
//APN
//APN: internet.cnt.net.ec
//Usuario y Password: vacio

```

```

//*****
*****
//FTP
//*****
*****
//Caracteristicas
//WEB: driversecurity.eshost.com.ar
//FTP: ftp.eshost.com.ar
//Panel FTP: cpanel.eshost.com.ar
//Usuario: eshos_18844448
//Contraseña: luis3092
//Directorio: /htdocs/
//Puerto: 21

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  //Encendido de GSM
  //*****Activar GSM*****
  delay(100); //Tiempo de activación del módulo GSM
  powerUp();
  delay(3000);

  //*****
  lcd.begin(COLS, ROWS);
  pinMode(13, OUTPUT); //Pin 13 Activación o desactivación relé
  digitalWrite(13, LOW);
  pinMode(9, OUTPUT); //Pin activación modulo GSM
  pinMode(8, OUTPUT); //Pin 8 Zumbador de alerta
  pinMode(6, OUTPUT); //Pin 6 bloqueo
  pinMode(46, OUTPUT); //Pin 46 funcionamiento
  pinMode(47, OUTPUT); //Pin 47 alerta
  digitalWrite(8, LOW);
  SIM900.begin(19200);
  ss.begin(9600); //Baudios del módulo GPS
  BT.begin(9600); //Módulo bluetooth HC-06/ECG
  BTD.begin(9600); //Módulo bluetooth HC-06/Desbloqueo
  Serial.begin(115200); //Baudios serial pc
  //Arranque interfaz AT
  delay(9000);
  //Gprs
  Gprs();
  //FTP
  FTP();
  delay(2000);
  alcohol();
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  //Datos a importar
  gps2();
  blue();
  //Transferencia
  valor1 = flat; //float
  valor2 = flon; //float
  valor3 = taza; //nivel alcohol
  valor4 = ECG; //frecuencia cardiaca
}

```

```

Serial.println(readString);
Serial.println(valor1);
Serial.println(valor2);
Serial.println(valor3);
Serial.println(ECG);
Serial.println(' ');

//Carga de datos
valor = "";
valor += (valor1 * 10000);
valor += ':';
valor += (valor2 * 10000);
valor += ':';
valor += valor3;
valor += ':';
valor += valor4;
valor += ':';
//: Adicionales en el caso que no se cumpla la subida de bytes acordados,
si se cumple estos seran dropeados
valor += ':';
valor += ':';
valor += ':';
valor += ':';
Subir();
}

void ShowSerialData()
{
  while(SIM900.available()!=0)
    Serial.write(SIM900.read());
}

void powerUp() {
  //digitalWrite(3,LOW);
  //delay(1000);
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(9, LOW);
  delay(5000);
}

void Gprs()
{
  SIM900.println("AT");
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(1000);
  ShowSerialData();

  SIM900.println("AT+CPIN?");
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(1000);
  ShowSerialData();

  SIM900.println("AT+CFUN?");
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(1000);
}

```

```

ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CCALR?");
delay(100);
SIM900.println();
delay(1000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CIPSHUT");
delay(100);
SIM900.println();
delay(10000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CGATT=0");
delay(100);
SIM900.println();
delay(10000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CGATT=1");
delay(100);
SIM900.println();
delay(10000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CSQ");
delay(100);
SIM900.println();
delay(1000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CREG?");
delay(100);
SIM900.println();
delay(1000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CSTT?");
delay(100);
SIM900.println();
delay(1000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\", \"GPRS\"); //setting the SAPBR,
the connection type is using gprs
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.cnt.net.ec\"); //setting
the APN, the second need you fill in your local apn server
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\", \"\"); //

```

```

delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\",\"\");//setting the APN, the second
need you fill in your local apn server
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+SAPBR=1,1");//
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CSTT=\"internet.cnt.net.ec\",\"\");//
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CIPSRIP=1");
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CIICR");
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+CIFSR");// read the IP
delay(100);
SIM900.println();
delay(5000);
ShowSerialData();

delay(5000);
}

void FTP()
{
Serial.println();
SIM900.println("AT+FTPCID=1"); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

//Tipo de Sesion FTP
SIM900.println("AT+FTPTYPE=\"A\""); //
delay(100);
SIM900.println();
}

```

```

delay(2500);
ShowSerialData();

//Direccion del Servidor FTP
SIM900.println("AT+FTPSERV=\"ftp.eshost.com.ar\""); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

//Puerto FTP
SIM900.println("AT+FTPPORT=21"); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

//Usuario FTP
SIM900.println("AT+FTPUN=\"eshos_18844448\""); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

//Password FTP
SIM900.println("AT+FTPPW=\"luis3092\""); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

//Nombre del fichero
SIM900.println("AT+FTPPUTNAME=\"monitoreo.txt\""); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

//Directorio
SIM900.println("AT+FTPPUTPATH=\"/htdocs/\""); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(2500);
ShowSerialData();

delay(5000);
}

void Subir()
{
  Serial.println();
  //Iniciando la sesion
  SIM900.println("AT+FTPPUT=1"); //
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(9000);
  ShowSerialData();
}

```

```

//Definiendo numero bytes de datos a subir. Cada byte corresponde a un
caracter sea este "A","5",".", "-"
SIM900.println("AT+FTPPUT=2,32");
delay(9000);
ShowSerialData();

//Subiendo datos a FTP
SIM900.println(valor);
delay(15000);
ShowSerialData();

//Cierra Sesion FTP
SIM900.println("AT+FTPPUT=2,0"); //
delay(100);
SIM900.println();
delay(9000);
ShowSerialData();
delay(5000);
}

void alcohol()
{
  for (int x = 0; x < 2; x++) {
    lcd.setCursor(3, 0);
    lcd.print("BIENVENIDO");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("DRIVER SECURITY");
    delay(2000);
  }

  for (int i = 0; i < 2;) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("TEST DE ALCOHOL");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("SOPLE POR FAVOR");
    delay(3000);

    valor_alcohol = analogRead(A0);

    taza = (valor_alcohol / 1000);

    if (valor_alcohol < error) {
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(2, 0);
      lcd.print("ALIENTO NO");
      lcd.setCursor(3, 1);
      lcd.print("DETECTADO");
      digitalWrite(47, HIGH);
      digitalWrite(13, LOW);
      delay(2000);
      digitalWrite(6, HIGH);
      i = i + 1;
    }

    else {
      i = 2;
    }
  }
}

```



```

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");// Comando AT para el envío de mensaje de texto
SMS
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"0984779582\");//número del teléfono receptor
en formato internacional
    delay(100);
    SIM900.println("Alerta ingrese a driversecurity.eshost.com.ar");//mensaje a
enviar
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);// End AT command with a ^Z, ASCII code 26
//Comando de finalizacion
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);// Tiempo para que se envíe el mensaje
}

```

```

void mensaje2() {
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");// Comando AT para el envío de mensaje de texto
SMS
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"0984779582\");//número del teléfono receptor
en formato internacional
    delay(100);
    SIM900.println("Alteracion ingrese a
driversecurity.eshost.com.ar");//mensaje a enviar
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);// End AT command with a ^Z, ASCII code 26
//Comando de finalizacion
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);// Tiempo para que se envíe el mensaje
}

```

```

void gps2()
{
    bool newData = false;
    //For one second we parse GPS data and report some key values
    for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
    {
        while (ss.available())
        {
            char c = ss.read();
            //Serial.write(c); //uncomment this line if you want to see the GPS
data flowing
            if (gps.encode(c))//Did a new valid sentence come in
            {
                newData = true;
            }
        }
    }
    if (newData)
    {
        //muestreo
        for (int i = 1; i <= 5; i++)
        {
            gps.f_get_position(&flat, &flon);
            //tiempo de muestreo
            delay(2000);
        }
    }
}

```

```

    }
  }
}

void blue() {
  readString = "";
  while (BT.available()) {
    delay(10);
    if (BT.available() > 0) {
      dato = BT.read();
      readString += dato;

    }
  }
  if (readString > "60"){
    mensaje2();
  }
  if (readString < "100"){
    mensaje2();
  }
}
}

```

NODO 2 – FRECUENCIA CARDIACA

```

/*PROYECTO DE TITULACIÓN
"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA CONDUCCIÓN
SEGURA, BASADO EN MONITORIZACIÓN DE SEÑALES BIOMÉTRICAS, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS GSM, GPRS"

MONITOREO DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Realizado por: Luis Gonzalo Pastrano Badillo
*/
//Librerias
#include <SPI.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>

//*****
*
//MODULO PANTALLA LCD
//*****
*
LiquidCrystal lcd(12, 7, 5, 4, 3, 2);//Declaración de pines Arduino
#define COLS 16 //Columnas del LCD
#define ROWS 2 //Filas del LCD
#define VELOCIDAD 300 //Velocidad para mover el texto
//Distribución de pines LCD
//Arduino -> LCD
//Pin GND -> Pin 1,5,16
//Pin 5V -> Pin 2,15
//Pin 12 -> Pin 4
//Pin 7 -> Pin 6
//Pin 5 -> Pin 11
//Pin 4 -> Pin 12

```

```

//Pin 3    -> Pin 13
//Pin 2    -> Pin 14
//LCD en pines PWM

//*****
*
//MODULO BLUETOOTH MAESTRO HC05
//*****
**
SoftwareSerial BT(10, 11); // RX y TX
int ledind = 13; //Luz de alerta
int zumb = 8; //Zumbador de alerta
int N=68;

//*****
*
//SENSOR DE PULSO CARDIACO AMPED
//*****
*
//Variables
int prevCount=1;
int countdigits[] = {
  0, 0, 0};
int prevdigits[] = {
  0, 0, 0};
int digitpos[] = {
  30, 90, 150};
int x=0;

// VARIABLES
int pulsePin = 0; // Pulse Sensor purple wire connected to
analog pin 0

// these variables are volatile because they are used during the interrupt
service routine!
volatile int BPM; // used to hold the pulse rate
volatile int Signal; // holds the incoming raw data
volatile int IBI = 900; // holds the time between beats, must be
seeded!
volatile boolean Pulse = false; // true when pulse wave is high, false
when it's low
volatile boolean QS = false; // becomes true when Arduino finds a
beat.

void setup(){
  //Start the TFT screen and paint it black
  lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("DRIVER SECURITY");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("CONTROL CARDIACO");
  pinMode(ledind, OUTPUT);
  pinMode(zumb, OUTPUT);
  BT.begin(9600);
  Serial.begin(115200); // we agree to talk fast!
  interruptSetup(); // sets up to read Pulse Sensor signal
  every 2mS
}

```

```

void loop(){

    if (QS == true){ // Quantified Self flag is true when
arduino finds a heartbeat
        Serial.print("BPM = ");
        if (BPM <= 50 || BPM >= 115){
            digitalWrite(ledind, HIGH);
            alerta();
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(0,0);
            lcd.print("DISM. VELOCIDAD");
            lcd.setCursor(3,1);
            lcd.print("ECG." +String(BPM)+"LPM");
            BT.write(BPM);
        }
        else {
            digitalWrite(ledind, LOW);
            digitalWrite(zumb, LOW);
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(2,0);
            lcd.print("FELIZ VIAJE");
            lcd.setCursor(3,1);
            lcd.print("ECG." +String(BPM)+"LPM");
            BT.write(BPM);
        }

        countdigits[2] = BPM % 10;
        //How to handle the middle digit depends on if the
        //the speed is a two or three digit number
        if(BPM > 99){
            countdigits[1] = (BPM / 10) % 10;
        }
        else{
            countdigits[1] = BPM / 10;
        }
        //Grab the first digit
        countdigits[0] = BPM / 100;

        //Split out the digits of the previous speed
        prevdigits[2] = prevCount % 10;
        if(prevCount > 99){
            prevdigits[1] = (prevCount / 10) % 10;
        }
        else{
            prevdigits[1] = prevCount / 10;
        }
        prevdigits[0] = prevCount / 100;
        //Now print the digits on the TFT screen.
        //Only execute this block if the bpm has changed.
        if(BPM != prevCount){

            //Compare each digit to the value from the previous loop.
            //The digit will only be redrawn if it has changed.
            for(x=0; x < 3; x++){
                if(countdigits[x] != prevdigits[x]){
                    //black out old value first.
                    //Draw digit in black over the top of white digit

```

```

        Serial.print(prevdigits[x]);
        //print new value in white
        if((x == 0) and (BPM > 99) and (countdigits[x] > 0)){
            Serial.print(countdigits[x]);
        }
        if((x == 1) and (BPM >= 99)){
            Serial.print(countdigits[x]);
        }
        else if((x == 1) and (BPM < 99) and (countdigits[x] > 0)){
            Serial.print(countdigits[x]);
        }
        if(x == 2){
            Serial.print(countdigits[x]);
        }
    }
}
prevCount = BPM; //Store current bpm for comparison on the next loop.
}
QS = false; // reset the Quantified Self flag for next time
}
}

void alerta(){
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(200);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(200);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(200);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(200);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(zumb, LOW);
}
}

```

```
/* PROYECTO DE TITULACION
"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA CONDUCCIÓN
SEGURA, BASADO EN MONITORIZACION DE SEÑALES BIOMÉTRICAS, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS GSM,GPRS"
```

Desbloqueo del automóvil cuando el conductor ha fallado la prueba de alcoholemia,
_mediante una aplicación Android vía Bluetooth en caso de emergencia.

Realizado por: Luis Gonzalo Pastrano Badillo

```
*/
//*****
//Libreria
//*****
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
//Variables
char dato = 0;
```

```
//*****
//MODULO BLUETOOTH HC06 MODO ESCLAVO
//*****
SoftwareSerial BT(46, 47); //RX y TX
//Distribución de pines
//Arduino -> HC06
//5V -> VCC
//GND -> GND
//Pin 47 TX -> RX
//Pin 46 RX -> TX
//Nombre: Drive
//PIN: 0000 el mismo en el maestro
//BAUD: 9600 el mismo en el maestro
//Este módulo esta se enlaza con el teléfono móvil que controla con la
//aplicación android
```

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(13,OUTPUT);//Pin 7 Activación o desactivación relé
  digitalWrite(13, LOW);
  BT.begin(9600);
  Serial.begin(19200);//Baudios serial pc
}
```

```
void BLUE(){
  while(BT.available()){
    delay(10);
    if(BT.available() >0){
      dato=BT.read();
    }
  }
}

if (dato=='D' ){ // clave de recepción
  digitalWrite(13, HIGH);
```

```
    digitalWrite(10, HIGH);  
    Serial.println(dato);  
  
    }  
    else{  
        digitalWrite(13, LOW);  
        digitalWrite(11, HIGH);  
        }  
    }  
  
void loop() {  
    // put your main code here, to run repeatedly:  
    BLUE();  
}
```