



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN
REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS**

Oscar Enrique del Cid Pineda

Asesorado por el Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON
TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSCAR ENRIQUE DEL CID PINEDA

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO ANTONIO PUENTE ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

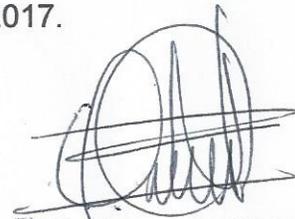
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 15 de noviembre de 2017.



Oscar Enrique del Cid Pineda

Guatemala, 19 de septiembre de 2018.

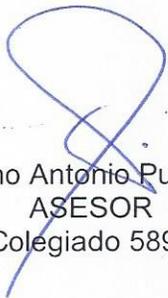
Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Solares:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS"**, desarrollado por el estudiante Oscar Enrique del Cid Pineda carné No. 2009-15086, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,



Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
ASESOR
Colegiado 5898

Guillermo A. Puente R.
INGENIERO ELECTRÓNICO
COL. # 5898



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 3 de octubre de 2018

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS**, desarrollado por el estudiante **Oscar Enrique del Cid Pineda**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica





REF. EIME 74. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: OSCAR ENRIQUE DEL CID PINEDA titulado: PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andrino González

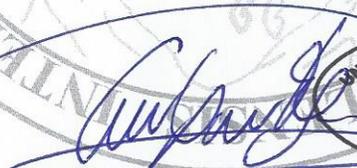


GUATEMALA, 15 DE OCTUBRE 2018.



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Enrique del Cid Pineda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.




Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, Octubre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por bendecirme en cada momento de mi vida con su amor infinito, por darme sabiduría, entendimiento y fortaleza de seguir adelante cada día.
- Mis padres** Oscar René del Cid y Raquel Pineda, por brindarme su gran amor, esfuerzo y dedicación para que pueda ser una persona de bien, lo cual hace que este acto sea para honrarlos.
- Mis hermanos** Iris, José y Sofía del Cid, por estar siempre en mi vida, por sus consejos y apoyo incondicional.
- Mi novia** Nancy García, por su gran amor, apoyo y amistad; quien junto a sus consejos fueron mis grandes motivos para seguir adelante.
- Mis amigos** Ana Navarro, René Gómez, Alex Leiva, Edgar Porras, Alfredo Reyes y Diego Pezzarossi, por brindarme su apoyo, por los buenos momentos de diversión y desvelos que pasamos en nuestros estudios y que sin ellos esto no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que ha hecho que sea un profesional al servicio de mi país.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas para desempeñarme en el ámbito laboral, la ética y el profesionalismo.
Ing. Guillermo Puente	Por su amistad, confianza y asesoría las cuales fueron piezas importantes que hicieron que culminara este reto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO	
OBD-II PARA VEHÍCULOS LIVIANOS.....	1
1.1. OBD.....	1
1.2. OBD-I.....	2
1.3. OBD-II.....	3
1.4. DTC - Códigos de falla	6
1.5. EOBD	7
1.6. JOBD	9
1.7. Protocolo SAE J1850-PWM.....	9
1.8. Protocolo SAE J1850-VPW	15
1.9. Protocolo ISO 9141-2	17
1.10. Protocolo ISO 14230-4	21
1.11. Protocolo ISO 15765-4	24
1.12. Bus CAN.....	26
1.13. Protocolo UART.....	30

2.	FUNDAMENTOS DEL SISTEMA GPS COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN REMOTO	35
2.1.	Historia del sistema GPS	35
2.2.	Arquitectura del sistema GPS	36
2.2.1.	Segmento espacio.....	37
2.2.2.	Segmento control	41
2.2.3.	Segmento de usuario	42
2.3.	Funcionamiento del GPS	43
2.3.1.	Triangulación de los satélites	43
2.3.2.	Distancia de los satélites	45
2.3.3.	Control de tiempo	46
2.3.4.	Ubicación de los satélites	47
2.3.5.	Errores.....	48
2.4.	Tecnologías utilizadas para el envío de información remotamente.....	49
2.4.1.	Red GSM.....	50
2.4.1.1.	Estación móvil (MS)	52
2.4.1.2.	<i>Base station subsystem</i> (BSS)	53
2.4.1.3.	<i>Base tranceiver station</i> (BTS).....	54
2.4.1.4.	<i>Base station controller</i> (BSC)	54
2.4.1.5.	<i>Mobile switching center</i> (MSC).....	54
2.4.1.6.	<i>Home location register</i> (HLR)	54
2.4.1.7.	<i>Visitor location register</i> (VLR).....	55
2.4.1.8.	<i>Operation and maintenaince centre</i> (OMC).....	55
2.4.1.9.	<i>Authentication centre</i> (AUC).....	55
2.4.1.10.	<i>Equipment identity register</i> (EIR).....	55
2.4.2.	<i>General packet radio service</i> (GPRS)	56
2.4.2.1.	Clases de dispositivos.....	58

	2.4.2.1.1.	Clase A.....	58
	2.4.2.1.2.	Clase B.....	58
	2.4.2.1.3.	Clase C.....	58
	2.4.2.2.	Velocidades de transferencia.....	59
3.	PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS		61
3.1.	Descripción del sistema.....		61
3.2.	Diagrama de bloques		62
	3.2.1.	Etapa de adquisición	62
	3.2.2.	Etapa de acondicionamiento y comunicación	63
	3.2.3.	Etapa de transmisión remota.....	63
3.3.	Propuesta de diseño de etapa de adquisición		63
	3.3.1.	Alimentación del sistema	71
	3.3.2.	Interface CAN Bus	72
	3.3.3.	Interface ISO 9141.....	74
	3.3.4.	Interface del Bus J1850	75
	3.3.5.	Sistema OBD-II.....	76
3.4.	Propuesta de etapa de acondicionamiento y comunicación		78
3.5.	Propuesta de programación básica del Arduino para acondicionamiento de datos y comunicación entre módulos...		81
3.6.	Propuesta de etapa de transmisión remota.....		82
3.7.	GPS Queclink GV300		83
	3.7.1.	Interfaces.....	84
	3.7.2.	Instalación de <i>sim card</i>	87
	3.7.3.	Instalación de batería interna de respaldo	88
	3.7.4.	Encendido de batería de respaldo	89
	3.7.5.	Instalación de antena GPS externa	89

3.7.6.	Conexión de fuente de alimentación	91
3.7.7.	Detección de ignición del vehículo	92
3.7.8.	Entradas digitales	93
3.7.9.	Interfaz puerto serial / UART	94
3.8.	Configuración básica del GPS Queclink GV300	95
3.8.1.	Descripción.....	95
3.8.2.	Arquitectura del sistema	95
3.8.3.	Formato de los mensajes	96
3.8.4.	Comandos de conexión al servidor	98
3.8.5.	Configuración global.....	108
3.8.6.	Informe relacionado con la posición	116
3.8.7.	Aplicación del puerto serial.....	121
4.	VIABILIDAD ECONÓMICA QUE IMPLICA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS.....	129
	CONCLUSIONES.....	135
	RECOMENDACIONES	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Conector OBD-II.....	5
2.	Pines utilizados por protocolo SAE J1850-PWM.....	10
3.	Topología utilizada por protocolo SAE J1850-PWM	11
4.	Símbolos utilizados en la modulación PWM.....	13
5.	Estructura de mensaje J1850.....	14
6.	Pines utilizados por protocolo SAE J1850-VPW	15
7.	Topología utilizada por el protocolo SAE J1850-PWM.....	16
8.	Símbolos utilizados en modulación VPW	17
9.	Pines utilizados por protocolo ISO 9141-2	18
10.	Topología utilizada por el protocolo ISO 9141-2	19
11.	Niveles de tensión usados en protocolo ISO 9141-2	20
12.	Trama de datos en protocolo ISO 9141-2	21
13.	Pines utilizados por protocolo ISO 14230-4	22
14.	Trama de datos en protocolo ISO 14230-4	23
15.	Pines utilizados por protocolo ISO 15765-4	25
16.	Topología utilizada por el bus CAN de alta velocidad	27
17.	Topología utilizada por el bus CAN de baja velocidad tolerante a fallos.....	28
18.	Cuantificación de un bit CAN	30
19.	Esquema en dispositivos UART	31
20.	Trama de datos UART	32
21.	Ubicación de los receptores a través de triangulación en el GPS.....	37
22.	Satélite NAVSTAR GPS.....	38

23.	Señales portadoras.....	39
24.	Datos generados con error y sin error	40
25.	Infraestructura de control	42
26.	Principio de triangulación.....	44
27.	Errores causados por la atmosfera	48
28.	Clúster de diferentes cantidades de celdas	51
29.	Arquitectura GSM	52
30.	Arquitectura Red GPRS.....	57
31.	Diagrama de bloques del sistema.....	62
32.	Diagrama de bloques ELM327.....	65
33.	Diagrama de conexiones	65
34.	Diagrama de alimentación	71
35.	Diagrama de conexiones CAN.....	73
36.	Diagrama ISO-L e ISO-K	74
37.	Diagrama Bus J1850	75
38.	Conexión módulos a ELM327	76
39.	Tarjeta Arduino	78
40.	Conexión ELM327 y Arduino	79
41.	Conexión Arduino y Queclink GV300.....	80
42.	Programación Arduino	82
43.	GPS Queclink GV300	83
44.	Interfaces	84
45.	Colores de cables en GV300	86
46.	Instalación de <i>sim card</i>	87
47.	Instalación de batería de respaldo	88
48.	Switch de encendido de batería de respaldo	89
49.	Antena GPS.....	90
50.	Conexión a fuente de poder típica	91
51.	Conexión a ignición típica	92

52.	Conexión típica de las entradas digitales	93
53.	Conexión típica a puerto RS-232	94
54.	Arquitectura del sistema.....	96
55.	Flujo de mensajes entre servidor y terminal.....	98

TABLAS

I.	Distribución de pines en conector OBD-II	6
II.	Velocidad de transferencia en función a la longitud del bus.....	29
III.	Fuentes de error y aproximación de magnitudes	49
IV.	Velocidad de transferencia en GPRS.....	59
V.	Pines sin utilizar	69
VI.	Índices absolutos máximos	70
VII.	Características eléctricas I _{DD}	70
VIII.	Características eléctricas regulador LM7805	72
IX.	Tabla de componentes.....	77
X.	Características de la placa Arduino.....	79
XI.	Descripción de los 16 pines	85
XII.	Definición de colores	86
XIII.	Especificaciones de la antena GPS	90
XIV.	Características eléctricas de la detección de ignición	93
XV.	Características eléctricas de entradas digitales	94
XVI.	Formato del mensaje.....	97
XVII.	Parámetros de comando AT+GTBSI.....	99
XVIII.	Comando de respuesta de AT+GTBSI.....	100
XIX.	Parámetros de comando AT+GTSRI	102
XX.	Comando de respuesta de AT+GTSRI	107
XXI.	Parámetros de comando AT+GTCFG.....	108
XXII.	Comando de respuesta de AT+GTCFG.....	116

XXIII.	Parámetros de comando AT+GTFRI	117
XXIV.	Parámetros de comando AT+GTURT.....	121
XXV.	Formato de soporte.....	124
XXVI.	Tasas de transferencia	124
XXVII.	Costo del hardware.....	129
XXVIII.	Costo del software	130
XXIX.	Costos de instalación.....	131
XXX.	Costos iniciales del proyecto	131
XXXI.	Costos de operación	131
XXXII.	Costos de la solución.....	132
XXXIII.	Costos del hardware Autotek.....	132
XXXIV.	Costos de operación de escáner Autotek	133
XXXV.	Costos de la solución con escáner Autotek	133
XXXVI.	Tabla comparativa	134

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
MIL	Alerta visual de mal funcionamiento
NB	Bit de normalización
USB	Bus serie universal
CSMA/CR	Cargador de múltiple acceso/resolución de colisiones
AUC	Centro de autenticación
MSC	Centro de conmutación móvil
OMC	Centro de operación y mantenimiento
CSD	Certificad de sello digital
CRC	Cheque de redundancia cíclica
NRZ	Codificación de no retorno a cero
MCC	Código de país de móvil
MNC	Código de red móvil
ASCII	Código estándar americano para el intercambio de formación
DTC	Códigos de error de diagnóstico
CARB	Comisión de recursos de aire de california
PC	Computadora personal
DLC	Conector de diagnóstico estándar
CAN	Control de la red de área
BSC	Controlador de la estación base
TCO	Costo total de propiedad
HSCSD	Datos de alta velocidad con conmutación de circuitos
dB	Decibeles

W	Dimensional de medida de potencia, watts
CO2	Dióxido de carbono
BTS	Estación base transmisora
MSISDN	Estación móvil de la red digital de servicios integrados
°C	Grados centígrados
HIL	Hardware en el circuito
Hc	Hidrocarburos
IMSI	Identidad internacional del abonado a un móvil
TMSI	Identidad temporal del abonado a un móvil
LAC	Identificación de área de localización
RFID	Identificación por radio frecuencia
SOF	Inicio de trama
Kbps	Kilo bytes por segundo
KΩ	Kilo ohmios
Km	Kilometro
Km/h	Kilómetros por hora
Mbps	Megabytes por segundo
MHz	Megahertz
KAM	Memoria de almacenamiento activa
ACK	Mensaje de recibo o consentimiento
μF	Microfaradios
μsec	Microsegundos
μV	Microvoltios
mA	Miliamperios
ms	Milisegundos
mV	Milivoltios
OSI	Modelo de interconexión de sistemas abiertos
DTM	Modo de transferencia dual

PWM	Modulación por ancho de pulso
VPW	Modulación por ancho de pulso variable
ECM	Módulo de control de motor
CO	Monóxido de carbono
GGSN	Nodo de soporte del servicio de puerta de salida para GPRS
SGSN	Nodo de soporte del servicio GPRS
APN	Nombre de punto de acceso
MSRN	Número de itinerancia de estación móvil
IP	Número que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz en red
ISO	Organización Internacional de Normalización
Nox	Óxido de nitrógeno
pF	Picofaradios
RHCP	Polarización circular a la derecha de la antena
RS232	Protocolo de comunicación que hace el envío de datos de forma serial
TCP	Protocolo de control de transmisión
UDP	Protocolo de datagramas de usuario
UART	Protocolo transmisor-receptor asíncrono universal
Rx	Receptor
EGR	Recirculación de gases de combustión
VPN	Red privada virtual
EIR	Registro de identidad del equipo
VLR	Registro de ubicación del visitante
HLR	Registro de ubicación inicial
RTR	Respuesta de estación destino
RPM	Revoluciones por minuto
SMS	Servicio de mensajes cortos

GPRS	Servicio general de paquetes vía radio
Ω	Símbolo que indica la dimensional de resistencia de los componentes que se oponen al paso de la corriente eléctrica
EOBD	Sistema de diagnóstico a bordo europeo
JOB	Sistema de diagnóstico a bordo japonés
OBD	Sistema de diagnóstico a bordo
GPS	Sistema de posicionamiento global
GSM	Sistema global de comunicaciones móviles
BSS	Subsistema de estación base
EGPRS	Tarifas de datos realizadas para evolución GSM
TTFF	Tiempo de adquisición de primera posición
GND	Tierra física de un circuito
IFR	Trama de respuesta
Tx	Transmisor
ECU	Unidad de control electrónico
PDU	Unidades de protocolos de datos
V_{DD}	Voltaje más positivo del circuito
V_{SS}	Voltaje que está referenciado a la tierra o masa del circuito
V	Voltios

GLOSARIO

Almanaque	Es un conjunto de parámetros incluidos en el mensaje de navegación de cada satélite que el receptor utiliza para predecir la posición aproximada de todos ellos, a una hora determinada, en cualquier punto de la tierra.
Bit	El concepto se utiliza en la informática para nombrar a una unidad de medida de información que equivale a la selección entre dos alternativas que tienen el mismo grado de probabilidad.
Byte	Conjunto de 8 bits que recibe el tratamiento de una unidad y que constituye el mínimo elemento de memoria direccionable de una computadora.
Capacitor	Es un dispositivo pasivo, utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.
Combustión	Reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Controlador	Programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz (posiblemente estandarizada) para utilizar el dispositivo.
Convertiro catalítico	Componente del motor de combustión interna alternativo y Wankel que sirve para el control y la reducción de los gases nocivos expulsados por el motor de combustión interna.
Efemérides	Es una tabla de valores que da las posiciones de los objetos astronómicos en el cielo en un momento o momentos dados.
Espectro electromagnético	Espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia.
Gateway	Es un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino.
Handover	Sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de

una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones.

Hardware

Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

Hercio o hertz

Un hercio es la frecuencia de un suceso o fenómeno repetido por segundo.

Ionosfera

Capa de la atmósfera terrestre que se extiende entre los 80y los 500 km de altitud aproximadamente; en ella tienen lugar abundantes procesos de ionización en los cuales se originan grandes concentraciones de electrones libres.

Latitud

Distancia angular que hay desde un punto de la superficie de la Tierra hasta el paralelo del ecuador; se mide en grados, minutos y segundos sobre los meridianos.

Longitud

Distancia angular de un punto de la superficie terrestre al meridiano de Greenwich, determinada por el arco del ecuador comprendido entre dicho meridiano y el punto terrestre considerado; se mide en grados, minutos y segundos hasta los 180°.

Modulación	Conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal.
Órbita geoestacionaria	Es una órbita geosíncrona en el plano ecuatorial terrestre, con una excentricidad nula (órbita circular) y un movimiento de oeste a este. Es una órbita circular de 35,786 kilómetros por encima de la superficie ecuador de la Tierra y siguiendo la dirección de la rotación de la tierra.
Roaming	Es un concepto utilizado en telecomunicaciones para referirse a la posibilidad de un dispositivo inalámbrico de utilizar una cobertura de red distinta de la principal.
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
Satélite	Es un ingenio, enviado en una lanzadera espacial, que se mantiene en órbita alrededor de cuerpos del espacio.
Sensor	Dispositivo capaz de detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia.
Señal de Carrier	Es una onda, generalmente senoidal, modificada en uno de sus parámetros (amplitud, frecuencia o fase) por una señal de entrada denominada moduladora con el fin de transmitir una información. Esta onda

portadora es de una frecuencia mucho más alta que la de la señal.

Software

Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Tarjeta SIM

Es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles y módems HSPA o LTE que se conectan al dispositivo por medio de una ranura lectora o lector SIM.

Trama de datos

Es una serie sucesiva de bits, organizados en forma cíclica, que transportan información y que permiten en la recepción extraer esta información.

Troposfera

Capa de la atmósfera terrestre que está en contacto con la superficie de la Tierra y se extiende hasta una altitud de unos 10 km aproximadamente; en ella se desarrollan todos los procesos meteorológicos y climáticos.

Voltaje

Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

RESUMEN

El desarrollo del siguiente trabajo está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se describen las características y los fundamentos del sistema de diagnóstico a bordo OBD-II, se muestran los principios en los que se basa el sistema y las diferentes aplicaciones que posee en la actualidad.

En el segundo capítulo se explican las características del sistema GPS como medio de transmisión remoto de información; también, las partes principales que lo constituyen y las características necesarias del sistema de rastreo.

El tercer capítulo muestra los componentes necesarios y los dispositivos que deben ser utilizados para el diseño del sistema; además, la explicación de los métodos de configuración del dispositivo GPS y el lenguaje de programación utilizado.

El cuarto capítulo describe la viabilidad económica de la elaboración del sistema, los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

OBJETIVOS

General

Proponer el diseño de un sistema de diagnóstico a bordo OBD-II con transmisión remota por medio de dispositivos GPS.

Específicos

1. Presentar los fundamentos del sistema de diagnóstico a bordo OBD-II para vehículos livianos.
2. Presentar los fundamentos del sistema GPS como medio de transmisión remoto.
3. Proponer el diseño de un sistema de diagnóstico a bordo OBD-II con transmisión remota por medio de dispositivos GPS.
4. Presentar la viabilidad económica que implica la implementación de un sistema de diagnóstico a bordo OBD-II con transmisión remota por medio de dispositivos GPS.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas integrados de diagnóstico están presentes en la mayoría de los automóviles y camionetas de hoy en día. Durante los años 70 y principios de los 80 los fabricantes comenzaron a usar dispositivos electrónicos para controlar y diagnosticar fallas en el motor. Esto fue principalmente para satisfacer las normas de emisión de gases contaminantes y consumo de combustible.

A través de los años los sistemas de diagnóstico se han vuelto más sofisticados. El estándar más reciente es OBD-II del inglés On Board Diagnostics, sistema de diagnóstico a bordo, este estándar fue introducido a mediados de los 90, con la finalidad de monitorear partes del chasis, los accesorios y la red de diagnóstico de control del vehículo; este sistema proporciona un método de inspección y diagnóstico para asegurarse que el automóvil está trabajando en buenas condiciones; por el contrario, si no se tiene conocimiento de las fallas que presenta un vehículo en las diferentes partes que lo componen y no se tiene una pronta reacción, pueden haber daños irreparables en las partes del motor; por lo tanto, es muy importante tener en constante monitoreo de forma remota los diferentes sensores que posea el vehículo a través del sistema OBD-II.

Por esta razón, en este trabajo de graduación se presenta la propuesta para futuros estudios del sistema OBD-II, con el fin de diagnosticar de forma constante las posibles averías del vehículo; se utiliza los diferentes sistemas de posicionamiento global GPS como medio de transmisión de información de manera remota, debido a que la mayoría de vehículos poseen el sistema GPS,

se desea aprovechar este medio para el envío de información a plataformas en la internet dedicadas al seguimiento vehicular.

1. FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II PARA VEHÍCULOS LIVIANOS

En los años 30 en los Estados Unidos había muchas enfermedades respiratorias; el gobierno pensaba que era por fábricas textiles u otro tipo de fábricas y el gobierno le puso restricciones a ese tipo de fábricas. Hasta que en los años 70 un abogado llamado Ralph Nader demandó al gobierno, sobre la contaminación de los autos móviles y ganó el caso. Debido a esto se decidió dar inicio al control de emisiones de gases en los vehículos.

1.1. OBD

El sistema de diagnóstico a bordo por sus siglas en inglés OBD, *on board diagnostic*, es una normativa que tiene como fin principal la reducción de los niveles de contaminación que producen los vehículos con motor a combustión.

La regulación de los sistemas de diagnóstico a bordo fue iniciada por la Comisión de Recursos del Aire de California por sus siglas en inglés, CARB, California Air Resources Board, la cual dio inicio en el año de 1988 con los automóviles vendidos en ese estado; para que se hicieran efectivas estas normas los fabricantes de vehículos implementaron en ellos sistemas de encendido y sistemas de alimentación controlada de combustible, los cuales poseían sensores que medían el rendimiento del motor y, además, ajustaban los sistemas para emitir el mínimo de contaminación.

Esta regulación específica que el módulo de control del motor por sus siglas en inglés, ECM, *engine control module*, debe monitorizar en todo

momento los componentes que estén directamente relacionados con las emisiones de gases y así estar seguros de su correcto funcionamiento. Cuando el vehículo presentaba problemas en el sistema de control de emisiones, este iluminaba una alerta visual de mal funcionamiento por sus siglas en inglés, MIL, *malfunction indicator lamp*, o también conocida como *check engine* o *service engine soon*, el cual alertaba al conductor de que era necesario realizar servicio al sistema. El sistema OBD posee un sistema de códigos de error de diagnóstico por sus siglas en inglés, DTC, *diagnostic trouble codes*, con tablas de errores los cuales estaban detallados en los manuales de reparación para que los técnicos automotrices puedan determinar más fácilmente los problemas del motor y emisiones.

1.2. OBD-I

El sistema OBD-I tuvo modificación en sus estándares federales hasta en el año de 1994 y este inspeccionaba los sistemas siguientes:

- Medición de nivel de y consumo de combustible.
- Recirculación de gases de combustión o (EGR).
- Emisión de gases extras, los cuales estaban relacionados a componentes eléctricos.

Este sistema tenía varios problemas, ya que no detectaba muchos de los inconvenientes que estaban relacionados con las emisiones de gases, tales como los problemas del convertidor catalítico o problemas en la combustión y encendido; en ocasiones, cuando el sistema detectaba una falla y la MIL se encendía, el vehículo pudo estar generando emisiones en exceso por algún tiempo. En otros casos, la MIL pudo no haber generado el aviso, debido a que

el sistema no había sido diseñado para detectar ciertas fallas y no eran calibrados para un nivel específico de emisiones.

1.3. OBD-II

Luego de 1996, CARB hizo el desarrollo de ciertas normas para el sistema OBD-II, entre los requerimientos nuevos expresados era que se encendiera la lámpara indicadora del mal funcionamiento MIL si las emisiones de Hidrocarburos HC, monóxido de carbono CO u óxido de nitrógeno NOx, sobrepasaran los límites en donde normalmente el nivel permitido por la prueba federal en su procedimiento es de 1,5 veces.

Estos requerimientos de este nuevo sistema están regidos para los vehículos que son alimentados con gasolina, diesel y ahora están explorando vehículos que funcionen con combustibles alternos.

A través del tiempo, los antiguos módulos de control han ido mejorando y volviéndose mucho más complejas y se han convertido en la actualidad como unidades de control electrónico del inglés, ECU, *electronic control unit*, en donde el sistema a bordo no puede apagar el indicador MIL a menos que efectúen las reparaciones necesarias o las indicaciones que provocaron el encendido del indicador hayan desaparecido.

Haciendo una comparación entre el sistema OBD-I y OBD-II, el OBD-I no monitoriza la eficiencia ya que si el problema de emisiones se corrige solo el indicador MIL se apagará; en cambio, con OBD-II si monitoriza la eficiencia de los sistemas de emisión, también, los problemas eléctricos y la información será almacenada para su uso en el futuro. Otro dato es que el indicador MIL seguirá encendida hasta que se hayan efectuado 3 ciclos de conducción de forma

consecutiva esto sin que el problema incurra nuevamente; además, la memoria será borrada luego de 40 arranques en frío, cuando la data sea en referencia a la medición de combustible se necesitarán 80 arranques en frío.

En el sistema OBD-II se usan protocolos de comunicación tales como las normas ISO9141, ISO9141-2, ISO14230 (KWP2000), SAEJ1850, SAEJ1979, CAN Bus, VAN Bus, entre otros más. Estos protocolos han sido definidos por la Organización Internacional de Normalización del inglés ISO, *International Organization Of Standardization*, y la Sociedad de Ingenieros Automotores del inglés SAE, *Society of Automitive EGINEERS*, y otras son integraciones propias del fabricante los cuales no están constituidos en el estándar en la industria ya que son usados únicamente por cada fabricante; por ejemplo, BMW o Mercedes Benz, pero dichos protocolos cumplen con las especificaciones de OBD-II.

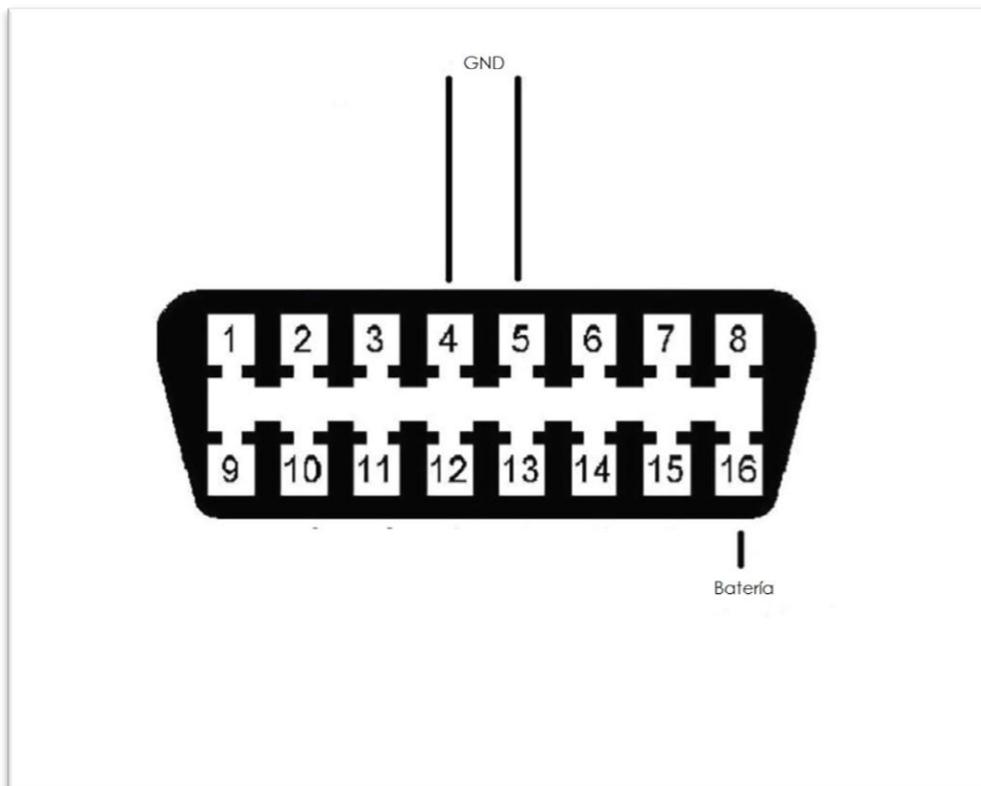
A partir de 1996, la EPA dictaminó que todo vehículo deberá contar con un conector de diagnóstico estándar del inglés DLC, *diagnostic link connector*, de 16 pines por donde se hacen enlaces de comunicaciones y se pueden obtener los códigos de datos de problemas del inglés DTC, *data trouble code*.

Los DCT son guardados en la memoria de almacenamiento activa KAM - PCM, *keep alive memory*, cuando un mal funcionamiento es inicialmente encontrado. Por ejemplo, los datos con información de diagnóstico estándar son los denominados datos congelados en pantalla, del inglés *freeze frame data*, y los indicadores de inspección y mantenimiento, IM, *inspection maintenance readiness indicator*. Los datos congelados detallan la información almacenada en la memoria KAM cuando la falla fue detectada y contienen los datos como las revoluciones por minuto, RPM, *revolution per minute* y también la carga del motor, estado de control de combustible, encendido y estado de la temperatura

de motor; todos estos datos pueden ser accedidos a través de un scanner OBD-II para obtener la asistencia necesaria para su reparación.

La normativa determina que el conector DLC debe estar localizado en el compartimiento de los pasajeros, muy cerca del conductor, contrario a los sistemas anteriores, donde el conector estaba situado en el compartimiento del motor.

Figura 1. **Conector OBD-II**



Fuente: elaboración propia.

Tabla I. **Distribución de pines en conector OBD-II**

Marcas	Protocolo utilizado	Modo utilizado
Linea de General Motors	SAE J1850 VPW	Modulación por ancho de pulso variable
Ford, Lincoln y Mercury	SAE J1850 PWM	Modulación por ancho de pulso
Chrysler, Jeep, Dodge, Nissan, Volvo, Mitsubishi, europeos y asiáticos.	ISO 9141 - 2 ISO 14230 - 4 KWP2000	Comunicación serial
BWM y autos año 2008 en adelante	ISO 15765 - 4	Red de área del controlador

Fuente: elaboración propia.

1.4. **DTC - Códigos de falla**

Se define a través del estándar SAE J2012 que cada código debe tener 5 dígitos alfa-numéricos, en el cual cada dígito representa un valor de predeterminado; algunos de estos definidos por el estándar y otros son específicos para el uso del fabricante; estos tienen la misma forma con el objetivo de brindar información de forma fácil al mecánico especialista.

El formato utilizado en los códigos es de la siguiente manera: YXXXX, por ejemplo, el código DTC P0308.

El primer dígito representado por la letra Y define la función del vehículo.

- P: electrónica de motor y transmisión (*powertrain*)
- B: carrocería (*body*)
- C: chasis (*chassis*)

El segundo dígito en el código define la organización que es responsable de definirlo.

- 0: SAE (código utilizado en todas las marcas automotrices)
- 1: fabricante (código utilizado únicamente por el fabricante del vehículo)

El tercer dígito en el código define la función que específicamente está en el vehículo.

- 0: sistema electrónico completo
- 1 - 2 : control de aire y combustible
- 3: sistema de encendido
- 4: control de emisión auxiliar
- 5: control de ralentí y velocidad
- 6: ECU y entradas y salidas
- 7: transmisión.

El cuarto y quinto dígito en el código están directamente relacionados a la falla que afecta al vehículo; por lo que al momento de observar el código P0308 se determina que el vehículo tiene un problema en la electrónica del motor y transmisión (P - *powertrain*) el cual está definido por la organización SAE (0) y tiene relación directa con el sistema de encendido (3) y el problema radica en el cilindro número 8 (08).

1.5. EOBD

El sistema de diagnóstico a bordo europeo por sus siglas en inglés (EOBD, *european on board diagnostics*) es una normativa que ha sido establecida en el continente europeo a partir del año 2000; una de sus

peculiaridades que ha sido bastante innovadora es la de registrar el tiempo de atraso o la cantidad de kilómetros recorridos desde que apareció la falla hasta su diagnóstico. Dicha normativa exige a los fabricantes la instalación de conectores estandarizados y sistemas de diagnóstico compatibles con los americanos; por otro lado, se les exige también compartir la información relacionada a todas las partes de gran importancia de sus sistemas de diagnóstico que solo ellos tenían control total. Estas reglas europeas son aplicadas a todos los motores gasolina que han sido inscritos a partir del año 2000 y a los motores diésel inscritos a partir del año 2003.

Las regulaciones europeas en la última década se han vuelto cada vez más estrictas con respecto a las emisión de gases, y utilizan estrategias cada vez más complicadas para cumplir con los límites estipulados. La calibración y desarrollo de dicho sistema requiere una captación más precisa dentro de las restricciones impuestas por costos y tiempos de comercialización. Cada día es más importante la explotación computacional ya que los métodos están basados en el modelo de simulación de sistemas con la finalidad de poder predecir y solucionar cualquier problema desde la fase inicial para que al momento de su utilización final sea eficiente.

Entre los métodos de simulación, uno que está siendo de gran utilidad es el denominado hardware en el circuito (HIL, *hardware in the loop*) en donde una computadora cuenta con un modelo de simulación en tiempo real del motor está conectado a una ECU real, esto con la finalidad de realizar las pruebas del software final.

Este enfoque representa beneficios como:

- Reducción en los costos experimentales.

- Experimentos reproducibles.
- Flexibilidad en las configuraciones del motor y del vehículo.
- Posibilidad de diseño concurrente del vehículo, motor y transmisión proporcionando así un desarrollo optimizado.

1.6. JOB

El sistema de diagnóstico a bordo japonés por sus siglas en inglés (JOB, *japanese on board diagnostics*) es prácticamente igual que el OBD-II ya que desde el 2000 todos los vehículos deben disponer de dicho sistema. Las funciones que son de gran necesidad en sistema JOB entre otras son la supervisión del sistema de combustible, la reducción de gases del escape y del sistema de inyección.

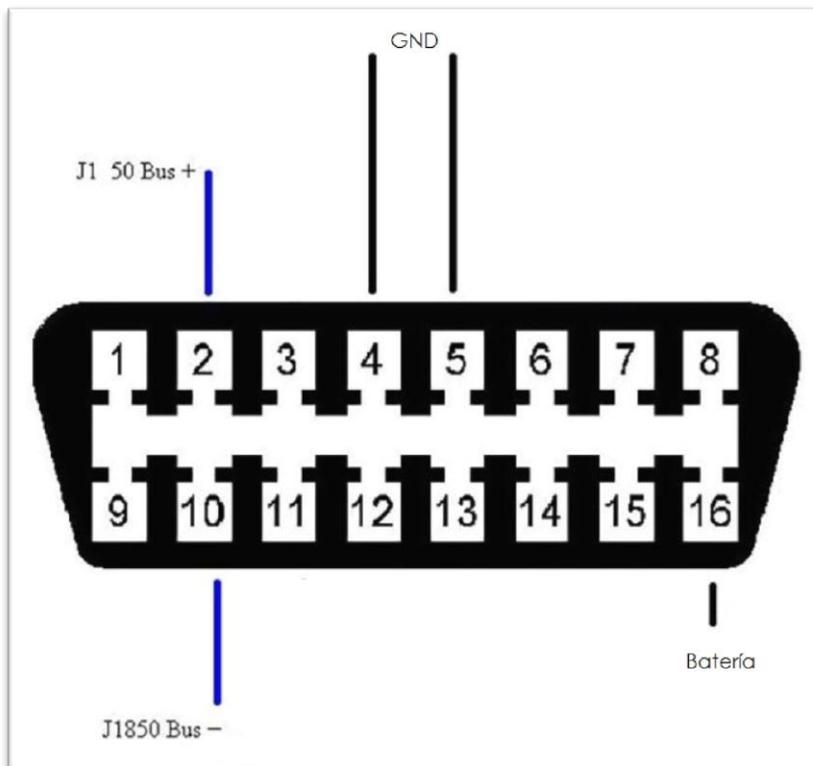
En Japón se tienen previstas las medidas necesarias para la reducción de emisiones de CO₂ de los vehículos; en este lugar existe un planteamiento que prevé una consolidación en el consumo de combustible promedio en todos los vehículos a 33,55 millas/galón equivalente a 14,2 km/litro para el año 2010, pero esto va orientado directamente al peso del vehículo.

1.7. Protocolo SAE J1850-PWM

Este es el protocolo utilizado por la marca de vehículos Ford Motors que hace uso de los pines 2, 4, 5, 10 y 16. Este es un protocolo que usa un bus de dos hilos y además una modulación por ancho de pulso en cual transporta la información a una velocidad de 41,6 Kbps por lo que se denomina como una comunicación diferencial, como el caso del protocolo RS-422. En estas transmisiones se reconoce como un 1 lógico cuando los pulsos están entre 4,25 - 20 voltios mientras que se reconoce como un 0 lógico a cualquier señal que

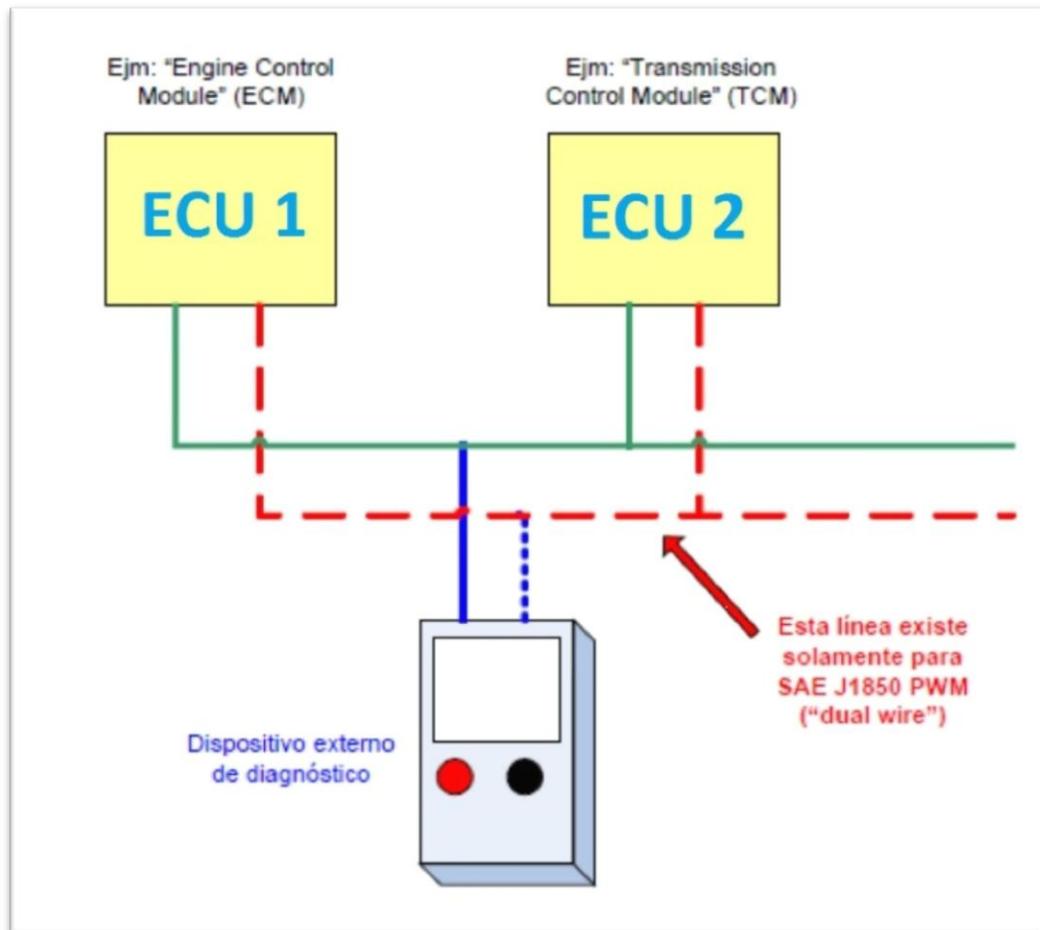
esté por debajo de 3,5 voltios. En este tipo de modulación el ancho del pulso no puede ser variado, debe ser siempre constante y el mensaje enviado no puede tener un peso mayor a los 12 bytes.

Figura 2. Pines utilizados por protocolo SAE J1850-PWM



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Topología utilizada por protocolo SAE J1850-PWM



Fuente: Bibing. *Protocolo SAE J1850-PWM*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 15 de diciembre de 2017.

Lo que utiliza para ingresar al medio es el procedimiento cargador de envío de múltiple acceso/resolución de colisiones por sus siglas en inglés (CSMA/CR - *carrier sense multiple acces/collision resolution*), es decir, cualquiera de los dispositivos puede hacer el intento en transmitir si el bus de datos está libre, en el caso que más de un dispositivo transmita al mismo

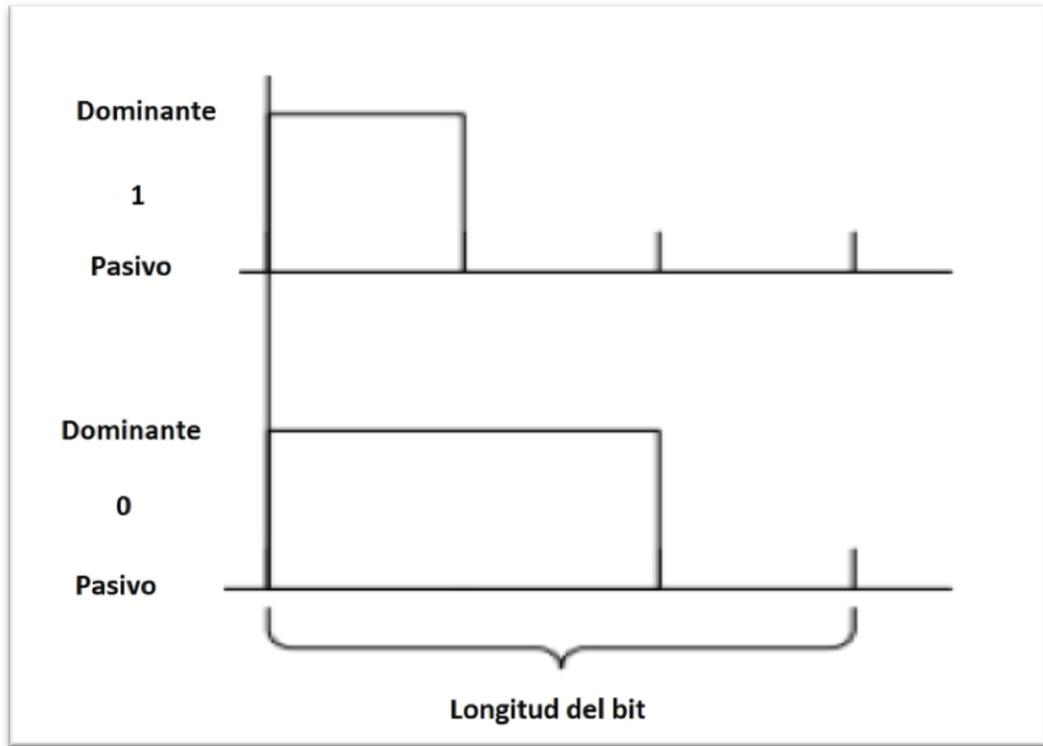
tiempo por el bus de datos, existe un proceso que de forma aleatoria determina cuál de ellos continuará transmitiendo y cuál debe realizar el intento nuevamente.

Uno de los mejores aportes de este protocolo es que se ha agregado la respuesta de los destinatarios dentro de la misma trama enviada por el emisor.

Este protocolo comenzó a ser comercial desde que fue estandarizado y es por ello que es el primer protocolo en ser usado de forma masiva.

Los símbolos utilizados en modulación PWM siempre tiene un tiempo fijo en los bits, en donde al principio de cada tiempo de bit se inicia transmitiendo ya sea el pulso corto o pulso largo, pero siempre el pulso largo domina al pulso corto.

Figura 4. **Símbolos utilizados en la modulación PWM**

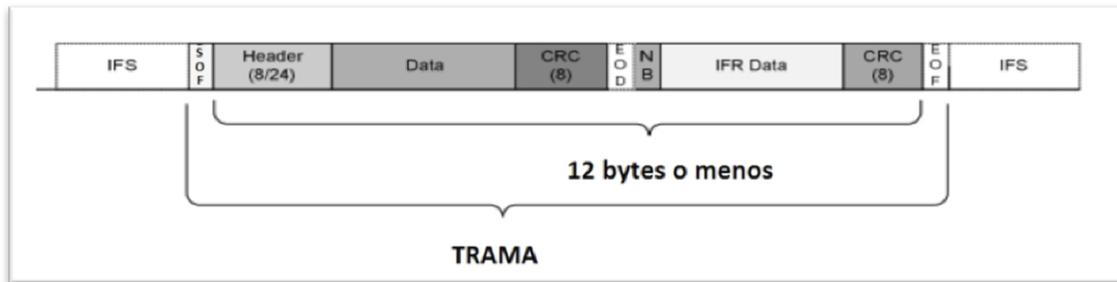


Fuente: Bibing. *Modulación PWM*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 15 de diciembre de 2017.

La forma de los mensajes son iguales para los dos tipos de modulación utilizados, la PWM y la VPW; describen los campos que lo conforman.

Figura 5. Estructura de mensaje J1850



Fuente: Bibing. *Mensaje J1850*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 15 de diciembre de 2017.

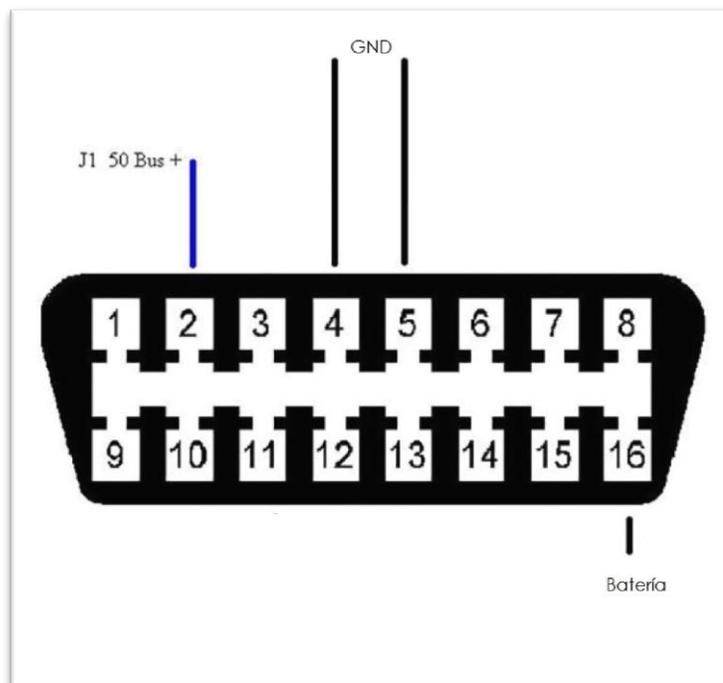
- Inicio de trama (SOF - *start of frame*).
- Cabecera (*header*), está compuesta por 24 bits.
 - 3 bits que determinan la prioridad del mensaje.
 - 1 bit que determina la longitud de la cabecera.
 - 1 bit que representa la respuesta de la trama (IFR - *in-frame response*).
 - 1 bit para representar el modo de dirección.
 - 2 bit para determinar el tipo de mensaje.
 - 8 bits que determinan la dirección de destino.
 - 8 bits que determinan la dirección de origen.
- Los datos que tienen una longitud máxima de 7 bytes.
- Información redundante para el control de errores (CRC - *cyclical redundancy check*).
- Bit de normalización (NB - *normalization bit*).
- Datos IFR.

- Control de errores en los datos IFR (IFR CRC).

1.8. Protocolo SAE J1850-VPW

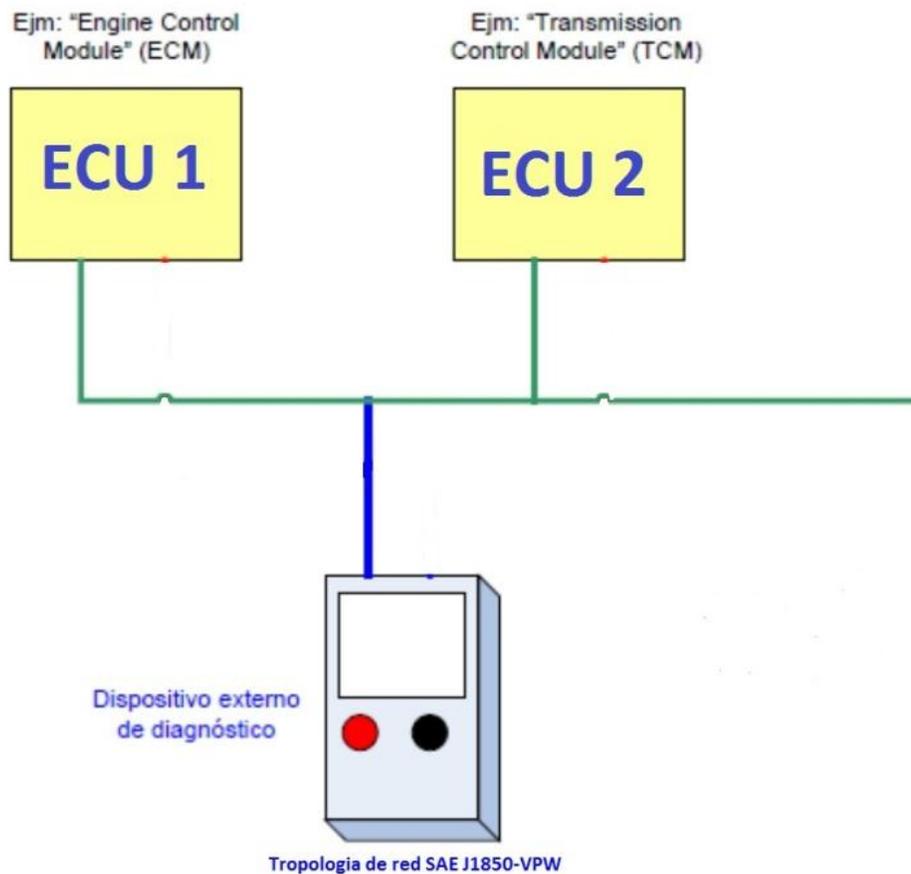
Este es utilizado por la marca de vehículos General Motors con una modulación que tiene un ancho de pulso variable (VPW, *variable pulse wave*), con un ralentí bajo. Al igual que el protocolo SAE J1850-PWM este utiliza los pines 2, 4, 5, y 16 y utiliza un bus de dos líneas con velocidad de transmisión de 41,6 Kbps y el peso del mensaje enviado no puede ser mayor a los 12 bytes; se reconoce como un 1 lógico cuando los pulsos están entre 4,25 - 20 voltios y un 0 lógico cuando la señal está por debajo de 3,5 voltios.

Figura 6. Pines utilizados por protocolo SAE J1850-VPW



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Topología utilizada por el protocolo SAE J1850-PWM

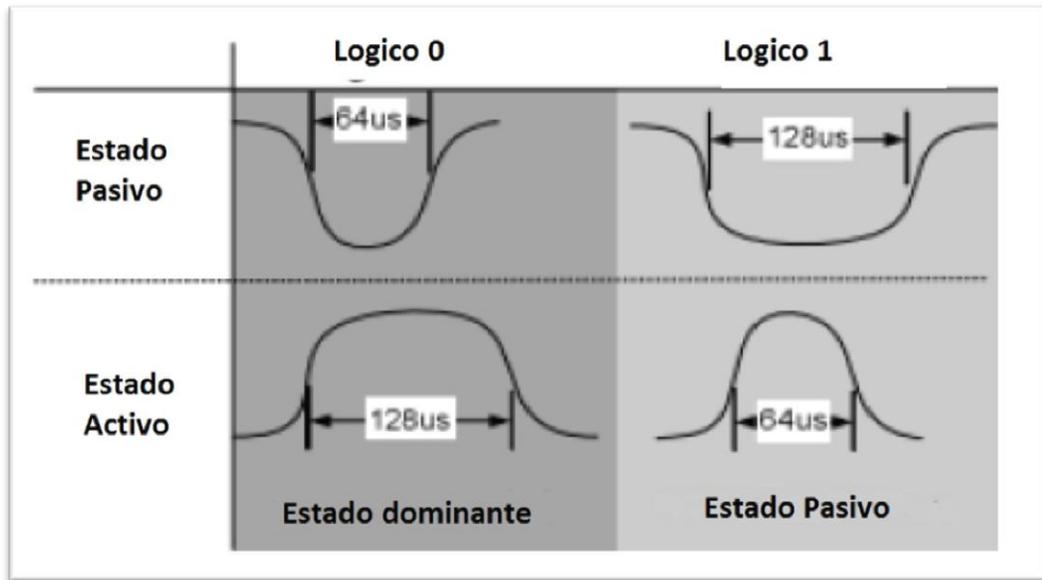


Fuente: Bibing. *Protocolo SAE J1850-PWM*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 15 de diciembre de 2017.

Los símbolos utilizados en VPW se caracteriza en que el bus de datos alterna cada bit entre pasivo y activo; además, cuando el bus está en estado activo, los pulsos largos predominan sobre los pulsos cortos; y cuando el bus está en estado pasivo, los pulsos cortos predominan sobre los pulsos largos.

Figura 8. **Símbolos utilizados en modulación VPW**



Fuente: Bibing. *Modulación VPW*.

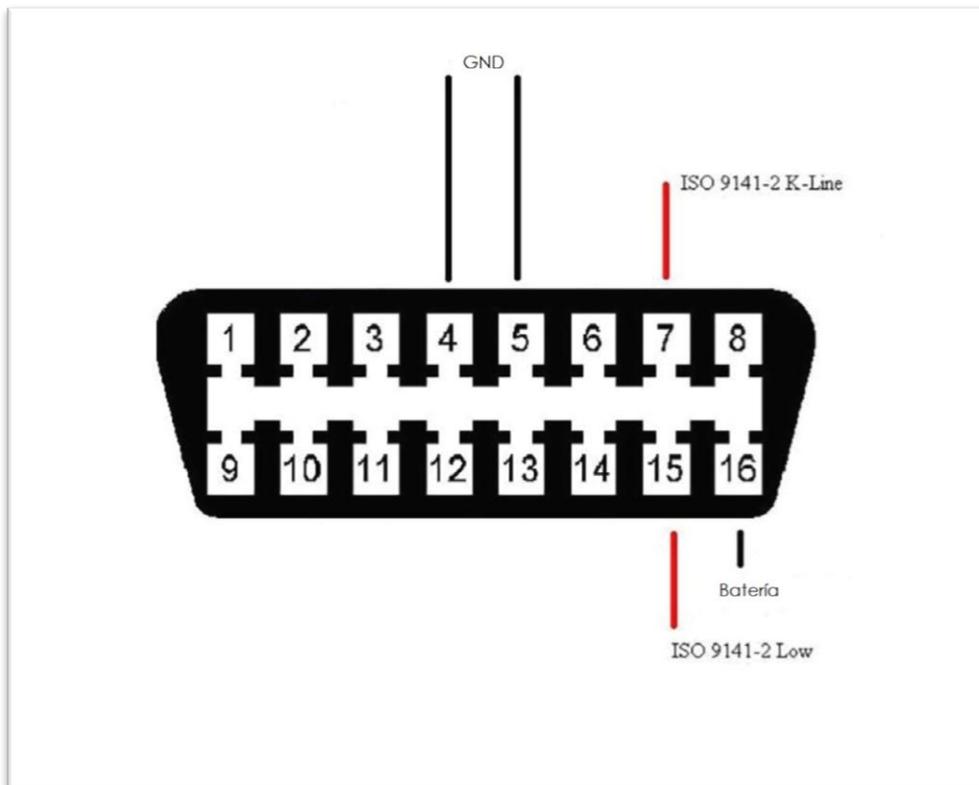
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 16 de diciembre de 2017.

1.9. **Protocolo ISO 9141-2**

El tipo de información que se envía por medio de este protocolo es asíncrono, tiene mucha similitud al conocido protocolo RS-232 pero difiere en que el envío de información lo hace únicamente en una dirección y puede enviar mensajes con un peso de hasta 12 bytes en donde también va incluido el código de detección de errores (CRC, *cyclic redundancy check*). La codificación que tiene este protocolo está representado como un 1 lógico el valor del voltaje de la batería y como un 0 lógico el chasis. El rango de tiempo utilizado en la transmisión es de 96,15 microsegundos y cuenta con una tasa estándar de 10,4 Kbps para la transmisión de mensajes de respuesta.

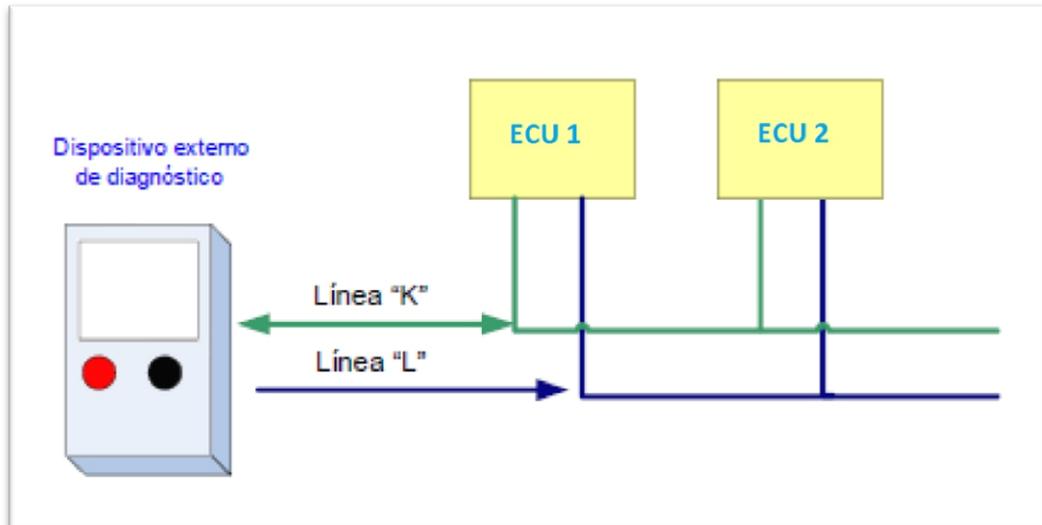
Este protocolo utiliza dos hilos de comunicación, denominados como línea K y línea L. La línea K tiene la capacidad de transmitir de forma bidireccional y es utilizada para enviar los mensajes de solicitud y respuesta del estado de los parámetros. Por otro lado, la línea L transmite en una sola dirección y son solo algunos vehículos que la utilizan ya que es útil para el proceso de inicialización.

Figura 9. Pines utilizados por protocolo ISO 9141-2



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Topología utilizada por el protocolo ISO 9141-2**

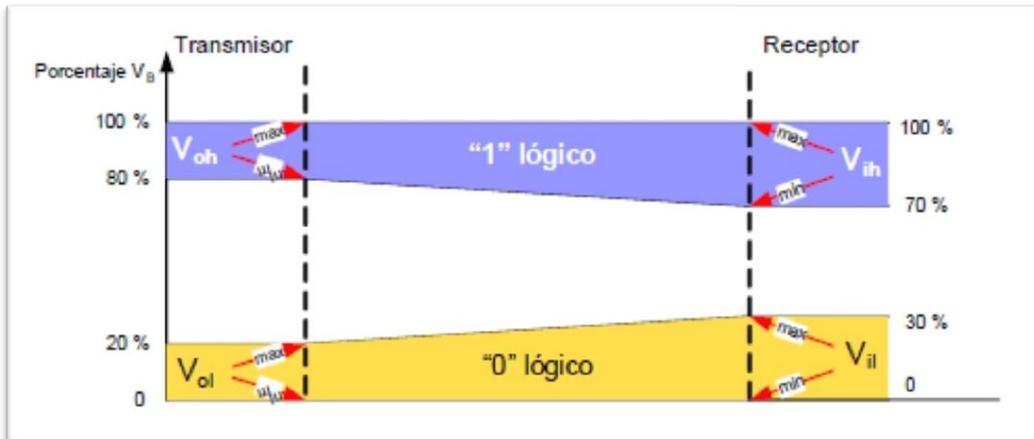


Fuente: Bibing. *Protocolo ISO 9141-2*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 16 de diciembre de 2017.

En este protocolo únicamente hay dos símbolos, el 0 lógico y el 1 lógico y la codificación que se utiliza es la de no retorno a cero (NRZ, *not return zero*); esto significa que cuando hay dos valores que son consecutivos a uno el voltaje no vuelve a cero, este 1 lógico está representado con un nivel de voltaje positivo igual al de la batería y el 0 lógico representado por el nivel de tierra.

Figura 11. Niveles de tensión usados en protocolo ISO 9141-2



Fuente: Bibing. *Protocolo ISO 9141-2*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 16 de diciembre de 2017.

Las tramas utilizadas por este protocolo poseen un bit de inicio, seguido por 8 bits de datos y al menos un bit de parada. Cuando el bus de comunicaciones no está activo, el estado de las líneas K y L están en 1 lógico, por lo que el bit de inicio es un 0 lógico y el bit de parada un 1 lógico. Los 8 bits de datos son enviados comenzando por el bit menos significativo.

Figura 12. Trama de datos en protocolo ISO 9141-2



Fuente: Bibing. *Protocolo ISO 9141-2*.

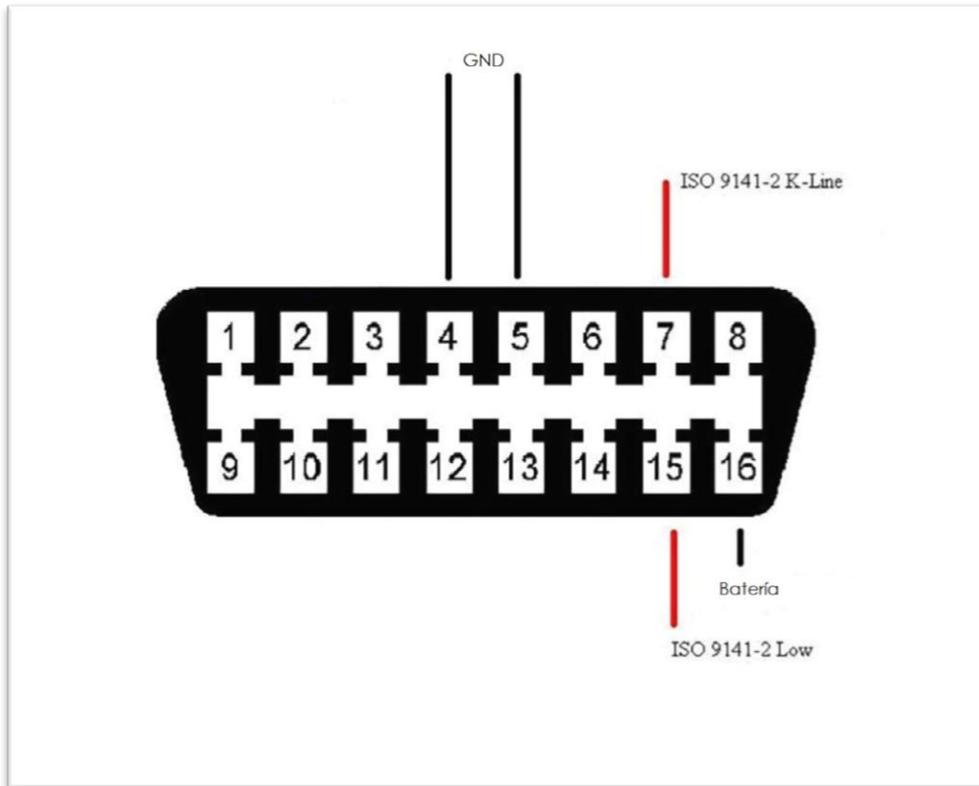
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 16 de diciembre de 2017.

1.10. Protocolo ISO 14230-4

Esta norma tiene principio leer el mensaje de diagnóstico de bytes de entrada, en donde el primer byte no indica el modo de dirección a utilizar, ya sea físico o funcional, y la longitud del campo de datos, el segundo byte indica a que receptor debe direccionar el mensaje y el tercer byte es la dirección física que remite el mensaje de diagnóstico.

Este estándar es muy similar al protocolo ISO 9141 el cual está basado en un bus que es bidireccional sobre la línea K; opcionalmente, puede ser utilizada la Línea "L" en donde su función es la de restablecer la comunicación.

Figura 13. Pines utilizados por protocolo ISO 14230-4



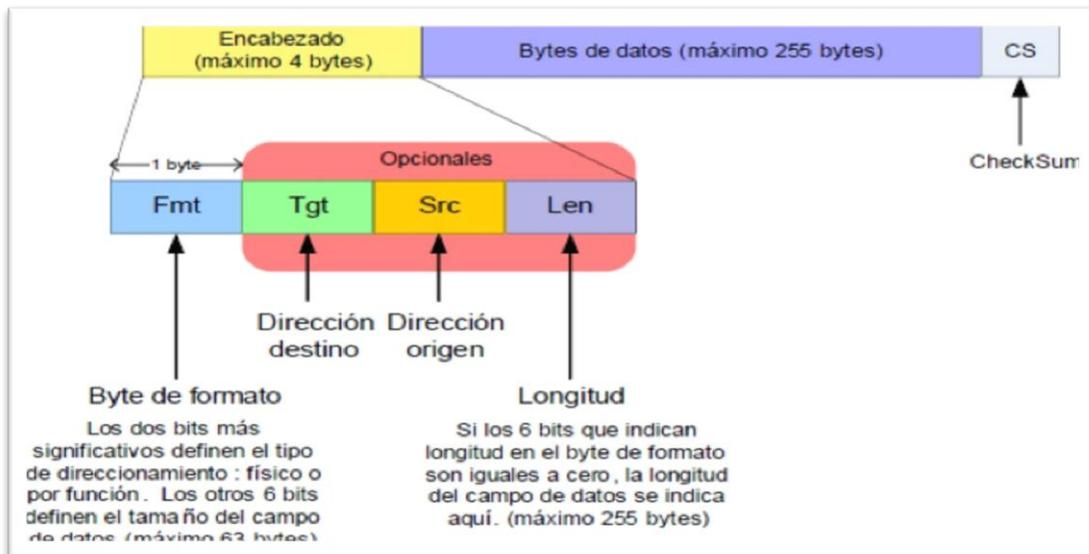
Fuente: elaboración propia.

El protocolo ISO 14230-4 también utiliza la codificación NZR con una velocidad de 10,4 Kbps y posee dos formas distintas de iniciar el envío de datos.

- Igual a la inicialización de ISO 9141-2 a diferencia que hay 19 palabras clave que poseen la forma de 8F XX, donde XX representa el formato de la cabecera, las aceptadas por este protocolo son cuatro: 8F E9, 8F 6B, 8F 6D y 8F EF; en donde se recomienda el uso de la palabra 8F E9 para la comunicación entre el vehículo y el dispositivo de diagnóstico, esta transmisión es lenta ya que se hace a una velocidad de 5 bps.

- Cuando la inicialización es rápida esta trabaja a 10,4 Kbps, en donde la comunicación empieza con un mensaje para despertar al dispositivo por parte del equipo de diagnóstico con una duración de 50 ms; luego, envía un mensaje de inicio de comunicación. El vehículo responde con un mensaje de inicio de comunicación; esta petición tiene la forma C1 33 F1 81 66, C1 es el byte de formato, 33 es la dirección de destino, F1 es la dirección de origen, 81 es el identificador de petición de servicio y 66 la suma de verificación.

Figura 14. Trama de datos en protocolo ISO 14230-4



Fuente: Bibing. *Protocolo ISO 14230-4*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90766/fichero/Simulador+de+la+ECU+de+un+veh%EDcul+o+sobre+OBDII+con+protocolo+ISO+9141-2.pdf>. Consulta: 16 de diciembre de 2017.

1.11. Protocolo ISO 15765-4

La utilización de este protocolo se hizo obligatorio en todos los vehículos que se venden en Estados Unidos desde el año 2008; por ello es el protocolo más usado en los vehículos de última generación.

Este estándar está en dos versiones: CAN 1.0 y CAN 2.0.

CAN 1.0 utiliza dos hilos para la transmisión de los mensajes y utiliza la codificación NRZ; también, se hace inserción de bits sin información a cada 5 bits en el mensaje, esto denominada *bit stuffing*, el cual tiene la finalidad de evitar la desincronización de bit; ya que si existen 5 bits que están al mismo nivel, el siguiente bit es obligado a ser de un nivel contrario y no es tomado con bit de información.

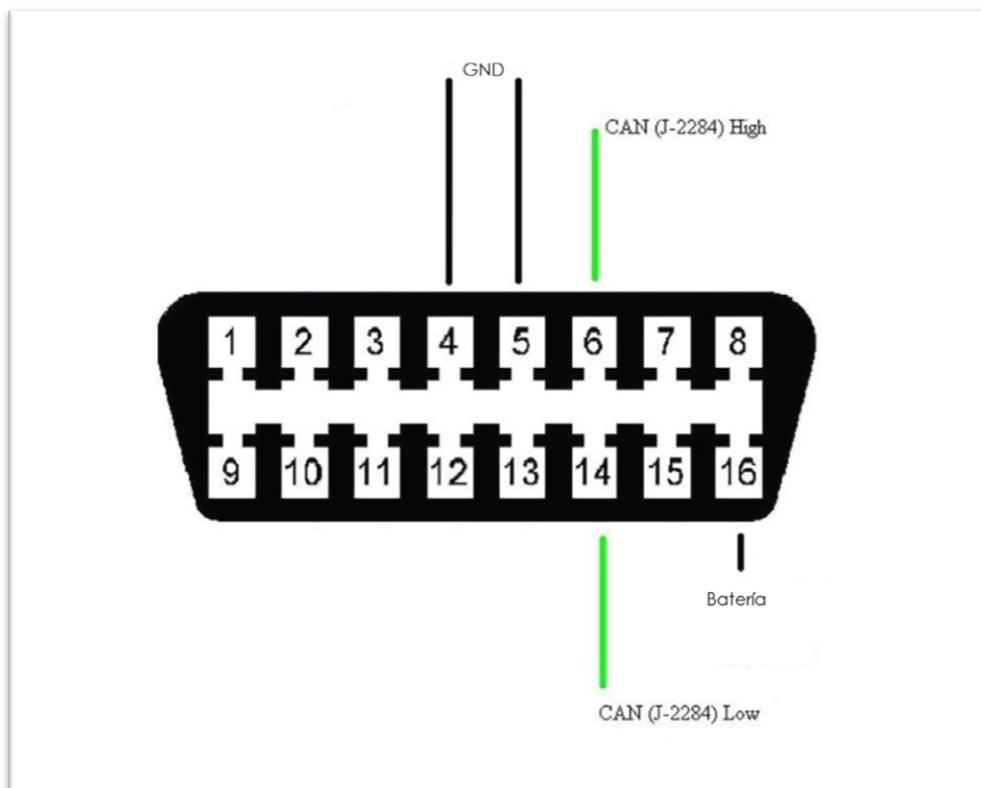
El método de acceso a la red que es útil para controlar el tráfico de los mensajes a la red es el de cargador de envío de múltiple acceso con prevención de colisiones por su siglas en ingles (CSMA/CA, *carrier sense multiple access with collision avoidance*) el cual permite tener una velocidad de transmisión de hasta 125 Kbps lo cual lo denomina como de clase B.

Este protocolo funciona basado en un modelo de productor/consumidor, esto es porque un dispositivo envía un mensaje a través del bus cuando este lo decida, y se transmitirá el mensaje si gana la contienda ante otros dispositivos candidatos; base de esta contienda está en el valor del campo que identifica a la trama y hace uso de dos niveles de señalización de bus asimétricos, designados como nivel recesivo o reposo y nivel dominante.

Son 11 bits que conforman el campo identificador tiene la funcionalidad de indicar el campo de datos del mismo. El estándar posee el reconocimiento de recepción conocido como bit ACK que va incluido dentro de la misma trama y es de gran utilidad cuando hay un solo destinatario de la trama de datos y también permite dentro de la trama, la solicitud de respuesta de la estación destino por sus siglas en inglés (RTR, *remote transmission request*).

Otra particularidad del protocolo es que si un dispositivo detecta 255 veces error en su envío de información, este se desconectará del bus.

Figura 15. **Pines utilizados por protocolo ISO 15765-4**



Fuente: elaboración propia.

En el año de 1991 fue integrada la versión CAN 2.0 el cual es compatible con CAN 1.0, cuya mejora radica en que se hizo un aumento de bits en campo identificador de la trama de 11 bits a 29 bits, como un campo de identificación extendido de 18 bits; agregado a esto, hubo un aumento en la velocidad de transmisión bajo el estándar SAE J2284-500 a 500 Kbps y bajo ISO 11898 aumento a 1 Mbps; esto lo hace ser clase C como velocidades de transmisión altas.

1.12. Bus CAN

El bus CAN (CAN, *controller area network*) es un protocolo de comunicación que tuvo su origen en la industria automotriz, y fue desarrollado por la compañía Bosch; está basado en la topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos y posee una gran robustez y su aplicación es muy sencilla. Debido a que es un sistema de comunicación estandarizado, el bus CAN fue pensado en el modelo OSI, pero sin implementar todas las capas de dicho modelo, ya que se usan las 2 primeras capas del modelo: la capa física y la capa de enlace de datos y la capa de aplicación; esto porque los protocolos que usan el bus CAN comparten directamente las definiciones de las mismas. En la capa de aplicación se implementan varios de los protocolos que son de alto nivel y es acá en donde se ha desarrollado cada protocolo para poder cumplir con la aplicación del fabricante.

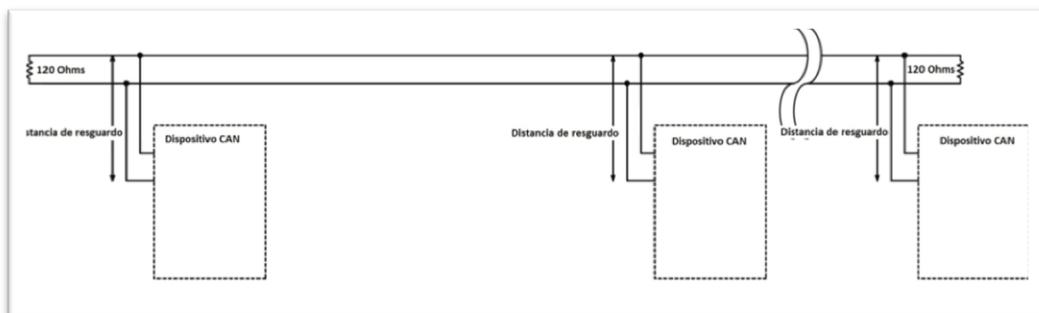
CAN es un protocolo el cual está enfocado a mensajes, es decir, la información que se está transfiriendo se desglosa en mensajes, y cada mensaje tiene un identificador y se encapsulan en tramas para ser transmitido; además, el protocolo se caracteriza por detectar errores que son temporales y también por detectar fallas permanentes en los dispositivos conectados a la red; realiza

la desconexión de forma automática si detecta dispositivos defectuosos; si en la transmisión detecta errores este puede señalarlos, entre otros.

Existen dos versiones del bus CAN, CAN de alta velocidad en donde puede alcanzar velocidades de 1Mbps y CAN de baja velocidad con tolerancia a fallos en donde las velocidades alcanzan hasta 125 Kbps.

CAN de alta velocidad utiliza un bus lineal el cual posee en los extremos tiene conectadas resistencias que tienen un valor de 120Ω ; este valor de resistencia es muy importante ya que elimina reflexiones en la línea que puedan afectar a la transmisión de datos.

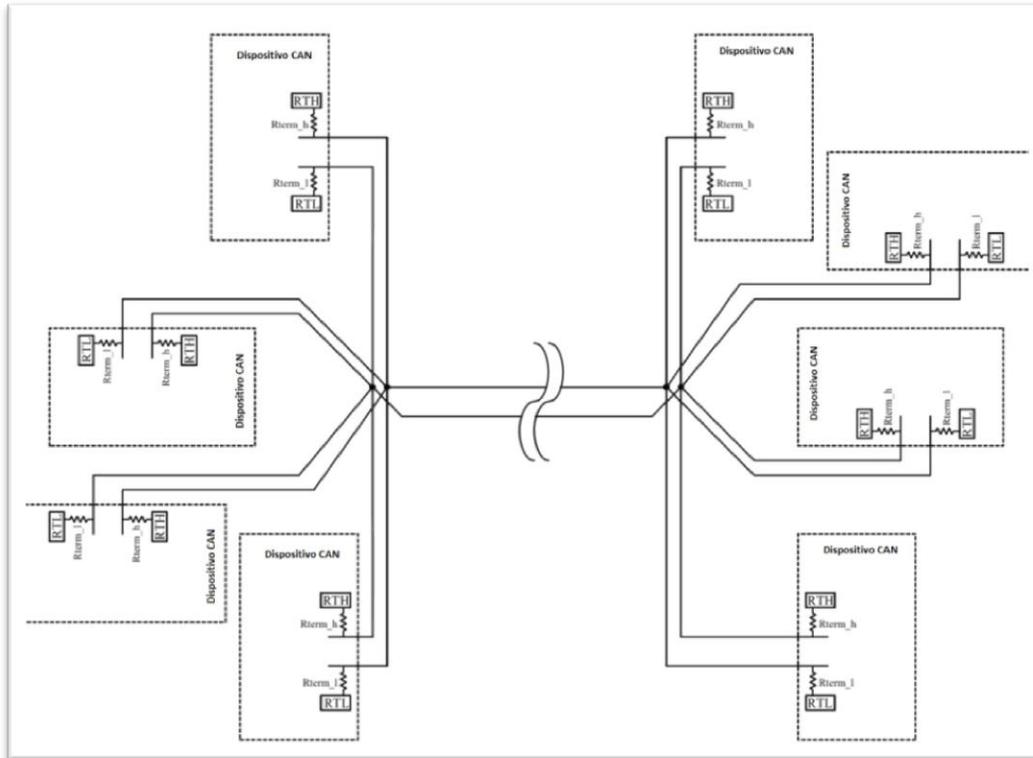
Figura 16. **Topología utilizada por el bus CAN de alta velocidad**



Fuente: Wikipedia. *Bus CAN de alta velocidad*. https://es.wikipedia.org/wiki/Bus_CAN. Consulta: 17 de diciembre de 2017.

CAN de baja velocidad tolerante a fallos puede estar conectado a un solo bus o múltiples buses conectados en configuración estrella y cada dispositivo tiene que tener una fracción de la resistencia de terminación total que posee un valor no menor a 100Ω .

Figura 17. **Topología utilizada por el bus CAN de baja velocidad tolerante a fallos**



Fuente: Wikipedia. *Bus CAN de baja velocidad tolerante a fallos.*

https://es.wikipedia.org/wiki/Bus_CAN. Consulta: 17 de diciembre de 2017.

Se pueden encontrar en vehículos varios tipos de conectores ya que no hay una especificación concreta de este; sin embargo, hay un formato que ha sido aceptado como lo es el conector D-sub de 9 pines, en el cual la señal CAN L está en el pin 2 y CAN H en el pin 7.

Para este protocolo, han sido aceptados algunas longitudes del bus de datos que están en función a la tasa de transferencia.

Tabla II. **Velocidad de transferencia en función a la longitud del bus**

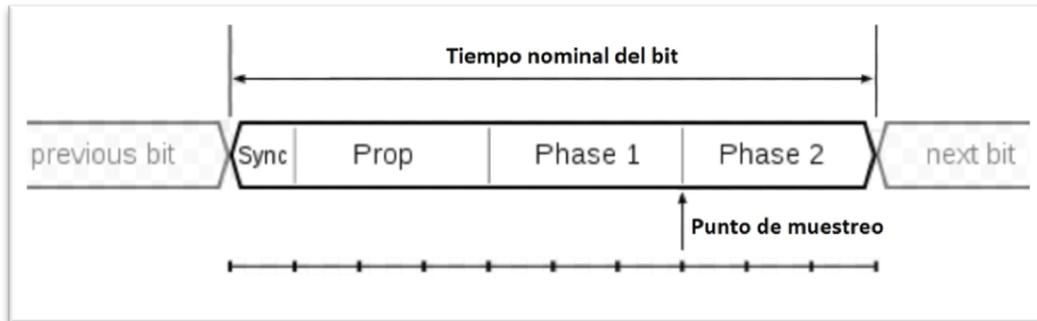
Longitud del bus de datos [m]	Tasa de transferencia [Kbps]
40	1000
100	500
200	250
500	100
1000	50

Fuente: elaboración propia.

En un bus CAN todos los dispositivos deben estar configurados para que transmitan a la misma velocidad y para ser sincronizados cada dispositivo de poder observar los datos transmitidos por el mismo así como los datos transmitidos por los demás dispositivos.

Un dispositivo CAN actúa cuando hay un cambio de estado, de recesivo a dominante, esto siendo en determinado intervalo de tiempo, si esto no ocurriese en el intervalo establecido; el dispositivo realiza un ajuste en el tiempo de duración del siguiente bit, y este ajuste se realiza dividiendo cada bit en tiempos y asignando los tiempos a los cuatro segmentos de cada bit: bit de sincronización, propagación, segmento de fase 1 y segmento de fase 2.

Figura 18. **Cuantificación de un bit CAN**



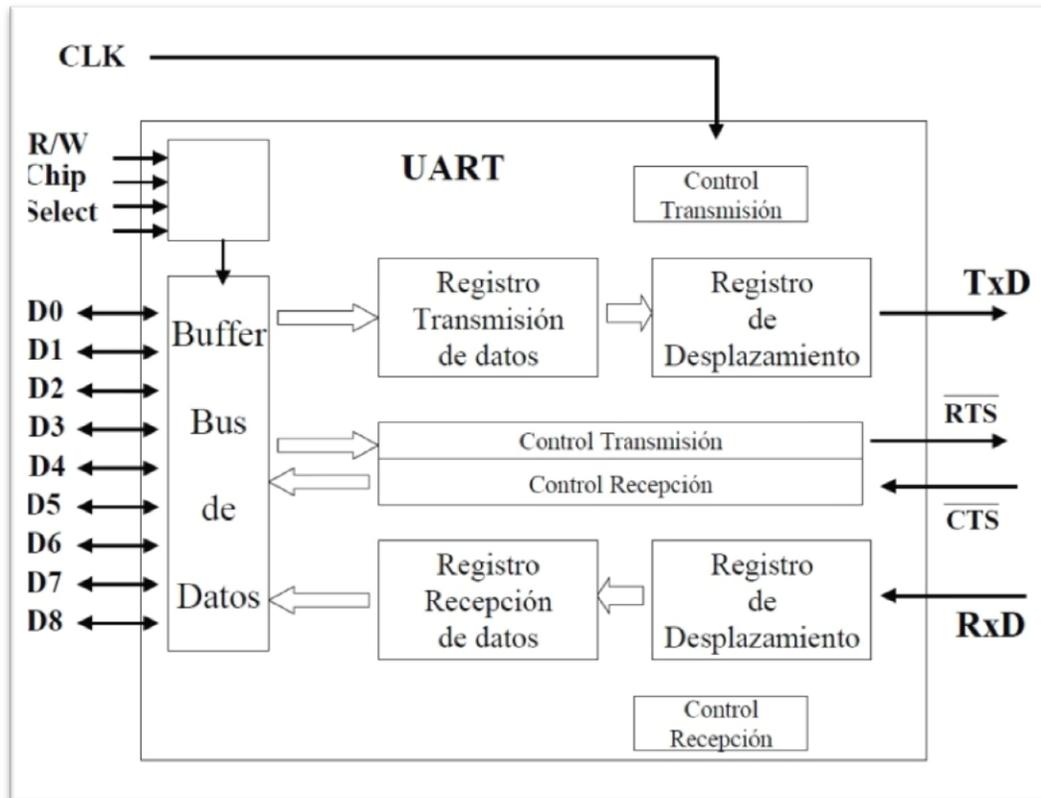
Fuente: Wikipedia. *Bit CAN*. https://es.wikipedia.org/wiki/Bus_CAN. Consulta: 17 de diciembre de 2017.

1.13. **Protocolo UART**

El protocolo transmisor-receptor asíncrono universal por sus siglas en inglés (UART, *universal asynchronous receiver-transmitter*) utiliza 2 hilos y su función principal es convertir los datos recibidos que vienen de forma serial a paralelo y los datos enviados los convierte de datos paralelo a seriales. Comúnmente se denomina a esta comunicación asíncrona ya que hace referencia a la flexibilidad que posee en transmitir los datos, pero en realidad es una comunicación síncrona.

En el gráfico 1,23 se visualiza los cuadros que lo comprenden, se observan los registros de datos, los registros de desplazamiento de RxD y TxD, registros de que controlan la transmisión y recepción y las señales que sincronizan el inicio de transferencia de datos.

Figura 19. Esquema en dispositivos UART



Fuente: Uma. *Dispositivos UART*. http://www.el.uma.es/marin/Practica4_UART.pdf. Consulta: 17 de diciembre de 2017.

Los parámetros necesarios que deben ser establecidos para comunicaciones eficientes utilizando UART son los siguientes:

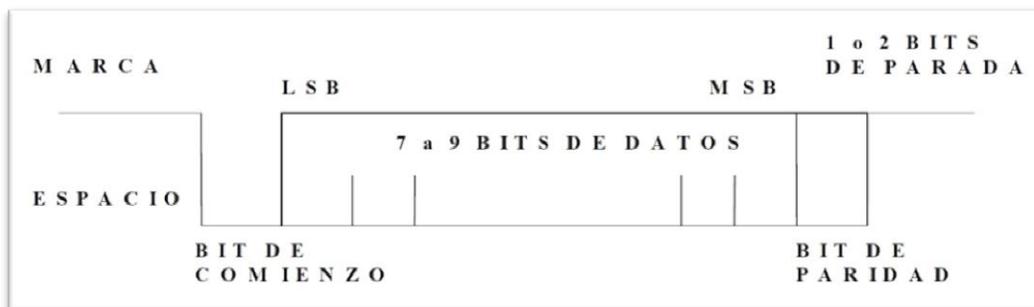
- Sincronización entre el transmisor y el receptor
- Señales eléctricas de los valores lógicos
- Establecer una tasa en el envío de datos
- Prioridad en el envío de los bits
- Codificación de los datos

- Señales *handshaking*

Las señales *handshaking* permiten realizar un control de flujo tal que el dispositivo más lento tenga tiempo de procesar la información recibida, en donde las líneas dedicadas a realizar el *handshaking* son las RTS y CTS.

La sincronización se lleva a cabo poniendo en primer lugar un bit de inicio, luego de esto, se envían los datos de información siempre iniciando por el menos significativo, y por último se envía el bit de parada, cuando se trabaja con 8 bits, a este se le agrega un bit de detección de errores o más conocido por bit de paridad.

Figura 20. **Trama de datos UART**



Fuente: Uma. *UART*. http://www.el.uma.es/marin/Practica4_UART.pdf. Consulta: 17 de diciembre de 2017.

La codificación más utilizada en este tipo de transmisiones es el código ASCII por sus siglas en inglés (ASCII, American Standard Code for Information Interchange) que utiliza 7 bits para codificar 96 caracteres imprimibles y 32 caracteres de control, aunque puede ser utilizada cualquier codificación binaria.

Baudios es la medición utilizada para la transmisión de datos, que significa la cantidad de bits que se transmite por segundo: las tasas estándares son: 110, 150, 300, 600, 900, 1 200, 2 400, 4 800, 9 600, 14 400, 19 200, 28 800, 31 250, 38 400 y 57 800.

2. FUNDAMENTOS DEL SISTEMA GPS COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN REMOTO

El sistema de posicionamiento global permite determinar en toda la tierra la posición de un objeto con una precisión bastante grande.

2.1. Historia del sistema GPS

El primer sistema utilizado para la ubicación de objetos sobre la tierra basado en la navegación satelital fue llamado TRANSIT el cual dio inicio a su operaciones en el año 1965; fue financiado por la Marina y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el cual estaba compuesto por un grupo de satélites en órbita, ubicados a una altura de 1 074 kilómetros en donde la información que se obtenía era en dos dimensiones: latitud y longitud. Los principales problemas que presentaba este sistema era que aun consiguiendo cubrir todo el mundo su paso sobre el objeto era de como mínimo 30 minutos, el cual lo hacía no útil para la localización de objetos móviles: vehículos, aviones, misiles, entre otros.

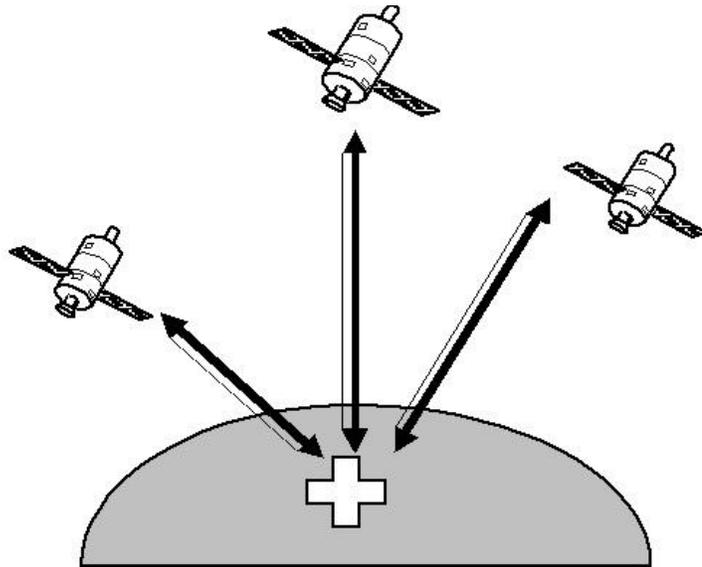
En 1973 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos creó un programa denominado NAVSTAR Global Position System, en donde este proyecto introduce un total de 24 satélites; por problemas financieros se redujo la cantidad de satélites a 18 y 3 se dejaron de reserva, pero más adelante se completo la cantidad de satélites antes previstos; su funcionalidad fue demostrada en la Guerra del Golfo Pérsico ya que la precisión con la que dirigían los misiles fue admirable por lo que el desarrollo del proyecto se aceleró.

2.2. Arquitectura del sistema GPS

Fundamentalmente, el sistema GPS consiste en recibir información de señales de radio de al menos 4 satélites que están en órbita; la posición de dichos satélites se conoce de forma exacta en relación a la tierra y cada satélite envía de forma continua señales de radio en donde se informa la hora precisa a la que se emite. Los receptores en tierra reciben la señal y se disponen a calcular el tiempo de envío de la señal hasta la recepción del mismo; dado que las señales de radio viajan a la velocidad de la luz, es así como se puede calcular la distancia a la que se encuentra el satélite. Conociendo la posición de los satélites, la velocidad de propagación de las señales y el tiempo que necesita la señal en recorrer la distancia hasta el receptor, por triangulación se puede establecer la posición del receptor.

El sistema se descompone básicamente en tres segmentos: segmento espacio, segmento de control y segmento de usuario; los dos primeros están bajo responsabilidad militar.

Figura 21. **Ubicación de los receptores a través de triangulación en el GPS**



Fuente: CDN. *Triangulación en el GPS.*

<https://cdn.instructables.com/F8D/LH6H/IOT2UO97/F8DLH6HIOT2UO97.MEDIUM.jpg>.

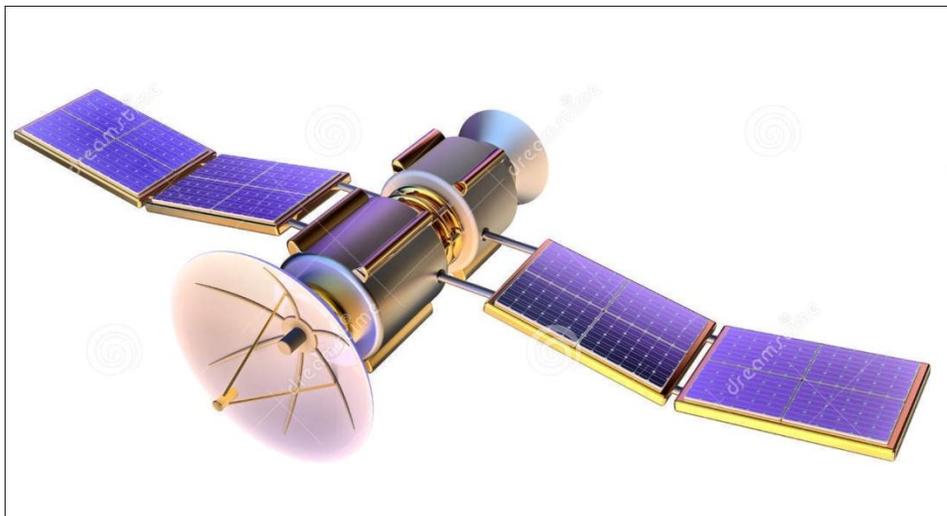
Consulta: 17 de diciembre de 2017.

2.2.1. Segmento espacio

Este segmento está constituido por 24 satélites GPS y las señales de radio que emiten, en donde todos estos satélites componen a la constelación denominada NAVSTAR; además, hay 4 satélites de reserva los cuales son mantenidos por la Fuerza Aérea de Estados Unidos de América; esta constelación utiliza satélites no geoestacionarios; estos hacen su recorrido a través de órbitas elípticas visto desde el centro de la tierra, y forma un ángulo de 55° con el plano del ecuador; pero a pesar de esto, las órbitas deben ser corregidas para tener la cobertura que se necesita a nivel mundial; es decir, en el cualquier parte del mundo deben ser visibles al menos 3 satélites con una

duración y de periodo con gran aceptación para que el cálculo de su posición tenga bastante precisión.

Figura 22. **Satélite NAVSTAR GPS**



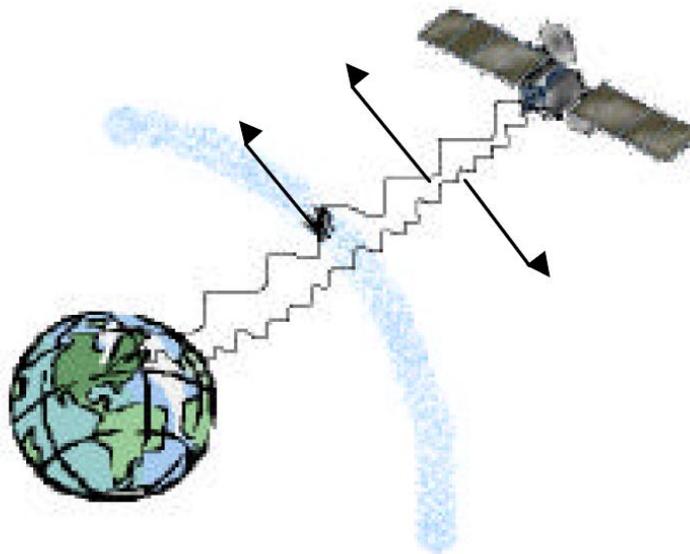
Fuente: Elgps. *Satélite NAVSTAR GPS*. <http://www.elgps.com/images/satelites/satelites.html>.

Consulta: 17 de diciembre de 2017.

El envío de señales de radio por medio de los satélites se encuentra en la región del espectro electromagnético; están formadas por un conjunto de componentes que se modulan sobre una señal principal con frecuencia de 1023 Mhz; a partir de esta señal principal se producen dos componentes muy importantes: las señales portadoras o carriers, las cuales son emitidas en la banda L del espectro electromagnético la cual está definida en el rango de 390 MHz hasta los 1550 MHz; esta banda es la que presenta la mejor transparencia atmosférica y brinda una gran precisión al sistema. Las dos frecuencias portadoras o carriers son denominadas L1 y L2, y se utilizan dos frecuencias diferentes debido a que la atmósfera brinda cierto retardo en la propagación de las ondas electromagnéticas; este retardo está en función a la

frecuencia; si se usan las dos frecuencias distintas, se puede saber de cuanto es el retardo y así puede ser compensado.

Figura 23. **Señales portadoras**



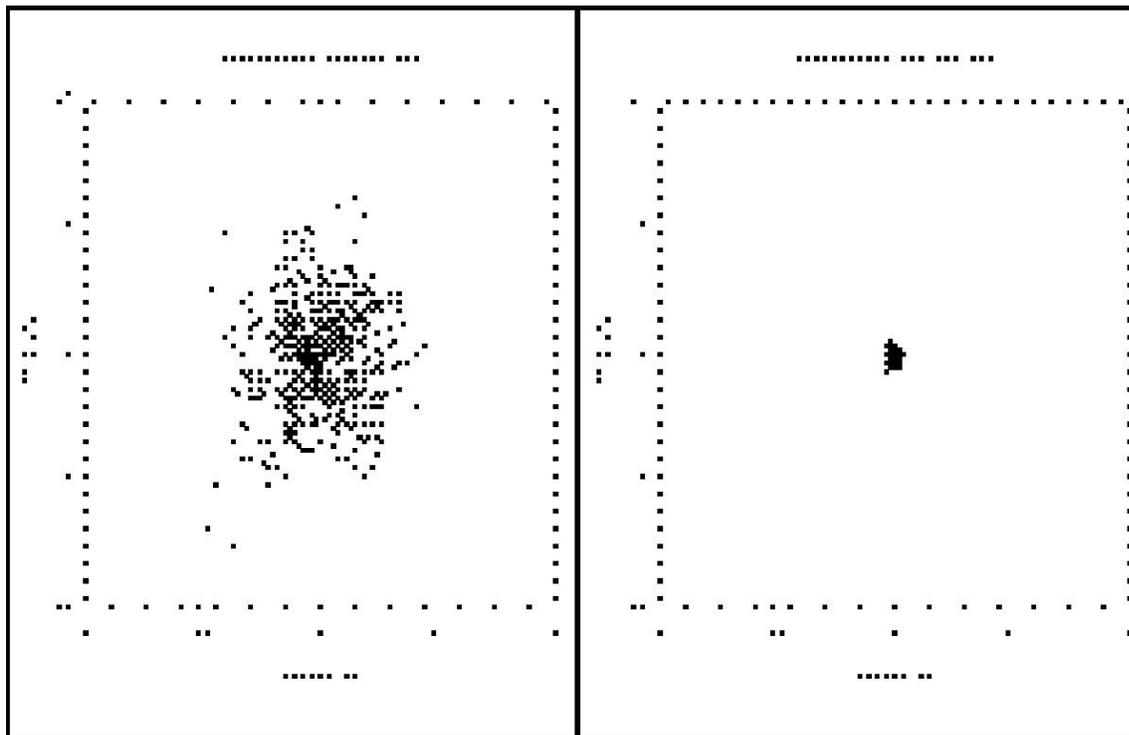
Fuente: *Señales portadoras*.

ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf. Consulta: 18 de diciembre de 2017.

Sobre las dos portadoras se modulan varios códigos cifrados y transportan en código binario la información que necesita para calcular las posiciones; el código más básico es el denominado C/A (*coarse/acquisition*) el cual va sobre la señal L1. Este código es recibido por todos los dispositivos receptores. Existe otro código que se modula sobre L1 y L2 el cual es llamado P (*precise*) el cual es muy notoria la precisión del sistema y la velocidad que tiene para realizar la medición.

Dado a que el sistema fue creado para investigaciones militares, los Estados Unidos degradaban las señales de forma intencional, con la finalidad de que los receptores civiles tuvieran cierto error para que no pudieran ser utilizados de forma militar; este error intencional fue llamado disposición selectiva; este error se debía a la alteración de las efemérides de los satélites y los tiempos reportados por lo relojes atómicos en los satélites. Por suerte, en el año 2001 fue eliminado dicho error ya que la importancia económica que estaba tomando el sistema GPS era grande; en cuanto se hizo dicho cambio, su mejoría fue notable.

Figura 24. **Datos generados con error y sin error**



Fuente: Gisweb. *Datos generados con error y sin error.*

ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf. Consulta: 18 de diciembre de 2017.

2.2.2. Segmento control

Este segmento es formado por la red de control la cual está mantenida por la Fuerza Aérea de Estados Unidos y su función es controlar la constelación de satélites. Esta infraestructura posee coordenadas en tierra con una gran precisión y está formada en cinco grupos de instalaciones que se encuentran distribuidas por todo el planeta; para tener el control total de todos los satélites.

Las orbitas de los satélites se puede predecir muy fácilmente ya que no existe fricción atmosférica por donde se mueven los satélites; a esta predicción de las orbitas se le llama Almanagues. Aun siendo fácil la predicción de las órbitas, existe una degradación debido a varios factores, como la desigualdad en la densidad de gravedad de la tierra, mareas gravitatorias que son provocadas por el alineamiento de la luna y los planetas, vientos solares, entre otros.

La variedad de degradaciones existentes en las orbitas se deben tomar en cuenta para que se tenga precisión en el sistema GPS; debido a esto, las estaciones del segmento de control que tienen antenas que sirven de referencia tienen, también, la función de aplicar correcciones en las órbitas para el sistema de navegación; estas correcciones son enviadas en la banda S y en cuanto son recibidas por los satélites estas son integradas en los mensajes de navegación que los satélites envían para que sean adquiridos por los receptores. A estas órbitas que son recalculadas se les denomina como efemérides.

Figura 25. **Infraestructura de control**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Segmento de usuario

Este segmento está compuesto por los equipos de recepción y el software usados para la recepción y el proceso de las señales emitidas por los satélites en órbita. Para las personas que utilizan el sistema GPS el segmento de usuario puede parecerles muy interesante ya que la precisión que puede alcanzar depende de los métodos que utilice, también, de los instrumentos utilizados.

Sobre el tipo de receptor depende directamente del método utilizado para realizar la medición, también, la aplicación que se desea realizar, ya que no es factible utilizar un receptor avanzado de doble frecuencia si no se utiliza en conjunto con un método relativo, ya que este sistema puede valer miles de dólares y su función sería igual al de un receptor que valga unos \$300,00;

debido a esto el equipo, los métodos y la aplicación son de gran importancia para el especialista.

2.3. Funcionamiento del GPS

El funcionamiento del sistema GPS se resume en 5 pasos principales los cuales hacen que este sistema sea lo bastante preciso.

- Triangulación
- Distancia
- Control de tiempo
- Ubicación de los satélites
- Errores

2.3.1. Triangulación de los satélites

La idea principal del sistema GPS se basa en la utilización de satélites que se encuentran en el espacio en donde estos sirven como puntos de referencia para ubicar sobre la tierra; esto se logra a través de una exacta medición de la distancia del dispositivo GPS hacia por lo menos tres satélites, lo que permite triangular la posición en cualquier parte del planeta.

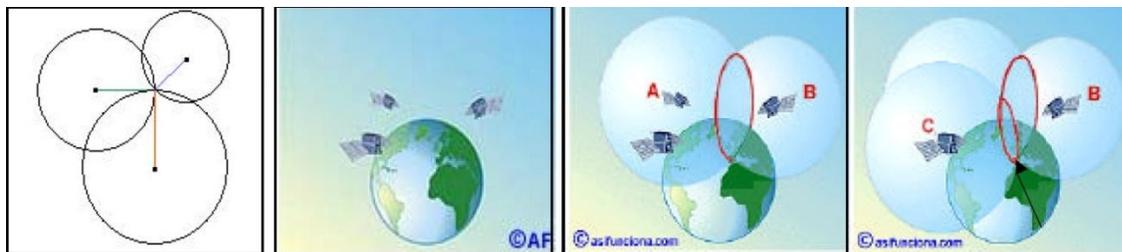
Para entender mejor la triangulación, supongase que se mide la distancia a la que se encuentra el primer satélite es de 20 000 km, por lo que no se puede estar en cualquier punto del mundo, sino que esto limita la posición a la superficie de una esfera que tiene un radio de 20 000 km y el centro de esta es el mismo satélite. Ahora, se mide que la distancia a un segundo satélite es de 21 000 km, esto determina que no se está únicamente dentro de la primera esfera, la cual corresponde al primer satélite, sino que también dentro de otra

esfera que se encuentra a 21 000 km del segundo satélite; en otras palabras, se está en algún lugar de la circunferencia que resulta ser la intersección de ambas esferas.

Ahora, si se mide la distancia a un tercer satélite y se obtiene que la distancia es de 18 000 km del dispositivo, esto hace que se limite aun más la posición, ya que al medir la distancia a tres satélites, la posición se limita a solo dos puntos posibles.

Para decidir cual de las dos posiciones es verdadera, podría realizarse una nueva medición con un cuarto satélite, pero no es necesario, ya que una de las dos posiciones suele ser muy improbable ya que es una posición muy lejana a la de la superficie de la tierra y puede ser descartado sin mediciones posteriores.

Figura 26. **Principio de triangulación**



Fuente: Gisweb. *Triangulación*.

ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf. Consulta: 7 de enero de 2018.

2.3.2. Distancia de los satélites

Para medir la distancia a la que se encuentran los satélites del dispositivo en tierra es mediante el tiempo que tarda una señal emitida por el satélite en llegar al receptor GPS en tierra.

Esta medición se realiza matemáticamente, basado en la ecuación de velocidad:

$$\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

Por ejemplo, si se desea medir la distancia que recorre un vehículo que viaja a 40 Km/h durante 3 horas, se hace mediante la ecuación anterior:

$$\text{Distancia} = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times 3 \text{ h} = 120 \text{ km}$$

En el caso del GPS se mide una señal de radio que viaja a la velocidad de la luz, en donde su velocidad es aproximadamente de 300 000 km por segundo. Sin embargo, la medición de ese tiempo es muy compleja ya que son velocidades extremadamente rápidas y tiempos muy cortos, para ejemplificar esto; supóngase que una persona está exactamente debajo de un satélite a unos 20 000 km de altura; el tiempo total en el recorrido de la señal hacia la persona es de aproximadamente 0,06 segundos, debido a esto son necesarios relojes con mucha precisión.

Existe además una señal emitida por el receptor GPS y por el satélite el cual es llamado *código pseudo aleatorio* y es fundamental para el sistema GPS; este se trata de de una secuencia o código digital muy complicado. Dicha señal es tan complicada que parecer ser ruido eléctrico, este ayuda a tener la certeza

que el receptor GPS no se ha sintonizado accidentalmente con alguna otra señal por lo que al ser este código tan complicado que tiene una probabilidad muy pequeña que otras secuencias sean idénticas.

2.3.3. Control de tiempo

Los relojes que se utilizan en este sistema deben tener gran exactitud, dado que si se mide el tiempo con un desvío de una milésima de segundo, a la velocidad de la luz, esto puede reflejarse en un error de 300 km. Por otro lado, la coordinación de los satélites denominado *timing* es bastante precisa, ya que estos poseen relojes atómicos; sin embargo, los receptores GPS no poseen relojes atómicos ya que eso haría que la tecnología sea inaccesible, ya que su precio está alrededor de los \$100 000.

Los diseñaros han hallado una solución sin la necesidad de incorporar relojes precisos como los atómicos. Para poder obtener un *timing* casi perfecto, está en realizar una medición satelital adicional; ya que se observó que si se realizan tres mediciones perfectas se puede determinar un punto en el espacio tridimensional, es lo mismo que realizar cuatro mediciones imperfectas y se logra el mismo resultado.

Una medición adicional es la solución al desfase del *timing*, ya que si los relojes de los GPS fueran perfectos, los rangos de las distancias a los satélites coincidirían en un solo punto; pero con relojes imperfectos, una cuarta medición, como control cruzado, no intersectará con los tres primeros.

Es por eso que el módulo de control del GPS podrá detectar la discrepancia y atribuirá la diferencia a una sincronización imperfecta con la hora universal. Dado que cualquier discrepancia con la hora universal afectará a las

cuatro mediciones, el receptor buscará un factor de corrección único que al ser aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos de tiempo coincidan en un solo punto; esta corrección hará que el reloj receptor se ajuste de nuevo a la hora universal.

Para realizar con efectividad la triangulación no solo es necesario conocer la distancia, sino que se debe conocer con exactitud la posición de los satélites en el espacio.

2.3.4. Ubicación de los satélites

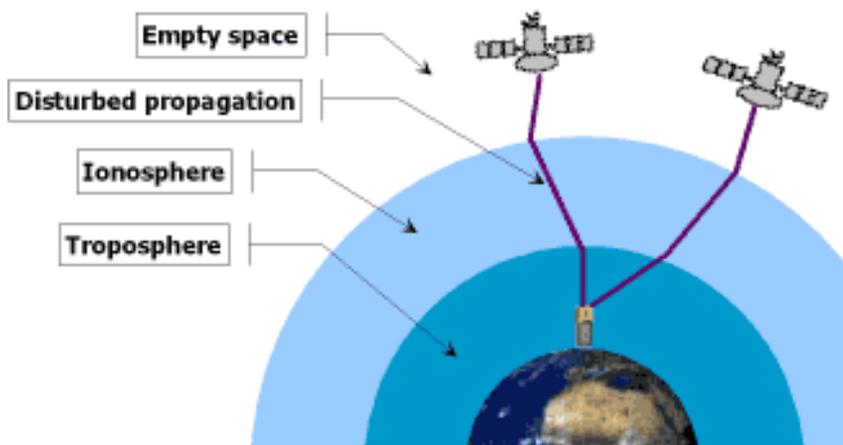
Un satélite en órbita se mantiene estable; estos se encuentran más o menos a 20 000 km, y esto es de gran beneficio ya que orbitará de forma regular y se puede predecir mediante ecuaciones matemáticas sencillas; la Fuerza Aérea de los Estados Unidos ha puesto cada satélite de GPS en órbitas muy precisas. Los receptores GPS en tierra poseen un almanaque programado y esto les indica la posición en la que se encuentra cada satélite en el espacio y estos son monitoreados constantemente por medio del Departamento de Defensa a través de radares de gran precisión y analizan su altura, posición y velocidad.

Monitorean además errores que son llamados errores de efemérides dicho en otras palabras, la evolución de la órbita de los satélites; estos errores son provocados por la influencia aplicada por el sol y de la luna, agregado a esto la radiación solar, aunque son bastante bajas dichas influencias se mantienen bajo monitoreo para mantener así la exactitud.

2.3.5. Errores

Para obtener al máximo las ventajas del sistema GPS, se debe tener en cuenta la variedad de errores con los que se puede encontrar, en donde una suposición básica que se ha usado es que se puede calcular la distancia de un satélite únicamente multiplicando la velocidad de la luz por el tiempo que recorre dicha señal; pero se sabe que la velocidad es constante únicamente en el espacio vacío, pero debido a que las señales GPS pasan a través de partículas que están cargadas positivamente alojadas por la ionosfera y luego pasa por vapor de agua en la troposfera esto hace que las señales pierdan velocidad; crea el mismo efecto que un error de precisión en los relojes.

Figura 27. Errores causados por la atmosfera



Fuente: Gisresources. *Errores causados por la atmosfera.*

http://i2.wp.com/www.gisresources.com/wp-content/uploads/2013/09/atmospheric_effects.png.

Consulta: 8 de enero de 2018.

Para minimizar este tipo de errores, se puede predecir cuál sería el tipo de error en un día promedio, a esto se le llama modelación; pero debido a que

raramente las condiciones atmosféricas se ajustan al modelo, no es muy recomendable su uso.

Otra forma que se utiliza para el manejo de los errores que son influenciados por la atmosfera es realizar la comparación en las velocidades de dos señales distintas; esta medición de doble frecuencia es bastante sofisticada y es posible realizarlas únicamente en receptores GPS avanzados.

A continuación, se muestra una tabla de errores típicos y su respectiva fuente.

Tabla III. **Fuentes de error y aproximación de magnitudes**

Fuentes de error	GPS estándar [mts]	GPS diferencial [mts]
Reloj del satélite	1,5	0
Errores orbitales	2,5	0
Ionosfera	5,0	0,4
Troposfera	0,5	0,2
Ruido del receptor	0,3	0,3
Señales fantasma	0,6	0,6
Disponibilidad selectiva	30	0
Horizontal	50	1,3
Vertical	78	2,0
3 - D	93	2,8

Fuente: elaboración propia.

2.4. Tecnologías utilizadas para el envío de información remotamente

Para que todo el sistema pueda funcionar en su totalidad, es necesario recurrir a otras tecnologías, los cuales serán las encargadas de enviar toda la información obtenida por los receptores GPS de forma remota a servidores. Los

servidores son encargados del almacenamiento en la nube y proceso de la información. Todo esto se hará a través de los sistemas celulares GSM/GPRS

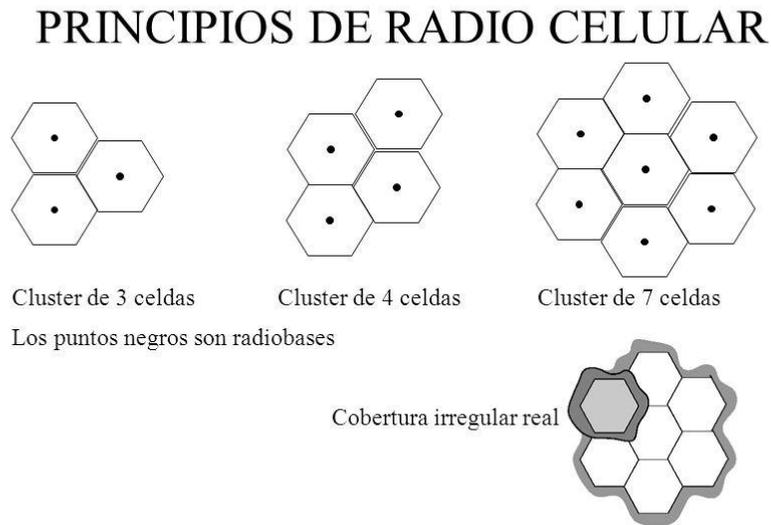
2.4.1. Red GSM

La red celular GSM, a la cual se le conoce también como red de segunda generación (2G), utiliza TDMA que asigna a cada usuario un intervalo para que use el canal de comunicación; esta tecnología se comenzó a utilizar en el año de 1992 en ciudades del continente europeo. Este sistema tiene como característica la transmisión digital, a diferencia de la red 1G, que estaba limitada únicamente a voz, esta permite el envío de datos, entre ellos los llamados mensajes de texto y también se pueden realizar transmisiones con velocidades de hasta 14,4 Kbps sobre una estructura de conmutación de circuitos.

Para aprovechar al máximo todo el espectro de frecuencias que tiene asignado el sistema GSM hace uso de celdas, y a cada celda le es asignado un grupo de frecuencias por las que estarán formados los canales; las celdas cercanas a estas poseen diferentes frecuencias con el fin de evitar interferencias entre ellas; además, se le asigna a cada una un identificador BSIC y las que posean el mismo identificador harán uso de los mismos canales.

Hay grupos de celdas los cuales poseen diferentes canales, por lo regular de 3 a 7 celdas son conocidos como clusters. Cada celda tiene cierto radio de cobertura y cierta capacidad de usuarios con los que trabajar de forma simultánea.

Figura 28. **Clúster de diferentes cantidades de celdas**



Fuente: Slideplayer. *Clúster de diferentes cantidades de celdas.*

<http://slideplayer.es/slide/1101555/3/images/10/PRINCIPIOS+DE+RADIO+CELULAR.jpg>.

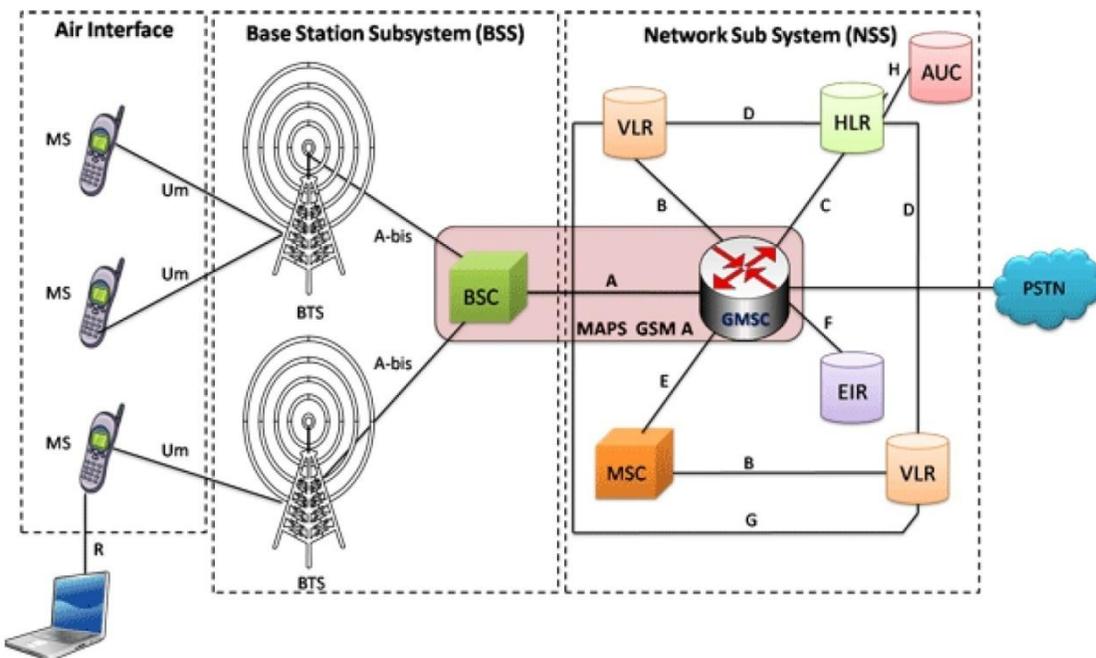
Consulta: 8 de enero de 2018.

También, existen celdas de gran tamaño que son usadas para obtener gran cobertura sobre lugares poblados denominados macroceldas. Por otro lado, existen las microceldas que cubren zonas con gran densidad poblacional pero tienen poca área de cobertura, y se usan para tratar de conseguir un número grande de celdas, ya que con estas se logra incrementar el número de canales disponibles y así gran cantidad de usuarios puedan utilizar la red.

Otro tipo de celdas utilizadas en lugares en donde no es necesario o no se requiere 360 grados de cobertura, por ejemplo, un túnel; a estas celdas se les llama celdas selectivas.

También, están las denominadas celdas sombrilla y son usadas para agrupar grupos de microceldas; su objetivo es tener un aumento significativo en la potencia y la reducción de handovers.

Figura 29. **Arquitectura GSM**



Fuente: Gisweb. *Arquitectura GSM*.

ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf. Consulta: 8 de enero de 2018.

2.4.1.1. Estación móvil (MS)

Esta comprendida en dos partes: la primera está compuesta por el hardware y software de la interfaz de radio, y la segunda parte es conocida como SIM, esta almacena los datos personales del suscriptor y también lo

ayuda a identificarse en la red; cada estación posee los siguientes identificadores:

- IMSI (*international mobile subscriber identity*)
- TMSI (*temporary mobile subscriber identity*)
- MSISDN (*mobile station international isdn number*)
- MSRN (*mobile station roaming number*)

Los datos que tienen permanencia en las estaciones móviles son:

- *SIM card*
- *IC card identification*, es el número de serie que posee la tarjeta Sim
- IMSI (*international mobile subscriber identity*)
- Número de identificación personal PIN
- Clave personal de desbloqueo PUK

2.4.1.2. Base station subsystem (BSS)

Estas BSS cumplen con todas las funciones que posee la red GSM ya que la potencia de cada estación base cubre cierta área geográfica específica en la red; el usuario tiene la libertad de moverse de una celda a otra; estas celdas son diseñadas en función a la propagación de las ondas de radio, la morfología local y la densidad de usuarios que pueda haber en esa región.

Una BBS usa transmisores, también, receptores, el hardware y software son necesarios para que los usuarios puedan conectarse a un PSTN.

Los elementos que permiten el funcionamiento de una BBS son:

- Estación base transmisora (BTS, *base tranceiver station*)
- Controlador de la estación base (BSC, *base station controller*)

2.4.1.3. Base tranceiver station (BTS)

Esta permite la comunicación con las estaciones móviles, en donde se brindan todas las facilidades en donde se incluyen las antenas y las señalizaciones que hacen referencia a la interfaz de radio. La estación garantiza la cobertura de la celda y están bajo control de forma local o también remotamente mediante el controlador de estación base.

2.4.1.4. Base station controller (BSC)

La estación tiene la responsabilidad de administrar la radio por medio de la BTS; maneja el tráfico que hay en la red por medio de los canales y el *handover* que se hace de una celda a otra red y guarda la información de la BS que puede compartir con los operadores mediante demanda.

2.4.1.5. Mobile switching center (MSC)

Es la encargada del manejo del tráfico de la red y también de realizar la interconexión con los sistemas de telefonía PSTN; además, hace el manejo de las estaciones móviles y también hace la verificación de los usuarios locales y foráneos en el HLR y VLR respectivamente.

2.4.1.6. Home location register (HLR)

HLR es una base de datos de los usuarios locales móviles; contiene los servicios a los que tiene acceso el abonado, también, el estado actual de

terminal móvil y su localización; la autenticación de los usuarios es extraída de la sim.

2.4.1.7. *Visitor location register (VLR)*

La función de la VLR es muy similar a la de HLR, pero con la diferencia que maneja a los usuarios foráneos de la red; en otras palabras, son los usuarios que utilizan el servicio Roaming en donde una vez es autenticado el usuario se le permite a la MSC que conecte el equipo a la red.

2.4.1.8. *Operation and maintenance centre (OMC)*

La función de esta es la de controlar y mantener bajo observación todos los elementos activos en la red, de tal manera que esta de garantía de una buena calidad en el servicio. Por otra parte, también se encarga del manejo en la administración de todos los suscriptores y equipos, cuentas de usuarios y genera estadísticas del uso de la red.

2.4.1.9. *Authentication centre (AUC)*

Su funcionalidad es la de realizar la autenticación de la *sim card* para que les permita que se conecten a la red cuando el dispositivo que la porta está encendido. Genera una clave de autenticación la cual permite encriptar toda la comunicación que existe entre el móvil y la red.

2.4.1.10. *Equipment identity register (EIR)*

Esta es una base de datos que almacena las identidades de cada dispositivo móvil basado en el número IMEI; esta base de datos contiene listas

denominadas, blancas, grises y negras; permite la validación únicamente de los dispositivos autorizados a la red. Por otro lado, la lista negra contiene los dispositivos que fueron robados y la lista gris contiene los equipos que no funcionan correctamente.

2.4.2. *General packet radio service (GPRS)*

La red GPRS es una tecnología que se utiliza para la transmisión de datos por conmutación de paquetes; es decir, divide la información en paquetes y son transmitidos de forma individual, cuando llegan al destino estos son reconstruidos y forman de nuevo un solo paquete, estos son conocidos también como GSM-IP. Esta tecnología surgió debido a la problemática que existía con la red GSM en la transmisión de datos, ya que esta funcionaba con conmutación de circuitos en donde establecía un canal dedicado durante toda la sesión; esta tecnología funcionaba correctamente para la transmisión de voz.

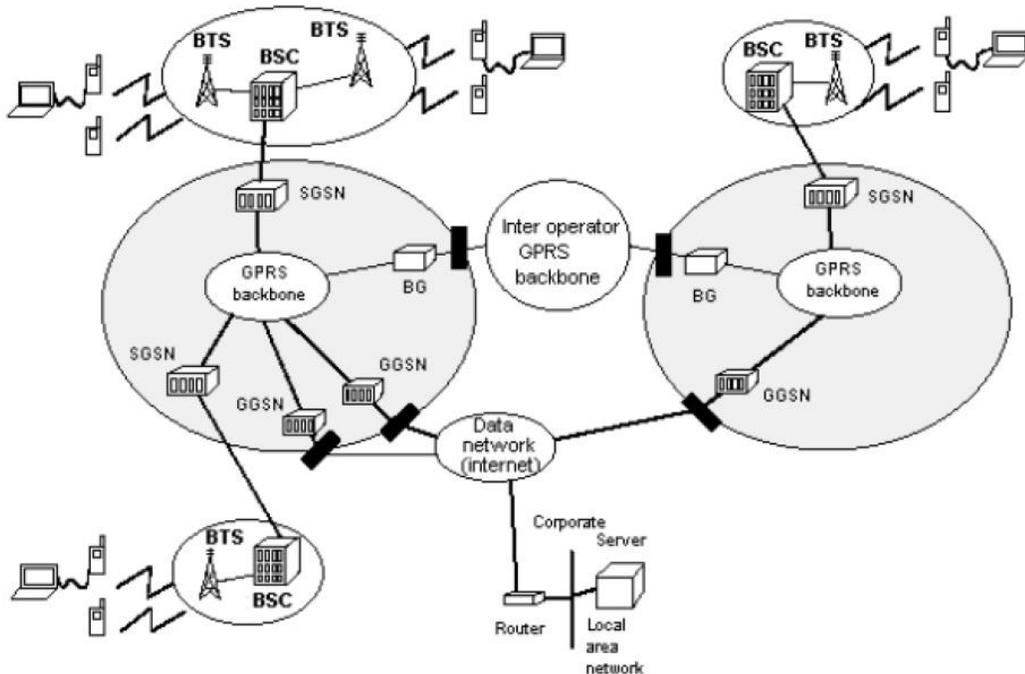
Las principales ventajas que existen en el uso de GPRS están:

- Permite el envío y recepción de información hacia una dirección IP.
- Utiliza conmutación de paquetes, lo que permite tarifar por tráfico consumido.
- Utiliza un canal de comunicación por demanda, lo que significa que usa cuando se lo necesite; permanece disponible el resto del tiempo.
- Las tasas de transmisión que permite son de 56 hasta 144 Kbps.

- Permite el envío de información GPRS y realizar llamadas GSM al mismo tiempo.
- Trabaja sobre GSM y lo hace compatible con LAN, WAN e internet

Para que la red GPRS pueda funcionar sobre la red GSM que ya está implementada se tuvieron que realizar cambios, para eso, se agregaron dos nuevos nodos: el *serving GPRS support node* (SGSN) el cual es el encargado de gestionar la movilidad, el enlace lógico del móvil con la red, intercambio de paquetes, autenticación, facturación; por otro lado, el nodo *gateway GPRS support node* (GGSN) el cual proporciona acceso a las redes basadas en IP.

Figura 30. **Arquitectura Red GPRS**



Fuente: Dspace. *Red GPRS*. ftp <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1927> Consulta:

22 de marzo de 2018.

Para configurar un dispositivo a la red GPRS se le debe suministra un punto de acceso a la red GPRS (APN), un nombre de usuario y contraseña, suministrado por los proveedores de servicio.

2.4.2.1. Clases de dispositivos

En el mercado existen tres clases de dispositivos móviles los cuales cuentan con la habilidad del uso del servicio GSM y GPRS de forma simultánea.

2.4.2.1.1. Clase A

Este tipo de dispositivos pueden utilizar de forma simultánea los servicios GMS y GPRS.

2.4.2.1.2. Clase B

Los de esta clase pueden únicamente utilizar un servicio a la vez; mientras se está utilizando el servicio GSM (SMS o llamada de voz), se suspende el servicio GPRS el cual se reinicia automáticamente cuando se ha finalizado el uso del servicio GSM; la mayoría de los teléfonos móviles están dentro de esta categoría.

2.4.2.1.3. Clase C

Estos se conectan de forma alternativa entre uno u otro servicio. El cambio entre GSM y GPRS debe ser realizado por el usuario.

Para que un dispositivo de clase A pueda enviar información en dos frecuencias a la vez, sería necesario tener dos radios. Por lo que la solución a

este problema de alto costo, un móvil GPRS suele tener características denominadas como modo de transferencia dual (DTM). Un móvil DTM puede utilizar a la vez el canal de datos y el de voz, dado que la red es la que coordina y se cerciora de que no se requiera transmitir en dos frecuencias diferentes al mismo tiempo.

2.4.2.2. Velocidades de transferencia

Depende de la tecnología usada, la velocidad de transferencia varía; a continuación, se muestra los datos de subida y bajada para cada tipo.

Tabla IV. **Velocidad de transferencia en GPRS**

Tecnología	Descarga (kbit/s)	Subida (kbit/s)
CSD	9,6	9,6
HSCSD	28,8	14,4
HSCSD	43,2	14,4
GPRS	80	20 (Clase 8 & 10 y CS-4)
GPRS	60	40 (Clase 10 y CS-4)
EGPRS (EDGE)	236,8	59,2 (Clase 8, 10 y MCS-9)
EGPRS (EDGE)	177,6	118,4 (Clase 10 y MCS-9)

Fuente: elaboración propia.

Para comparar GPRS con GSM se utiliza normalmente la velocidad de transmisión de SMS. Sobre una red GPRS se pueden enviar aproximadamente 30 SMS por minuto, frente a los 6 o 10 SMS que permite GSM.

- Transferencia de datos
- Cierre o liberación de conexión

Cuando se establece la comunicación entre los 2 terminales, se crea un paso físico o lógico entre ellos (ocupando así un canal de comunicación), que se mantiene reservado hasta que se libera la conexión. Estas redes de circuitos conmutados se encargan de llevar los bits desde su punto de origen al de destino, sin identificar PDUs (*protocol data unit*, paquetes de datos) ni ocuparse de su estructura.

3. PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS

Para entender de mejor forma el funcionamiento del sistema, se ha dividido en bloques para tener un mejor control y manejo de la información adquirida.

3.1. Descripción del sistema

En este capítulo se detalla la propuesta de diseño del sistema de diagnóstico a bordo OBD-II con transmisión remota por medio de dispositivos GPS.

- La transferencia de datos en el sistema de diagnóstico a bordo OBD-II sigue varios estándares, pero ninguno de ellos es directamente utilizable por PC, por lo que será diseñado para actuar como un puente entre los puertos de diagnóstico a bordo y una interfaz serial estándar mediante el cual se enviará la información en tiempo real .
- El prototipo hará la comunicación con un dispositivo GPS como medio de transmisión remota a través de la interfaz serial existente en este, dado que los dispositivos GPS existentes en el mercado utilizados para la localización de vehículos poseen módulos de transmisión GPRS, será a través de este como serán enviadas las tramas de información al servidor de escucha.

- El dispositivo GPS utilizado será el Queclink GV300, el cual permitirá el envío de la información del sistema de diagnóstico a bordo OBD-II; de esta manera podrá ser visualizada dicha información en el servidor de escucha.

3.2. Diagrama de bloques

Para realizar el diseño se ha dividido en etapas, el diseño de cada una se ha hecho por separado, con la única finalidad de que cumpla con los requisitos planteados.

Figura 31. Diagrama de bloques del sistema



Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Etapa de adquisición

Esta etapa consiste en la extracción de la información brindada por los diferentes sensores existentes en el vehículo, tales como los códigos de error que indican los problemas que afectan el desempeño y también los parámetros a los que están sometidos los componentes.

3.2.2. Etapa de acondicionamiento y comunicación

Debido a que la información brindada por los sensores está codificada, esta debe ser transformada de tal manera que pueda ser entendible por la persona que la analiza; es por eso que se utilizará la tarjeta Arduino en donde se realizará la modificación de dicha información para que pueda ser comprendida.

Una vez que la data ha sido acondicionada, se debe hacer la comunicación entre la etapa de adquisición y la de transmisión remota. Esta comunicación se hará de forma serial entre el módulo de adquisición de datos y el dispositivo de rastreo GPS por medio de la tarjeta Arduino ya que internamente esta tarjeta emula un puerto serial sin la necesidad de utilizar módulos seriales externos.

3.2.3. Etapa de transmisión remota

Esta última etapa es la encargada de enviar los datos de forma remota al servidor por medio del dispositivo de rastreo GPS; dicha información será visualizada en una página de internet con la finalidad que pueda ser analizada en cualquier parte del mundo.

3.3. Propuesta de diseño de etapa de adquisición

Todos los automóviles producidos hoy en día, requieren por ley, que se les provea una interface para la conexión de equipos de diagnóstico. Los datos transferidos a través de estas interfaces siguen ciertos estándares, pero ninguno de ellos es directamente utilizable por computadoras o dispositivos inteligentes. Debido a esto, se hará uso del circuito integrado ELM327 el cual

fue diseñado para que realice la función de puente entre el puerto de diagnóstico a bordo y una interfaz estándar de comunicación serial RS232.

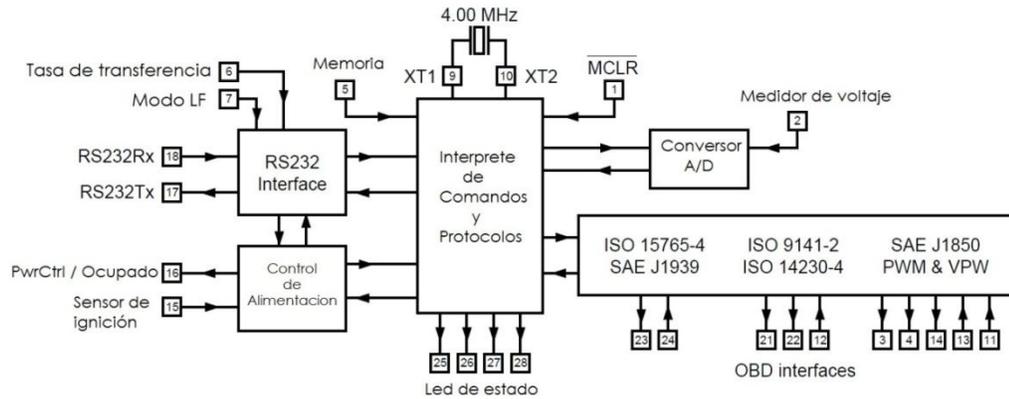
Entre las aplicaciones en la que puede ser utilizado están:

- Lector de códigos de error de diagnóstico
- Herramientas de escaneo automotriz
- Herramientas de enseñanza

Entre las características más destacadas del circuito integrado ELM327 es que posee una interface universal RS232 para la recepción y envío de información; además, cuenta con control de alimentación en modo de espera; también, puede detectar automáticamente el protocolo existente el cual hace que pueda conectarse en cualquier tipo de vehículo sin necesidad de configurarlo antes de ser instalado; es completamente configurable con comandos AT y fue diseñado para trabajo de bajo consumo.

Está formado modularmente, el cual lo hace una herramienta eficiente para la obtención de información desde la computadora del vehículo.

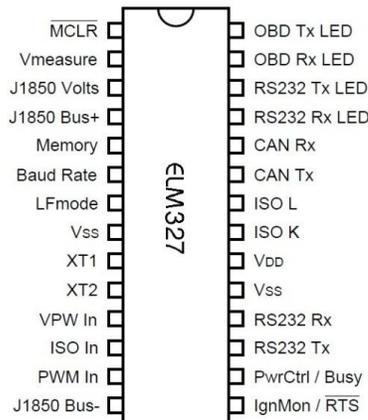
Figura 32. Diagrama de bloques ELM327



Fuente: elaboración propia.

Este integrado consta de 28 pines; cada pin posee una tarea específica para la obtención de toda la información brindada por el sistema de diagnóstico a bordo del vehículo.

Figura 33. Diagrama de conexiones



Fuente: Elmelectronics. *Bloques ELM327*. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>. Consulta: 7 de abril de 2018.

A continuación, se dará una breve descripción de los pines existentes en el ELM327.

- MCLR (pin 1): si se aplica momentáneamente en nivel lógico bajo esta entrada hará que el ELM327 se reinicie ($>2\mu\text{sec}$). Si no se utiliza este pin puede dejarse conectado a nivel lógico alto (V_{DD}).
- Vmeasure (pin 2): esta entrada analógica es utilizada para medir de 0 a 5V cualquier señal aplicada a ella. Se debe prevenir que los voltajes no salgan de los valores de la fuente de alimentación del ELM327, de lo contrario, puede dañarse. Si no se utiliza, este pin puede ser conectado, ya sea a nivel lógico alto (V_{DD}) o nivel lógico bajo (V_{SS}).
- J1850 Volts (pin 3): esta salida puede ser utilizada para controlar la fuente de voltaje de la salida J1850 Bus+. Este pin normalmente tiene una salida en alto nominal de 8V (para J1850 VPW) y un nivel bajo de 5V (para J1850 PWM), pero esto puede ser cambiado a por medio del comando PP 12. Si este cambio no es necesario para su aplicación, la salida puede dejarse como circuito abierto.
- J1850 Bus+ (pin 4): esta salida activa de nivel alto es utilizada para manejar la línea J1850 Bus+. Nótese que esta señal no puede ser utilizada en la línea J1850 Bus-.
- Memoria (pin 5): esta entrada controla por defecto el estado de la memoria. Si este pin está en un nivel alto durante el encendido o reinicio, la función de memoria será activada por defecto. Si están en un nivel bajo, entonces por defecto será desactivada. La memoria puede ser activada o desactivada con los comandos AT M1 y AT M0.

- Tasa de transferencia (pin 6): este pin controla la tasa de transferencia de la interface RS232. Si está en un nivel alto durante el encendido o reinicio, la tasa de transferencia será puesta en 38400 (o la velocidad puede ser modificada a través de PP 0C). Si está en nivel bajo, la tasa de transferencia será inicializada a 9600 bits por segundo.
- LF Mode (pin 7): esta entrada es utilizada para seleccionar la línea de alimentación por defecto para ser usada luego del encendido o un reinicio del sistema. Si es colocado en un nivel alto, entonces por defecto los mensajes serán enviados por el ELM327 y serán terminados con salto a siguiente línea y regreso. Si es puesto en un nivel bajo, las líneas serán terminadas con salto de línea únicamente.
- V_{SS} (pin 8): el común del circuito debe ser conectado a esta línea.
- XT1 (pin 9) y XT2 (pin 10): un oscilador de cristal de 4,000 MHz es conectado entre estos dos pines. Los capacitores de carga son requeridos por el cristal, en donde típicamente son de 27 pF y serán conectados únicamente entre el cada pin y el pin común V_{SS} .
- VPW In (pin 11): esta es una entrada activa en estado alto para la señal de datos del protocolo J1850 VPW. Cuando está en estado dormido, este pin se mantiene en un estado lógico 0. Esta entrada posee un generador de onda Schmitt Trigger, por lo que no es necesario ningún tipo de amplificación.
- ISO In (pin 12): esta es una entrada activa en estado bajo para la señal de datos del protocolo ISO 9141 e ISO 14230. Esta es un derivado de la

línea K y puede estar en estado lógico alto cuando está descansando. No es necesario ningún tipo de amplificación.

- PWM In (pin 13): esta es una entrada activa en estado alto para la señal de datos del protocolo J1850 PWM. Normalmente, está en estado alto cuando está descansando. Esta entrada posee un generador de onda Schmitt Trigger, por lo que no es necesario ningún tipo de amplificación.
- J1850 Bus- (pin 14): esta es una salida activa en estado alto y es utilizada para manejar la línea J1850 Bus- en un nivel alto para aplicaciones en J1850 PWM. Si no se utiliza, esta línea puede dejarse como circuito abierto.
- IgnMon / RTS (pin 15): este pin de entrada sirve para una o dos funciones, dependiendo de las opciones de control de energía.
- PwrCtrl / Busy (pin 16): este pin de entrada sirve para una o dos funciones, dependiendo de las opciones de control de energía.
- RS232Tx (pin 17): esta es la salida de transmisión de RS232. El nivel de señal es compatible con la mayoría de IC's y posee suficiente corriente para utilizar únicamente un transistor PNP si se desea.
- RS232Rx (pin 18): esta una entrada de recepción de RS232. El nivel de señal es compatible con la mayoría de IC's.
- V_{SS} (pin 19): el común del circuito debe ser conectado a esta línea.

- V_{DD} (pin 20): este pin es la fuente positiva, y debe ser siempre punto más positivo del circuito. Un circuito interno es conectado a este pin y es conectado para proveer energía o reinicio del procesador del ELM327, así que una señal de reinicio externa no es requerida.
- ISO K (pin 21) y ISO L (pin 22): estas son salidas activas en alto que son usadas para manejar los buses ISO 9141 e ISO 14230 en un nivel alto. Algunos nuevos vehículos no requieren la línea L- si no lo necesita, simplemente debe dejar el pin 22 como circuito abierto.
- CAN Tx (pin 23) y CAN Rx (pin 24): estas dos interfaces CAN deben ser conectados al IC transductor CAN. Si no será usado, el pin 24 debe ser conectada a un estado lógico alto (V_{DD}).
- RS232 Rx led (pin 25), RS232 Tx led (pin 26), OBD Rx led (pin 27) y OBD Tx led (pin 28): estos cuatro pines son normalmente en estado alto, se les tiene que colocar resistores limitadores de corriente.

Cuando las personas solo desean implementar una porción de funcionalidades del ELM327, muy a menudo preguntan qué hacer con los pines sin uso. La regla es que las salidas deben dejarse como circuito abierto sin nada conectadas a ellas, pero las entradas sin utilizar deben ser terminadas. Integrado ELM327 no puede tener ninguna entrada flotando, por lo que debe conectar las entradas de la siguiente forma:

Tabla V. **Pines sin utilizar**

Pin	1	2	5	6	7	11	12	13	15	18	24
Nivel	H	H*	H*	H*	H*	H*	L*	L*	H	H	H

Fuente: elaboración propia.

Nótese que las entradas mostradas con un asterisco pueden ser conectadas a niveles altos o niveles bajos, pero preferiblemente se debe conectar al nivel descrito.

Tabla VI. **Índices absolutos máximos**

Temperatura de almacenamiento	-65 °C hasta +150 °C
Temperatura ambiente con energía aplicada	-40 °C hasta +85 °C
Voltaje en V_{DD} con respecto a V_{SS}	-0,3 V hasta +7,5 V
Voltaje en cualquier otro pin respecto a V_{SS}	-0,3 V hasta ($V_{DD} + 0,3$ V)

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Características eléctricas I_{DD}**

Característica	Mínimo	Típico	Máximo	Unidades	Condición
Fuente de voltaje V_{DD}	4,2	5,0	5,5	V	
Tasa de ascenso de V_{DD}	0.05			V/ms	
Corriente promedio I_{DD}		12		mA	
		0,15		mA	
Niveles logicos de entradas	V_{SS}		0,8	V	Pines 5, 6, 7 y 24
	3,0		V_{DD}	V	
Umbrales de entradas Schmitt Trigger		2,9	4,0	V	Pines 1, 11, 12, 13, 15 y 18
	1,0	1,5		V	
Voltaje bajo de salida		0.3		V	
Voltaje alto de salida		4.4		V	
Voltaje de reinicio Brown-out	2,65	2,79	2,93	V	
Tiempo de conversion de A/D		9		msec	AT RV al inicio de respuesta
Pin 18 duracion de pulso de despertar	128			µsec	Despertar del modo de Bajo Poder
Tiempo de duracion IgnMon	50	65		msec	

Continuación de la tabla VII.

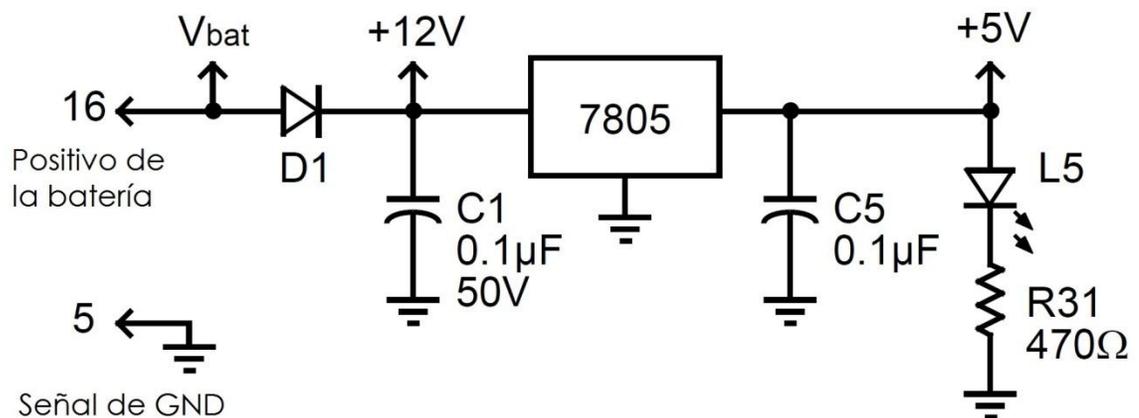
AT LP para el tiempo PwrCtrl		1,0		Sec	
LP Alert para tiempo PwrCtrl		2,0		Sec	
Tiempo de reinicio		800		msec	Medición desde el fin del comando de inicio del ID del mensaje
		2		msec	

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Alimentación del sistema

La etapa de alimentación del sistema es la encargada de suministrar la energía al hardware utilizado en todo el sistema de adquisición de datos; se muestra el diagrama utilizado.

Figura 34. Diagrama de alimentación



Fuente: Elmelectronics. *Diagrama de alimentación*. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>. Consulta: 7 de abril de 2018.

El integrado a utilizar en el sistema de alimentación es el regulador de voltaje LM7805, el cual posee las siguientes características eléctricas.

Tabla VIII. **Características eléctricas regulador LM7805**

Parámetros	Mínimo	Típica	Máxima	Unidad
Voltaje de salida	4,8	5,0	5,2	V
Regulación de carga			50	mV
Línea de regulación			50	mV
Corriente en inactividad			8,0	mA
Cambio de corriente en inactividad			8,0	mA
Ruido en voltaje de salida		40		μ V
Coefficiente de temperatura en V_o		-0,6		mV/C
Rechazo al rizo	60	80		dB
Picos de corriente de salida		1,8		A
Corriente en corto circuito		250		mA
Voltaje de caída	2,0			V

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Interface CAN Bus

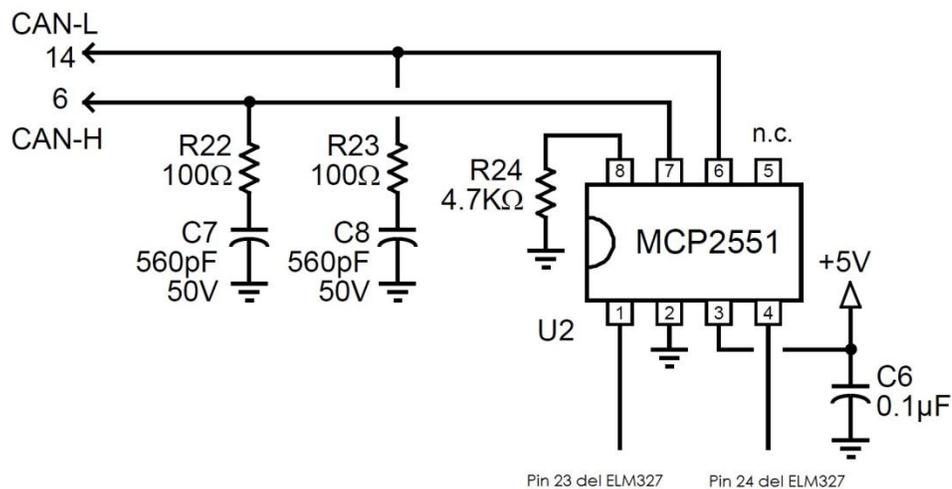
El integrado MCP2551 hace la lectura e interpretación del protocolo CAN, es un dispositivo altamente tolerante y sirve de interface entre el protocolo CAN y el bus físico. El MCP2551 provee transmisión diferencial y recepción de

información completa del controlador de protocolo CAN y es completamente compatible con el estándar ISO 11898; incluye los requerimientos de 24 voltios. Este puede ser operado a velocidades de hasta 1Mb/s.

Normalmente, cada nodo en el sistema CAN debe tener un dispositivo que convierta las señales digitales generadas por el controlador CAN; la señales son transmitidas por cable.

El diagrama de conexiones del MCP2551 para la lectura del protocolo CAN se muestra a continuación.

Figura 35. **Diagrama de conexiones CAN**



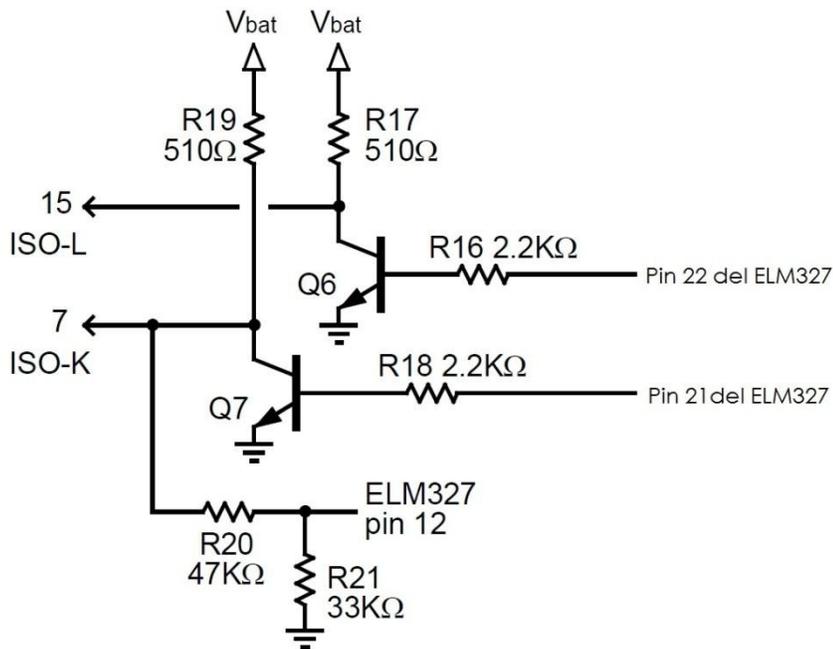
Fuente: Elmelectronics. *Diagrama de conexiones CAN*. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>. Consulta: 7 de abril de 2018.

3.3.3. Interface ISO 9141

Estas líneas son utilizadas primordialmente para la comunicación con el exterior en donde el flujo de datos en un instante determinado puede discurrir en uno de los dos sentidos; a pesar de eso, se conserva la característica fundamental de posibilitar la comunicación de varios implicados a través de un mismo cable. Las tasas binarias típicas son 9,600 y 10,400 baudios.

El diagrama de conexiones para la obtención de los datos de las líneas ISO-L e ISO-K es el siguiente.

Figura 36. Diagrama ISO-L e ISO-K



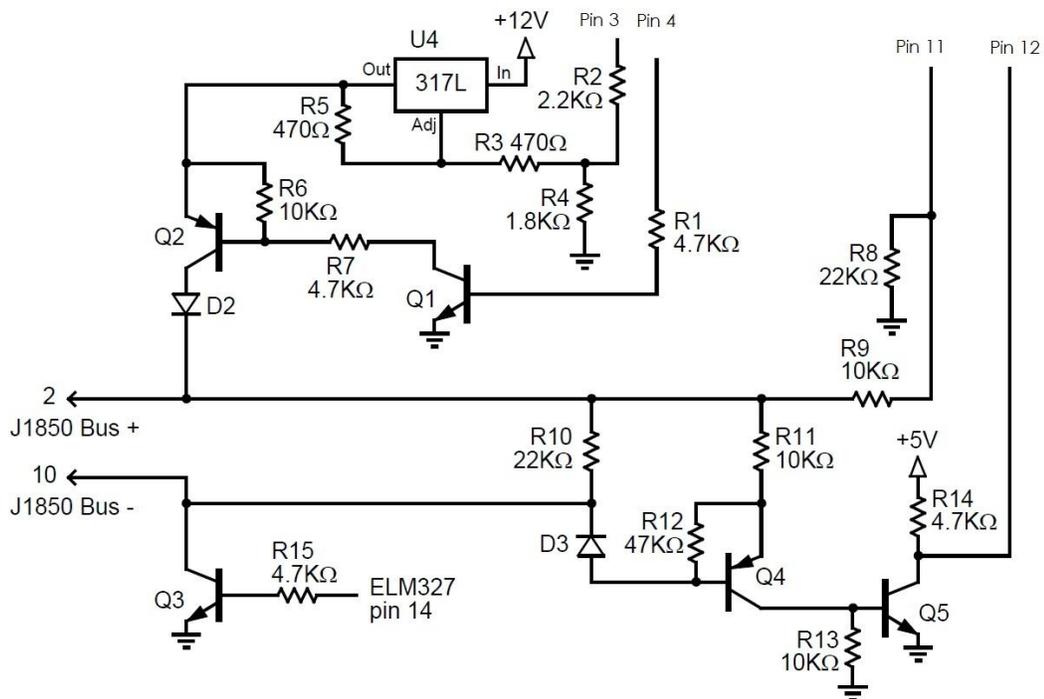
Fuente: Elmelectronics. *Diagrama ISO-L e ISO-K*. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>. Consulta: 7 de abril de 2018.

3.3.4. Interface del Bus J1850

Este bus es utilizado para el diagnóstico y transferencia de datos de los vehículos; este bus toma dos formas: el primero a 41,6 Kbps para PWM el cual posee dos cables diferenciales o el segundo a 10,4 Kbps para VPW con un solo cable; cuando es de un solo cable la distancia máxima del cable que transmite el bus datos debe ser de hasta 35 metros.

Las conexiones para la obtención de la información deben ser de la siguiente manera.

Figura 37. Diagrama Bus J1850



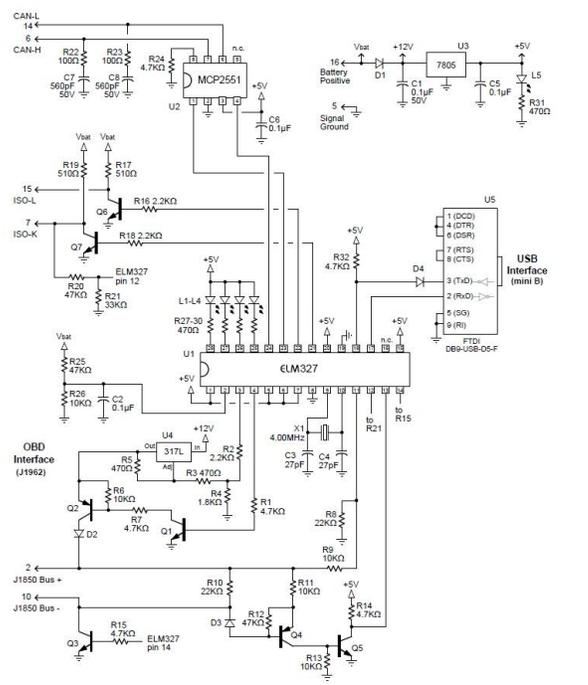
Fuente: Elmelectronics. *Diagrama Bus J1850*. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>. Consulta: 8 de abril de 2018.

A continuación, se presenta el listado de componentes electrónicos los cuales componen la creación del circuito de la etapa de adquisición de datos.

3.3.5. Sistema OBD-II

Al momento de realizar la conexión completa de todos los módulos para la obtención de cualquiera de los protocolos a los que puede estar sometido un vehículo para verificar el estado de todos los sensores involucrados en las emisiones, por ejemplo, la inyección o la entrada de aire al motor. Cuando algo falla, el sistema se encarga automáticamente de informar enviando los datos de falla a través del puerto RS232; el diagrama final se muestra a continuación.

Figura 38. Conexión módulos a ELM327



Fuente: Elmelectronics. *Módulos a ELM327*. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>. Consulta: 8 de abril de 2018.

A continuación, se presenta el listado de componentes electrónicos los cuales componen la creación del circuito de la etapa de adquisición de datos.

Tabla IX. **Tabla de componentes**

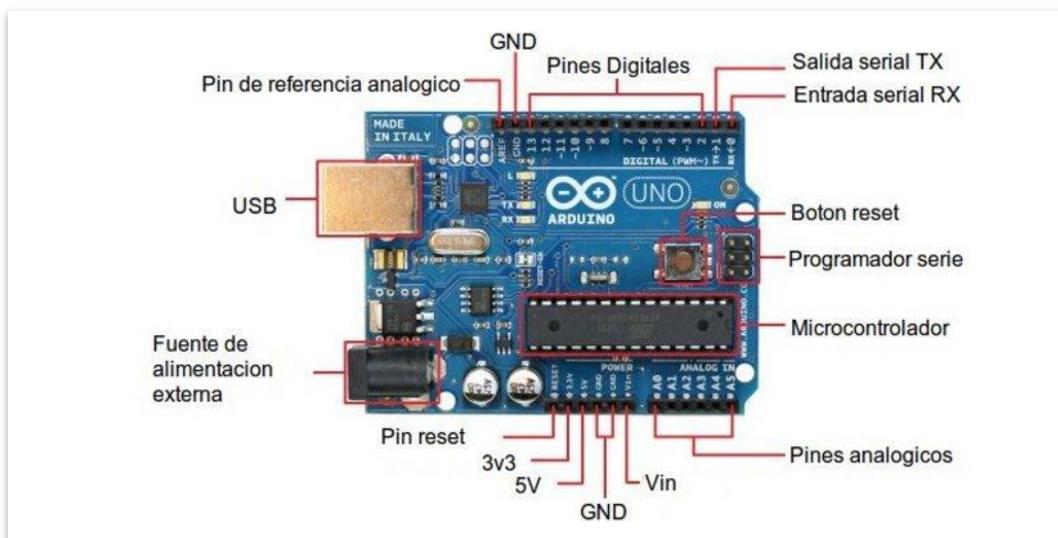
Componente	valores / series
D1	1N4001
D2, D3, D4	1N4148
L1, L2, L3, L4	Led color Amarillo
L5	Led color Rojo
Q1, Q3, Q5, Q6, Q7	2N3904 (NPN)
Q2, Q4	2N3906 (PNP)
U1	ELM327
U2	MCP2551 o MCP2561
U3	Regulador LM7805 (5V, 1A)
U4	Regulador LM317L (100 mA)
X1	Cristal de 4,000 MHz
Socket para integrado	28 pines
R22, R23	100 Ω de 1/8W
R3, R5, R27, R28, R29, R30, R31	470 Ω de 1/8W
R17, R19	510 Ω de 1/2W
R4	1.8 K Ω de 1/8W
R2, R16, R18	2.2 K Ω de 1/8W
R1, R7, R14, R15, R24, R32	4.7 K Ω de 1/8W
R6, R9, R11, R13, R26	10 K Ω de 1/8W
R10, R8	22 K Ω de 1/8W
R21	33 K Ω de 1/8W
R12, R20, R25	47 K Ω de 1/8W
C3, C4	27pF
C7, C8	560pF 50V
C1	0,1uF 50V
C2, C5, C6	0,1uf

Fuente: elaboración propia.

3.4. Propuesta de etapa de acondicionamiento y comunicación

Para la etapa de acondicionamiento y comunicación se hace uso de la tarjeta electrónica Arduino la cual se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Su objetivo es proporcionar una forma fácil y económica de que principiantes y profesionales crearán dispositivos que pudieran interactuar con su entorno mediante sensores y actuadores.

Figura 39. Tarjeta Arduino



Fuente: *Tarjeta Arduino*. <https://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>. Consulta: 22 de mayo de 2018

Las características de dicha placa se presentan en la siguiente tabla de datos.

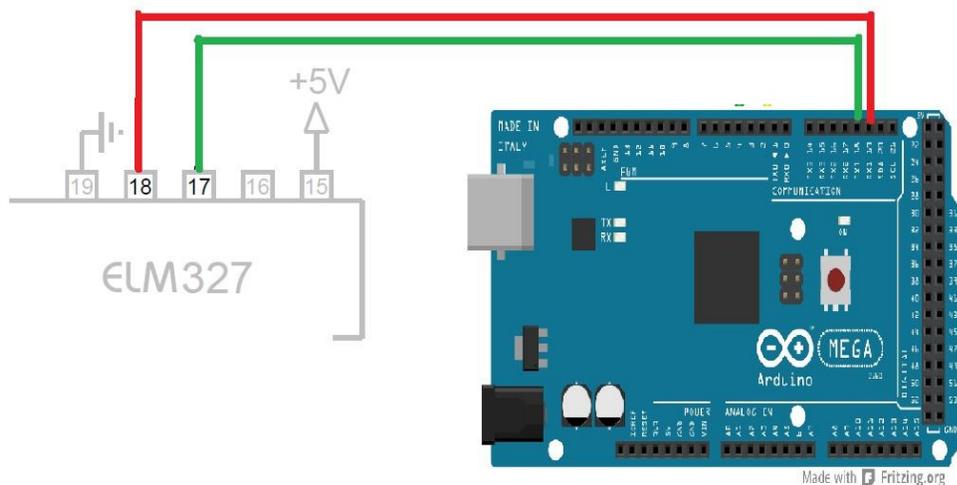
Tabla X. **Características de la placa Arduino**

Características	Descripción
Voltaje operativo	5 V
Voltaje de entrada recomendado	7-12 V
Voltaje de entrada límite	6-20 V
Entradas y salidas digitales	14(6 proporcional PWM)
Entradas analógicas	6
Intensidad de corriente	40 mA
Memoria flash	32 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

Fuente: elaboración propia.

La tarjeta Arduino será la encargada de obtener los datos provenientes de la etapa de adquisición de datos, estos son enviados a través del puerto RS232 del OBD-II hacia el puerto serial del Arduino.

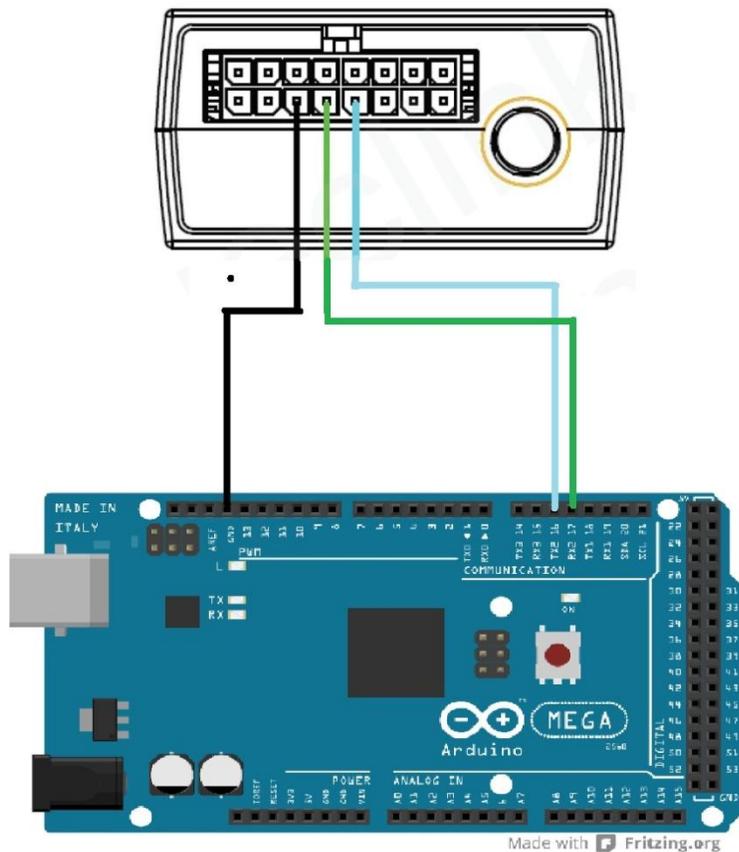
Figura 40. **Conexión ELM327 y Arduino**



Fuente: elaboración propia.

Luego de haber obtenido los datos desde la etapa de adquisición, seguido se hace el acondicionamiento de la información recibida, ya que dichos datos no son comprendidos por el usuario que hace uso del mismo; es por eso que la placa Arduino hará el arreglo de dicha información y para ser enviada por otro puerto RS232 al dispositivo GPS que a su vez también posee un puerto de datos seriales.

Figura 41. **Conexión Arduino y Queclink GV300**



Fuente: elaboración propia.

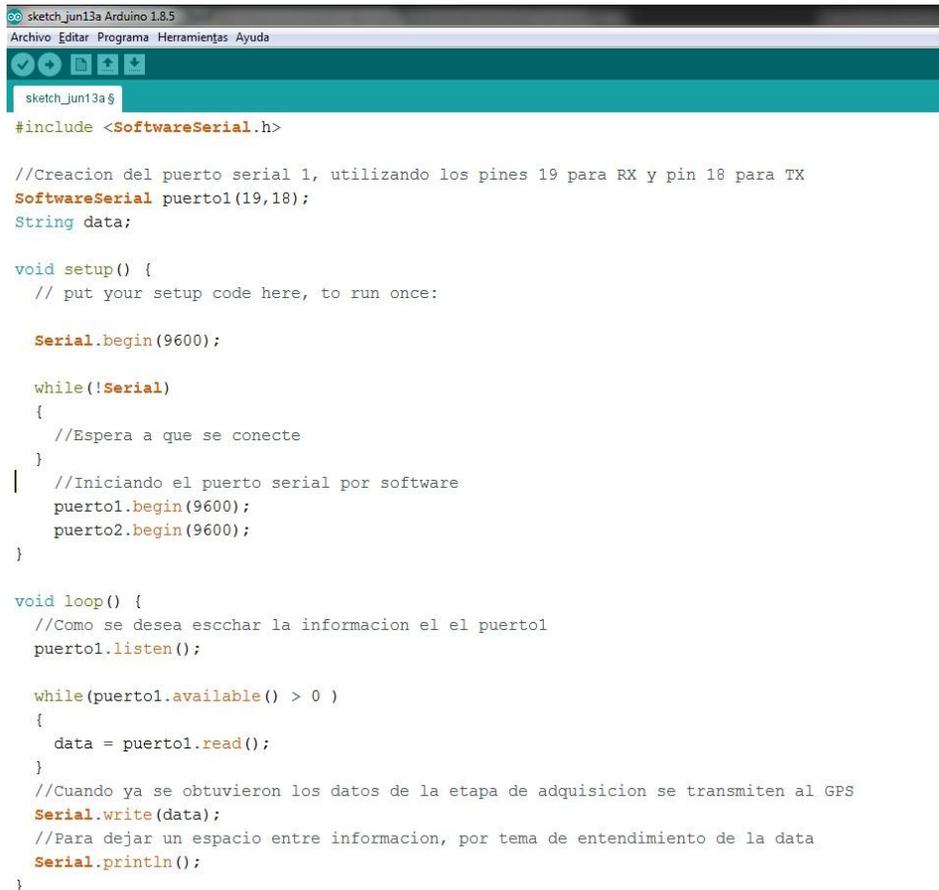
3.5. Propuesta de programación básica del Arduino para acondicionamiento de datos y comunicación entre módulos

La recepción de la información enviada por el ELM327 se hizo a través de la tarjeta Arduino, para luego ser acondicionada y enviada al GPS para su transmisión remota.

El proceso de recepción de los datos consiste en la habilitación del puerto RS232 existente en el Arduino y así poder retransmitir dicha información al dispositivo GPS.

En la figura siguiente se observan las líneas de código que se emplearon para programar la tarjeta Arduino; básicamente, es iniciar la comunicación serial de la tarjeta y realizar la lectura de dicho puerto para retransmitir al GPS la información.

Figura 42. Programación Arduino



```
sketch_jun13a Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_jun13a $
#include <SoftwareSerial.h>

//Creacion del puerto serial 1, utilizando los pines 19 para RX y pin 18 para TX
SoftwareSerial puerto1(19,18);
String data;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600);

  while(!Serial)
  {
    //Espera a que se conecte
  }
  //Iniciando el puerto serial por software
  puerto1.begin(9600);
  puerto2.begin(9600);
}

void loop() {
  //Como se desea escuchar la informacion el el puerto1
  puerto1.listen();

  while(puerto1.available() > 0 )
  {
    data = puerto1.read();
  }
  //Cuando ya se obtuvieron los datos de la etapa de adquisicion se transmiten al GPS
  Serial.write(data);
  //Para dejar un espacio entre informacion, por tema de entendimiento de la data
  Serial.println();
}
```

Fuente: elaboración propia.

3.6. Propuesta de etapa de transmisión remota

Esta etapa es la encargada del envío de la información al servidor de escucha, esto se hace por medio del dispositivo de rastreo GPS Queclink GV300, el cual únicamente debe configurarse para que este pueda hacer la recepción de datos desde el Arduino. Por lo que únicamente el GPS debe ser conectado a las líneas de corriente del vehículo para que pueda ser funcional.

3.7. GPS Queclink GV300

El dispositivo marca Queclink modelo GV300 es un poderoso localizador GPS utilizado para el rastreo de vehículos. Posee la más alta sensibilidad en su receptor, el tiempo de adquisición de primera posición (TTFF) es bastante rápido y soporta frecuencias GSM cuatribanda GSM850/GSM900/DCS/PCS. La localización puede ser monitoreada en tiempo real a través de un servidor de respaldo.

El GV300 posee múltiples interfaces de entrada/salida los cuales pueden ser utilizados para monitorear o controlar dispositivos externos. Basado en el protocolo integrado @Track, el GV300 puede comunicarse al servidor de respaldo a través de la red GSM/GPRS para transmitir reportes de emergencia, cruces de geo-cercas, batería baja, posición GPS y otras funciones que pueden ser de gran utilidad.

Figura 43. GPS Queclink GV300

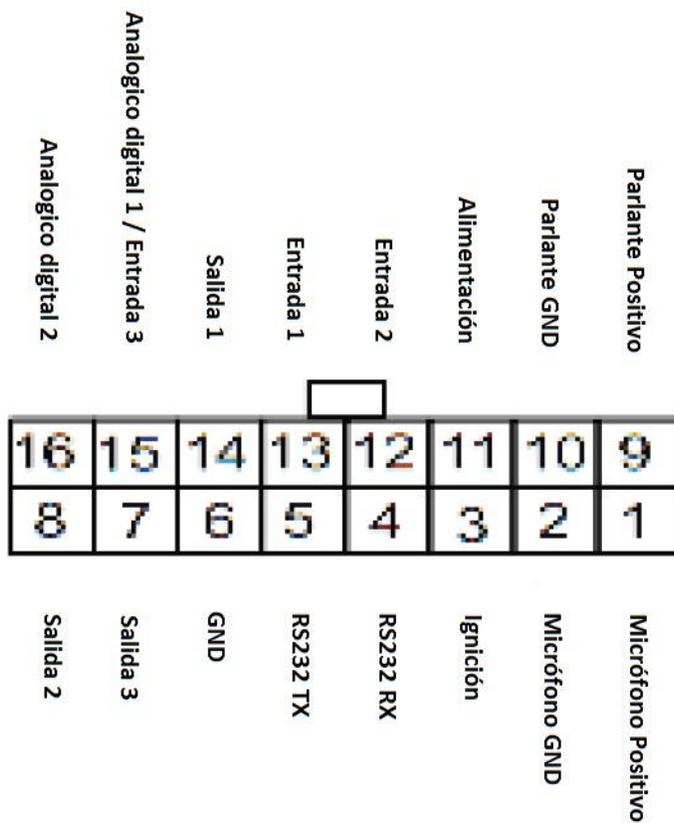


Fuente: GPS Queclink GV30. <http://www.queclink.com/es/GV300>. Consulta: 14 de abril de 2018.

3.7.1. Interfaces

El GV300 posee 16 pines el cual posee el conector de alimentación, interfaces de entrada/salida, RS232, micrófono, altavoces, entre otros. La secuencia y definición de los 16 pines se detalla en la siguiente figura.

Figura 44. Interfaces



Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Descripción de los 16 pines

Numero de pin	Descripción	Comentario
1	Micrófono positivo	Salida simple, micrófono 2-2.2k
2	Micrófono GND	Puesta a tierra analógica
3	Ignición	Entrada de ignición, activador positivo.
4	RS232 RX	UART RXD, RS232
5	RS232 TX	UART TXD, RS232
6	GND	Puesta a tierra digital de alimentación
7	Salida 3	Drenaje abierto, corriente máxima de 150 mA
8	Salida 2	Drenaje abierto, corriente máxima de 150 mA
9	Parlante positivo	Salida diferencial, 32 ohm parlante de 1/4w
10	Parlante GND	
11	Alimentación	Entrada digital de corriente continua, 8-32 voltios
12	Entrada digital 2	Entrada digital, activador negativo
13	Entrada digital1	Entrada digital, activador negativo
14	Salida 1	Drenaje abierto, corriente máxima de 150 mA
15	Analógico 1 / entrada digital 3	Entrada multifuncional, entrada analógica o digital, 0-16 V
16	Analógico 2	Entrada analógica, 0,3-16 V

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Colores de cables en GV300**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Definición de colores**

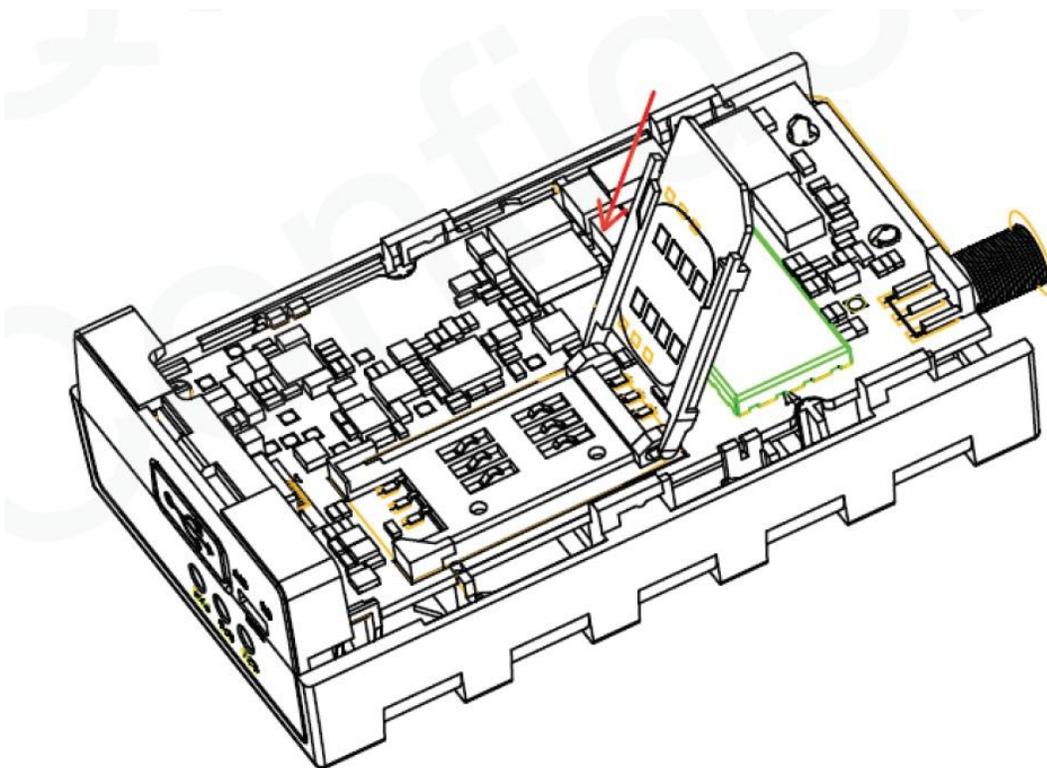
Número de pin	Descripción	Color
1	Micrófono positivo	Gris
2	Micrófono GND	Gris/negro
3	Ignición	Blanco
4	RS232 RX	Rosado
5	RS232 TX	Blanco/negro
6	GND	Negro
7	Salida 3	Café
8	Salida 2	Amarillo
9	Parlante positivo	Morado
10	Parlante GND	Morado/blanco
11	Alimentación	Rojo
12	Entrada digital 2	Naranja/negro
13	Entrada digital 1	Naranja
14	Salida 1	Azul
15	Analógico 1 / Entrada digital 3	Verde
16	Analógico 2	Café/Blanco

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Instalación de *sim card*

Para insertar la *sim card* debe abrirse el encapsulado, esto antes de asegurarse que el dispositivo no esté conectado a la fuente de alimentación. Luego se debe deslizar el soporte contenedor de la *sim card*. Se debe insertar la *sim card* en el soporte contenedor viendo siempre que la parte dorada de la *sim card* este hacia abajo.

Figura 46. Instalación de *sim card*



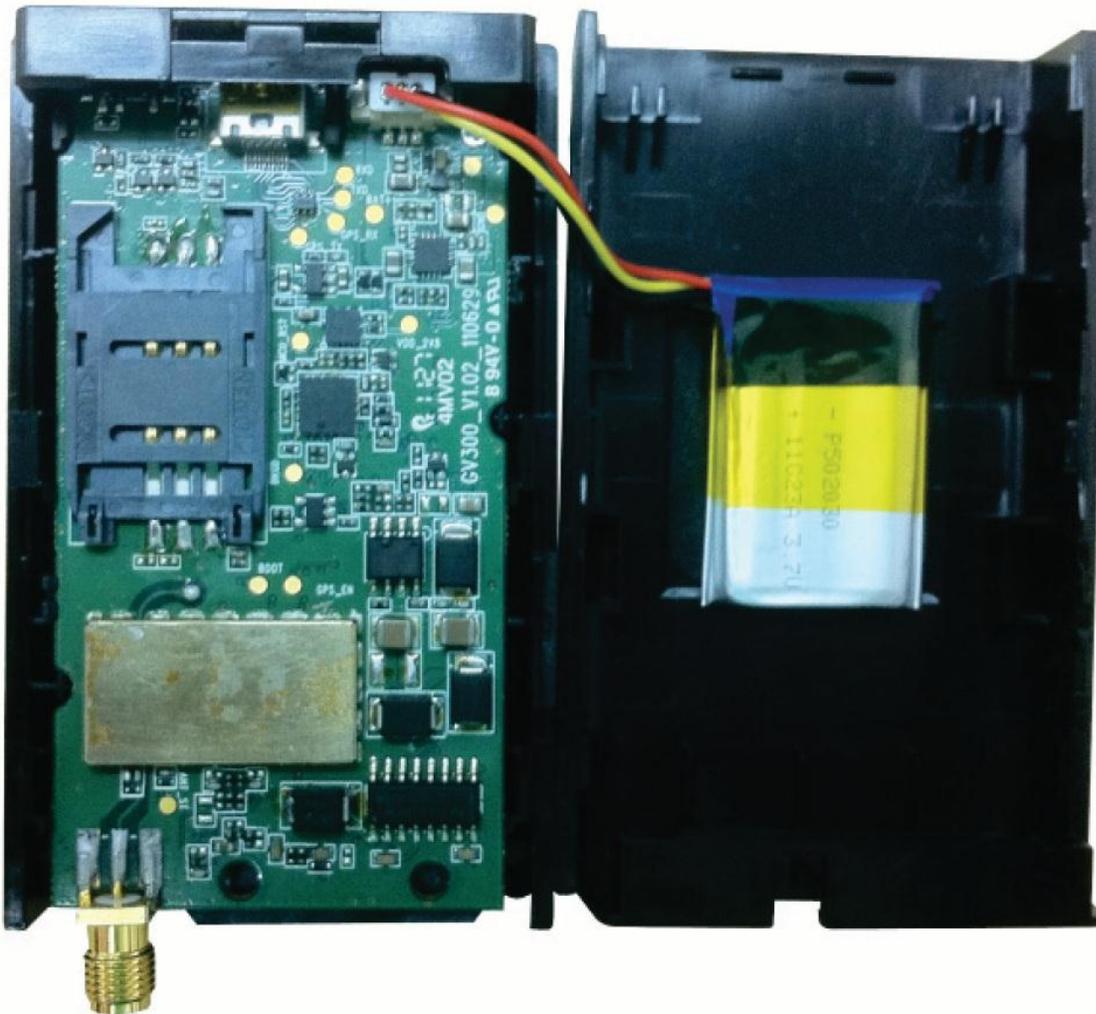
Fuente: Queclink. *Instalación de sim card*.

http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_User_Manual_R1.02.pdf. Consulta: 21 de abril de 2018.

3.7.3. Instalación de batería interna de respaldo

Esta batería tiene la función de proveer alimentación al GV300 cuando este haya sido desconectado de la fuente principal. Para su conexión existe un conector específico para la batería de respaldo.

Figura 47. Instalación de batería de respaldo



Fuente: elaboración propia.

3.7.4. Encendido de batería de respaldo

Para el uso de la batería de respaldo del GV300, se debe colocar el switch en la posición de encendido ON. Este *switch* está ubicado en la parte frontal del GV300, como se muestra a continuación.

Figura 48. Switch de encendido de batería de respaldo



Fuente: elaboración propia.

3.7.5. Instalación de antena GPS externa

La conexión de esta antena es opcional en el GV300 ya que este posee también una antena interna; al momento de ser conectada, el GV300 la detectará automáticamente y la pondrá en uso.

Figura 49. **Antena GPS**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Especificaciones de la antena GPS**

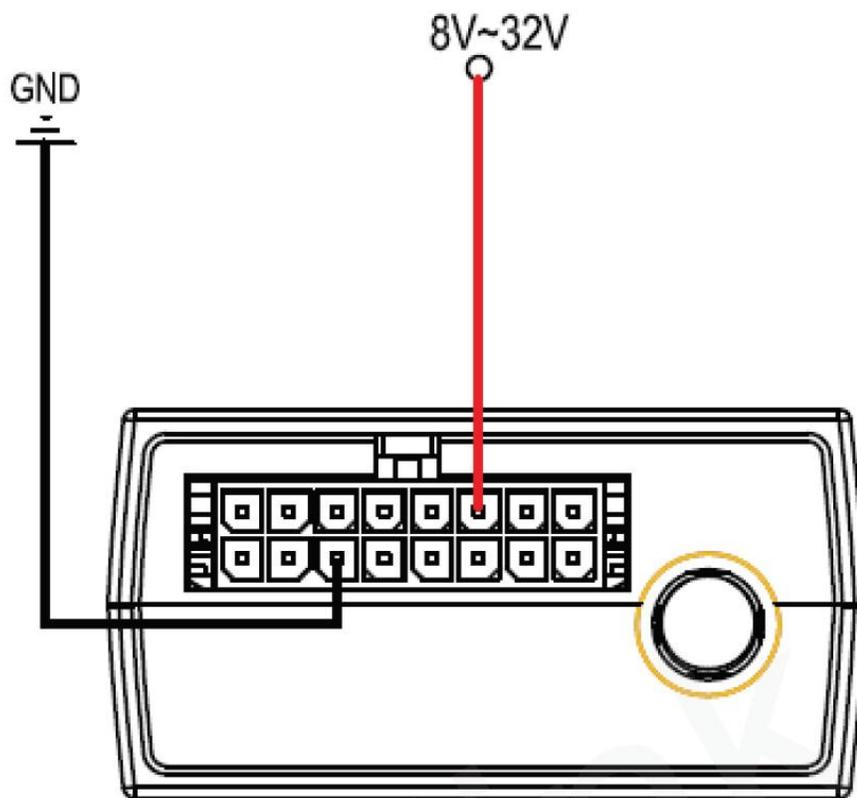
Antena GPS	Especificaciones
Frecuencia	1 575,42 MHz
Ancho de banda	> 5 MHz
Ancho del haz	> 120 grados
Voltaje de alimentación	2,7V – 3,3V
Paralización	RHCP
Ganancia	Pasivo: 0dBi mínimo Activo: 15 dB
Impedancia	50 Ω
Relación señal a ruido	< 2
Ruido	< 3

Fuente: elaboración propia.

3.7.6. Conexión de fuente de alimentación

Para alimentar al GV300 se deben conectar los pines 11 a la terminal positiva de la batería del vehículo y el pin 6 que va conectado a GND. El rango de voltaje de entrada para este dispositivo está entre los 8 V hasta 32 V. Este dispositivo está diseñado para ser instalado en vehículos que operan en sistemas de 12 V o 24 V sin la necesidad de utilizar transformadores externos.

Figura 50. Conexión a fuente de poder típica



Fuente: Queclink. *Conexión a fuente de poder típica.*

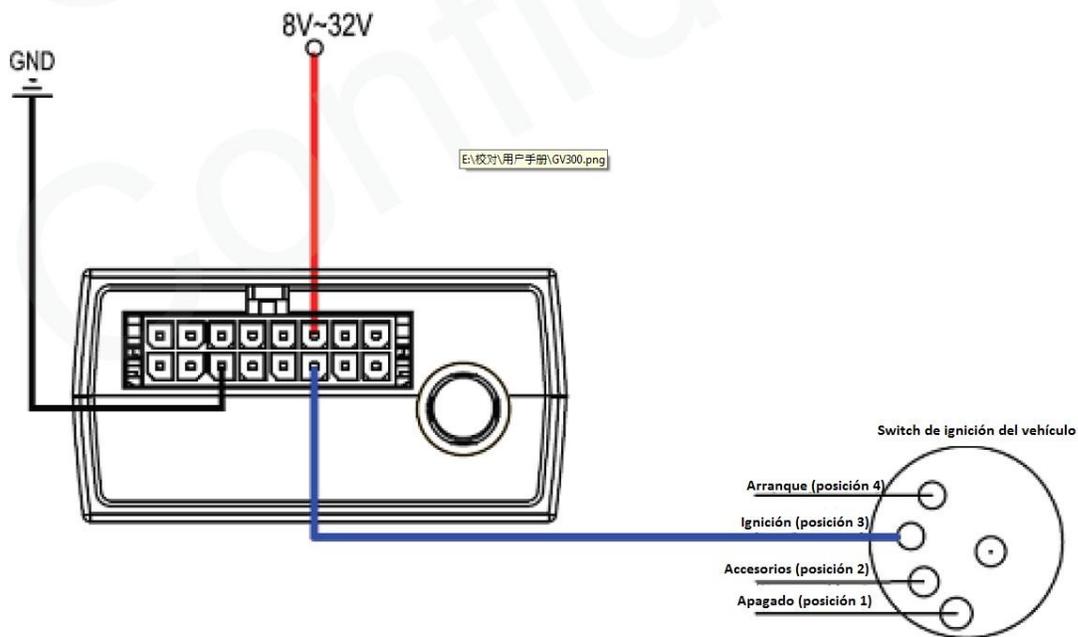
http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_User_Manual_R1.02.pdf. Consulta: 15 de abril de 2018.

3.7.7. Detección de ignición del vehículo

El pin 3 del GV300 debe ser conectado a la línea de ignición del vehículo. Se recomienda en gran manera la conexión de este pin a la posición de ignición que se muestra a continuación.

Otra opción para la conexión de este pin es encontrar una fuente de poder que no se permanente y que únicamente tenga voltaje cuando el vehículo está encendido, por ejemplo, la fuente de poder del radio.

Figura 51. **Conexión a ignición típica**



Fuente: Queclink. *Conexión a ignición típica.*

http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_User_Manual_R1.02.pdf. Consulta: 15 de abril de 2018.

Tabla XIV. **Características eléctricas de la detección de ignición**

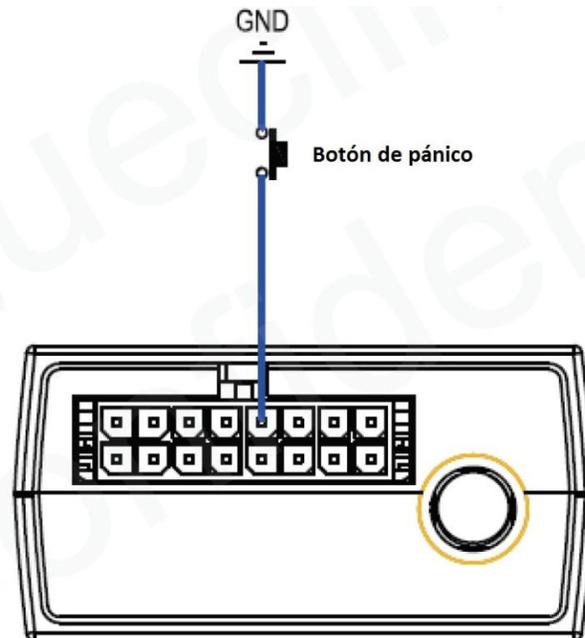
Estado lógico	Características eléctricas
Activo	5,0 V hasta 32V
Inactivo	0 V hasta 3V o circuito abierto

Fuente: elaboración propia.

3.7.8. Entradas digitales

El GV300 posee tres entradas digitales de propósito general y todas son activadas con negativo.

Figura 52. **Conexión típica de las entradas digitales**



Fuente: Queclink. *Conexión típica de las entradas digitales.*

http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_User_Manual_R1.02.pdf. Consulta: 17 de abril de 2018.

Tabla XV. **Características eléctricas de entradas digitales**

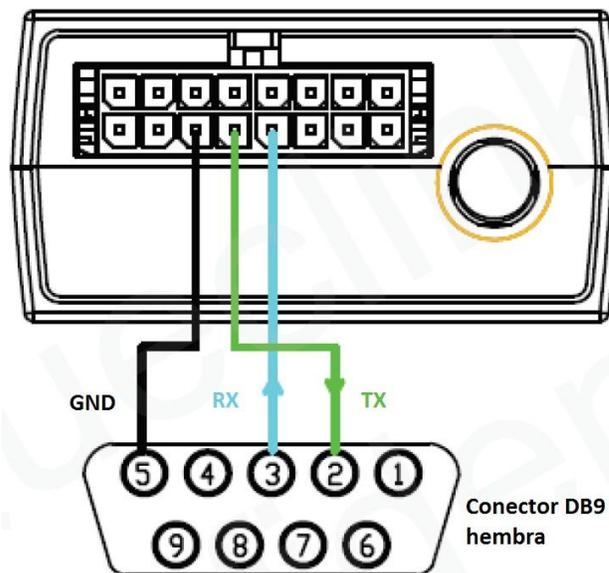
Estado lógico	Características eléctricas
Activo	0V hasta 0.8V
Inactivo	Abierto

Fuente: elaboración propia.

3.7.9. Interfaz puerto serial / UART

El dispositivo posee dos líneas dedicadas a la interfaz de puerto serial / UART denominadas como RX y TX. RX y TX manejan señales estándar del protocolo de comunicación RS232.

Figura 53. **Conexión típica a puerto RS-232**



Fuente: Queclink. *Conexión típica a puerto RS-232.*

http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_User_Manual_R1.02.pdf. Consulta: 17 de abril de 2018.

3.8. Configuración básica del GPS Queclink GV300

A continuación, se presenta la descripción de la configuración básica del GPS Queclink GV300.

3.8.1. Descripción

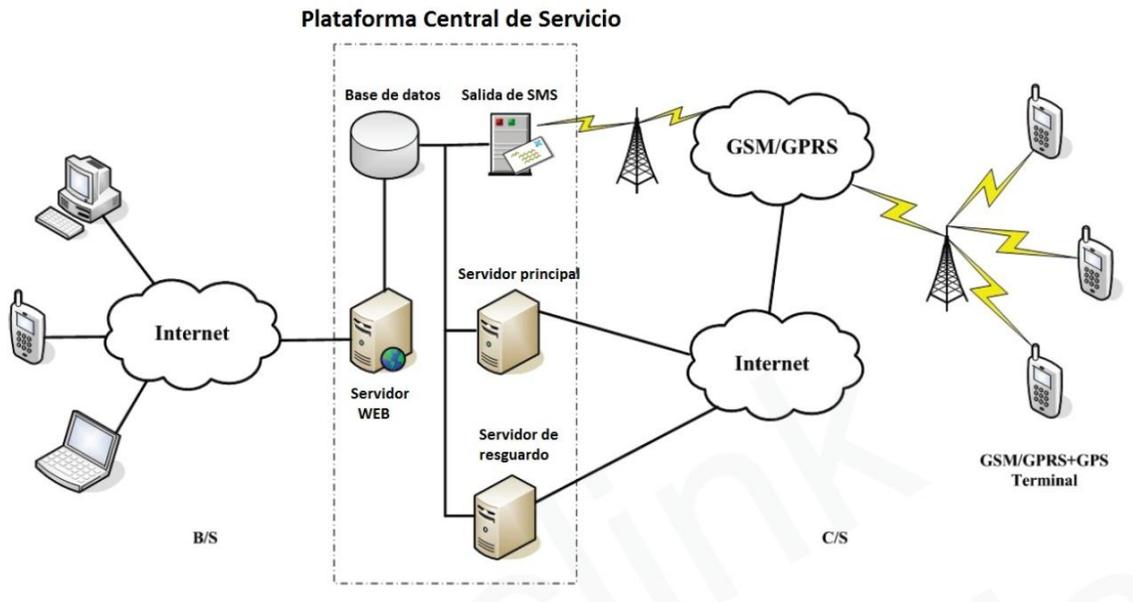
El GV300 hace uso del protocolo de interfaz aéreo denominado @Track, el cual es una interface de comunicación basada en los caracteres ASCII imprimibles. Este es usado para toda comunicación entre el servidor de respaldo y el dispositivo de rastreo vía SMS o por datos GRPS. El servidor de respaldo puede enviar comandos hacia el GPS y este debe confirmar con mensajes de recibido.

3.8.2. Arquitectura del sistema

Para que el servidor de respaldo pueda ser accesado por las terminales, este debe tener las siguientes habilidades:

- El servidor de respaldo debe permitir el acceso a internet y estar a la escucha a las peticiones de conexión originados desde la terminal.
- El servidor de respaldo debe soportar la conexión TCP o UDP con la terminal y así poder enviar datos hacia la terminal y también poder recibir datos desde la terminal.
- El servidor de respaldo debe poder enviar y recibir SMS.

Figura 54. **Arquitectura del sistema**



Fuente: Queclink. *Arquitectura del sistema.*

http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_@Track_Air_Interface_Protocol_R12.02pdf.

Consulta: 18 de abril de 2018.

3.8.3. **Formato de los mensajes**

Todos los mensajes de protocolos de interfaz aérea @Track están compuestos por caracteres imprimibles ASCII. El formato del mensaje puede variar según sea el tipo del mensaje, el cual se muestra a continuación.

Tabla XVI. **Formato del mensaje**

Formato del mensaje	Tipo de mensaje
AT+GTXXX=<parámetro 1>,<parámetro 2>,...\$	Comando
+ACK:GTXXX,<parámetro 1>,<parámetro 2>,...\$	Respuesta
+RESP:GTXXX,<parámetro 1>,<parámetro 2>,...\$	Reporte

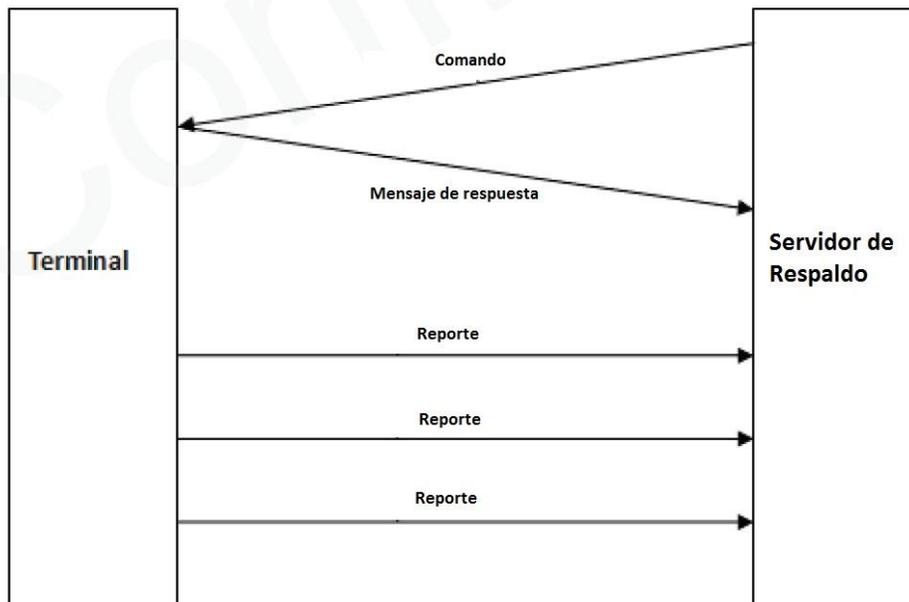
Fuente: elaboración propia.

Todos los mensajes finalizan con el caracter '\$'. Los caracteres XXX permiten la informar acerca de que dicho dato puede variar según sea el caso. Los '<parámetro 1>,<parámetro 2>,...' contienen el mensaje de los parámetros. Además, el numero de parámetros puede ser diferente en diferentes mensajes. El caracter ASCII ',' es utilizado para separar los caracteres inmediatos. Los parámetros pueden contener los siguientes caracteres ASCII: '0'-'9', 'a'-'z' y 'A'-'Z'.

El servidor de respaldo es capaz de enviar comandos para configurar la terminal o también para realizar consultas de los parámetros registrados en el, o también pueden ser enviados los comandos con el fin de realizar acciones que se necesiten en la terminal. Cuando la terminal recibe los comandos via aire, este devolverá un mensaje de respuesta al servidor.

De acuerdo a la configuración de los parámetros, la terminal puede enviar mensajes de reporte hacia el servidor de respaldo.

Figura 55. **Flujo de mensajes entre servidor y terminal**



Fuente: Queclink. *Flujo de mensajes entre servidor y terminal.*

http://www.queclink.com/es/GV300/GV300_@Track_Air_Interface_Protocol_R12.02pdf.

Consulta: 18 de abril de 2018.

3.8.4. Comandos de conexión al servidor

Los comandos iniciales para que la terminal pueda realizar el envío de data al servidor de respaldo son los siguientes:

El comando AT+GTBSI es utilizado para configurar los parámetros GPRS

Tabla XVII. **Parámetros de comando AT+GTBSI**

Ejemplo: AT+GTBSI=gv300,cmnet,,,wapnet,,,,0000\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Clave	4-20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	gv300
APN	<=40		
Nombre de usuario APN	<=30		
Clave APN	<=30		
APN de respaldo	<=40		
Nombre de usuario APN de respaldo	<=30		
Clave APN de respaldo	<=30		
Reservado	0		
Numero correlativo	4	0000 - FFFF	
Caracter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- Clave: los caracteres válidos para la clave están '0' - '9', 'a' - 'z', 'A' - 'Z'. El valor que tiene por defecto es 'gv300'.
- <APN>: nombre de punto de acceso.
- <Nombre de usuario APN>: este parámetro está vacío, el valor actual debe estar limpio.
- <Clave APN>: este parámetro está vacío, el valor actual debe estar limpio.
- <APN de respaldo>: nombre de punto de acceso de respaldo. Si <APN> no funciona, será utilizado <APN de respaldo>.

- <Nombre de usuario APN de respaldo>: este parámetro está vacío, el valor actual debe estar limpio.
- <Clave APN de respaldo>: este parámetro está vacío, el valor actual debe estar limpio.
- <Reservado>: no es utilizado este parámetro actualmente, por lo que se solicita se mantenga vacío.
- <Número correlativo>: número correlativo de comando, este dato es igual en el comando de respuesta.
- <Caracter de finalización>: este carácter indica el final del comando y debe ser únicamente '\$'.

El comando de respuesta cuando la terminal ha recibido el comando AT+GTBSI está formado de la siguiente manera:

Tabla XVIII. **Comando de respuesta de AT+GTBSI**

Ejemplo: +ACK:GTBSI,250504,861074021672921,,0000,20090214093254,11F0\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Versión de protocolo	6	XX0000 - XXFFFF, Xe{'A' - 'Z', '0' - '9'}	
ID único	15	IMEI	
Nombre del dispositivo	<=20	'0' - '9', 'a' - 'z', 'A' - 'Z'	
Numero correlativo	4	0000 - FFFF	
Hora de envío	14	YYYYMMDDHHMMSS	
Numero de conteo	4	0000 - FFFF	
Caracter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- <Versión de protocolo>: la versión de protocolo indica cómo está conformado, en donde los dos primeros caracteres representan el tipo de dispositivo, como se muestra en el ejemplo en la tabla anterior, el valor '25' quiere decir que es un GV300 versión nueva. Los dos caracteres del medio indican el número entero de versión del protocolo y los dos últimos caracteres representan el número decimal de versión de protocolo, ambos números conforman la versión de protocolo completa, como por ejemplo '020A' que quiere decir versión 2.10.
- <ID único>: es el número IMEI de la terminal.
- <Nombre del dispositivo>: nombre que puede ser editado por el usuario.
- <Número correlativo>: el número de correlativo es el mismo al colocado en el comando que fue aplicado a la terminal; además, sirve para distinguir entre los comandos de respuesta de la terminal.
- <Hora de envío>: indica la hora local a la que fue emitido el mensaje de respuesta.
- <Número de conteo>: este número se incrementa automáticamente cada vez que la terminal genera un mensaje de respuesta y mensaje de reporte. Este número inicia en 0000 e incrementa de 1 en cada mensaje y se reinicia cuando llega al valor FFFF.
- <Carácter de finalización>: este carácter indica el final del comando y debe ser únicamente '\$'.

El comando con los parámetros a utilizar para aplicar el APN al que se conectará el GPS es el siguiente:

AT+GTBSI=gv300,datos.claro,,,,,,,,,FFFF\$

El comando AT+GTSRI es utilizado para configurar como debe reportar todos los mensajes; incluye la información del servidor y el método de comunicación entre el servidor de respaldo y el dispositivo de rastreo.

Tabla XIX. Parámetros de comando AT+GTSRI

Ejemplo: AT+GTSRI=gv300,3,,1,some.host.name,7011,116.226.45.229,702,+8613812341234,15,1,,,,,0001\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Clave	4-20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	gv300
Modo de reporte	1	0 - 7	0
Reservado	0		
Modo de almacenamiento	1	0 1 2	1
IP de servidor principal / Nombre de dominio	<=60		
Puerto del servidor principal	<=5	0 - 65535	
IP de servidor de respaldo / Nombre de dominio	<=60		
Puerto del servidor de respaldo	<=5	0 - 65535	
Puerta de enlace SMS	<=20		
Intervalo de latidos	<=3	0 5 - 360 min	
Activar SACK	1	0 1 2	0
Formato de protocolo	1	0 1	0
Activar SACK de SMS	1	0 1	0
Reservado	0		
Reservado	0		
Numero correlativo	4	0000 - FFFF	
Carácter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- <Modo de reporte>: esto define el método de comunicación que existirá entre el servidor y la terminal. Los modos soportados son los siguientes:
 - 0: modo desactivado.
 - 1: TCP conexión de corta duración: esta conexión está basada en el protocolo TCP. La terminal conecta con el servidor cada vez que necesita enviar información y apaga la conexión cuando la terminal termina de enviar datos. Si la terminal falla en establecer conexión TCP con el servidor este intentará enviar mensajes SMS a la puerta de enlace SMS.
 - 2: TCP conexión de corta duración en modo forzado: esta conexión está basada en el protocolo TCP. La terminal conecta con el servidor cada vez que necesita enviar información y apaga la conexión cuando la terminal termina de enviar datos. Si la terminal falla en establecer conexión TCP con el servidor este guardará los datos en la memoria de almacenamiento si el modo de almacenamiento está activado, de otra manera la información será descartada.
 - 3: TCP conexión de larga duración: esta conexión está basada en el protocolo TCP. La terminal conecta con el servidor y mantiene la conexión usando los datos llamados latidos. El servidor responderá a los latidos con datos de respuesta a la terminal.
 - 4: modo UDP: la terminal enviará datos al servidor a través del protocolo UDP.

- 5: modo forzado de SMS: solo mensajes SMS son utilizados para el envío de información.
- 6: UDP con puerto local fijo: tal como el modo UDP, la terminal enviara información usando el protocolo UDP. La diferencia está en que la terminal utilizar un puerto local fijo en vez de uno aleatorio para comunicarse con el servidor, por lo que el servidor podrá utilizar un puerto idéntico para comunicarse con todas las terminales existentes y las terminales estarán en la misma red VPN. El número de puerto del dispositivo es el mismo puerto al del primer servidor.
- 7: TCP de larga duración con servidor de respaldo: la conexión está basada en el protocolo TCP. La terminal conecta al servidor y mantiene la conexión utilizando datos llamados latidos. El servidor de respaldo puede responder a los latidos provenientes de la terminal. Si la conexión del servidor de respaldo se pierde, este intentará conectarse al servidor principal nuevamente.
- <Modo de almacenamiento>: si el reporte de almacenamiento está activado y el dispositivo ingresa a áreas en las que no hay cobertura GSM/GPRS, este al momento de entrar en la cobertura enviara la información almacenada por medio de datos GRPS.
 - 0: reportes de almacenamiento desactivados
 - 1: prioridad baja: bajo este modo de trabajo, el dispositivo enviará los mensajes luego que haya enviado los mensajes que generados en tiempo real.

- 2: alta prioridad: bajo este modo de trabajo, el dispositivo enviará todos los mensajes almacenados antes de los mensajes que están siendo generados en tiempo real a excepción de los mensajes SOS (+RESP:GTSOS).
- <IP de servidor principal / nombre de dominio>: dirección IP o el nombre de dominio del servidor principal.
- <Puerto del servidor principal>: número de puerto del servidor principal.
- <IP de servidor de respaldo / nombre de dominio>: dirección IP o nombre del dominio del servidor de respaldo.
- <Puerto del servidor de respaldo>: número de puerto del servidor de respaldo.
- <Puerta de enlace SMS>: este tiene un máximo de 20 caracteres incluyendo el código nacional que inicia con el carácter '+' para el envío de mensajes SMS.
- <Intervalo de latidos>: el intervalo para el envío de mensajes de latidos (+ACK:GTHBD) cuando el modo de reporte es TCP de larga duración o UDP. Si su valor es 0, no serán enviados mensajes de latidos.
- <Activar SACK>: esto define si el servidor responde a la terminal con mensajes SACK cuando recibe mensajes desde la terminal.
 - 0: el servidor no replicará con mensajes SACK cuando reciba mensajes desde la terminal.

- 1: el servidor replicará con mensajes SACK cuando reciba mensajes desde la terminal.
- 2: el servidor replicará con mensajes SACK cuando reciba mensajes desde la terminal, pero la terminal no revisará el número de mensaje SACK enviado.
- <Formato de protocolo>: esto define el formato de los mensajes de reporte enviados desde el dispositivo hacia el servidor. 0 quiere decir 'formato ASCII' y 1 quiere decir 'formato Hexadecimal'.
- <Activar SACK de SMS>: esto define cuando replica con mensajes de confirmación a través de mensajes SMS cuando el comando fue enviado a través de mensajes SMS.
 - 0: el dispositivo enviará mensajes ACK de confirmación utilizando el modo especificado en <Modo de reporte>.
 - 1: el dispositivo enviara mensajes ACK de confirmación vía SMS hacia el teléfono del cual fue enviado el comando vía SMS.

El comando de respuesta cuando la terminal ha recibido el comando AT+GTSRI está formado de la siguiente manera:

Tabla XX. **Comando de respuesta de AT+GTSRI**

Ejemplo: +ACK:GTSRI,250504,135790246811220,,0001,200090214093254,11F0\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Versión de protocolo	6	XX0000 - XXFFFF, XE{'A' - 'Z', '0' - '9'}	
ID único	15	IMEI	
Nombre del dispositivo	<=20	'0' - '9', 'a' - 'z', 'A' - 'Z'	
Numero correlativo	4	0000 - FFFF	
Hora de envío	14	YYYYMMDDHHMMSS	
Numero de conteo	4	0000 - FFFF	
Caracter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- <Versión de protocolo>: la versión de protocolo indica como está conformado, en donde los dos primeros caracteres representan el tipo de dispositivo, como se muestra en el ejemplo en la tabla anterior, el valor '25' quiere decir que es un GV300 versión nueva. Los dos caracteres del medio indican el numero entero de versión del protocolo y los dos últimos caracteres representan el numero decimal de versión de protocolo, ambos números conforman la versión de protocolo completa, como por ejemplo '020A' que quiere decir versión 2.10.
- <ID único>: es el número IMEI de la terminal.
- <Nombre del dispositivo>: nombre que puede ser editado por el usuario.
- <Número correlativo>: el número de correlativo es el mismo al colocado en el comando que fue aplicado a la terminal; además, sirve para distinguir entre los comandos de respuesta de la terminal.

- <Hora de envío>: indica la hora local a la que fue emitido el mensaje de respuesta.
- <Número de conteo>: este número se incrementa automáticamente cada vez que la terminal genera un mensaje de respuesta y mensaje de reporte. Este número inicia en 0000 e incrementa de 1 en cada mensaje y se reinicia cuando llega al valor FFFF.
- <Carácter de finalización>: este carácter indica el final del comando y debe ser únicamente '\$'.

El comando con los parámetros a utilizar para configurar la IP y el puerto al que deberá enviar la data el GPS es el siguiente:

AT+GTSRI=gv300,3,,2,52.203.51.80,9117,192.0.0.0,0,,25,0,0,0,,,FFFF\$

3.8.5. Configuración global

El comando AT+GTCFG es utilizado para configurar los parámetros globales.

Tabla XXI. **Parámetros de comando AT+GTCFG**

Ejemplo: AT+GTCFG=gv300,gv300,gv300,1,123.4,,,3F,2,,3FFF,0,1,1,300,0,1,0,1,1F,1,FFFF\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Clave	4 - 20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	gv300
Nueva clave	4 - 20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	0
Nombre del dispositivo	<=20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	gv300
Habilitar odómetro	1	0 1	0
Odómetro inicial	<=9	0,0 – 4 294967,0 Km	0,0

Continuación de la tabla XXI.

Reservado	0		
Reservado	0		
Mascara de reporte	<=4	0000 - FFFF	003F
Modo ahorro de energía	1	0 - 2	1
Reservado	0		
Mascara de eventos	<=4	0000 - FFFF	3FFF
Modo de Pin 15	1	0 1	0
Encendido de Led	1	0 1	0
Habilitación de reporte de informativo	1	0 1	0
Intervalo de reporte informativo	<=5	30 - 86400 sec	300
Localización por llamada	1	0 1 2 3	0
Supresión de eco	1	1 2	1
Modo de carga de batería de respaldo	1	0 1	0
Modo AGPS	1	0 1	0
Reporte GSM	4	0000 - FFFF	001F
Tiempo sin posición GPS	2	0 - 30 min	0
Numero de conteo	4	0000 - FFFF	
Carácter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- <Nueva clave>: se aplica para cambiar la contraseña actual.
- <Nombre del dispositivo>: cadena de letras ASCII el cual representa el nombre del dispositivo.

- <Habilitar odómetro>: activar / desactivar el odómetro el cual calcula el total de millas recorridas. La distancia recorrida es incluida en cada reporte de posición.
- <Odómetro inicial>: el valor inicial para calcular la distancia total recorrida.
- <Mascara de reporte>: bit a bit se configura la máscara del reporte de los mensajes, especialmente la composición de la información GPS.
 - Bit 0 para <Velocidad>.
 - Bit 1 para <Azimuth>.
 - Bit 2 para <Altitud>.
 - Bit 3 para información de antena GSM, el cual incluye <MCC>, <MNC>, <LAC>, <ID de celda> y el valor <Reservado> el cual es '00'.
 - Bit 4 para <Distancia>.
 - Bit 5 para <Hora de envío>.
 - Bit 6 para <Nombre del dispositivo>.
- Por cada bit, se coloca en 1 para habilitar el componente correspondiente en el reporte, y 0 para desactivar el componente correspondiente. Esta mascara es válida para todos los mensajes de reporte.
- <Modo ahorro de energía>: si es establecido en 0, el informe de posición seguirá lo establecido en <Intervalo en reporte con ignición apagada> cuando el motor está apagado. Si está establecido en 1, el informe de posición (+RESP:GTFRI), geo-cercas (+RESP:GTGEO, +RESP:GTGIN / +RESP:GTGOT) y las alarma de velocidad (+RESP:GTSPD) serán

suspendidos estos mensajes cuando el dispositivo está inmóvil o el motor está apagado. Si <Modo ahorro de energía> se establece en 2, es muy parecido a establecerlo en 1 con la diferencia que los reportes de posición no serán suspendidos y <Intervalo en reporte con ignición apagada> en el comando AT+GTFRI seguirá lo establecido cuando el motor esté apagado.

- 0: desactivar modo ahorro de energía
 - 1: modo 1 de ahorro de energía
 - 2: modo 2 de ahorro de energía
- <Mascara de eventos>: bit a bit se configura la máscara de cuál es el evento que será enviado al servidor.
 - Bit 0 para +RESP:GTPNA.
 - Bit 1 para +RESP:GTPFA.
 - Bit 2 para +RESP:GTMPN.
 - Bit 3 para +RESP:GTMPF.
 - Bit 4 para reservado.
 - Bit 5 para +RESP:GTBPL.
 - Bit 6 para +RESP:GTBTC.
 - Bit 7 para +RESP:GTSTC.
 - Bit 8 para +RESP:GTSTT.
 - Bit 9 para +RESP:GTANT.
 - Bit 10 para +RESP:GTPDP.
 - Bit 11 para +RESP:GTRTL.
 - Bit 12 para reporte de ignición +RESP:GTIGN y +RESP:GTIGF.
 - Bit 13 para reporte de localización +RESP:GTIGLE cuando la ignición está encendida o apagada.

- Bit 14 para +RESP:GTEXP.
- Por cada bit, aplicar el bit en 1 habilita del reporte correspondiente y si se estable en 0 deshabilita el respectivo reporte.
- <Modo de Pin 15>: esto configura el modo de trabajo del pin 15 en el conector.
 - 0: entrada analógica.
 - 1: entrada digital 3.
- <Encendido de Led>: esto configura el modo de trabajo del Led de encendido y el Led de GPS.
 - 0: cada vez que el dispositivo se enciende, ambos Led trabajarán de forma normal durante 30 minutos y luego se apagarán.
 - 1: led de encendido y el led de GPS se mantendrán encendidos.
- <Habilitación de reporte informativo>: habilitar / deshabilitar los reportes de información (+RESP:GTINF), la información incluye el estado del dispositivo, ICCID, intensidad de la señal GSM, voltaje de la fuente de poder externa, voltaje de la batería, estado de carga de batería, modo de trabajo de led de poder y led GPS, estado de la antena externa de GPS, la ultima hora valida conocida, voltaje de entrada analógica, estado de todas las entradas y salidas, información de la zona horaria.
 - 0: desactivar los reportes de información.
 - 1: activar los reportes de información.

- <Intervalo de reporte informativo>: el intervalo entre reportes informativos.
- <Localización por llamada>: esto configura de qué manera responderá las llamadas entrantes si en <Modo de trabajo> en el comando AT+GTMON no es 2 o 3.
 - 0: solo responder llamada.
 - 1: responder llamada y reportar la posición actual (+RESP:GTBLC).
 - 2: responder llamada y reportar la posición actual con enlace de Google Maps vía SMS al número telefónico que realizó la llamada.
 - 3: responder llamada, reportar la posición actual (+RESP:GTBLC) y reportar la posición actual con enlace de Google Maps vía SMS al número telefónico que realizó la llamada al mismo tiempo.
- <Supresión de eco>: esto configura uno de dos fases de supresión de eco.
 - 1: cancelar y suprimir eco
 - 2: cancelar y forzar la supresión de eco
- <Modo de carga de batería de respaldo>: esto controla el modo de carga de la batería de respaldo.

- 0: si la fuente de poder está conectada, carga la batería de respaldo si es necesario.
- 1: si la fuente de poder está conectada, únicamente cargará la batería de respaldo cuando la ignición encendida sea detectada. El proceso de carga inicia luego de 3 minutos de haber colocado la ignición encendida y se detiene cuando la ignición es apagada.
- <Modo AGPS>: esto indica si se habilita el modo AGPS, esto ayuda a incrementar las posibilidades de adquirir posición GPS satisfactoriamente y reduce el tiempo necesario para adquirir posición GPS.
 - 0: desactivar función AGPS
 - 1: activar función AGPS
- <Reporte GSM>: controla como o cuando reportar la información celular, el mensaje +RESP:GTGSM únicamente es enviado vía TCP de corta duración solo si el modo de reporte es SMS forzado. Los 2 Bit más significativos, el Bit 14 - 15 representan el modo de reporte GSM.
 - 0: no permitir el reporte de información celular.
 - 1: permite el reporte de información celular después de que falte obtener posición GPS si la información celular está disponible.
 - 2: reporta el mensaje +RESP:GTGSM seguido que haya adquirido posición GPS valida y esté disponible la información celular.

- 3: reporta el mensaje +RESP:GTGSM independientemente si ha adquirido posición GPS válida o no si es que hay información celular disponible.
- La máscara bit a bit sirve para configurar cual evento debe reportar al servidor.
 - Bit 0 para +RESP:GTRTL
 - Bit 1 para +RESP:GTBLC
 - Bit 2 para +RE-SP:GTFRI / +RESP:GTERI
 - Bit 3 para +RESP:GTSOS
 - Bit 4 para +RESP:GTTOW
 - Bit 5 - 13 están Reservados
- Para cada bit, colocarlo en 1 activa el reporte correspondiente y 0 deshabilita el reporte correspondiente.
- <Tiempo sin posición GPS>: este parámetro es el tiempo para monitorear la señal GPS, si no tiene señal GPS o posiciones validas consecutivas durante <Tiempo si posición GPS>, el dispositivo enviará un evento +RESP:GTGSS para indicar señal GPS perdida. Si la señal GPS es recobrada. 0 quiere decir que está deshabilitada la función.

El comando de respuesta cuando la terminal ha recibido el comando AT+GTCFG está formado de la siguiente manera:

Tabla XXII. **Comando de respuesta de AT+GTCFG**

Ejemplo: +ACK:GTCFG,250504,135790246811220,,0003,200090214093254,11F0\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Versión de protocolo	6	XX0000 - XXFFFF, X€{'A' - 'Z', '0' - '9'}	
ID único	15	IMEI	
Nombre del dispositivo	<=20	'0' - '9', 'a' - 'z', 'A' - 'Z'	
Número correlativo	4	0000 - FFFF	
Hora de envío	14	YYYYMMDDHHMMSS	
Número de conteo	4	0000 - FFFF	
Carácter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

El comando con los parámetros a utilizar para enviar la información básica, tipos de eventos y el comportamiento del mismo es el siguiente:

AT+GTCFG=gv300,gv300,GV300N_A13V07_MXIC,1,0,,,7F,2,,1AEE,1,1,1,10800,1,1,0,1,0,20,FFFF\$

3.8.6. Informe relacionado con la posición

El comando AT+GTFRI es utilizado para configurar los parámetros de toma de posiciones (+RESP:GTFRI o +RESP:GTERI).

Tabla XXIII. **Parámetros de comando AT+GTFRI**

Ejemplo: AT+GTFRI=gv300,4,1,,1,1000,23600,,60,,300,,,,,,,,,0009\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Clave	4 - 20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	gv300
Modo	1	0 - 5	0
Descartar posición	sin <=2	0 1	1
Reservado	0		
Activar período	1	0 1	1
Hora de inicio	4	HHMM	0000
Hora final	4	HHMM	0000
Intervalo de verificación	de <=5	0 - 86400 sec	0
Intervalo de envío	<=5	1 - 86400 sec	30
Distancia	<=5	50 - 65535 m	1000
Kilometraje	<=5	50 - 65535 m	1000
Reservado	0		
Reporte de giro	<=3	0 - 180	0
Intervalo de reporte con ignición apagada	<=5	0 5 - 86400 sec	600
Máscara ERI	8	00000000 - FFFFFFFF	00000000
Reservado	0		
Reservado	0		
Reservado	0		
Número de conteo	4	0000 - FFFF	
Carácter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- <Modo>: el modo de trabajo de la función de los reportes de posición.
 - 0: desactivar función.
 - 1: reporte por tiempo. Este mensaje de posición es enviado al servidor de forma periódica de acuerdo al parámetro <Intervalo de envío>.

- 2: Reporte por distancia. Este mensaje de posición es enviado al servidor cuando la distancia en línea recta entre la posición actual y la última enviada por el GPS es mayor o igual a la distancia especificada en el parámetro <Distancia>.
- 3: Reporte por kilometraje. Este mensaje de posición es enviado al servidor cuando la distancia en el camino sea mayor o igual al kilometraje especificado en el parámetro <Kilometraje>. Conectar la señal de ignición a la línea de entrada especificado del dispositivo para el uso de esta función.
- 4: Reporte óptimo. Simultáneamente verifica ambos reportes, el de tiempo y el de kilometraje entre dos reportes adyacentes. La posición del dispositivo será reportada si se calcula el intervalo entre la hora actual y el reporte anterior si es mayor a <Intervalo de envío>, y el kilometraje entre la posición actual y la posición anterior y si este dato es mayor a <Kilometraje>. Se debe conectar la señal de ignición a la línea de entrada específica para el uso de esta función.
- 5: Reporte por tiempo o reporte por kilometraje. Verifica el intervalo o la distancia recorrida entre dos reportes adyacentes. La posición del dispositivo será reportada si el cálculo del intervalo entre la hora actual y el último reporte es mayor a <Intervalo de envío>, o la distancia recorrida entre la posición actual y la última posición conocida es mayor a <Kilometraje>. Se debe conectar a la señal de ignición a la entrada digital específica para el uso de esta función.

- Si el motor está apagado, los mensajes de posición serán enviados al servidor periódicamente de acuerdo al parámetro <Intervalo de reporte con ignición apagada>.
- <Descartar sin posición>: desactivar / activar el reporte cuando no tiene posición GPS valida.
 - 0: activar reporte
 - 1: desactivar reporte
- <Activar período>: desactivar / activar el rango de tiempo especificado en <Hora de inicio> y <Hora final>. Si el rango está habilitado, los reportes serán limitados dentro del rango de tiempo.
- <Hora de inicio>: la hora de inicio es un reporte programado, el formato valido es 'HHMM' en donde el valor del rango de 'HH' es de '0 - 23' y el rango de 'MM' es '00 - 59'.
- <Hora final>: la hora final es un reporte programado, el formato del rango es el mismo que <Hora de inicio>.
- <Intervalo de verificación>: intervalo de actualización de posición GPS. El rango es 0 - 86400 y la unidad está dada en segundos. Si el valor es 0, el GPS actualizará su posición de acuerdo al valor de <Intervalo de envío>. Se debe estar seguro que <Intervalo de verificación> no sea mayor a <Intervalo de envío> así el dato de posición está listo antes de ser enviado.

- <Intervalo de envío>: es el intervalo para poder enviar la información de posición al servidor. El rango es 1 - 86400 y la unidad está dada en segundos. Si <Modo de reporte> en AT+GTSRI funciona en modo de SMS forzado, este valor debe ser mayor a 15 segundos, de otro modo el dispositivo enviará su posición vía TCP de corta duración.
- <Distancia>: el valor de distancia específico para el envío de posición cuando <Modo> fue colocado en 2, la unidad está dada en metros.
- <Kilometraje>: el valor de kilómetros recorridos necesarios para el envío de posición cuando <Modo> fue colocado en 3, la unidad está dada en metros.
- <Reporte de giro>: este es el umbral aplicado cuando el dispositivo gire en una esquina. 0 quiere decir 'Desactivar reporte de giro', en el caso de colocar otros valores, el dispositivo compara si el valor es mayor o igual a este valor, el reporte de giro será enviado en el evento +RESP:GTFRI.
- <Reporte de intervalo con ignición apagada>: el intervalo para obtener posición válida y envío de información cuando <Modo ahorro de energía> en AT+GTCFG fue colocado en 0|2 y el motor está apagado. El rango viene dado en 0|5 - 86400 y la unidad viene dada en segundos.
- <Mascara ERI>: cuando el puerto serial es conectado con algún periférico, y el bit del periférico fue colocado en 1, el dispositivo reportará +RESP:ERI en lugar de +RESP:GTFRI. Esta máscara es usada para configurar cuando deberá reportar datos del periférico vía +RESP:GTERI.

- Bit 0 para <Datos de sensor de combustible digital> en el campo +RESP:GTERI.
- Bit 1 para <Datos AC100> en el campo +RESP:GTERI.
- Bit 2 para <Datos CAN> en el campo +RESP:GTERI.
- Bit 3 para <Porcentaje> en el campo +RESP:GTERI.
- Bit 4 para <Volumen> en el campo +RESP:GTERI.

El comando con los parámetros a utilizar para configurar los tiempos a los que enviará la información cuando el vehículo este encendido y cuando este apagado es el siguiente:

AT+GTFRI=gv300,1,0,,1,0000,2359,61,61,300,300,,45,10800,0,,,,FFFF\$

3.8.7. Aplicación del puerto serial

El puerto serial del dispositivo es utilizado para conectar dispositivos externos para extender la aplicación del GPS. El comando AT+GTURT es utilizado para configurar el modo de trabajo del puerto serial para conectar diferentes dispositivos externos y los parámetros de puerto serial de comunicación.

Tabla XXIV. Parámetros de comando AT+GTURT

Ejemplo: AT+GTURT=gv300,1,12,8,1,0,0,0,,,,FFFF\$			
Parámetro	Longitud [byte]	Rango / Formato	Valor por defecto
Clave	4 - 20	'0' - '9' 'a' - 'z' 'A' - 'Z'	gv300
Modo de trabajo	1	0 - 9 12 14 17	0
Índice de tasa de transferencia	<=2	1 - 12	12
Bit de datos	1	7 - 8	8
Bit de parada	1	1 - 3	1
Bit de paridad	1	0 - 4	0

Continuación de la tabla XXIV.

Habilitar modo sueño	1	0 1 2 3	0
ID de entrada para despertar	0	0 1	0
Reservado	0		
Reservado	0		
Numero de conteo	4	0000 - FFFF	
Carácter de finalización	1	\$	\$

Fuente: elaboración propia.

- <Modo de trabajo>: esto configura el modo de trabajo de AT+GTURT.
 - 0: deshabilitar UART.
 - 1: usar el UART para transferir datos vía AT+GTDAT y otros protocolos. Cuando el comando AT+GTDAT es ejecutado, el dispositivo responderá el resultado de la ejecución por medio del segundo puerto serial, 'OK' es devuelto cuando el comando es ejecutado satisfactoriamente, y 'Error' es devuelto cuando el comando es ejecutado de forma errónea.
 - 2: usado para funciones Garmin.
 - 3: usado para lectura de tarjeta RFID para comunicar con el puerto UART de la terminal. Si <Tipo de RFID > indica que es una tarjeta RFID antigua, la entrada digital debe ser configurada por medio del comando AT+GTDIS antes de utilizar esta función. La terminal reportara el ID de la tarjeta leída en el lector de tarjeta al servidor a través del mensaje +RESP:GTIDA.

- 4: usado para sensor de combustible digital. Dos parámetros reservados son utilizados. Diferentes sensores de combustible necesitan diferentes tasas de transferencia de datos por lo que debe asegurarse de aplicar la tasa de transferencia correcta para cada sensor.
- 5: usado para dispositivos ACC100. Cuando el sensor de temperatura es conectado, debe reiniciar el dispositivo para que trabaje apropiadamente. El número máximo de dispositivos conectados al ACC100 es un IButton y dos sensores de temperatura.
- 6: usado para transferir datos a través del puerto serial auxiliar hacia el servidor. Cuando el puerto serial recibe bytes de datos especiales definidos en <Carácter de terminación>, dos parámetros reservados son usados.
- 7: usado para transferencia transparente basada en recibir datos de tamaño fijo en intervalos. Los datos en +RESP:GTDTT (formato corto) son empaquetados en códigos ASCII hexadecimales.
- 8: usado para transferencia transparente basada en recibir datos de tamaño fijo en intervalos. Los datos en +RESP:GTDTT (formato corto) son empaquetados en códigos hexadecimales puros.
- 9: usado para cámara.
- 12: usado para CANBUS conectados a vehículos. En este modo, la tasa de transferencia debe ser colocada en 9600.

- 14: usado para transferir reportes específicos a través una terminal satelital cuando no haya cobertura GSM. En este modo debe configurarse a una tasa de transferencia de 9600, sin paridad, 1 bit de inicio y 1 bit de parada, en donde los reportes soportados se detallan a continuación.

Tabla XXV. **Formato de soporte**

Formato de reporte	Valor
SOS	SOS, TOW, DIS, IOB, SPD, RTL, DOG, IGL, HBM, GEO
FRI	FRI
IGN	IGN, IGF
STT	STT
GIN	GIN, GOT

Fuente: elaboración propia.

- 17: usado para dispositivos EIO100. En este modo, la tasa de transferencia puede ser aplicada a cualquier valor basado en <Índice de tasa de transferencia>.
- <Índice de tasa de transferencia>: el índice de la tasa de transferencia soportada del puerto serial. Todos las tasas de transferencia se listan a continuación.

Tabla XXVI. **Tasas de transferencia**

Índice de tasa de transferencia	Tasa de transferencia
1	1200
2	2400
3	4800
4	7200
5	9600

Continuación de la tabla XXVI.

6	14400
7	19200
8	28800
9	33900
10	38400
11	57600
12	115200

Fuente: elaboración propia.

- <Bit de datos>: bit de datos del UART, los valores pueden ser 7 u 8.
- <Bit de parada>: bit de parada del UART, los valores pueden ser 1, 2 o 3.
 - 1: 1 bit de parada
 - 2: 2 bit de parada
 - 3: 1.5 bit de parada
- <Bit de paridad>: bit de paridad del UART, los valores pueden ser 0, 1, 2, 3 o 4.
 - 0: sin paridad
 - 1: paridad impar
 - 2: paridad par
 - 3: paridad de espacio
 - 4: paridad marcada
- <Habilitar modo sueño>: el dispositivo soporta el modo sueño el cual es útil para reducir el consumo de energía. Cuando el dispositivo entra en modo sueño, este responde a través del puerto serial de forma lenta a

menos que el dispositivo se despierte. Este parámetro es utilizado para activar o desactivar el modo sueño del dispositivo.

- 0: desactivar modo sueño y activar modo auto conexión
 - 1: activar modo sueño y activar modo auto conexión
 - 2: desactivar modo sueño y desactivar modo auto conexión
 - 3: activar modo sueño y desactivar modo auto conexión
-
- Si el modo sueño del dispositivo es activado, el dispositivo externo debe tener la habilidad de despertar el GPS cuando entre en modo sueño a través de la entrada digital especificada en el parámetro <Id de entrada para despertar>. Si el modo de trabajo de AT+GTURT es 12, este parámetro deberá ser puesto en 2 o 3.

 - <Id de entrada para despertar>: es el Id de la entrada digital del GV300 usada para despertar al dispositivo cuando esté en modo de bajo consumo de energía del puerto de comunicación serial.
 - 0: no utilizar la entrada digital 1 para despertar el dispositivo. La entrada digital 1 es utilizada para interrumpir al puerto.

 - 1: RFID antiguas utilizan el puerto digital 1 para despertar al dispositivo. El parámetro de la entrada digital 1 debe ser colocado en comando AT+GTDIS y el <Tiempo de validación> de la entrada digital 1 debe ser colocado en 0.

 - <Tipo de sensor de combustible digital>: es el tipo de sensor de combustible digital conectado al puerto serial.

- 0: EPSILON ES2 o ES4
 - 1: LLS 20160
 - 2: DUT-E
 - 3: QFS100
 - 4: UFSXXX
 - 5: Reservado
 - 6: DUT-E SUM
- <Tipo de RFID>: es el tipo de RFID conectado al puerto serial.
 - 0: RFID antiguo: tasa de transferencia a 9600, 8 bit de datos, 1 bit de parada, sin paridad.
 - 1: reservado.
 - 2: MR2: tasa de transferencia a 9600, 8 bit de datos, 1 bit de parada, sin paridad.
 - 3: VD RFID: tasa de transferencia a 9600, 8 bit de datos, 1 bit de parada, sin paridad.
 - 4: DR 100: tasa de transferencia a 19200, 8 bit de datos, 1 bit de parada, sin paridad.
- <Formato>: este controla el formato de la data a transferir desde el puerto serial auxiliar hasta el servidor cuando el <Modo de trabajo> es 6.
 - 0: formato corto
 - 1: formato largo

- <Intervalo>: si <Modo de trabajo> es 7 u 8 y no recibe datos en un periodo mayor a <Intervalo>, los datos guardados en la memoria del UART serán enviados.
- <Caracter terminador>: cuando el puerto serial auxiliar recibe este carácter, los datos anteriores a <Carácter terminador> serán empaquetados dentro del mensaje +RESP:GTDTT y enviados al servidor. Este parámetro es activado en <Modo de trabajo> con valor 6.
- <Longitud>: la longitud máxima de los datos en el mensaje +RESP:GTDTT cuando el <Modo de trabajo> es 7 u 8.

El comando con los parámetros a utilizar para configurar los parámetros del puerto serial para iniciar la transferencia de datos es el siguiente:

AT+GTURT=gv300,6,5,8,1,0,0,0,0,35,FFFF\$

4. VIABILIDAD ECONÓMICA QUE IMPLICA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO OBD-II CON TRANSMISIÓN REMOTA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS GPS

El valor de inversión inicial necesario para la implementación del proyecto será estimado y presentado a través de tablas que están basadas el método denominada TCO (*total cost of ownership*); el cual tiene como finalidad la determinación de los costos que afectan al proyecto, ya sea de forma directa o indirecta; además, de los beneficios que están relacionados con la implementación del hardware y software.

Al final de todo el análisis se presenta un resumen en donde se ven reflejados los costos totales del proyecto, así como también los relacionados al mantenimiento del mismo, costos de operación y asesorías necesarias.

En la siguiente tabla, se detalla los equipos que se utilizaran para el proyecto, haciendo un estimado del costo de dichos equipos.

Tabla XXVII. **Costo del hardware**

Concepto	Cantidad	Costo unitario [Q.]	Costo total [Q.]
ELM327	1	Q. 127,50	Q. 127,50
Arduino Mega	1	Q. 400,00	Q. 400,00
Queclink GV300	1	Q. 1 500,00	Q. 1 500,00
MCP2551	1	Q. 90,00	Q. 90,00
LM7805	1	Q. 12,00	Q. 12,00
LM317L	1	Q. 5,00	Q. 5,00
Cristal 4.000MHz	1	Q. 5,00	Q. 5,00

Continuación de la tabla XXVII.

Socket para integrado de 28 pines	1	Q. 4,00	Q. 4,00
Transistores	7	Q. 2,00	Q. 14,00
Diodos	4	Q. 1,25	Q. 5,00
Diodos Led	5	Q. 1,00	Q. 5,00
Resistencias	31	Q 0,75	Q. 23,25
Capacitores	8	Q. 2,75	Q. 22,00
		Total hardware	Q. 2 212,75

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestran los datos de software utilizado para el desarrollo del proyecto.

Tabla XXVIII. **Costo del software**

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Configuración de parametros de transmisión remota	1	Q. 125,00	Q. 125,00
		Total software	Q. 125,00

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestran los gastos de instalación del prototipo; toma en cuenta que se debe de tener un servicio con el que se realicen las respectivas pruebas; por lo tanto, se incorpora dentro del presupuesto un servicio para pruebas

Tabla XXIX. **Costos de instalación**

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Instalacion del sistema	1	Q. 150,00	Q. 150,00
Servicio de pruebas	1	Q. 100,00	Q. 100,00
		Total instalación	Q. 250,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Costos iniciales del proyecto**

Costos de hardware	Q. 2 212,75
Costos del software	Q. 125,00
Costos de instalacion	Q. 250,00
Total de costos iniciales	Q. 2 587,75

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran los costos de operación, en donde deben ser tomados en cuenta los posibles incidentes que pueden manifestarse el tiempo de vida del sistema.

Tabla XXXI. **Costos de operación**

Costo promedio por hora de un ingeniero de proyectos	Q. 100,00
Número de incidentes promedio al año	1
Tiempo aproximado para resolver la falla (en horas)	2
Costo promedio por año	Q. 200,00
Número de años de la solución	3
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	Q. 600,00

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestra el resumen de los distintos costos que se utilizarán para mantener el proyecto funcionando durante un estimado de 3 años.

Tabla XXXII. **Costos de la solución**

Costo inicial de la solución	Q. 2 587,75
Costo de operación	Q. 600,00
Total de la solución	Q. 3 187,75

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la viabilidad económica del sistema, se indagó sobre la existencia y comercialización de otros sistemas de diagnóstico a bordo en el mercado, se encontró un escáner marca AUTOTEK, modelo CRP129; continuación, se detalla el valor de la solución.

Tabla XXXIII. **Costos del hardware Autotek**

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Costo del hardware	1	Q. 3 002,00	Q. 3 002,00

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran los costos de operación, en donde deben ser agregados a este los costos de envío del dispositivo para su diagnóstico.

Tabla XXXIV. **Costos de operación de escáner Autotek**

Costo promedio de envío a la república de Chile	Q. 228,00
Costo promedio en resolución de falla	Q. 500
Número de incidentes promedio al año	1
Tiempo aproximado para resolver la falla (en días)	30
Costo promedio por año	Q. 728,00
Número de años de la solución	3
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	Q. 2 184,00

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta la tabla que resume los costos necesarios para mantener el dispositivo funcional por un tiempo promedio de tres años.

Tabla XXXV. **Costos de la solución con escáner Autotek**

Costo hardware Autotek	Q. 3 002,00
Costo de operación	Q. 2 184,00
Total de la solución	Q. 5 189,00

Fuente: elaboración propia.

La siguiente tabla muestra la comparación de costos de ambas soluciones, la cual muestra la viabilidad económica de implementar el sistema de diagnóstico a bordo OBD-II con transmisión remota por medio de dispositivos GPS.

Tabla XXXVI. **Tabla comparativa**

Costo solución inicial	Q. 3 187,75
Costo solución Autotek	Q. 5 189,00
Diferencia en costos	Q. 2 001,25

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El sistema OBD-II surgió de la necesidad de estandarizar las fallas de diagnóstico de los diferentes fabricantes de vehículos.
2. Debido a que la mayoría de vehículos posee dispositivos de rastreo GPS, es posible su utilización para el envío de información de forma remota.
3. Es factible realizar el diseño de una interfaz que combina el sistema GPS con el sistema OBD-II para el envío de información de forma remota.
4. Es factible técnica y económicamente el diseño propuesto del sistema OBD-II con componentes electrónicos de uso libre en el mercado.

RECOMENDACIONES

1. Profundizar en los diferentes tipos de escáner OBD-II que existen actualmente en el mercado, con la finalidad de conocer los protocolos que utilizan para cada modelo de vehículo y el significado de los códigos de error.
2. Para obtener una ubicación bastante precisa, se debe tomar en cuenta que los diferentes dispositivos GPS poseen incertezas propias, esto basado en los componentes internos, por lo que deben ser tomados en cuenta consultando la hoja de datos.
3. Explorar otros sistemas electrónicos como interfaz entre el sistema OBD-II y GPS.
4. Si se desea adentrarse en el entorno web, se puede iniciar con la búsqueda de información de APIs que están disponibles en las páginas de desarrolladores de Google.
5. Investigar otros sistemas integrados que hagan más económico el desarrollo del sistema OBD-II.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Electrónica del automóvil.* [en línea].
<<https://es.scribd.com/doc/191188228/Electronica-Del-Automovil>>.
[Consulta: 9 de agosto de 2017].
2. *ELM327 OBD to RS232 Interpreter.* [en línea].
<<https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf>>. [Consulta: 1 de febrero de 2018].
3. *Estudio cuantitativo de los sistemas de comunicación en vehículos de la región andina mediante normas ISO 9141.* [en línea].
<<http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1728>>. [Consulta: 8 de noviembre de 2017].
4. *European on-board diagnostics workbook.* [en línea].
<<https://es.scribd.com/document/68738067/EOBD>>. [Consulta: 16 de agosto de 2017].
5. *GV300 User Manual.* [en línea].
<www.queclink.com/es/GV300/GV300_User_Manual_R1.02.pdf>.
[Consulta: 5 de abril de 2018].
6. *Herramienta profesional para diagnóstico automotriz.* [en línea].
<<https://es.scribd.com/doc/95694894/descripcion-ELM327>>.
[Consulta: 25 de agosto de 2017].

7. *OBD (on board diagnostic - diagnóstico a bordo)*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/doc/36640389/obd1-y-obd2>>. [Consulta: 9 de agosto de 2017].
8. *OBD (on board diagnostic)*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/53745332/OBD>>. [Consulta: 9 de agosto de 2017].
9. *Programa para sistema de diagnóstico a bordo (OBDII) y comprobador de actuadores que funcionen con señales (PWM)*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/36582953/Sistema-de-Diagnostico-de-vehiculos-OBD2>>. [Consulta: 11 de noviembre de 2107].
10. *Sistema de localización, monitoreo y control vehicular basado en los protocolos GPS/GSM/GPRS*. [en línea]. <<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1927>>. [Consulta: 7 de marzo de 2018].
11. *Sistema de posicionamiento global – GPS*. [en línea]. <ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf>. [Consulta: 5 de diciembre de 2017].
12. *Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro*. [en línea]. <http://www.oocities.org/es/foro_gps/infografia/gps5.pdf>. [Consulta: 2 de diciembre de 2017].