

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN REMOTA
VIA MODEM GPRS PARA EL MONITOREO DE INFORMACION DE LA UNIDAD
DE CONTROL ELECTRONICA (ECU) EN VEHICULOS DE CARGA PESADA
PARA LA EMPRESA ENLINEA LTDA. EN LA CIUDAD DE IPIALES**

**ALVARO MAURICIO DIAZ TELLO
LUIS JAVIER ERAZO GALLO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
SAN JUAN DE PASTO
2010**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN REMOTA
VIA MODEM GPRS PARA EL MONITOREO DE INFORMACION DE LA UNIDAD
DE CONTROL ELECTRONICA (ECU) EN VEHICULOS DE CARGA PESADA
PARA LA EMPRESA ENLINEA LTDA. EN LA CIUDAD DE IPIALES**

**ALVARO MAURICIO DIAZ TELLO
LUIS JAVIER ERAZO GALLO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

Asesor: Ing. Edgar Andrés Calvache García.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
SAN JUAN DE PASTO
2010**

Nota de Responsabilidad

“La Universidad de Nariño no se hace responsable por las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Acuerdo 1. Artículo 324. Octubre 11 de 1966. Emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Jurado

Jurado

Asesor

San Juan de Pasto, Mayo de 2010

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	
1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA ENLINEA LTDA	19
2. METODOLOGIA	22
2.1. ESTUDIO DE LAS ESPECIFICACIONES ELECTRICAS, REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRONICA (ECU)	22
2.1.1. Estándar SAE J1708	23
2.1.1.1. Propiedades físicas	23
2.1.1.2. Parámetros de red	24
2.1.1.3. Mensaje J1708	24
2.1.2. Estándar SAE J1587	27
2.1.2.1. Mensaje J1587	27
2.1.3. Primeras pruebas de comunicación	28
2.2. ESTUDIO DE LA TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS VIA GPRS, ARQUITECTURA DE REDES Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	33
2.2.1. Primera generación (1G)	33
2.2.1.1. La tecnología AMPS (<i>Advanced Mobile Phone System</i>)	33
2.2.2. Segunda generación (2G)	35
2.2.2.1. TDMA (<i>Time Division Multiple Access</i>)	35

2.2.2.2.	GSM (<i>Global System for Mobile Communications</i>)	35
2.2.3.	Generación 2.5 (Intermedia)	37
2.2.3.1.	GPRS (<i>General Packet Radio Service</i>)	37
2.2.3.2.	EDGE (<i>Enhanced Data Rates for Global Evolution</i>)	43
2.2.4.	Tercera generación (3G)	44
2.2.4.1.	UMTS/WCDMA	45
2.2.5.	Redes, modelo de referencia OSI, modelo de referencia TCP/IP y protocolo TCP para la transmisión de paquetes vía GPRS	46
2.2.5.1.	Modelo de referencia OSI	48
2.2.5.2.	Modelo de referencia TCP/IP	50
2.2.5.3.	Protocolos de transporte de internet	52
2.3.	ELABORACIÓN DE INTERFAZ DE COMUNICACIÓN ALÁMBRICA ENTRE LA ECU Y PC	57
2.4.	TRANSMISIÓN DE DATOS VÍA MODEM GPRS ENTRE LA ECU Y LA CENTRAL DE MONITOREO	72
2.4.1.	Dispositivo modem GSM/GPRS/GPS Skypatrol TT8540	72
2.4.2.	Skypatrol configuración y conexión a la red GPRS	73
2.4.3.	PAD skypatrol configuración y uso	73
2.4.4.	Programación y configuración socket servidor	76
3.	CONCLUSIONES	79
4.	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFIA	82
	ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. ASIGNACIÓN DE PRIORIDAD DE MENSAJE	25
TABLA 2. ASIGNACIÓN MIDS SAE J1708	26
TABLA 3. MENSAJE J1587	28
TABLA 4. EJEMPLO EXPLICACIÓN PID 84 - VELOCIDAD DE MARCHA	28
TABLA 5. ASIGNACIÓN DE PINES CONECTOR ECU TRACTOMULA	29
TABLA 6. MULTISLOTS GPRS	40
TABLA 7. CODING SCHEME GPRS	41
TABLA 8. PID 128 – PARÁMETRO DE PETICIÓN DE UN COMPONENTE ESPECIFICO	63
TABLA 9. FORMATO SAE J1587 PARA LA PETICIÓN DE UN COMPONENTE ESPECÍFICO	63

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. NODO ESTÁNDAR J1708	24
FIGURA 2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL LÓGICO EN EL BUS	24
FIGURA 3. CONECTOR HEMBRA J1939 UBICADO EN LA TRACTOMULA	29
FIGURA 4. DIMENSIONES CONECTOR HEMBRA J1939-13	30
FIGURA 5. 9-PIN DEUTSCH CONNECTOR	30
FIGURA 6. UBICACIÓN DEL CONECTOR PARA ACCEDER A LA ECU EN UNA TRACTOMULA DE MARCA KENWORTH	31
FIGURA 7. DIAGRAMA BÁSICO DE APLICACIÓN TRANSCEIVER RS-232 MAX232	32
FIGURA 8. DIAGRAMA DE APLICACIÓN TÍPICA DEL REGULADOR DE VOLTAJE DE 5V LM2940	32
FIGURA 9. ESTRUCTURA BASICA DE AMPS	34
FIGURA 10. ARQUITECTURA DE UNA RED GSM	36
FIGURA 11. ARQUITECTURA GENERAL DE UNA RED GPRS	38
FIGURA 12. TUNNELING GPRS	39
FIGURA 13. LA VELOCIDAD MÁXIMA REAL DE GPRS NO SUPERA LOS 56 Kbps	42
FIGURA 14. ARQUITECTURA EDGE	44
FIGURA 15. ARQUITECTURA UMTS	45
FIGURA 16. MODELO DE REFERENCIA PARA UN RED DE 5 CAPAS	47
FIGURA 17. MODELO DE REFERENCIA OSI	48
FIGURA 18. MODELO TCP/IP VS MODELO OSI	52
FIGURA 19. CABECERA IP	54
FIGURA 20. CABECERA TCP	55
FIGURA 21. ESQUEMA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN PLANTEADO	57
FIGURA 22. DIAGRAMA DE BLOQUES QUE COMPONEN LA INTERFAZ HARDWARE DE COMUNICACIÓN	58
FIGURA 23. DIAGRAMA DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO DE LA INTERFAZ HARDWARE DE COMUNICACIÓN	59
FIGURA 24. CABLE DE CONVERSIÓN SERIAL A USB	59
FIGURA 25. DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAMIENTO DEL MICROCONTROLADOR	60
FIGURA 26. PRESENTACIÓN APLICACIÓN ENVIÓ Y RECEPCIÓN DE DATOS	61
FIGURA 27. ARCHIVO DE TEXTO CON INFORMACIÓN RECIBIDA DE LA ECU	62

FIGURA 28.	DISEÑO FINAL PLACA ELECTRÓNICA Y CHASIS	64
FIGURA 29.	VENTANA DE LA APLICACIÓN DESARROLLADA EN VISUAL C# 2008	65
FIGURA 30.	ESTRUCTURA DE TABLAS DE LA BASE DE DATOS INTERFAZ_J1708	65
FIGURA 31.	ESTRUCTURA DE CAMPOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_RECEPCION	66
FIGURA 32.	ESTRUCTURA DE CAMPOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_DATOS	66
FIGURA 33.	ESTRUCTURA DE CAMPOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_PREGUNTAS	67
FIGURA 34.	ESTRUCTURA DE DATOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_PREGUNTAS	68
FIGURA 35.	ESTRUCTURA DE CAMPOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_CODIGOS	69
FIGURA 36.	ESTRUCTURA DE CAMPOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_USUARIO	70
FIGURA 37.	ESTRUCTURA DE DATOS DE LA TABLA INTERFAZ_J1708_USUARIO	71
FIGURA 38.	MODEM SKYPATROL GSM/GPRS TT8540	72
FIGURA 39.	GPRS PAD	74
FIGURA 40.	DIAGRAMA DE TRANSMISION DE DATOS ENTRE CENTRAL Y VEHICULO	75
FIGURA 41.	APLICACION DE CONSOLA SOCKET SERVIDOR	76
FIGURA 42.	FRAGMENTO DE LA BASE DE DATOS MYSQL SOBRE LA WEB	77

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. ESPECIFICACIONES TRACTOMULA KENWORTH MODELO T800	84
ANEXO B. TABLA DE ASIGNACION DE MIDs	86
ANEXO C. TABLA DE ASIGNACION DE PIDs	89
ANEXO D. PIDs VALIDOS EN LA ECU	98
ANEXO E. CARACTERISTICAS PIC18F25J50	100
ANEXO F. HOJA DE ESPECIFICACIONES MODEM SKYPTROL TT8540	101
ANEXO G. INTERFAZ GRAFICA DE LA APLICACIÓN DE USUARIO FINAL VERSIÓN DEMO	102
ANEXO H. PRIMER INFORME BIMESTRAL	104
ANEXO I. SEGUNDO INFORME BIMESTRAL	109

GLOSARIO

AMPS:	Advanced Mobile Phone System
CDMA:	Code Division Multiple Access
ECM:	Electronic Control Module
ECU:	Electronic Control Unit
EDGE:	Enhanced Data Rates for Global Evolution
EUSART:	Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
FDMA:	Frequency Division Multiple Access
GPRS:	General Packet Radio Service
GPS:	Global Positioning System
GSM:	Global System for Mobile Communications
ISO:	International Standards Organization
ITU:	International Telecommunications Union
MID:	Message Identification
OSI:	Open systems Interconnection
PID:	Parameter Identification
SAE:	Society of Automotive Engineers
SICV:	Sistema Integral de Control Vehicular
SMS:	Short Message Service
TCP:	Transmission Control Protocol
TDMA:	Time Division Multiple Access
UDP:	User Datagram Protocol
UMTS:	Universal Mobile Telecommunications System
WAP:	Wireless Access Control

RESUMEN

Los avances tecnológicos de la actualidad permiten y dan pie al desarrollo de aplicaciones cada vez más novedosas en todos los campos de la vida humana. Un campo de aplicación muy importante es la administración y control de procesos logísticos y servicios destinados a las compañías de transporte, lo que impulsa a las compañías relacionadas a gestionar y aplicar de manera más eficiente los recursos tecnológicos con que disponen.

El presente proyecto tiene como fin el buen uso de tecnologías actuales para innovar en un proceso de vital importancia para las compañías de transporte, dicho proceso es el acceso a la información del estado y funcionamiento de los vehículos. Partiendo de esta idea se desarrolló un proyecto que permita establecer un medio de comunicación con un sistema electrónico llamado Unidad de Control Electrónica (ECU) equipado en algunos vehículos de carga pesada, el cual es capaz de suministrar información de variables específicas del estado y funcionamiento del vehículo, pero la idea va más allá; ya que este acceso a la información se efectúa con inmediatez haciendo uso del sistema GSM y la red GPRS que establecen un medio de comunicación inalámbrico para la transmisión de datos. Las primeras etapas de ejecución del proyecto corresponden a estudios de las nuevas tecnologías implicadas en el mismo, para seguir con el diseño, desarrollo e implementación del sistema tanto en hardware como en software dividido en dos etapas, la primera donde se desarrolla una comunicación alámbrica ECU-PC como punto de partida para conocer el funcionamiento de la ECU y complementar la segunda etapa, el desarrollo de la interfaz de comunicación inalámbrica ECU-servidor remoto empleando la red GPRS de datos. Para terminar con un acople de los resultados obtenidos en cada etapa y conseguir el objetivo general del proyecto.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en la empresa ENLINEA LTDA ubicada en la ciudad de Ipiales, la cual se dedica a suministrar servicios y gestionar procesos para empresas de transporte. ENLINEA LTDA brindó total apoyo en todas las etapas de ejecución del proyecto y está encargada junto con nuestra supervisión de complementar el software de aplicación del proyecto para acoplarlo a su sistema integral de logística y servicio para empresas de transporte.

ABSTRACT

Technological advances now allow and give rise to the development of ever more innovative applications in all areas of human life. A very important application field is the administration and control of logistic processes and services for transportation companies, which encourages related companies to manage and implement more efficient technological resources at their disposal.

This project aims to good use current technology to innovate in a process of vital importance for transportation companies, this process is access to information and operating state vehicles. From this idea was developed a project to establish a means of communication with an electronic system called Electronic Control Unit (ECU) fitted in some heavy vehicles, which is capable of providing specific information of the state variables and operation of vehicle, but the idea goes further and that this access to information is done with immediacy system using GSM and GPRS network to establish a wireless communication medium for data transmission. The early stages of implementation of the project are studies of new technologies involved in it, to continue with the design, development and implementation of the system both hardware and software in two stages, the first where it develops a wired communication ECU-PC as a base for exploring the workings of the ECU and complement the second stage, the development of wireless communication interface ECU-remote server using GPRS data network. To end on a fitting of the results obtained at each stage and achieving the overall objective of the project.

The development of the project was carried out in the company ENLINEA LTDA. located in the city of Ipiales, which is dedicated to providing services and managing business processes for transportation companies. ENLINEA LTDA. provided full support in all stages of project implementation and is responsible along with our monitoring software to complement the implementation of the plan to connect it to your whole system of logistics and transport service companies.

INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico ha tenido un gran auge en las últimas décadas, resultando de este gran cantidad de recursos que permiten la optimización de cualquier tipo de sistemas. Gracias a esto se puede encontrar hoy en día máquinas sofisticadas tanto en hardware como en software y herramientas tecnológicas que permiten un mejor y adecuado desarrollo de procesos.

Un claro ejemplo del desarrollo tecnológico se encuentra en los vehículos de transporte, los cuales no se limitan simplemente a hacer uso de procesos mecánicos y otros para generar movimiento, sino que también poseen un sofisticado sistema electrónico denominado ECU (Unidad de Control Electrónica) que está compuesto por una CPU y gran variedad de señales de salida, de señales de entrada, sensores y actuadores que permiten el control de un componente específico del vehículo y permite al usuario monitorear estados del mismo como por ejemplo, el nivel de combustible, de aceite, la temperatura del motor, etc.

Otro campo que demuestra este gran desarrollo tecnológico es el de las comunicaciones inalámbricas con el uso del sistema global para las comunicaciones móviles GSM y su extensión de servicio general de paquetes vía radio GPRS, que en la actualidad se constituye como una de las áreas más importantes y de mayor aplicación, gracias a que esta comunicación elimina las limitaciones de la interconexión segura y eficaz de sistemas.

Siguiendo este ritmo de optimización y desarrollo del que se ha sido testigo en el mundo, se presenta un proyecto enfocado a la adquisición y transmisión inalámbrica vía modem GPRS de la información de estado y funcionamiento de vehículos de carga pesada suministrada por la ECU, la cual se monitorea y administra en tiempo real desde una central de control ubicada en las instalaciones de ENLINEA LTDA en la ciudad de Ipiales; para contribuir a la optimización de los procesos de monitoreo y diagnóstico automotor como también a mejoras en procesos de transporte y comercio.

A continuación, se describe la estructura de este documento: en primer lugar se define el problema a solucionar junto con el alcance y delimitación, los objetivos a alcanzar con el desarrollo del proyecto seguido de la justificación y antecedentes del mismo; posteriormente, se detalla la metodología de actividades realizadas en el desarrollo del proyecto, y se finaliza con las respectivas conclusiones y recomendaciones obtenidas.

EL PROBLEMA

Descripción del problema. Los vehículos de transporte de carga pesada en Colombia actualmente tienen incluida una Unidad de Control Electrónica denominada ECU, encargada de recopilar información sobre el funcionamiento del vehículo proveniente de sensores ubicados en lugares específicos como por ejemplo el motor, la suspensión, el sistema de frenos y otros. Actualmente el acceso a esta información está a cargo de talleres especializados, los cuales proveen un servicio limitado y costoso para el propietario del vehículo.

El buen funcionamiento del vehículo y su ciclo de vida útil, depende de un adecuado y continuo mantenimiento, el cual también se dificulta por el hecho de que los vehículos pasan la mayoría de tiempo en carretera. La falta de mantenimiento conlleva a problemas y gastos adicionales, un ejemplo es el manejo de los repuestos, los cuales erróneamente se reemplazan antes de cumplir su ciclo de vida útil o llegan a dañarse por falta de un mantenimiento preventivo. Otro problema común ocurre con los procedimientos para el cambio de aceite de la caja, el motor y la transmisión debido a que su diagnóstico es de forma manual y con aproximaciones, provocando cambios de aceite mucho después del tiempo adecuado y por consiguiente gastos innecesarios.

Formulación del problema. ¿Es posible el diseño e implementación de un sistema de comunicación entre una central de monitoreo remota y la ECU de un vehículo de carga pesada para acceder a su información de estado con el fin de reducir sus costos de mantenimiento y optimizar su funcionamiento?

Sistematización del problema.

- ¿Como acceder a la información del estado de un vehículo de carga pesada a través de su Unidad de Control Electrónica (ECU)?
- ¿Qué es necesario para establecer una transmisión inalámbrica de datos usando el sistema de comunicaciones GPRS?
- ¿Es posible establecer comunicación entre la ECU de un vehículo de carga pesada y un PC?
- ¿Se puede transmitir inalámbricamente los datos suministrados por la ECU hacia un PC en la central de monitoreo?
- ¿Cómo se recibe y que se hace con la información en la central de monitoreo enviada por la ECU?

ALCANCE Y DELIMITACIÓN

El sistema de comunicación remota permitirá la adquisición de información presente en el bus de datos de la Unidad de Control Electrónica (ECU) en vehículos de carga pesada, para su posterior tratamiento en ambientes estáticos como talleres y centros de diagnóstico automotor mediante una interfaz de hardware y software, como también en ambientes remotos y en tiempo real con la adición de un módulo de transmisión inalámbrica de datos vía módem GPRS que permite el envío de información a la central de monitoreo en las instalaciones de la empresa ENLINEA LTDA. en la ciudad de Ipiales, el análisis de dicha información pretende optimizar el diagnóstico, mantenimiento y funcionamiento de los vehículos de carga pesada como también facilitar la toma de decisiones y garantizar eficiencia en la gestión de procesos para empresas de transporte.

OBJETIVOS

Objetivo general. Diseñar e implementar un sistema de comunicación half dúplex vía modem GPRS entre la central de monitoreo remota de la empresa ENLINEA LTDA. en la ciudad de Ipiales y la Unidad de Control Electrónica (ECU) de un vehículo de carga pesada.

Objetivos específicos.

- Realizar el estudio de las especificaciones de Hardware y Protocolo de comunicación de la ECU en vehículos de carga pesada.
- Realizar el estudio de transmisión inalámbrica de datos GPRS.
- Diseñar e implementar una interfaz de comunicación alámbrica entre la ECU y PC.
- Establecer la transmisión de datos vía modem GPRS entre la ECU y la central de monitoreo.
- Desarrollar un software para el monitoreo y administración de la información en la central.
- Implementar el sistema de comunicación half dúplex entre la central de monitoreo remota y la ECU.

JUSTIFICACION

ENLINEA LTDA. es una organización cuyo propósito es aprovechar herramientas tecnológicas de software y hardware para la optimización de los sistemas de administración vehicular. Un ejemplo de esto es el actual servicio de SISTEMA INTEGRAL DE CONTROL VEHICULAR (SICV), el cual se encarga de facilitar las operaciones logísticas y de administración propias de empresas de transporte, como también del proceso de seguimiento satelital, el cual también forma parte del sistema ESCOLTA VEHICULAR proporcionado por la empresa.

Actualmente ENLINEA LTDA. emprende la creación de otro sistema innovador en el área de procesos de monitoreo y diagnóstico automotor para el gremio transportador, el cual es uno de los más importantes en el país y más aun en las zonas fronterizas, como en la ciudad de Ipiales frontera con el Ecuador, por ser un gremio indispensable en el desarrollo económico de la región que se basa en el comercio. Esta actividad exige el buen estado y funcionamiento de los vehículos, pero para las empresas de transporte resulta muy costoso un adecuado y sobre todo continuo diagnóstico y mantenimiento de las flotas de vehículos de carga pesada; presentándose la necesidad urgente de implementar una solución que pueda trabajar en tiempo real, que genere menores costos con alta fidelidad y eficiencia en los procesos de diagnóstico y mantenimiento vehicular.

Con el sistema a desarrollar las empresas transportadoras, tendrán la facilidad de conocer y registrar información del estado del vehículo expresada en múltiples variables que suministra la ECU de una manera confiable y con menor gasto de tiempo y dinero.

El poder acceder a esta información y manipularla de forma remota en una central de control presenta un avance muy importante en las tecnologías de monitoreo y diagnóstico al eliminar la condición de la presencia física del vehículo con los costos de tiempo y dinero que esto representa, por ende beneficiando a los propietarios de vehículos, empresas de transporte y generadores de carga.

El uso de tecnologías de transmisión de datos inalámbrica, es un área que todavía no se ha desarrollado en el país, y más aun la aplicación conjunta de esta tecnología con los procesos de monitoreo y diagnóstico automotriz, con lo cual se estará generando grandes oportunidades para el desarrollo del gremio transportador y a su vez para aumentar el comercio de la región.

ANTECEDENTES

Dos áreas que más auge han tenido en los últimos años han sido la comunicación de datos inalámbrica mediante el uso del sistema global para las comunicaciones móviles GSM y su extensión de servicio general de paquetes vía radio GPRS, con los cuales se puede realizar la transmisión de datos específicos hacia todo el país gracias a la gran cobertura que posee el sistema GSM; como también el área de el Sistema de Posicionamiento Global GPS, el cual es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto.

Actualmente estos dos campos van ligados para ofrecer un servicio de seguimiento satelital de vehículos como lo hace ENLINEA LTDA. con su sistema de ESCOLTA VEHICULAR del cual se ha sido partícipes.

Además de las áreas de transmisión de datos GPRS y del sistema de localización satelital GPS, otro campo importante es el de monitoreo y diagnóstico automotor que ha tenido un gran desarrollo en la última década debido en gran parte al avance tecnológico de los vehículos, los cuales hoy en día son sofisticadas máquinas con un sistema electrónico complejo denominado ECU (Unidad de Control Electrónica) capaz de establecer o monitorear ciertos estados del mismo.

La SAE International (Society of Automotive Engineers) estableció una serie de estándares que permiten la comunicación de usuarios externos con la ECU del vehículo, entre los cuales se tiene el estándar SAE J1587 que define el protocolo de comunicación de datos en vehículos de carga pesada, el estándar SAE J1708 que define los requerimientos eléctricos y de hardware necesarios para dicha comunicación y por último el estándar SAE J1939 que define un protocolo de comunicación mejorado a los dos anteriores.

En la actualidad solo existen sistemas muy costosos que pueden establecer una comunicación alámbrica con el vehículo, por lo cual solo talleres especializados pueden adquirirlos, beneficiando a los anteriores y no directamente a los transportadores los cuales serían los más interesados en aprovechar en su totalidad las ventajas que este tipo de tecnología automotriz puede ofrecer. De esta manera un sistema de monitoreo y diagnóstico automotor inalámbrico y que además se acople con el sistema de localización satelital vehicular ya trabajado, es un campo que no se ha explotado de manera adecuada.

Por tanto la creación de un sistema que acople estas tres áreas de desarrollo tecnológico es un campo que ofrece grandes oportunidades de progreso para los transportadores y a su vez para el comercio de la nación.

1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA ENLINEA LTDA.

¿QUIENES SOMOS?

La Organización ENLINEA LTDA. Nació en Popayán - Cauca, con el nombre de S.I.S. COMPUNET en el año de 1.997, su propósito aprovechar el poder de la tecnología informática para mejorar la administración de datos. En cumplimiento de la visión propuesta transformó su naturaleza jurídica convirtiéndose en una Sociedad de Responsabilidad Limitada.

ENLINEA LTDA, se constituyó mediante escritura pública No. 1.199 del 26 de Septiembre del 2006, otorgada ante la Notaria Segunda del Circuito Notarial de Ipiales con el No. 18647-3, identificada con NIT 900111995-4 y amparada por Licencia de Funcionamiento No. 000348 del Ministerio de Comunicaciones.

Concientes de las dificultades que presentaban los sistemas de administración vehicular, relacionados con transferencia física de medios, conexiones de distancia corta o lenta, cobertura limitada, red celular de base de datos y aprovechando el poder de la tecnología informática, ENLINEA LTDA. Implementó el SISTEMA INTEGRAL DE CONTROL VEHICULAR (SICV) como un procedimiento automatizado, creado con el fin de facilitar las operaciones logísticas y de administración propias de empresas de transporte. Este sistema comprende DISEÑO PAGINA WEB, ESCOLTA VEHICULAR, REGISTRO DE PASAJEROS.

MISIÓN

ENLINEA LTDA: Proporciona soluciones en Sistemas Informáticos y Telecomunicaciones. Desde cualquier lugar del mundo nos enlazamos a través de la red universal de datos para prestar servicios en diferentes campos de trabajo como en soporte técnico de sistemas, instalaciones de telecomunicaciones, electrónicas y sistemas de control satelital. ENLINEA LTDA. Cree en la innovación tecnológica, la experiencia y compromiso del recurso humano con que cuenta para alcanzar la excelencia en beneficio de sus clientes.

VISIÓN

ENLINEA LTDA. Guiada por los principios de eficiencia, calidad y cumplimiento; alcanzará en 5 años amplio reconocimiento en la Comunidad Andina, posicionándose como la mejor empresa prestadora de Servicios en Sistemas Informáticos y Telecomunicaciones. Enlazándonos con usted hacia el futuro lograremos su máxima satisfacción como cliente ENLINEA LTDA.

PRODUCTOS

Escolta Vehicular

Se trata de un sistema de RASTREO SATELITAL DE VEHÍCULOS, capaz de monitorear permanentemente los vehículos y activos móviles de la empresa. Con el sistema, el automotor debe tener una unidad, o dispositivo GPS que puede divulgar su posición a la central ENLINEA, sobre una red de comunicaciones celular o Satelital (GSM, GPRS, CDMA, etc.).

Componentes:

- Satélites del GPS: Muchos satélites del GPS se mueven en órbita alrededor del globo entero, día y noche, transmitiendo datos, especificando y midiendo el tiempo en condiciones claras para cualquier estación.
- Unidad móvil del GPS: En los vehículos están instalados los dispositivos del GPS para seguir los satélites y para calcular su posición local.
- Red de comunicaciones: ENLINEA tiene un transmisor-receptor celular seguro que ofrece una comunicación exacta a través de la red celular, de modo que el vehículo pueda transmitir su posición y demás información a la central de ENLINEA.
- Mapas Digitales: Una de las características más visibles del sistema es que puede exhibir automáticamente los vehículos en un mapa geográfico realista. Dependiendo del Display Software del mapa, este se puede enfocar de adentro hacia afuera y virtualmente detectar cualquier detalle, y se puede fijar automáticamente para seguir un vehículo señalado.

El Sistema de Rastreo Satelital básicamente recibe las señales del satélite a través del GPS, calcula la posición, velocidad, latitud y altitud, comunica con la central de ENLINEA usando diversas tecnologías celulares, utiliza un motor inteligente para decidir cuándo divulgar datos y como recibir la hora y fecha exactas, localiza geográficamente la pista de datos de registro.

Beneficios:

- Monitoreo las 24 horas del día todos los días de la semana desde la central de Monitoreo ENLINEA.

Control virtual sobre: Posición actual del vehículo; la hora exacta en que el móvil pasa por puntos determinados (Puestos de Control de Vía y Despachos); tiempos de ruta, generando reporte sobre los móviles que sobrepasaron el tiempo previamente fijado por la empresa; encendido, apagado y estacionamiento del

vehículo; monitoreo de velocidades, generando reportes diarios de los móviles que excedieron límites de velocidad; monitoreo de apertura y cerrado de puertas, cuando el móvil se encuentra en movimiento, generando reportes diarios, semanales y/o mensuales, de qué y cuántos vehículos y con qué frecuencia, cometen esta irregularidad; monitoreo, control y reportes a la empresa así como al propietario, sobre la utilización de vehículos en tiempo no laborable y/o lugares no permitidos; botón de pánico, para acompañamiento en caso de emergencias medicas, mecánicas u ocurrencia de hechos ilícitos, genera reportes sobre las causas que generan la activación de botón de pánico, llevando control sobre los móviles que lo utilizan y su frecuencia; consulta desde cualquier parte del mundo vía Internet del movimiento de un vehículo o la flota de su Empresa.

2. METODOLOGIA

A continuación se describen las actividades desarrolladas en cada una de las etapas de la ejecución del proyecto.

2.1. ESTUDIO DE LAS ESPECIFICACIONES ELECTRICAS, REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRONICA (ECU)

La empresa ENLINEA LTDA, brinda el servicio de monitoreo satelital GPS a vehículos de carga pesada, por medio de la empresa se tiene total acceso dependiendo de la disponibilidad y el tiempo que permanecen en la ciudad de Ipiales a varias tractomulas de marca *Kenworth* modelo T800 año 1999 con motor *Cummins*, la hoja de especificaciones del modelo de la tractomula se encuentra en el Anexo A. Las primeras actividades del estudio consisten en visitas a los parqueaderos donde se encuentran las tractomulas para realizar reconocimientos de las mismas y la familiarización con el entorno.

Las tractomulas *Kenworth* cuentan con una ECU (Unidad de Control Electrónica) también conocida como ECM (*Electronic Control Module* – Módulo de Control Electrónico) de marca *Cummins*, al igual que el motor. La ECU/ECM controla el funcionamiento del motor al monitorearlo a través de sensores que le permiten modificar parámetros de control como la cantidad de combustible o el tiempo de ignición; por otra parte permite acceder a información de variables de estado del mismo. Existen estándares internacionales que brindan directrices para el acceso a la información de la ECU de un vehículo de carga pesada, la *SAE International* (*Society of Automotive Engineers International*) es una organización profesional especializada en el sector automotriz y en el desarrollo de normas y estándares para este sector, esta organización ha publicado una serie de documentos que normalizan las especificaciones y requisitos necesarios para el correcto manejo de las ECUs en vehículos de carga pesada.

Los estándares de la SAE utilizados en el estudio son: *SAE J1708 - Serial data communications between microcomputer systems in heavy-duty vehicle applications* (SAE J1708 - Comunicación serial de datos entre sistemas de microcomputadores en aplicaciones de vehículos de carga pesada) y *SAE J1587 - Electronic Data Interchange Between Microcomputer Systems in Heavy-Duty Vehicle Applications* (SAE J1587 – Intercambio electrónico de datos entre sistemas de microcomputadores en aplicaciones de vehículos de carga pesada). A continuación se presentan las características más importantes de cada uno de los estándares, cuya interpretación y análisis detallado son necesarios para cumplir el objetivo de esta etapa del proyecto.

2.1.1. Estándar SAE J1708. El estándar SAE J1708 fue publicado en 1986 bajo el nombre de *SAE J1708 - Serial data communications between microcomputer systems in heavy-duty vehicle applications* (SAE J1708 - Comunicación serial de datos entre sistemas de microcomputadores en aplicaciones de vehículos de carga pesada) y fue desarrollado por el *Truck and Bus Electronic Interfaz Subcomité* (Subcomité de Interfaz Electrónica de Camiones y Buses) parte del *Truck and Bus Electrical Committee* (Comité de Camiones y Buses Eléctricos).

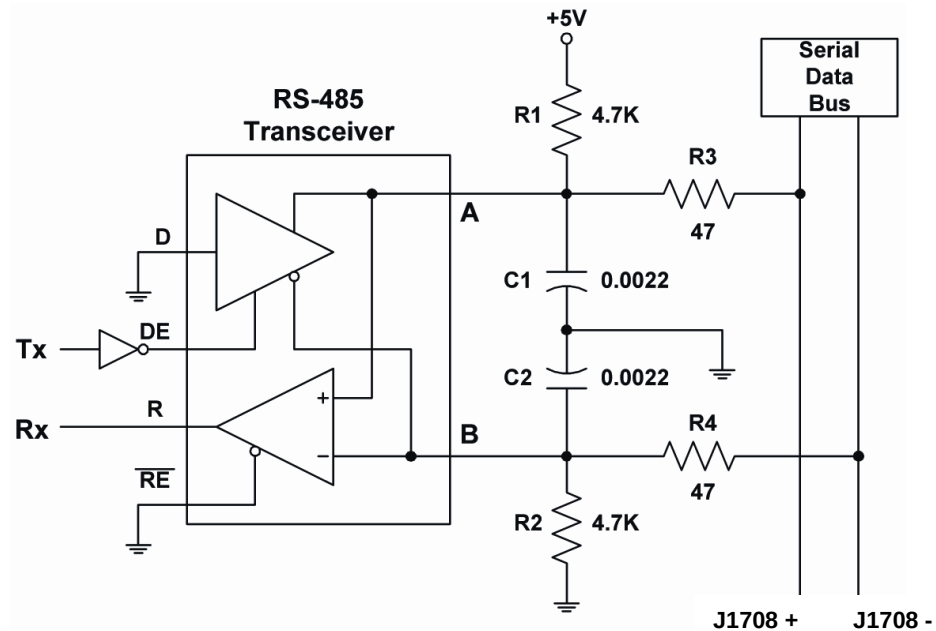
Su función es describir el hardware y el protocolo para estandarizar las comunicaciones entre los módulos electrónicos en aplicaciones de vehículos de carga pesada. Entre los objetivos de este enlace de comunicación están los siguientes:

- Minimizar los costos de hardware y los gastos generales.
- Ofrecer flexibilidad de expansión sin afectar a los sistemas existentes.
- Utilizar hardware estándar.
- Ser electromagnéticamente compatible con el resto del vehículo.

El J1708 es un enlace de comunicaciones bidireccional que conecta a los módulos electrónicos que contienen microcomputadoras. El estándar SAE J1708 define los requisitos de hardware y protocolo para mantener dicho enlace. En la mayoría de los vehículos de carga pesada actuales se maneja el bus de datos J1708 y se utiliza para comunicar información del estado entre los diferentes módulos electrónicos. La comunicación de datos en el enlace está definida por el estándar SAE J1587.

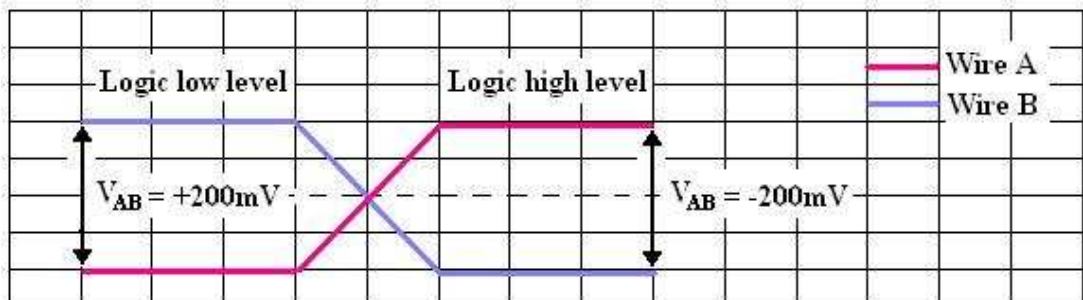
2.1.1.1. Propiedades físicas. El nodo estándar J1708 está diseñado para utilizar un transceiver para un bus RS-485. El circuito se muestra en la Figura 1. La línea de transmisión (TX) maneja la línea de habilitación de datos (DE) del transceiver. Debido al estado lógico de la línea de habilitación de transmisión, la señal TX debe ser invertida antes de llegar al transceiver RS-485. La línea de entrada de datos (DI) del transceiver se conecta a la tierra del sistema. Modulando la línea de habilitación y usando resistencias *pull-up* se elimina la posibilidad de contención eléctrica en el bus. El estado 0 lógico siempre ganará en una colisión en el bus. El estado 1 lógico o estado *idle* es controlado por la resistencia *pull-up* R1 y la resistencia *pull-down* R2. La impedancia de salida del transceiver y los condensadores C1 y C2 forman filtro de transmisión pasabajos de aproximadamente 6MHz para supresión de EMI (Interferencia Electromagnética) y los transitorios. Las resistencias R3 y R4 junto con los condensadores C1 y C2 forman el filtro de recepción pasabajos de aproximadamente 1,6MHz para la supresión de EMI. El retardo de transición activa, de estado alto a bajo dura aproximadamente 0.6 ms en un receptor con dos nodos en el bus y 2.3 ms con veinte nodos en el bus. El retardo de transición pasiva, de estado bajo a alto dura 10ms con cualquier número menor a 20 nodos.

Figura 1. Nodo estándar J1708



El bus J1708 consta de dos cables (A y B) con al menos un giro (360°) por pulgada (2,54 cm.) y una longitud total de hasta 40 metros. El nivel de tensión en el bus se determina por la diferencia de potencial de voltaje entre los cables "A" y "B". Un estado 1 lógico se logra cuando el punto A es por lo menos 200 mV más positivo que el punto B. Un estado 0 lógico significa que el punto A es de al menos 200 mV más negativo que el punto B. (Ver Figura 2). El bus tiene un estado 1 lógico cuando está en modo reposo o si se desactivan todos los transmisores. Para colocar el bus en un estado 0 lógico sólo un transmisor tiene que enviar un 0 lógico, lo que hace que el estado 0 lógico sea dominante.

Figura 2. Determinación del nivel lógico en el bus



2.1.1.2. Parámetros de red. Una red J1708 utiliza una topología tipo bus donde el método de acceso es aleatorio. El acceso aleatorio significa que cualquier nodo puede transmitir cuando lo desee, a menos que el bus no esté ocupado. Un

transmisor debe iniciar a transmitir un mensaje solo después de que un estado *idle* o 1 lógico haya existido continuamente en el bus por al menos el tiempo de acceso a bus, el cálculo del tiempo de acceso al bus se efectúa con la siguiente expresión¹:

$$T_a = T_i + (2 * T_b) * P$$

Donde:

T_a = tiempo de acceso al bus

T_i = mínimo tiempo de duración de estado *idle* (10 tiempos de bit)

T_b = Tiempo de bit, tiempo requerido para enviar un bit de información, es igual a 104.16 us, este tiempo corresponde a 9600 baudio.

P = Prioridad del mensaje

A todos los mensajes se les asigna una prioridad en escala de 1 a 8. Ver tabla 1.

Tabla 1. Asignación de prioridad de mensaje

Prioridad	Mensaje
1 y 2	Reservado para mensajes que requieren acceso inmediato al bus.
3 y 4	Reservado para mensajes que requieren acceso rápido al bus para prevenir daños mecánicos críticos.
5 y 6	Reservado para mensajes que directamente afectan la operación eficiente del vehículo.
7 y 8	Todos los otros mensajes que no quedan en las anteriores categorías de prioridad.

Si dos mensajes se envían exactamente al mismo tiempo se produce una colisión en el autobús. Cuando esto sucede ambos nodos deben liberar el control del bus, es decir, desactivar sus transmisores. Ambos nodos luego tiene que esperar un tiempo de acceso al bus antes de que puedan comenzar a enviar de nuevo. En consecuencia, el nodo con mayor prioridad accederá primero al bus y podrá comenzar a transmitir su mensaje.

2.1.1.3. Mensaje J1708. Los mensajes están orientados a byte, es decir, se construye con un número entero de bytes. Cada byte se compone de un bit de inicio, ocho bits de datos y un bit de parada. El bit de inicio es de nivel lógico bajo y el bit de parada es de nivel lógico alto. Los ocho bits de datos se envían con el bit menos significativo en primer lugar. Esta conversión sigue la comunicación estándar serie *UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)*.

¹ SAE J1708, Serial data communications between microcomputer systems in heavy-duty vehicle applications, 1986. p. 4.

La estructura del mensaje J1708 consiste en un MID (Identificador de Mensaje), los bytes de datos y el *checksum* o suma de comprobación. La estructura de los bytes de datos se describe en el estándar SAE J1587. Un mensaje siempre es precedido por un estado *idle* de duración igual o mayor que el correspondiente tiempo de acceso al bus. El tiempo entre dos bytes en un mensaje no debe exceder dos tiempos de bit. La longitud máxima de un mensaje es de 21 bytes.

El primer byte de cada mensaje debe ser siempre un MID. Los valores válidos del MID son de 0 a 255. Los MIDs de 0 a 68 pertenecen a dispositivos predefinidos, del 69 al 86 se definen en el estándar SAE J1922, del 87 al 110 están reservados para aplicaciones futuras, el 111 es designado para las pruebas de fabrica, del 112 al 127 no están reservados y pueden ser utilizados como quieran, del 128 al 255 se definen en el estándar SAE J1587. A continuación se presenta la tabla de asignación de MIDs.

Tabla 2. Asignación MIDs SAE J1708

Range	MID description
00–07	ENGINE
08–09	BRAKES, TRACTOR
10–11	BRAKES, TRAILER
12–13	TIRES, TRACTOR
14–15	TIRES, TRAILER
16–17	SUSPENSION, TRACTOR
18–19	SUSPENSION, TRAILER
20–27	TRANSMISSION
28–29	ELECTRICAL CHARGING SYSTEM
30–35	ELECTRICAL
36–40	INSTRUMENT CLUSTER
41–45	DRIVER INFORMATION CENTER
46–47	CAB CLIMATE CONTROL
48–55	DIAGNOSTIC SYSTEMS
56–61	TRIP RECORDER
62–63	TURBOCHARGER
64–68	OFF-BOARD DIAGNOSTICS
69–86	SET ASIDE FOR SAE J1922
87–110	RESERVED—FUTURE APPLICATIONS
111–127	UNASSIGNED—AVAILABLE FOR USE
128–255	SAE J1587

El cálculo del *checksum* o suma de comprobación es el complemento a dos de la suma del MID y los bytes de datos. Una forma de comprobar un mensaje es sumar en 8 bits el *checksum* y todos los bytes de datos más el MID, el resultado debe ser cero si el mensaje se transmite correctamente.

2.1.2. Estándar SAE J1587. El estándar SAE J1587 se publicó en 1988 bajo el nombre de *SAE J1587 - Electronic Data Interchange Between Microcomputer Systems in Heavy-Duty Vehicle Applications* (SAE J1587 – Intercambio electrónico de datos entre sistemas de microcomputadores en aplicaciones de vehículos de carga pesada) y fue desarrollado por el *SAE Truck and Bus Low Speed Communications Network Subcommittee* (Subcomité de Comunicaciones de red de baja velocidad en Camiones Y Buses).

El objetivo del estándar es promover la coherencia en la comunicación entre los diferentes subsistemas de control electrónico. El estándar SAE J1587 debe utilizarse junto con el estándar SAE J1708 que describe el hardware y los fundamentos de la comunicación. Además, tiene como propósito reducir los costos y la complejidad del desarrollo y mantenimiento de sistemas de microcomputadores en vehículos de carga pesada. El SAE J1587 se puede aplicar para manejar la información referente a:

- Vehículo e información de componentes (funcionamiento, mantenimiento, diagnóstico).
- Navegación y calendario (descripción de la ruta y el tiempo de cálculo).
- La información del conductor (registro de datos de viaje, registro de conductor).
- Información sobre las mercancías (información sobre el lugar de recogida y destino de entrega).

El estándar SAE J1587 también define y soporta la comunicación con dispositivos externos conectados al bus. Entre las principales características del estándar SAE J1587 están:

- J1587 es una capa de aplicación y se usa junto con J1708 que es la capa física.
- J1587 describe un formato de mensajes y define los identificadores de parámetros (PIDs).
- Un mensaje consiste en MID, PID, bytes de datos y *checksum*.
- La longitud del mensaje no está limitado a 21 bytes como en J1708.
- J1587 permite el envío de mensajes de más de 21 bytes utilizando una conexión de servicio de transporte orientado (COTS).

2.1.2.1. Mensaje J1587. El primer byte de un mensaje es el identificador de mensaje (MID), que corresponde a un nodo específico, J1587 define los MIDs en el intervalo 128 a 255. El segundo byte del mensaje es el identificador de parámetro (PID), un PID es normalmente de un byte de longitud y contiene valores de 0 a 255. Cada PID es seguido de un número de bytes de datos de parámetros, su número e interpretación depende del valor de PID. El mensaje se completa con el *checksum* o suma de comprobación, que al igual en J1708 consiste en el complemento a dos de la suma del MID, el PID y los bytes de datos. Si la suma en

8 bits del *checksum* y los demás bytes desde el MID tiene resultado 0 el mensaje es valido. En la tabla 3 se presenta un ejemplo de un mensaje J1587.

Tabla 3. Mensaje J1587

MID	PID	DATO1	DATO2	Checksum
128	21	05	48	54

Al igual que en J1708 los MIDs también tiene una tabla de asignación, ver Anexo B. Los PIDs se clasifican de la siguiente forma: PIDs de 0 a 127 (y 256 a 383) describen los parámetros de datos que tienen un byte de longitud, PIDs de 128 a 191 (y 384 a 447) describen los parámetros de datos de dos bytes de longitud, PIDs de 192 a 253 (y 448 a 509) describen los parámetros de longitud variable. Los PIDs de 194 a 196 se utilizan para el diagnóstico. Los PIDs de 225 a 227 se utilizan para la visualización de texto en pantallas de algunas ECUs. El PID 254 se utiliza para la transmisión de comandos especiales, datos e información destinados a un nodo determinado del bus. El PID 255 se utiliza para la extensión de un PID a dos bytes, es decir que el byte siguiente también es un PID, así valores de PID hasta 511 pueden ser utilizados, después del 255 el siguiente se interpreta en módulo 256; por ejemplo el PID 365 se expresa así: 255, seguido de 109. La tabla de asignación de parámetros de identificación se presenta en el Anexo C.

La interpretación de cada mensaje depende del PID utilizado, el SAE J1587 define la tabla de asignación de PIDs y la explicación de cada uno de ellas. En la tabla 4 se presenta un ejemplo de la descripción de un PID.

84. Road Speed—Indicated vehicle velocity. (84. Velocidad de Marcha – Indica la velocidad del vehículo)².

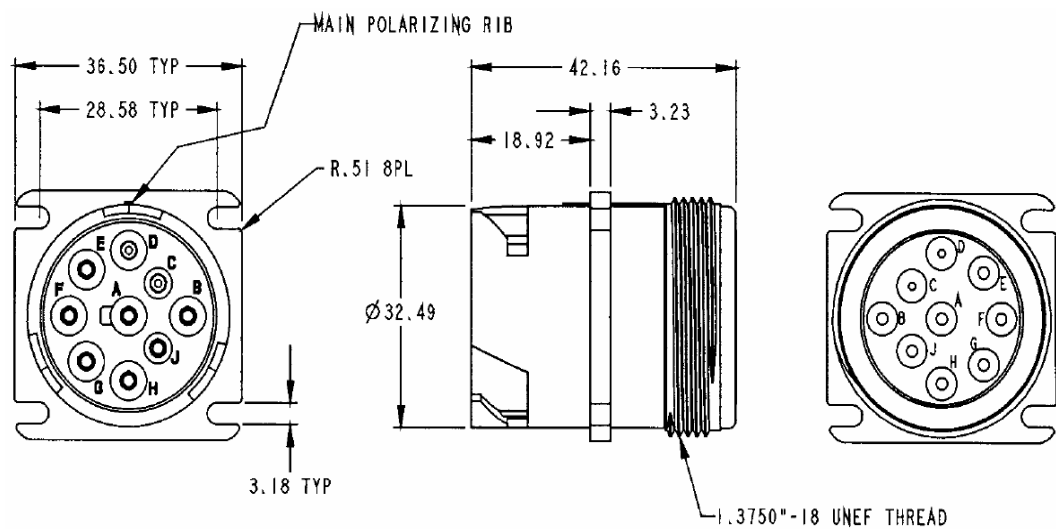
Tabla 4. Ejemplo explicación PID 84 - Velocidad de marcha

Longitud del dato de parámetro:	1 carácter
Tipo de dato:	Entero corto sin signo
Resolución de bit:	0.805 Km/h (0.5 mph)
Rango Máximo:	0.0 a 205.2 Km/h (0.0 a 127.5 mph)
Periodo de actualización de transmisión:	0.1 s
Prioridad de mensaje:	1
PID	Datos
84	a - Velocidad de marcha

² SAE J1587 - Electronic Data Interchange Between Microcomputer Systems in Heavy-Duty Vehicle Applications, 1988. p. 71.

2.1.3. Primeras pruebas de comunicación. Después del análisis de los estándares anteriores, se procedió a realizar una primera prueba sencilla del funcionamiento de la ECU, para la cual se necesitó adquirir el conector estándar para acceder a la misma, este conector viene normalizado por la SAE y su publicación SAE J1939-13 *Off-Board Diagnostic Connector* (Conector para diagnóstico externo). El conector adquirido fue el 9-pin *Deutsch connector*. La norma J1939-13 define que el conector macho se ubica en la tractomula, su estructura y dimensiones se indica en la figura 3.

Figura 3. Conector Hembra J1939 ubicado en la tractomula



Como se observa el conector tiene 9 pines enumerados con letras consecutivas A - H, exceptuando la letra I. La asignación de pines se detalla en la tabla 5:

Tabla 5. Asignación de pines conector ECU tractomula

PIN	Descripción
A	Batería (-)
B	Batería (+)
C	CAN_H
D	CAN_L
E	CAN_SHLD
F	SAE J1708 (+)
G	SAE J1708 (-)
H	Reservado
J	Reservado

El *9-pin Deutsch connector* encaja perfectamente y corresponde a la parte hembra del conjunto, como se indica en las figuras 4 y 5.

Figura 4. Dimensiones conector hembra J1939-13

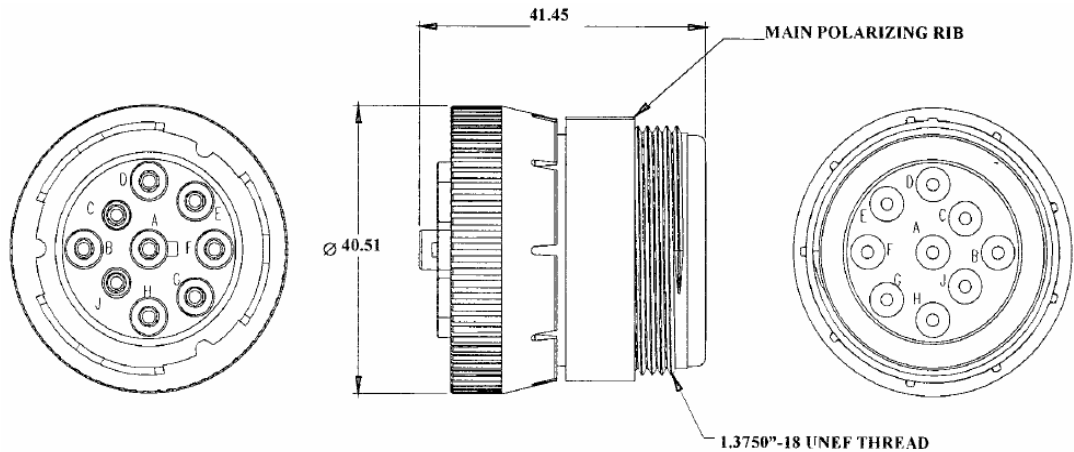
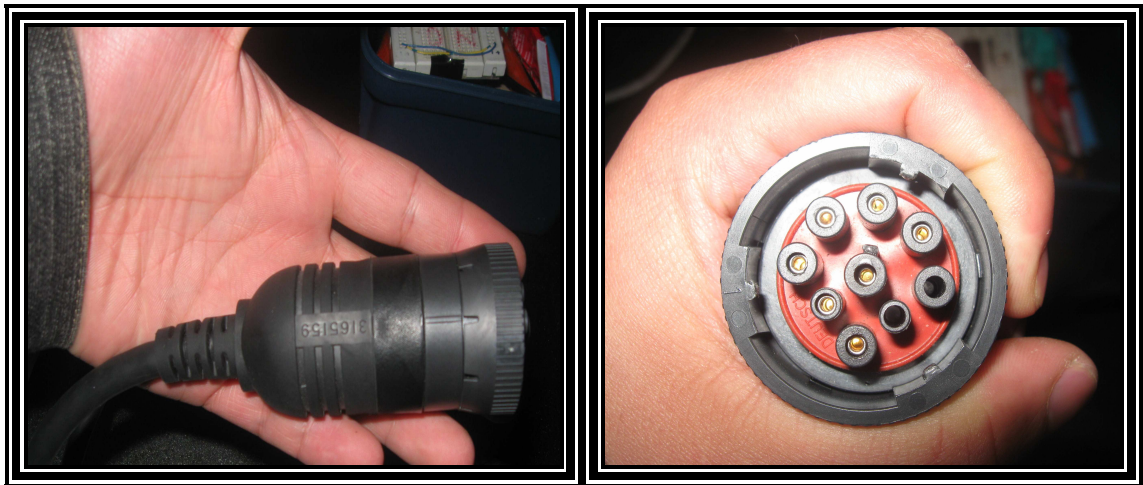


Figura 5. *9-pin Deutsch connector*



La ubicación del conector macho de la ECU en la tractomula es en la parte izquierda inferior del panel frontal, más exactamente debajo del interruptor de ignición, como se indica en la figura 6.

Figura 6. Ubicación del conector para acceder a la ECU en una tractomula de marca *Kenworth*



Para acceder al bus de datos de la ECU basados en los estándares SAE J1708 y SAE J1587 se emplean los siguientes pines del conector, Pin A (Batería + = 12 V), Pin B (Batería - = Tierra), Pin F (SAE J1708 +) y Pin G (SAE J1708 -). Se adquiere un transceiver RS-485 de referencia DS75176 de *National Semiconductors* para hacer el montaje en protoboard del nodo estándar J1708 explicado anteriormente.

Las líneas de transmisión (TX) y recepción (RX) del transceiver se conectan a un transceiver RS-232 de referencia MAX232 (ver figura 7) y así formar la interfaz de comunicación con un computador que dispone de puerto serial, el cual se utilizará para la primera prueba de verificación de funcionamiento de la ECU del vehículo. Los transceivers se alimentan de una etapa de regulación realizada partir de los 12V que suministra la ECU, para tal caso se emplea un regulador de 5V de referencia LM2940 (ver figura 8).

Figura 7. Diagrama Básico de aplicación Transceiver RS-232 MAX232

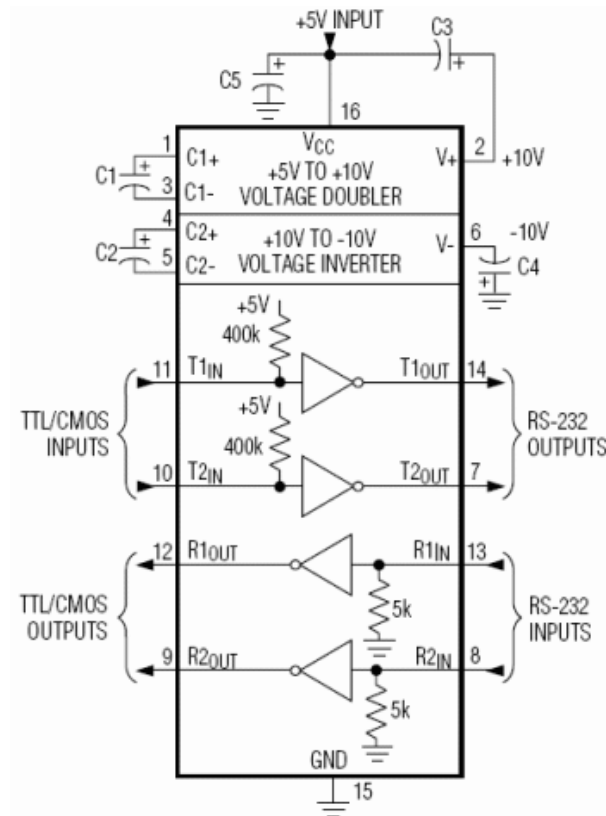
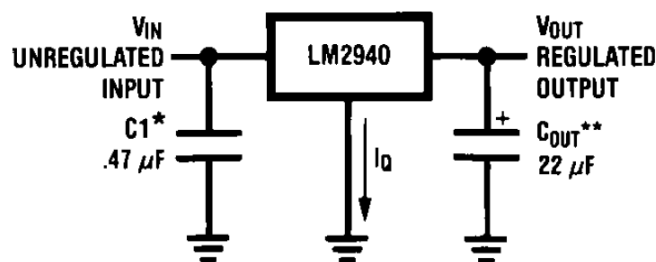


Figura 8. Diagrama de aplicación típica del regulador de voltaje de 5V LM2940



Una vez culminado el montaje del circuito electrónico, se procedió a realizar las conexiones correspondientes en una tractomula debidamente facilitada y autorizada por ENLINEA LTDA, en primer lugar el conector 9-pin *Deutsch connector* al conector hembra de la tractomula, en segundo lugar los pines correspondientes del conector a la protoboard y en tercer lugar la conexión de la protoboard al computador por medio de una cable DB-9 para el puerto serial. El software empleado para observar los datos recibidos en el computador fue un

monitor del puerto serial y la aplicación de Windows *hyperterminal*. Con esta primera prueba se comprobó que la ECU suministra información solo cuando el *switch* de ignición esta activado y se recibieron algunos datos en el computador cumpliendo así el objetivo de esta primera prueba, el comprobar que la interfaz hardware compuesta por el conector y el nodo J1708 funciona correctamente. De este modo concluye este estudio y la primera etapa del proyecto, cumpliendo todos los objetivos propuestos y planteando las bases para los posteriores diseños.

2.2. ESTUDIO DE LA TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS VIA GPRS, ARQUITECTURA DE REDES Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

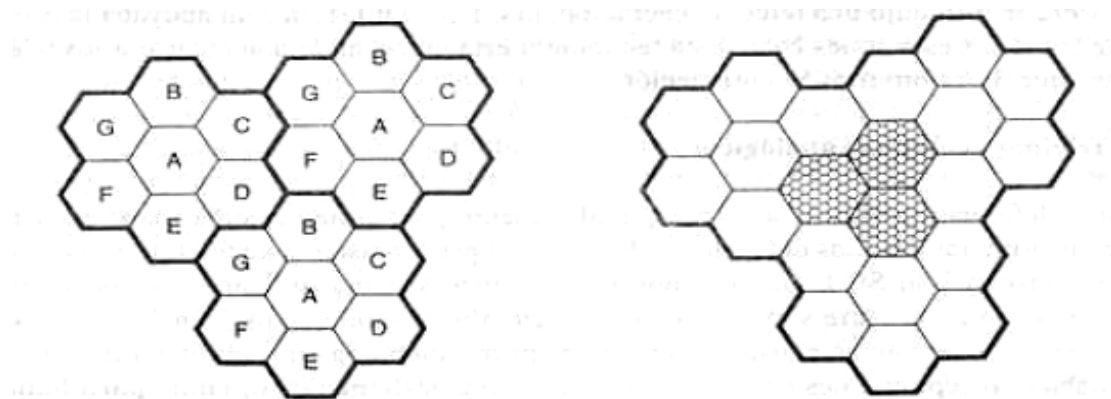
La transmisión de datos usando la red móvil celular, es posible gracias al conjunto de tecnologías desarrolladas en los teléfonos y a las plataformas que proporcionan las redes y realizan mejoras constantes para hacer posible el uso de esta aplicación. Para el manejo de datos se despliega un abanico de tecnologías que hacen posible de una forma rápida y eficaz la transmisión, sin embargo, este estudio se enfocará en la transmisión de datos vía GPRS, su arquitectura de red y sus protocolos de comunicación, pasando por su proceso evolutivo a través de los tiempos con el fin de comprender a fondo su estructura y funcionamiento.

2.2.1. Primera generación (1G). La primera generación se refiere a las tecnologías pioneras de la telefonía celular en todo el mundo, es por esta razón que surgen varias tecnologías con el impacto de las comunicaciones móviles, ya que en cada zona del mundo se realizaron investigaciones y estudios de comunicación móvil celular. Por esto cada tecnología desarrollada depende en gran parte de las condiciones físicas y ambientales de la región en la que se desarrollaron. La primera generación comprende las tecnologías: AMPS desarrollada por laboratorios Bell e instalada por primera vez en Estados Unidos, MCS-L1 implementada en Japón y TACS desarrollada por Motorola e implementada en Inglaterra. Los primeros pasos de la telefonía celular fueron en 1979. En los primeros desarrollos se adoptó la técnica de acceso FDMA/FDD (*Frequency Division Multiple Access / Frequency Division Duplex*), la cual utilizaba el Acceso Múltiple por División de Frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación, Tx y Rx. La primera generación se desarrolló entre 1979 y 1986 aproximadamente, se caracterizó por establecer enlaces de voz y en condiciones de no muy buena calidad, ya que la comunicación no era constante y presentaba baja velocidad de transferencia entre celdas, además las tecnologías transferían datos de forma analógica y no digital como en la actualidad.

2.2.1.1. La tecnología AMPS (*Advanced Mobile Phone System*). Se caracteriza por ser un sistema analógico. En este la transmisión se realiza a través de la modulación en frecuencia (FM) para voz y FSK para señalización. Esta tecnología operaba inicialmente en la banda de los 800 MHz y el acceso al canal de radio se

efectuaba a través de FDMA; además, es la más importante de su generación porque de aquí se desprendió el desarrollo de sistemas digitales como TDMA y CDMA.

Figura 9. Estructura Básica de AMPS



La estructura básica de funcionamiento de AMPS divide una región geográfica en celdas, normalmente de 10 a 20 km de diámetro, cada una de las cuales utiliza un conjunto de frecuencias y está basada en el reuso de las mismas en celdas cercanas pero no adyacentes y permite un mejor aprovechamiento del espectro, sin embargo, esto lleva a un incremento de las interferencias y problemas de *handoff* que es el proceso en el cual un móvil pasa de una celda a otra y tarda cerca de 300 mseg.

En la figura 9, las celdas son del mismo tamaño y están agrupadas en unidades de siete celdas. Cada letra indica un grupo de frecuencias y se puede observar que para cada celda hay un área neutral de alrededor de dos celdas de ancho en la que esa frecuencia no se reutiliza, proporcionando buena separación y baja interferencia.

- **Componentes de sistema AMPS.** En el centro de cada celda esta una estación base a la cual transmiten todos los teléfonos de la celda. La estación base consiste en una computadora y un transmisor/receptor conectado a una antena. En un sistema pequeño, todas las estaciones base se conectan a un mismo dispositivo llamado MTSO (*mobile telephone switching office*, oficina de conmutación de telefonía móvil) o MSC (*mobile switching center*, centro de conmutación móvil)³, los cuales almacenan los registros de localización temporal y permanente, autentifica las llamadas para asegurar la entrada de usuarios a la red, maneja el registro y la identificación del teléfono y se encarga de la operación y mantenimiento del sistema.

³ RABANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, 2001. p. 213.

Se encuentra también el subsistema de radio que está formado por la estación trans-receptora, la estación controlador de base, el sistema radiante, el combinador Branching, un sistema de filtros RF y un sistema preamplificador de bajo ruido.

2.2.2. Segunda generación (2G). Después de avanzar mucho en los sistemas analógicos se notó que estos ofrecían una baja capacidad de tráfico y se presentaban muchos problemas por el agotamiento de las redes en las grandes ciudades. Para resolver estas limitaciones surgieron los sistemas digitales, también llamados de segunda generación. La digitalización de la señal fue uno de los más grandes logros de la telefonía celular, ya que gracias a la conversión de la onda original a un tipo de onda digital, se puede encriptar una conversación y protegerla de forma que solo el teléfono receptor puede decodificar la información, además de ofrecer paquetes de transmisión de mucho menor peso y velocidades más altas a la hora de enviar la información.

Las tecnologías de segunda generación ofrecen las siguientes características:

- Mayor calidad de las transmisiones de voz
- Mayor capacidad de usuarios
- Mayor confiabilidad de las conversaciones
- La posibilidad de transmitir mensajes alfanuméricos. Este servicio permite enviar y recibir cortos mensajes que puedan tener hasta 160 caracteres alfanuméricos desde un teléfono móvil.
- Navegar por Internet mediante WAP (*Wireless Access Control*).

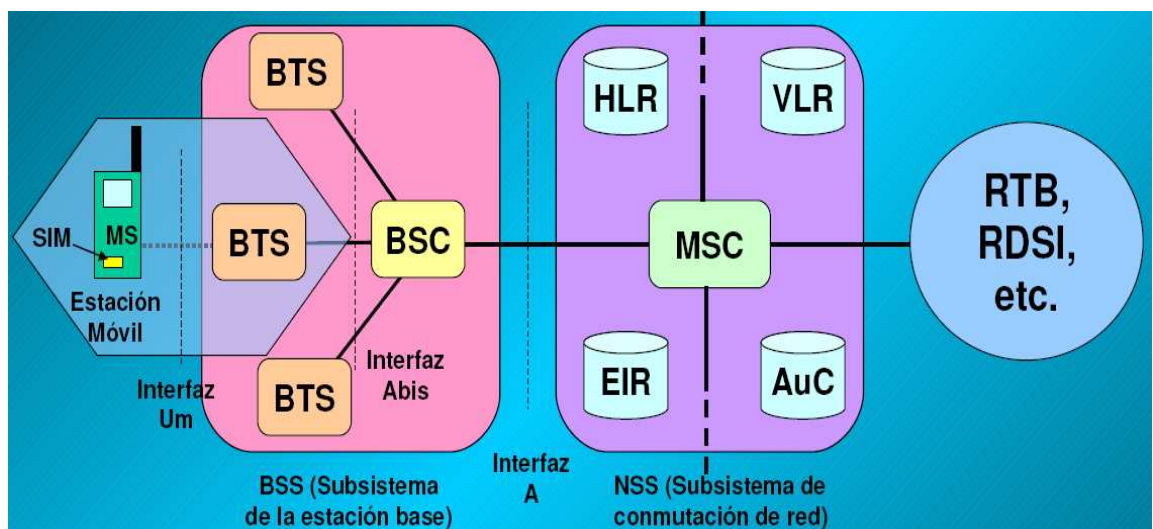
2.2.2.1. TDMA (Time Division Multiple Access). Este sistema se desarrolló en 1992 como continuación de AMPS. Se puede decir que es la forma digital del sistema AMPS. TDMA opera en las bandas de 800 Mhz y el espacio entre canales es de 30 KHz, además permite una transición suave desde el sistema analógico AMPS al digital IS-136 (que utiliza TDMA) y usa handoff de tipo MAHO.

2.2.2.2. GSM (Global System for Mobile Communications). GSM surgió básicamente por la necesidad de unificar las comunicaciones móviles en Europa, ya que existían muchos estándares analógicos que además de ser complejos eran incompatibles entre sí. Esto generaba mucha dificultad a la hora de establecer la comunicación y fue el principal factor que impulsó el desarrollo del estándar GSM para las comunicaciones móviles.

- **Características de GSM.** GSM se caracteriza por ofrecer muchos beneficios y facilidades en la comunicación incluyendo el control de llamadas y los mensajes cortos SMS, además ofrece un buen rango de velocidades de transmisión, desde los 300 bps, hasta 9.6 Kbps, de esta forma aumentan las velocidades de transmisión y la comunicación es constante.

- Usa TDMA/FDMA de banda estrecha, dentro de la banda de 850/900/1800/1900 MHz.
 - GSM utiliza dos bandas de frecuencia de 25Mhz de anchura c/u:
Ascendente (de móvil a estación base) entre 890 y 915 MHz.
Descendente (de estación base a móvil) entre 935 y 960 MHz.
 - Cada banda está subdividida en 125 canales.
 - Cada canal se divide mediante TDMA en ocho ranuras.
 - Cada ranura da servicio a un usuario, transportando 22,8 Kb/s (datos a 9,6 Kbps y voz a 13,2 Kbps).
 - FDMA lleva a efecto la división del ancho de banda disponible máximo (25 MHz en GSM 900 y 75 MHz en GSM 1800) en 124 portadoras en GSM 900, o 374 portadoras en GSM 1800 (portadoras de 200 KHz).
 - Cada portadora es dividida en slots a través de TDMA y asignadas a las estaciones bases.
- **Arquitectura de una red GSM.** Todas las redes GSM se pueden dividir en tres partes fundamentales: estación móvil (MS), estación base (BSS), subsistema de conmutación y red (NSS). En la figura 10, se muestra la configuración general de los subsistemas en la red y los componentes importantes de cada uno de dichos subsistemas.

Figura 10. Arquitectura de una red GSM



- **Estación Móvil o Mobile Station (MS):** La estación móvil es la componente externa y visible de la red, es decir, la única parte del sistema completo con la que el usuario interactúa. Entre ellas están las estaciones móviles de mano que son las más comunes y utilizadas, sin embargo, otras estaciones pueden estar ubicadas en los automóviles y en portátiles.

- **Subsistema de la Estación Base o *Base Station Subsystem (BSS)*:** Se compone de dos partes:
 - BTS: *Base Transceiver Station*, que incluye transceptor y antenas (laminares o dipolos). Cada BTS define una celda.
 - BSC: *Base Station Controller*, se encarga de cesiones ("handovers"), saltos de frecuencia (frequency hopping del CDMA). Actúa como concentrador de tráfico.
- **Subsistema de conmutación y red o *Network Switching Subsystem (NSS)*:** Sus principales componentes son:
 - MSC (*Mobile Services Switching Center*): es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes (RTB, RDSI...).
 - GMSC (*Gateway Mobile Services Switching Center*): es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware) que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan, por ejemplo con la telefonía fija.
 - *Home Location Register (HLR)*: base de datos distribuida (única por red GSM) que contiene información sobre localización y características de los usuarios asociados a cada MSC.
 - *Visitor Location Register (VLR)*: contiene toda la información sobre un usuario de paso en el área controlado por la MSC, necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red (información extraída del HLR y MSC).
 - AuC (*Authentication Center*): se encarga de la autenticación de los usuarios (utilizando el IMSI del módulo SIM).
 - EIR (*Equipment Identity Register*): proporciona seguridad en nivel de equipos válidos. Contiene una base de datos con los IMEI de todas las MS autorizadas en la red. Si una MS cuyo IMEI no está en el EIR trata de hacer uso de la red se le rechaza.
 - OSS (*Operation Support Subsystem*): controla y monitoriza la red GSM.

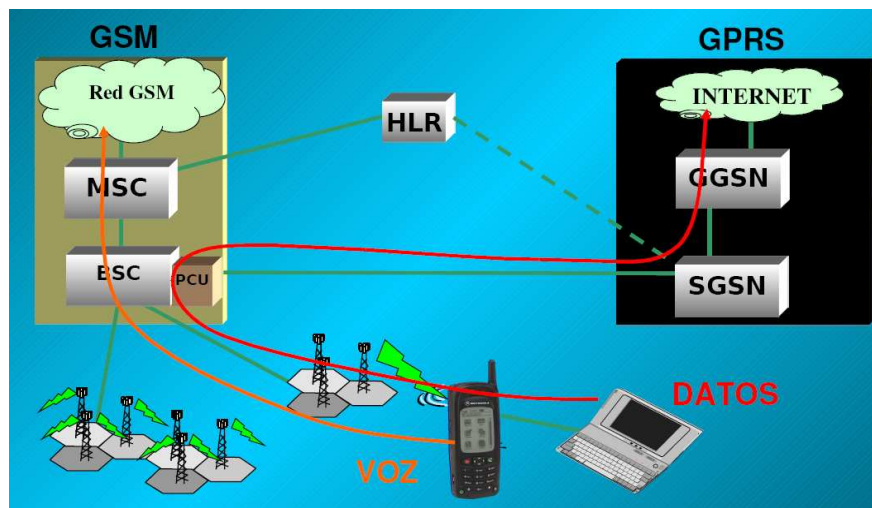
2.2.3. Generación 2.5 (Intermedia). Las primeras generaciones de la telefonía celular (1G y 2G) se fundamentaron en la prestación de servicios de voz y pocas opciones a la hora de transmitir datos como archivos y documentos de peso, por esto simultáneamente con las primeras pruebas e investigaciones de la tercera generación, se desarrolló una generación intermedia que sirve como puente entre 2G y 3G, con relación a los servicios de transmisión de datos. Estas tecnologías permiten más opciones de datos en comparación a los sistemas de segunda generación pero son inferiores a los sistemas de tercera generación en relación al procesamiento de video y multimedia.

2.2.3.1. GPRS (*General Packet Radio Service*). El sistema de comunicaciones móviles GPRS fue introducido por la ETSI (*European Telecommunication*

Standard Institute) y se fundamenta en el mejoramiento de la comunicación para transmitir datos a través de la conmutación de paquetes vía radio. Este servicio genera mejores formas de comunicación, mejorando los servicios que se tenían como: WAP, Palm.net e I-node. La diferencia de esta tecnología con respecto a los otros servicios es que se tiene la posibilidad de mantener la conexión de forma continua a la red y así procesar y transmitir datos constantemente. Puesto que se usa conmutación de paquetes, la capacidad de la red se reparte entre los usuarios. Si hay pocos usuarios conectados se tendrán unas velocidades de datos altas, de hasta 115 Kbps. Si hay muchos usuarios la velocidad se verá reducida. Puesto que la conexión es permanente, la tarificación no se hace por las llamadas ni por el tiempo de conexión sino por el tráfico de datos generado.

- **Arquitectura de la red GPRS**

Figura 11. Arquitectura general de una red GPRS



La arquitectura de red de GPRS (ver figura 11) está basada fundamentalmente en GSM con el agregado de algunos elementos necesarios para el procesamiento de los paquetes y la conexión a Internet. Los elementos fundamentales de la arquitectura GPRS: son SGSN y GGSN.

- **SGSN (Serving GPRS Support Node)**

- Nodo que gestiona todas las funciones de movilidad, autenticación y registro en la red de las estaciones móviles.
- Está conectado al BSC (RNC) y es el punto de acceso a la red GPRS cuando un terminal solicita este servicio.
- Cuando una estación quiere enviar/recibir datos hacia o desde redes externas, el SGSN intercambia los datos con el pertinente GGSN.
- Encapsula los paquetes.

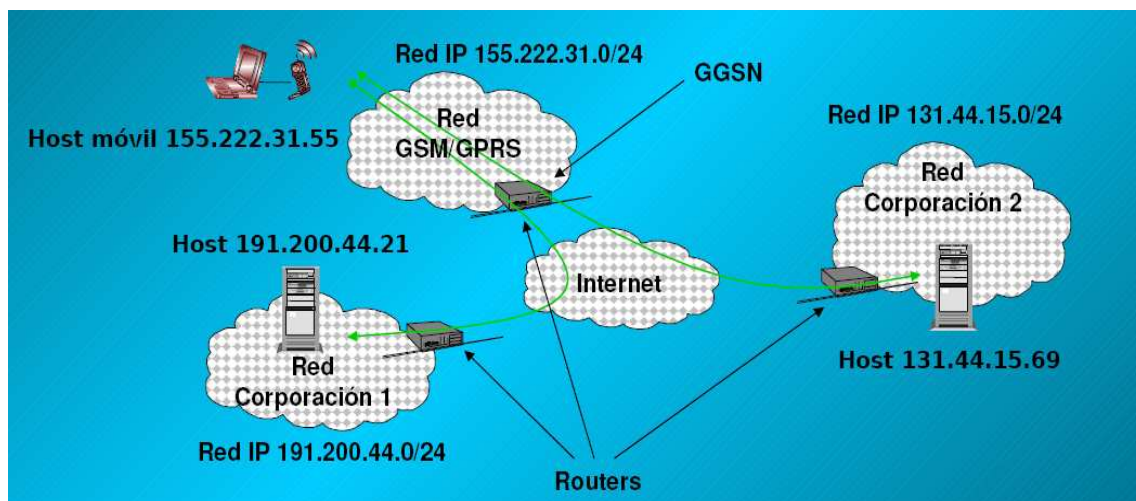
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node)**
 - Se conecta a redes externas como Internet o X.25.
 - Es un dispositivo de encaminamiento hacia una subred ya que hace que la infraestructura de la red GPRS sea transparente vista desde fuera.
 - Cuando recibe datos dirigidos hacia un usuario específico, comprueba si la dirección está activa, y en caso afirmativo, envía los datos al SGSN.
 - Encamina hacia la red correspondiente los datos que origina el móvil.

El GGSN se comporta como un *router*, de forma que “camufla” las características especiales de la red GPRS desde el punto de vista de Internet, en la arquitectura GPRS este concepto es llamado *tunneling*. Gracias al *tunneling* lo importante a la hora de transmitir información es la dirección final de destino independientemente del medio o ruta que siga esta información (ver figura 12).

El *tunneling* se basa en:

- Encapsulado de los datos con introducción de cabeceras de direcciones de destino y origen.
- Actualización de tablas de enrutamiento existentes (tanto en el SGSN y el GGSN).
- Asignación de una dirección IP al móvil.

Figura 12. Tunneling GPRS



Las características básicas de GPRS permiten el mejoramiento de transmisión de datos y la conexión constante con la red además de las posibilidades de expansión y mejoramiento de la red con miras hacia la tercera generación. Las características más importantes del sistema, son:

- Compatibilidad con el sistema GSM
 - Permite la utilización de voz y datos a través del móvil
 - Mayor velocidad de transferencia de datos
 - Soporta el protocolo IP
 - Soporta Aplicaciones más robustas
 - Tarificación por volumen de datos
- **Clases de dispositivos GPRS.** Los dispositivos que disponen de conectividad GPRS pueden dividirse en tres clases, en función de la capacidad que tengan para sostener simultáneamente una comunicación GSM y GPRS. Estas clases son:
- Clase A: pueden estar conectados simultáneamente a GPRS y GSM.
 - Clase B: pueden estar conectados a GPRS y GSM, pero sólo un servicio puede utilizarse. Es decir, si se tiene una llamada de voz, el servicio de GPRS se suspenderá. Una vez finalizada la llamada de voz el servicio de GPRS se restablecerá automáticamente tal y como estaba. La mayor parte de móviles GPRS son de clase B.
 - Clase C: pueden conectarse tanto a servicios GPRS como GSM, pero debe escogerse manualmente entre uno y el otro.
- **Clases multislot GPRS.** En muchas ocasiones se escucha si un dispositivo GPRS es de clase 8, de clase 10, de clase 12, etc. Esto hace referencia a la velocidad de transmisión de datos sobre GPRS. La velocidad de GPRS va en función del número de slots temporales TDMA asignados. Este número dependerá tanto de la estación a la cual se conecta como de la capacidad de nuestro dispositivo GPRS (ver tabla 6).

Tabla 6. *Multislots* GPRS

<i>Multislot Class</i>	<i>Downlink Slots</i>	<i>Uplink Slots</i>	<i>Active Slots</i>
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

- **GPRS Coding Scheme (CS).** La velocidad de transferencia no depende únicamente del número de slots asignados sino también del método de codificación (*Coding Scheme*). El método menos robusto, y por consiguiente más rápido, es el CS-4, que estará disponible cerca de la estación base (donde la calidad de la señal será más alta y por tanto se es menos propenso a errores de comunicación). Y el más robusto (y por tanto más lento) es el CS-1 que será usado cuando el dispositivo móvil esté lejos de la estación base.

Utilizando CS-4 es posible alcanzar velocidades de 20 Kbps por slot, sin embargo, el uso de este sistema hará que la cobertura del dispositivo sea el 25% de lo normal. Con CS-1 se puede conseguir velocidades de sólo 8 Kbps por slot, pero con una cobertura del 98% de lo normal. Las estaciones de hoy en día pueden adaptar la velocidad automáticamente en función de la localización del dispositivo móvil (es decir, en función de la distancia a ellos).

En la tabla 7 se muestra la velocidad por slot en función del esquema de codificación:

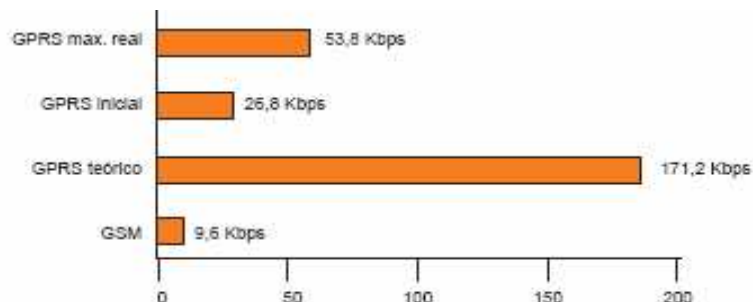
Tabla 7. *Coding Scheme* GPRS

Método de codificación	Velocidad (kbps) por <i>slot</i>
CS-1	8.0 Kbps
CS-2	12.0 Kbps
CS-3	14.4 Kbps
CS-4	20 Kbps

- **Velocidades de transferencia de datos.** Con esta tecnología se puede alcanzar una velocidad teórica de 171,2 Kbps, en la práctica la velocidad se reduce considerablemente dependiendo de la clase de *multislot* que posea el dispositivo GPRS y de su método de codificación CS, sin embargo, sigue siendo mucho mayor que tecnologías de segunda generación. GPRS divide las frecuencias disponibles en el sistema en *timeslots* o espacios de tiempo, cada *timeslot* proporciona 21.4 Kbps a la transmisión, a cada usuario se le asignan 8 *timeslots* con lo que teóricamente se dispondría de 171,2 Kbps. En la práctica se asignan de 2 a 4 *timeslots* de bajada de datos y de 1 a 2 de subida. En condiciones óptimas de calidad de señal cada *timeslot* ofrece una velocidad máxima ya que es mínimo el nivel de chequeo de errores que se ejecuta, sin embargo, estas condiciones son casi inviables por lo que cada *timeslot* en el sistema de codificación más viable, que es el de 2, aporta solo 13,4 Kbps en lugar de los 21,4 Kbps que serían posibles en condiciones óptimas, con lo cual los teléfonos que soporten 2 slots para subida de datos tendrán una velocidad máxima de 26,8 Kbps y los que soporten tres, 40,2 Kbps. La velocidad de los datos es mayor en el sentido ascendente de la línea que en el descendente. Estas velocidades son a nivel de enlace de radio (ver figura 13). A esto habría que

añadir los diferentes datos de control que utilizan los protocolos de comunicación, así como la posible congestión de la red. Para conseguir la velocidad máxima de 172,2 Kbps una operadora debería destinar todos los recursos a una única llamada GPRS, pero es improbable que un operador de servicios permita que todos los canales de transmisión sean usados por un solo usuario.

Figura 13. La velocidad máxima real de GPRS no supera los 56 Kbps



- **Facturación.** La facturación del servicio GPRS se basa en el volumen de datos transferidos y no en el tiempo de conexión a la red. La principal característica de GPRS es que se cobran exclusivamente los paquetes a nivel IP esto significa que se cobra solo cuando el sistema establece conexión con redes externas a la red GPRS ya sea por datos recibidos por el móvil desde la red o datos enviados por el móvil a la red.

Debido al sistema de conmutación de paquetes surge un problema para determinar la cantidad de datos transferidos ya que al ser estos subdivididos en paquetes, se pueden presentar errores durante la transferencia, entonces el usuario tendría que volver a pagar más veces por la misma cantidad de información al ser necesaria una nueva transferencia. También puede pasar que el móvil no envíe una certificación de recibo al servidor correspondiente y este envíe dos veces el paquete IP solicitado, en este caso se cobrarían los dos envíos.

Por otro lado, si los problemas ocurren en el enlace de radio, es decir, por conexión de la señal no se cobra la transmisión interrumpida y se reenvían los datos.

Las principales formulas de cobro de GPRS son:

- Ofrecimiento de bonos mensuales con un número determinado de MB, superado ese volumen se cobraría por cada Kbyte descargado.
- Otra opción es ofrecer tarifas diferenciando entre mercado domestico y empresarial.
- Voz y datos en el mismo móvil: gracias a la complementariedad de GSM con GPRS se puede tener el acceso a un móvil que combine las dos

tecnologías, ya que se dispone de una capacidad dual al estar preparados para utilizar GSM para voz y mensajes cortos y GPRS para transmisión de datos. Estos teléfonos móviles tienen una pantalla más amplia para aprovechar mejor los servicios de imagen y visualización de descargas. Además de ofrecer el servicio de voz y datos, estos móviles sirven como modem para conectar ordenadores portátiles y PDA a Internet.

- Soporte de protocolo IP GPRS define un método de acceso a redes IP: estas redes utilizan la conmutación de paquetes, lo que optimiza la utilización del espectro de radio disponible al no ser necesario que un canal de radio sea utilizado para la transmisión de un punto a otro. Los datos son divididos por paquetes, que son enviados separadamente. La información viaja a través de la red hasta llegar a su destino, y es reconstruida ahí y presentada en su forma original. Todas las partes que componen los datos están relacionadas unas con las otras, pero la forma en cómo viajan y son reagrupadas varía. Los paquetes viajan por las frecuencias disponibles, lo que permite que un número elevado de usuarios de GPRS pueda compartir el mismo ancho de banda. Esto permite al sistema GSM proporcionar velocidades de acceso a Internet e intranets y mejorara la eficacia de la red.
- Always On: la percepción por parte del usuario es la conexión constante con la red ya que GPRS permite que se mantenga el acceso a la red IP en cualquier momento y de forma instantánea. Esta característica permite ahorrar el tiempo de conexión cada vez que se requiere una información.

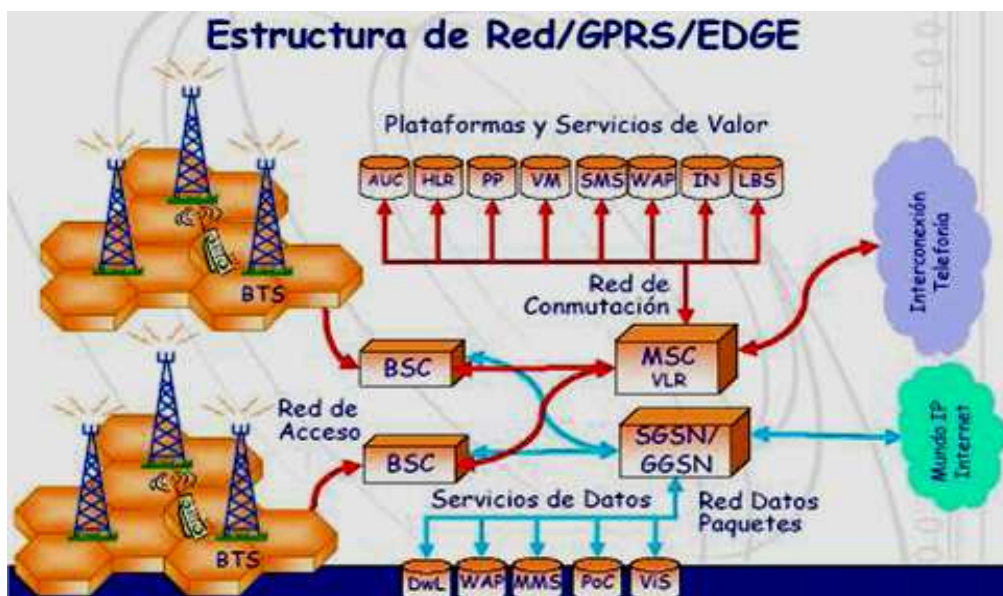
2.2.3.2. EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*). Como su nombre lo indica es una evolución de GSM/GPRS que surge básicamente para aumentar las tasas de transmisión de datos. Esta tecnología supondría un importante paso adelante, permitiendo a las operadoras mayores velocidades de transmisión y un amplio abanico de contenidos multimedia. La tecnología EDGE se relaciona con el aumento de la capacidad de transmisión de la interfaz aérea en el estándar GSM actual, facilitando a estas redes la capacidad de suministrar servicios de telefonía móvil basados en IP y a unas velocidades reales de 384 Kbps. El sistema EDGE incluye conmutación por circuitos (ECSD - *Enhanced Circuit Switched Data*) con tres canales nuevos de tráfico y también conmutación por paquetes como en la tecnología GPRS (EGPRS) (ver figura 14).

• **Arquitectura GPRS/EDGE.** EDGE es totalmente compatible con la tecnología GPRS y se enfoca principalmente a la transmisión de datos, presentando las siguientes mejoras:

- Nueva modulación 8PSK (antes GMSK- 2 estados)
- Nuevas codificaciones canal MCS-1 a MCS-9 (antes CS-1 y CS-2)
- Nuevas clases de terminal (4TSL en DL para datos)
- Mayor velocidad (2,5 veces GSM/GPRS)
- Adaptación enlace (incremento redundancia, cambio dinámico de Codificación y modulación)

Las velocidades aumentan considerablemente pasando a velocidades teóricas de 473,6 Kbps y reales de 50 a 100 Kbps.

Figura 14. Arquitectura EDGE



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

La característica básica de estos sistemas de tercera generación es la velocidad y el soporte de un gran número de aplicaciones que incluyen audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, entre otros. Los sistemas 3G alcanzan velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.

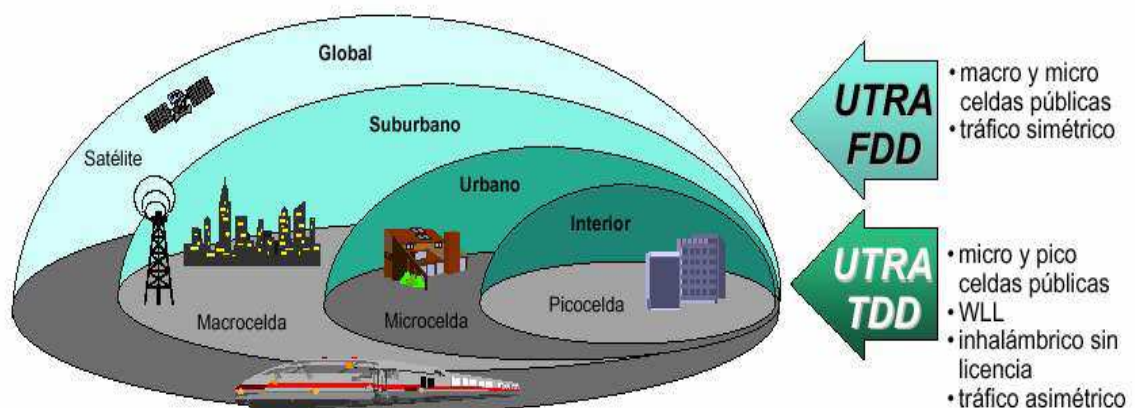
Los avances de sistemas de tercera generación que adelanta la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) han dado paso a la creación de IMT-2000 (*International Mobile Telecommunication-2000*)⁴. Esta serie de recomendaciones para la creación de estándares de 3G, han sido creadas con el objetivo de valorar y especificar los requisitos de las normas celulares para la prestación de servicios de datos y multimedia a alta velocidad.

⁴ TERPLAN Kornel, Telecommunications Services, Regulation and Standardization, Editorial Korner Terplan, 2000. p. 425.

2.2.4.1. UMTS/WCDMA. La tecnología UMTS utiliza en su interfaz de aire la tecnología conocida como WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), en operación FDD (*Frequency Division Duplex*) espectro pareado, aunque también se tiene en cuenta la TD/CDMA en operación TDD (*Time Division Duplex*) espectro no-pareado para uso en recintos cerrados. Esto constituye una solución para esta tecnología que se conoce con el nombre de UTRA. WCDMA es una técnica de acceso múltiple por división de código que emplea canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz.

- **Arquitectura del Sistema.** La arquitectura del sistema UMTS se basa en una estructura de capas de células que se encargan de establecer la comunicación de acuerdo al tipo de conexión y a la distancia y características del enlace, esto con el fin de brindar servicios en cualquier parte del mundo, ajustándose a diferentes entornos geográficos y densidades de tráfico. Las cuatro categorías de capas pueden funcionar simultáneamente dentro de una misma área geográfica (ver figura 15).

Figura 15. Arquitectura UMTS



- Mega células: Tienen radios desde 100 hasta 500 km. Ofrecen amplia cobertura para zonas con baja capacidad de tráfico a través del uso de satélites no geoestacionarios. Soportan velocidades de estaciones móviles elevadas.
- Macro células: Tienen radios desde 1 hasta 35 km. Se emplean para ofrecer coberturas en lugares rurales, carreteras y poblaciones cercanas.
- Micro células: Tienen radios desde 50 m hasta 1 km. Ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico.
- Pico células: Tienen radios menores a 50 m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores.

UMTS alcanza velocidades de transmisión de hasta 2 Mbps, al usar todo el espectro. Ofrece alta seguridad y confidencialidad debido a la utilización de técnicas que permiten acercarse a la capacidad máxima del canal.

2.2.5. Redes, modelo de referencia OSI, modelo de referencia TCP/IP y protocolo TCP para la transmisión de paquetes vía GPRS. Para comenzar el estudio de los protocolos TCP en la transmisión de datos se debe dirigir al modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*, Interconexión de sistemas abierto) de la ISO el cual se ocupa de la conexión de sistemas que están abiertos a la comunicación con otros sistemas. Este tipo de conexiones se denominan redes y sirven principalmente para compartir recursos en especial datos de información, como también proveer confiabilidad, lo cual permite tener más de una fuente para acceder a los recursos.

Existen varias clases de redes que se pueden clasificar según la tecnología de transmisión y de acuerdo a su tamaño, de las cuales se destacan las siguientes.

- **Broadcast:** un solo canal de comunicación compartido por todas las máquinas. Un paquete mandado por alguna máquina es recibido por todas las otras.
- **Point-to-point.** muchas conexiones entre pares individuales de máquinas. Los paquetes de A a B pueden atravesar máquinas intermedias, entonces se necesita el ruteo (*routing*) para dirigirlos.
- **LANs. (local area network):** 10 m a 1 km
 - Normalmente usan la tecnología de *broadcast*: un solo cable con todas las máquinas conectadas.
 - El tamaño es restringido, así el tiempo de transmisión del peor caso es conocido.
 - Velocidades típicas son de 10 a 100 Mbps
- **WANs (wide area network):** 100 km a 1.000 km
 - Consisten en una colección de *hosts* (máquinas) o LANs de *hosts* conectados por una *subred*.
 - La *subred* consiste en las líneas de transmisión y los *ruteadores*, que son computadores dedicados a cambiar de ruta.
 - Se mandan los paquetes de un ruteador a otro. Se dice que la red es *packet-switched* (paquetes ruteados) o *store-and-forward* (guardar y reenviar).
- **Internet:** 10.000 km
 - Internet es una red de redes vinculadas por *gateways*, que son computadores que pueden traducir entre formatos incompatibles.
- **Redes inalámbricas:** una red inalámbrica usa radio, microondas, satélites, infrarrojo, u otros mecanismos para comunicarse.

Para reducir la complejidad en el diseño, muchas redes están organizadas como una serie de capas o niveles, cada una construida sobre la inferior. El número de

capas y el nombre, el contenido y la función de cada una difieren de red a red. Sin embargo, en todas las redes el propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores de modo que no tengan que ocuparse del detalle de la implementación real de los servicios. La capa n de una máquina lleva a cabo una conversación con la capa n de otra. Las reglas y convenciones que se siguen en esta conversación se conocen colectivamente como **protocolo de la capa n**. Básicamente un protocolo es un acuerdo entre las partes que se comunican sobre como va a proceder la comunicación.

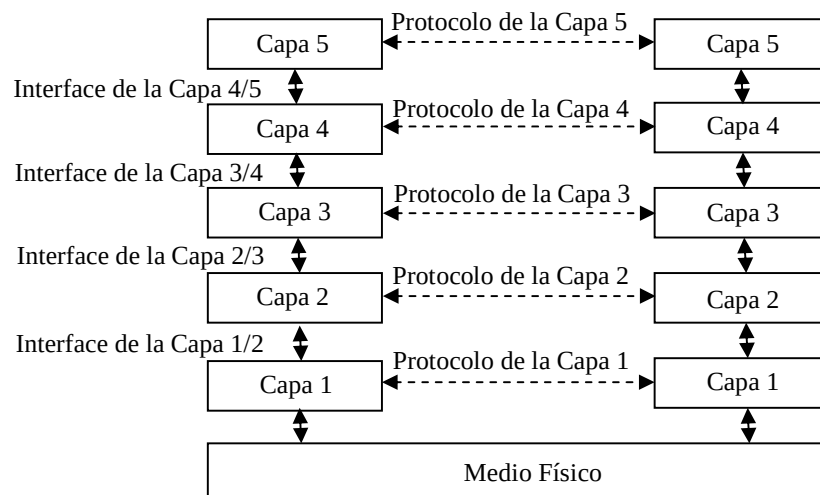
En la figura 16, se ilustra una red de 5 capas. Las entidades que comprenden las capas correspondientes en las diferentes máquinas se denominan pares. En otras palabras, son los pares los que se comunican usando el protocolo.

En realidad los datos no se transfieren directamente de la capa n de una máquina a la capa n de otra; más bien, cada capa pasa datos e información de control a la capa que esta inmediatamente debajo de ella, hasta llegar a la capa más baja en la cual está el medio físico a través del cual ocurre la comunicación real.

Entre cada par de capas adyacentes hay una interfaz, la cual define cuales operaciones y servicios ofrece la capa inferior a la superior.

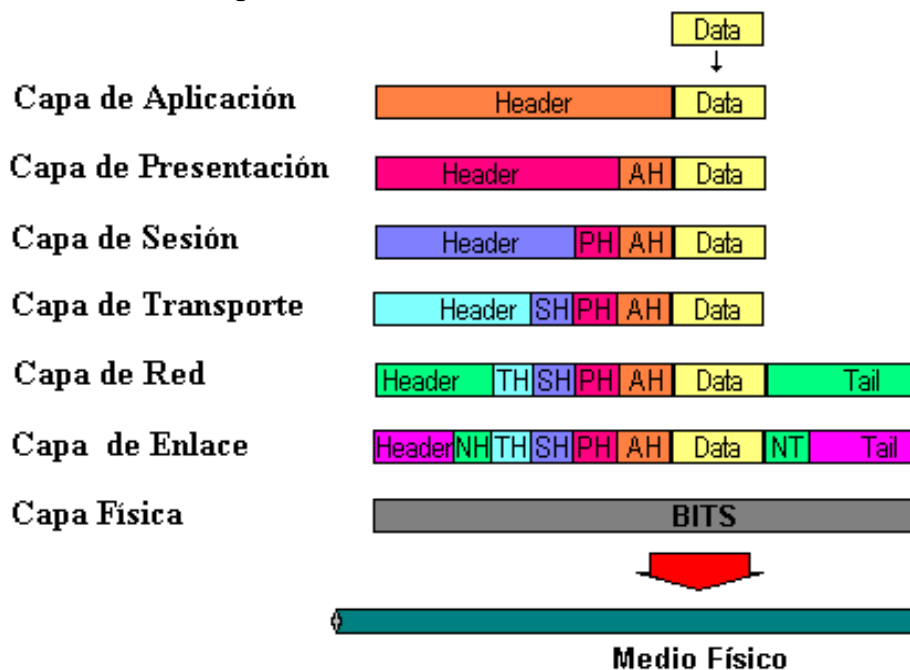
Un conjunto de capas y protocolos recibe el nombre de **arquitectura de red** y la lista de protocolos empleados por cierto sistema, con un protocolo por capa, se llama **pilas de protocolos**. Una arquitectura de red debe contener información suficiente para que un implementador pueda escribir el programa o construir el hardware para cada capa de manera que cada una obedezca en forma correcta al protocolo apropiado.

Figura 16. Modelo de Referencia para una red de 5 capas



2.2.5.1. Modelo de referencia OSI. Una vez estudiados los conceptos de redes y protocolos se procedió al estudio del modelo de referencia OSI, el cual es una arquitectura de red de 7 capas (ver figura 17) y se basa en una propuesta que desarrollo la Organización Internacional de Normas (ISO, por sus siglas en ingles)⁵ como primer paso hacia la estandarización internacional de los protocolos que se usan en las diversas capas.

Figura 17. Modelo de referencia OSI



- **La capa física.** En esta capa se lleva a cabo la transmisión de bits por un canal de comunicación y su principal tarea es dar las condiciones de diseño en cuanto a la interfaz mecánica, eléctrica y de procedimientos como también con el medio de transmisión físico que está bajo la capa física. Condiciones de diseño como por ejemplo niveles eléctricos para representar el bit 0 y el bit 1, duración del bit, si la transmisión se puede establecer simultáneamente en ambas direcciones o no, y también cuantos terminales tiene el conector de la red y para qué sirven.
- **La capa de enlace de datos.** La tarea principal de esta capa es tomar un medio de transmisión en bruto y transformarlo en una línea que parezca libre de errores de transmisión no detectados a la capa de red. El emisor en esta capa divide los datos de entrada en **marcos de datos**, para después transmitirlos en forma secuencial y procesa los **marcos de acuse de recibo** que devuelve el receptor. Se encarga también de crear y reconocer los límites de los marcos, añadiéndole patrones especiales de bits al principio y al final del marco.

⁵ TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadoras. Tercera Edición, 1997. p 125.

- **La capa de red.** El objetivo de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan encaminadores, aunque es más frecuente encontrar el nombre inglés *routers* y, en ocasiones enrutadores. Los firewalls actúan sobre esta capa principalmente, para descartar direcciones de máquinas. En este nivel se realiza el direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final. Se encarga también del control de congestión producido cuando se presentan demasiados paquetes a la vez.
- **La capa de transporte.** La función básica de esta capa es aceptar datos de la capa de sesión, dividirlos en unidades más pequeñas si es necesario, pasarlos a la capa de red y asegurar que todas las partes lleguen correctamente al otro extremo. Además, todo esto se debe hacer de manera eficiente y en forma que aislé a las capas superiores de los cambios inevitables en la tecnología de hardware. La capa de transporte determina también que tipo de servicio proporcionara a la capa de sesión y, finalmente a los usuarios de la red. El tipo más popular de conexión de transporte es un canal de punto a punto libre de errores que entrega mensajes o bytes en el orden en que se enviaron. Sin embargo también es posible el envío de mensajes aislados sin garantía respecto al orden de entrega y la difusión de mensajes a múltiples destino. El tipo de servicio se determina al establecer la sesión. En resumen se encarga de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando. Sus protocolos son TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*) el primero orientado a conexión el cual se asemeja al sistema telefónico donde la conexión es como un tubo y los datos llegan en el orden en que van siendo enviados y el segundo sin conexión el cual es parecido al sistema de correo donde cada mensaje trae su dirección completa de destino y el ruteo es independiente. Se debe mencionar también que el protocolo TCP es confiable en el sentido que nunca pierden datos, esto se logra haciendo que el receptor acuse el recibo de cada mensaje, de modo que el emisor esté seguro de que llegó. Por otro lado el protocolo UDP es no confiable ya que puede tener pérdida de datos debido a que el receptor no siempre está conectado. Para aumentar la probabilidad de que el mensaje llegue, se suele aumentar un acuse de recibo aunque el envío no sea 100% garantizado.
- **La capa de sesión.** La capa de sesión permite a los usuarios de máquinas diferentes establecer sesiones entre ellos. Una sesión permite el transporte ordinario de datos, como lo hace la capa de transporte, pero también proporciona servicios mejorados que son útiles en algunas aplicaciones. Se podría usar una sesión para que el usuario se conecte a un sistema remoto de tiempo compartido o para transferir un archivo entre dos máquinas. Uno de los servicios de la capa de sesión es manejar el control del diálogo. Las sesiones pueden permitir que el

tráfico vaya en ambas direcciones al mismo tiempo, o solo en una dirección a la vez donde la capa de sesión puede ayudar a llevar el control de los turnos.

- **La capa de presentación.** Realiza ciertas funciones que se piden con suficiente frecuencia para justificar la búsqueda de una solución general, en lugar de dejar que cada usuario resuelva los problemas. En particular, y a diferencia de todas las capas inferiores que se interesan solo en mover bits de manera confiable, la capa de presentación se ocupa de la sintaxis y la semántica de la información que se transmite. Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos. En pocas palabras es un traductor.

- **La capa de aplicación.** Contiene varios protocolos que se necesitan con frecuencia. Por ejemplo, existen cientos de tipos de terminales incompatibles en el mundo. Considere la situación de un editor de pantalla completa que debe trabajar en una red con muchos tipos diferentes de terminal, cada uno con formatos diferentes que debe trabajar en una red con muchos tipos diferentes de terminal, cada uno con formatos diferentes de pantalla, secuencias de escape para insertar y eliminar texto, mover el cursor, etc. Una forma de resolver este problema es definir una **terminal virtual de red** abstracta que los editores y otros programas puedan manejar. Para cada tipo de terminal, se debe escribir un programa para establecer la correspondencia entre las funciones de la terminal virtual de red y las de la terminal real. Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico, gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

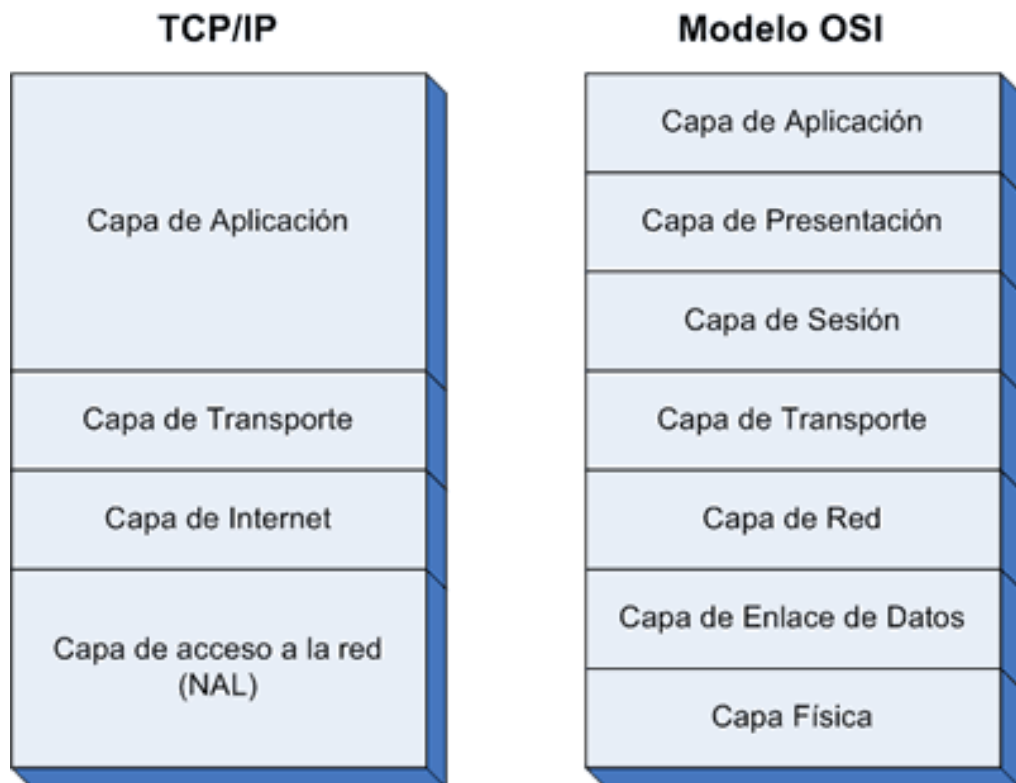
Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

2.2.5.2. Modelo de referencia TCP/IP. El modelo de referencia TCP/IP se definió por primera vez en 1988 y se usó en la primera red de investigación ARPANET (la cual culminaría en lo que hoy es la Internet) patrocinada por el DoD (Departamento de defensa de los Estados Unidos). Debido a que esta red podía ser objeto de un atentado en cualquier momento, uno de los objetivos principales de este modelo era que la red fuera capaz de sobrevivir la pérdida del hardware de subred sin que las conversaciones existentes se interrumpieran, es decir las conexiones debían permanecer intactas, incluso si alguna de las máquinas o de las líneas de transmisión dejaran de funcionar de forma repentina, como también se buscaba una arquitectura flexible, pues se tenía la visión de aplicaciones con requerimientos divergentes, abarcando desde la transferencia de archivos hasta la transmisión de discursos en tiempo real.

- **La capa de interred.** Todos estos requerimientos condujeron a la elección de una red de conmutación de paquetes basada en una capa de interred carente de conexiones. La misión de esta capa es permitir que los nodos inyecten paquetes en cualquier red y los hagan viajar de forma independiente a su destino (que podría estar en una red diferente). Los paquetes pueden llegar incluso en un orden diferente a aquel en que se enviaron, en cuyo caso corresponde a las capas superiores reacomodarlos, si se desea la entrega ordenada. Nótese que se está usando el concepto de interred en un sentido genérico que corresponde a unir varias redes entre sí, aunque esta capa esté presente en la Internet. La capa de interred define un formato de paquete y protocolo oficial llamado IP (*Internet Protocol*, Protocolo de Internet). El trabajo de la capa de interred es entregar paquetes IP a donde se supone que deben ir. Aquí la consideración más importante es claramente el ruteo de los paquetes, y también evitar la congestión. Por lo anterior, es razonable decir que la capa de interred TCP/IP es muy parecida en funcionalidad a la capa de red OSI. La figura 18, muestra la correspondencia.
- **La capa de transporte.** Esta capa se diseñó para permitir que las entidades pares en los nodos de origen y destino lleven a cabo una conversación, lo mismo que en la capa de transporte OSI. Aquí se definieron dos protocolos de extremo a extremo. El primero, TCP (Protocolo de control de transmisión) el cual es un protocolo confiable orientado a la conexión que permite que una corriente de bytes originada en una máquina se entregue sin errores en cualquier otra máquina de la interred. Este protocolo fragmenta la corriente entrante de bytes en mensajes discretos y pasa cada uno a la capa de interred. En el destino, el proceso TCP receptor reensambla los mensajes recibidos para formar la corriente de salida. El TCP también se encarga del control de flujo para asegurar que un emisor rápido no pueda abrumar a un receptor lento con más mensajes de los que puede manejar. El segundo protocolo de esta capa, el UDP (Protocolo de datagrama de usuario), es un protocolo sin conexión, no confiable, para aplicaciones que no necesitan la asignación de secuencia ni el control de flujo del TCP y que desean utilizar los suyos propios. Este protocolo también se usa ampliamente para consultas de petición y respuesta de una sola ocasión, del tipo cliente - servidor, y en aplicaciones en las que la entrega pronta es más importante que la entrega precisa, como las transmisiones de voz o video.
- **La capa de aplicación.** El modelo TCP/IP no tiene capas de sesión ni de presentación. No se pensó que fueran necesarias, así que no se incluyeron. La experiencia con el modelo OSI ha comprobado que esta visión fue correcta: se utilizan muy poco en la mayor parte de las aplicaciones. De esta manera la capa de aplicación, contiene todos los protocolos de alto nivel. Entre los protocolos más antiguos están el de terminal virtual (TELNET) que permitía trabajar en una máquina distante, el de transferencia de archivos (FTP) que ofrece un mecanismo para mover datos de una máquina a otra de manera eficiente y el de correo electrónico (SMTP).

- **La capa del nodo a la red.** Bajo la capa de interred está un gran vacío. El modelo de referencia TCP/IP realmente no dice mucho de lo que aquí sucede, fuera de indicar que el nodo se ha de conectar a la red haciendo uso de algún protocolo de modo que pueda enviar por ella paquetes de IP. Este protocolo no está definido y varía de un nodo a otro y de red a red.

Figura 18. Modelo TCP/IP vs Modelo OSI



2.2.5.3. Protocolos de transporte de internet. El protocolo TCP diseñó específicamente para proporcionar una corriente de bytes confiable a través de una interred no confiable y para adaptarse dinámicamente a las propiedades de la interred y para ser robusto ante muchos tipos de fallas. Cada máquina que reconoce el TCP tiene una entidad de transporte TCP, ya sea un proceso de usuario o una parte del núcleo que maneja las corrientes TCP y tiene interfaz con la capa IP. Una entidad TCP acepta corrientes de datos de usuario de los procesos locales, los divide en partes que no exceden a 64 Kbytes (en la práctica, generalmente de unos 1500 bytes), y envía cada parte como datagrama IP independiente. Cuando llegan a una máquina datagramas IP que contienen datos TCP, son entregados a la entidad TCP, que reconstruye las corrientes originales de bytes.

- **Modelos de servicio TCP.** El servicio TCP se obtiene haciendo que tanto el transmisor como el receptor creen puntos terminales, llamados sockets. Cada socket tiene un número de dirección del socket que consiste en la dirección IP del host (servidor) y un número de 16 bits local a ese host, llamado puerto. Para obtener el servicio TCP, debe establecerse explícitamente una conexión entre un socket de la máquina transmisora y un socket de la máquina receptora. Puede usarse un socket para varias conexiones al mismo tiempo. Las conexiones se identifican mediante los identificadores de ambas terminales, es decir socket1 y socket2. No se usan números de circuito virtual ni ningún otro identificador. Todas las conexiones TCP son dúplex integral y punto a punto. Duplex integral significa que el tráfico puede ir en ambos sentidos al mismo tiempo. Punto a punto significa que cada conexión tiene exactamente dos puntos terminales. El TCP no reconoce la multitransmisión ni la difusión.

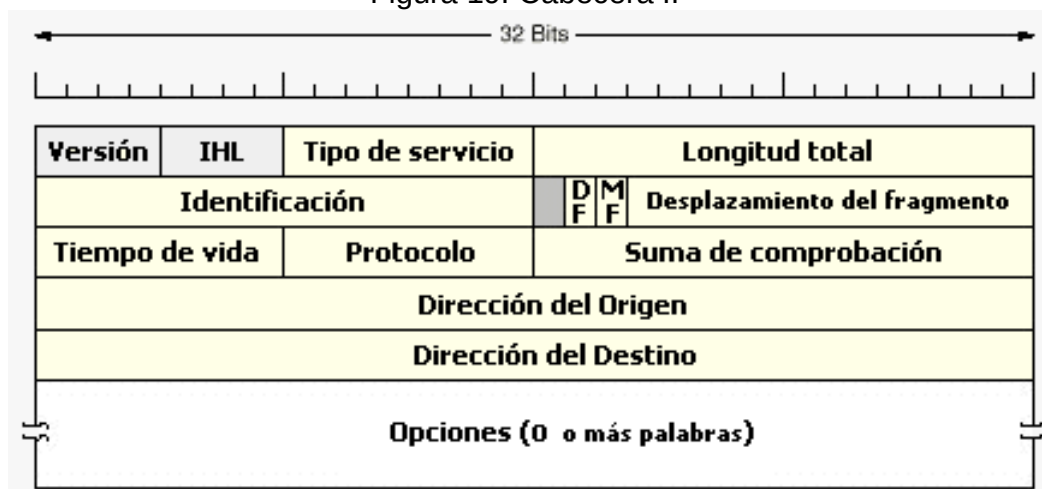
- **El protocolo TCP.** La entidad TCP transmisora y la receptora intercambian datos en forma de segmentos. Un segmento consiste en una cabecera TCP fija de 20 bytes (más una parte opcional) seguida de cero o más bytes de datos. El software de TCP decide el tamaño de los segmentos; puede acumular datos de varias escrituras para formar un segmento, o dividir los datos de una escritura en varios segmentos. Hay dos límites que restringen el tamaño de segmento. Primero, cada segmento, incluida la cabecera TCP, debe caber en la carga útil de 65.535 bytes del IP. Segundo, cada red tiene una unidad máxima de transferencia o MTU, y cada segmento debe caber en la MTU; en la práctica, las MTU generalmente son de unos cuantos miles de bytes y por tanto definen el límite superior del tamaño de segmento.

Un segmento demasiado grande para transitar por una red puede dividirse en varios segmentos mediante un enrutador. Cada segmento nuevo recibe sus propias cabeceras TCP e IP por lo que la fragmentación en los enrutadores aumenta la carga extra total (puesto que cada segmento adicional agrega 40 bytes de información de cabecera).

El protocolo básico usado por las entidades TCP es el protocolo de ventana corrediza. Cuando un transmisor envía un segmento, también inicia un temporizador. Cuando llega el segmento al destino, la entidad TCP receptora devuelve un segmento (con datos, si existen, de otro modo sin ellos) que contiene un número de acuse de recibo igual al siguiente número de secuencia que espera recibir. Si el temporizador del transmisor expira antes de la recepción del acuse de recibo, el transmisor envía de nuevo el segmento.

- **La cabecera de segmento IP.** Todo mensaje transmitido mediante el protocolo TCP, será un paquete de datos compuesto de una cabecera IP, una cabecera TCP y la carga útil (*payload*) correspondiente a los datos de información (ver figura 19).

Figura 19. Cabecera IP



- **Versión:** es la versión del protocolo IP. La versión actual es la 6.
- **Longitud:** es la longitud de la cabecera IP de 32 en 32 bits. No incluye el campo de datos.
- **Tipo de servicio:** es un indicador de la calidad de servicio solicitado por este datagrama IP.
- **Longitud total:** longitud total del datagrama, cabecera y datos, especificado en bytes.
- **Identificación:** un número único que asigna el emisor para ayuda a reensamblar un datagrama fragmentado. Los fragmentos de un datagrama tendrán el mismo número de identificación.
- **Flags :** hay varios flags de control:
- **Tiempo de Vida (TTL):** es un contador que sirve para limitar la vida de un paquete. Se supone que este contador cuenta el tiempo en segundos, permitiendo una vida máxima de 255 segundos; debe disminuirse en cada salto. En la práctica simplemente cuenta los saltos. Cuando el valor llega a cero, el paquete se descarta y se envía de regreso un paquete de aviso al host de origen. Esto evita que los datagramas vaguen eternamente.
- **Número de protocolo:** indica el protocolo de alto nivel al que IP debería transportar los datos de este datagrama.
- **Protocolo:** indica el protocolo de siguiente nivel utilizado en la parte de datos del datagrama.
- **Checksum Cabecera:** checksum de la cabecera. Se recalcula cada vez que algún nodo cambia alguno de sus campos (por ejemplo, el Tiempo de Vida). El método de cálculo (intencionadamente simple) consiste en sumar el complemento a 1 de cada palabra de 16 bits de la cabecera y hacer el complemento a 1 del valor resultante.
- **Dirección IP de Origen:** 32 bits.
- **Dirección IP de Destino:** 32 bits.

- **Opciones:** Variable. Aunque no es obligatoria la utilización de este campo, cualquier nodo debe ser capaz de interpretarlo.
- **Relleno:** Variable. Utilizado para asegurar que el tamaño, en bits, de la cabecera es un múltiplo de 32. El valor usado es el 0.
- **La cabecera de segmento TCP.** (ver figura 20).

Figura 20. Cabecera TCP

0	4	10	16	31
Puerto de origen				Puerto de destino
# Secuencia				
# Confirmación				
Desplaza- miento de datos		U R G	A C K	P R S T
		S S H	S S T	F Y N
Suma de comprobación				Ventana
Puntero urgente				
Opciones (0 o más palabras de 32 bits)				
Datos (opcional)				

- **Puerto de origen (16 bits):** identifica el puerto a través del que se envía.
- **Puerto destino (16 bits):** identifica el puerto del receptor.
- **Número de secuencia (32 bits):** sirve para comprobar que ningún segmento se ha perdido, y que llegan en el orden correcto. Su significado varía dependiendo del valor de SYN:
 - Si el flag SYN está activo (1), entonces este campo indica el número inicial de secuencia (con lo cual el número de secuencia del primer byte de datos será este número de secuencia más uno).
 - Si el flag SYN no está activo (0), entonces este campo indica el número de secuencia del primer byte de datos.
- **Número de acuse de recibo (ACK) (32 bits):** si el flag ACK está puesto a activo, entonces en este campo contiene el número de secuencia del siguiente paquete que el receptor espera recibir.
- **Longitud de la cabecera TCP (4 bits):** especifica el tamaño de la cabecera TCP en palabras de 32-bits. El tamaño mínimo es de 5 palabras, y el máximo es de 15 palabras (lo cual equivale a un tamaño mínimo de 20 bytes y a un máximo de 60 bytes). En inglés el campo se denomina "Data

offset", que literalmente sería algo así como "desplazamiento hasta los datos", ya que indica cuántos bytes hay entre el inicio del paquete TCP y el inicio de los datos.

- **Reservado (4 bits):** bits reservados para uso futuro, deberían ser puestos a cero.
- **Bits de control (flags) (8 bits):** son 8 flags o banderas. Cada una indica "activa" con un 1 o "inactiva" con un 0.
 - CWR o "*Congestion Window Reduced*" (1 bit): este flag se activa (se pone a 1) por parte del emisor para indicar que ha recibido un paquete TCP con el flag ECE activado. El flag ECE es una extensión del protocolo que fue añadida a la cabecera en el RFC 3168. Se utiliza para el control de la congestión en la red.
 - ECE o "*ECN-Echo*" (1 bit): indica que el receptor puede realizar notificaciones ECN. La activación de este flag se realiza durante la negociación en tres pasos para el establecimiento de la conexión. Este flag también fue añadido a la cabecera en el RFC 3168.
 - URG o "*urgent*" (1 bit, ver URG): si está activo significa que el campo "Urgente" es significativo, si no, el valor de este campo es ignorado.
 - ACK o "*acknowledge*" (1 bit, ver ACK): si está activo entonces el campo con el número de acuse de recibo es válido (si no, es ignorado).
 - PSH o "*push*" (1 bit, ver PSH): activa/desactiva la función que hace que los datos de ese segmento y los datos que hayan sido almacenados anteriormente en el buffer del receptor deben ser transferidos a la aplicación receptora lo antes posible.
 - RST o "*reset*" (1 bit, ver Flag RST): si llega a 1, termina la conexión sin esperar respuesta.
 - SYN o "*synchronize*" (1 bit, ver SYN): activa/desactiva la sincronización de los números de secuencia.
 - FIN (1 bit, ver FIN): si se activa es porque no hay más datos a enviar por parte del emisor, esto es, el paquete que lo lleva activo es el último de una conexión.
- **Ventana (16 bits):** es el tamaño de la ventana de recepción, que especifica el número de bytes que el receptor está actualmente esperando recibir.
- **Suma de verificación (*checksum*) (16 bits):** es una suma de verificación utilizada para comprobar si hay errores tanto en la cabecera como en los datos.
- **Puntero urgente (16 bits):** si el flag URG está activado, entonces este campo indica el desplazamiento respecto al número de secuencia que indica el último byte de datos marcados como "urgentes".
- **Opciones (número de bits variable):** la longitud total del campo de opciones ha de ser múltiplo de una palabra de 32 bits (si es menor, se ha

de rellenar al múltiplo más cercano), y el campo que indica la longitud de la cabecera ha de estar ajustado de forma adecuada.

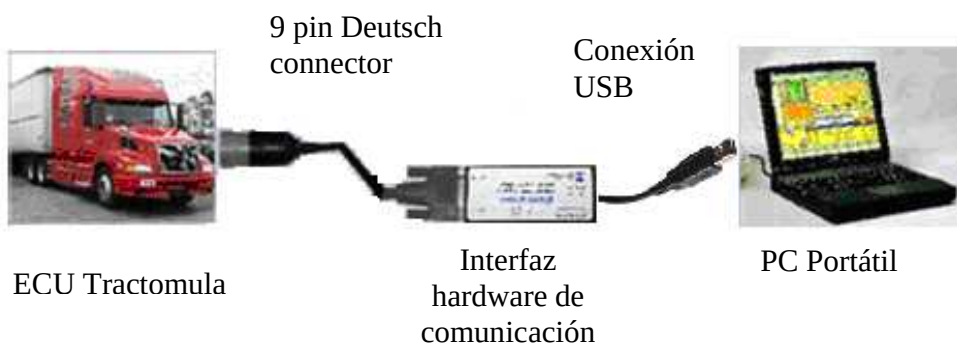
- **Datos (número de bits variable):** no forma parte de la cabecera, es la carga (payload), la parte con los datos del paquete TCP.

2.3. ELABORACIÓN DE INTERFAZ DE COMUNICACIÓN ALÁMBRICA ENTRE LA ECU Y PC

Esta etapa de la ejecución del proyecto es la continuación del estudio de las especificaciones eléctricas, requerimientos de hardware y protocolo de comunicación de la ECU realizado con éxito en la primera etapa del proyecto. Es aquí donde partiendo de los resultados obtenidos con dicho estudio y las primeras pruebas se diseña, desarrolla e implementa una interfaz de comunicación alámbrica entre la ECU y un computador y así cumplir dos objetivos muy claros: el primero es la creación de una interfaz hardware implementada con un microprocesador que controle el acceso a la información suministrada por la ECU siguiendo los estándares SAE J1708 y SAE J1587, y el segundo es definir a partir de la interfaz desarrollada los cambios y modificaciones necesarios para ejecutar la siguiente etapa del proyecto, la transmisión de datos vía modem GPRS.

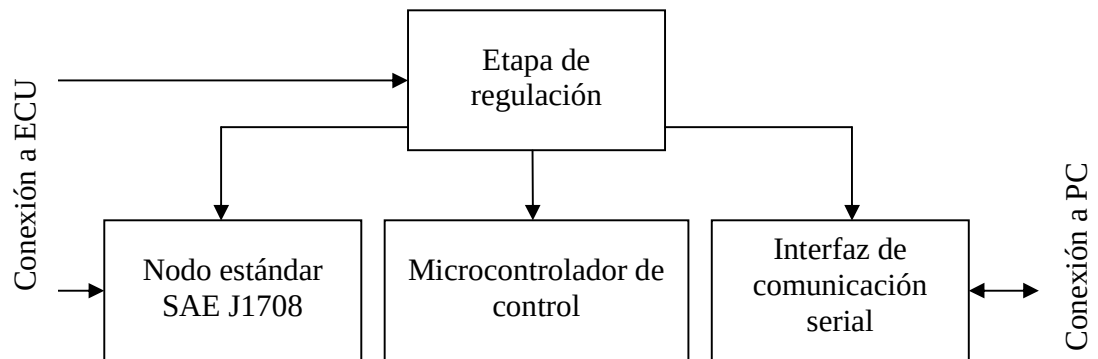
Con el estudio se estableció los requerimientos mínimos de hardware necesarios para acceder al bus de datos de la ECU, en este orden se definió el conector a emplear y el circuito eléctrico del nodo de conexión J1708; como complemento se desarrolló una etapa de regulación de voltaje, y queda por diseñar la etapa de control mediante un microprocesador y la etapa de comunicación con el PC. La figura 21, ilustra el esquema del sistema que se desarrolló.

Figura 21. Esquema del sistema de comunicación desarrollado



La interfaz hardware de comunicación de igual modo se compone de subsistemas claramente definidos, como se indica en la figura 22.

Figura 22. Diagrama de bloques que componen la interfaz hardware de comunicación



El circuito eléctrico del nodo estándar J1708, la etapa de regulación y la interfaz de comunicación serial se explicó anteriormente. El microcontrolador de control empleado es de referencia *PIC18F25J50* de la compañía *Microchip*, las principales características de este dispositivo se describen en el Anexo E. El microcontrolador se encarga de controlar el protocolo de comunicación siguiendo el estándar SAE J1708 y J1587. La comunicación establecida es bidireccional, lo que permite enviar y recibir datos hacia y desde la ECU. El módulo del microcontrolador utilizado para la comunicación es el módulo *EUSART -- Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter* (Receptor Transmisor Universal Síncrono Asíncrono Mejorado), este módulo permite la comunicación serial entre el microcontrolador y cualquier dispositivo que base su comunicación en este formato. El *PIC18F25J50* cuenta con dos módulos *EUSART* independientes, uno se utiliza para la comunicación con el PC y otro para la comunicación con la ECU. Como se explicó anteriormente el nodo estándar J1708 cuenta con un transceiver RS-485 que maneja una señal TX y una RX, mediante estas líneas se conecta el nodo a las líneas de TX y RX de uno de los módulos *EUSART* del microcontrolador, es así como se establece el hardware para comunicar el microcontrolador con la ECU. El segundo módulo *EUSART* se conecta al transceiver MAX-232 para permitir la comunicación serial con el computador, al emplear un computador portátil es necesario adicionar un cable de conversión serial a USB, ya que la mayoría no cuentan con puerto serial, este cable requiere la instalación de un driver de funcionamiento para el sistema operativo Windows soportando versiones hasta Windows Vista. En la figura 23, se presenta el diseño final del circuito electrónico de la interfaz y en la figura 24, el cable de conversión serial a USB.

Figura 23. Diagrama del circuito electrónico de la interfaz hardware

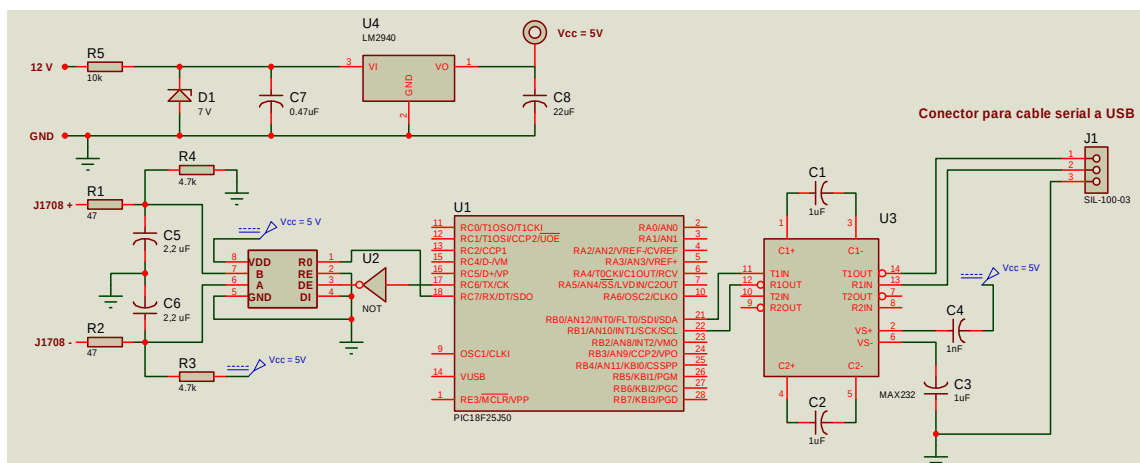
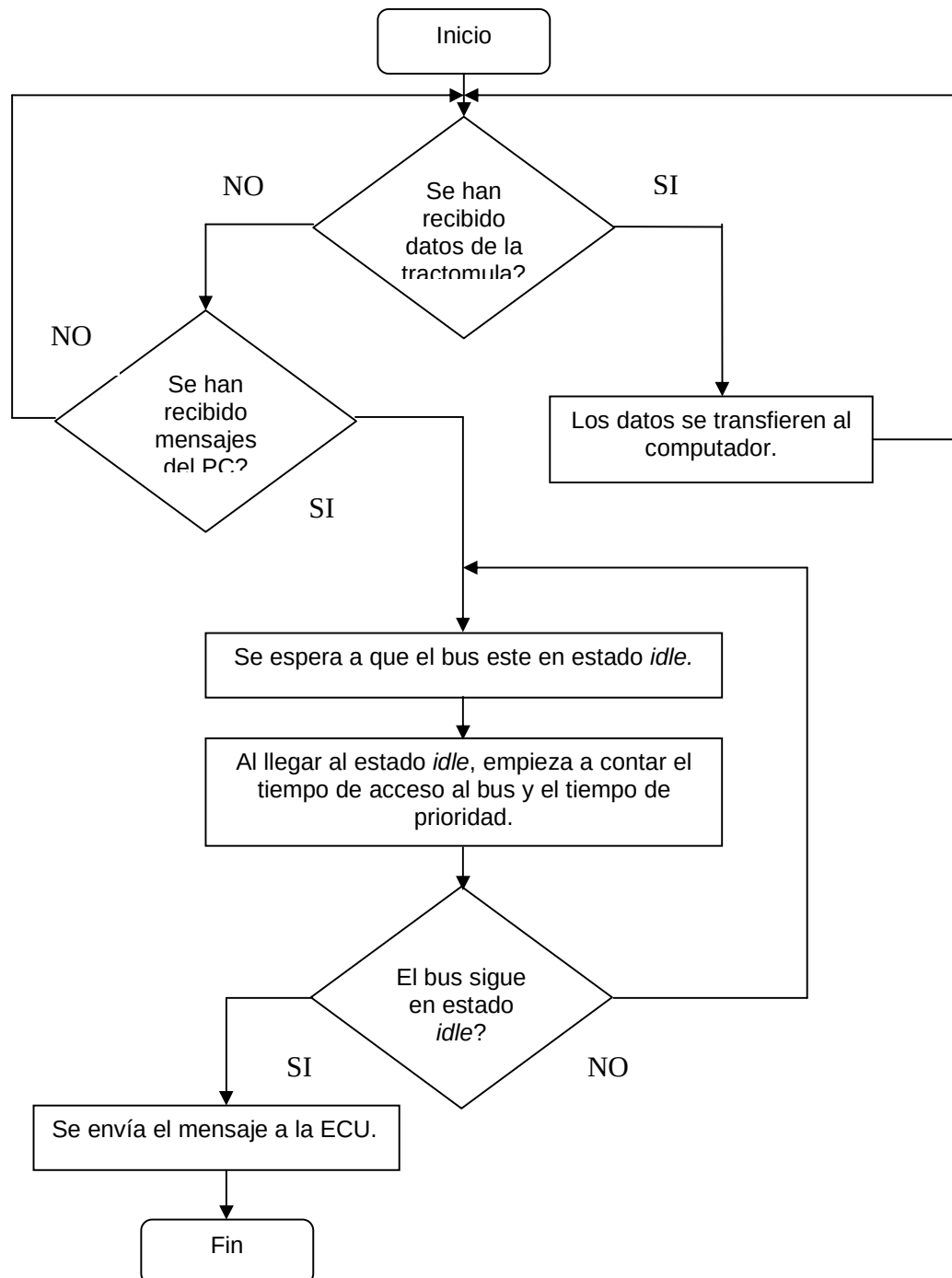


Figura 24. Cable de conversión serial a USB



Una vez establecido el circuito electrónico y los componentes necesarios para la interfaz, se define la estructura de control de comunicación ejecutada por el microcontrolador. La programación del PIC 18F25J50 cumple con las recomendaciones y protocolo del estándar SAE J1708. El funcionamiento del programa del microcontrolador a grandes rasgos es el siguiente: El microcontrolador recibe por EUSART1 el mensaje a enviar a la ECU, después espera a que el bus llegue al estado *idle*, aquí empieza a contar el tiempo de acceso al bus más el tiempo correspondiente a la prioridad, se asegura que el bus continúe en estado *idle*, si no es así se regresa al primer paso. A continuación se envía el mensaje el cual ya tiene calculado el *checksum* a través del EUSART2 a la tractomula. Si el microcontrolador recibe información de la tractomula por el EUSART2, estos datos se pasan directamente al EUSART1 y por ende al computador portátil donde serán recibidos, almacenados y analizados. El diagrama de flujo de la figura 25, indica mejor la operación del microcontrolador.

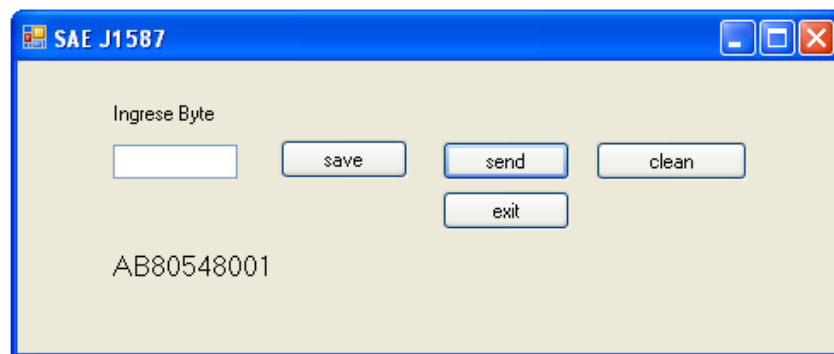
Figura 25. Diagrama de flujo funcionamiento del microcontrolador



Al culminar el diseño y desarrollo del programa del microcontrolador, el prototipo de la interfaz estaba finalizado, el siguiente paso a ejecutar es el desarrollo de un software de aplicación que permita enviar y recibir mensajes de la ECU desde el computador.

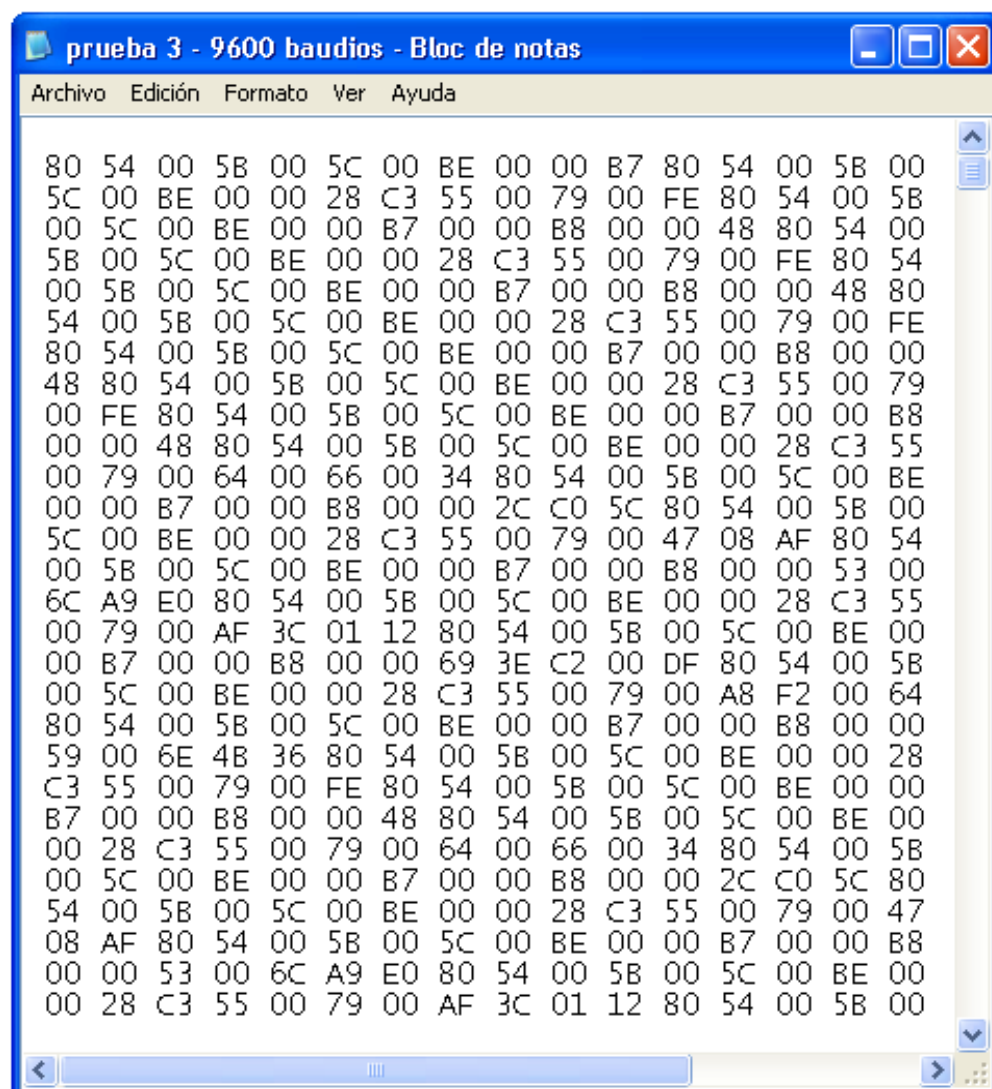
La aplicación desarrollada es muy sencilla pero a la vez muy útil, se escogió hacer uso del software de programación Visual Studio Express Edition 2008 para generarla. La aplicación hace uso del manejo del puerto serial y el protocolo de comunicación RS-232, gracias al hecho de que el cable de conversión serial a USB se encarga de simular en el equipo un puerto serial virtual el cual funciona como cualquier otro puerto serial físico. La velocidad de transmisión a utilizar fue de 9600 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de parada, y sin paridad, siguiendo lo estipulado en el estándar J1708. La aplicación se encarga de enviar bytes de datos al microprocesador incluyendo el *checksum* y recibir bytes de datos que se almacenan en un archivo de texto con formato hexadecimal. Un vistazo de la presentación final de la aplicación se ilustra en la figura 26.

Figura 26. Presentación aplicación envío y recepción de datos



Como se estableció en el estudio de la primera etapa del proyecto, la ECU suministra cierta información al momento de activar el switch de ignición, con la diferencia que ahora es almacenada. Dicha información fue analizada con la ayuda del estándar SAE J1587 y fue de gran ayuda para definir las primeras variables de estado del vehículo que soportan las ECUs de estos tipos de tractomulas *Kenworth*. En la figura 27, se presenta una visualización de un archivo de texto con la información recibida con la aplicación.

Figura 27. Archivo de texto con información recibida de la ECU



Para acceder a información adicional a la que suministra la ECU es necesario remitirse al SAE J1587 el cual define el formato del mensaje a enviar cuando se requiere hacer una pregunta específica a la ECU. El formato lo define el PID 128, como se enseña en la tabla 8:

128. Component Specific Parameter Request --- Parámetro de Petición de un Componente Especifico: Usado para solicitar la transmisión de datos de un componente específico del bus de datos.

Tabla 8. PID 128 – Parámetro de petición de un componente específico

Longitud del dato de parámetro:	2 caracteres
Tipo de dato:	Entero corto sin signo (ambos caracteres)
Resolución:	Binaria (ambos caracteres)
Rango Máximo:	0 a 255 (ambos caracteres)
Periodo de actualización de transmisión:	Como sea necesario
Prioridad de mensaje:	8
Formato:	
PID	Datos
84	a b
a – PID de parámetro solicitado	
b – MID del component del cual el PID es solicitado.	

Únicamente el componente específico puede transmitir el parámetro específico. La ECU de este modelo de tractomulas solo controlan el motor de vehículo, por tanto toda información recibida corresponde a este componente específico, cuyo MID es 128. Esta fuera del alcance del estándar definir que PIDs corresponden a los distintos MIDs por tanto se hizo necesario una prueba con todos los PIDs posibles para reconocer todas las variables a las cuales se puede acceder y conocer su valor o estatus.

El formato del mensaje a enviar a la ECU para solicitar los datos de un PID específico del motor se indica en la tabla 9:

Tabla 9. Formato SAE J1587 para la petición de un componente específico

MID Transmisor	PID de Petición	PID Solicitado	MID Motor	Cheksum
171	128	xxx	128	Xxx

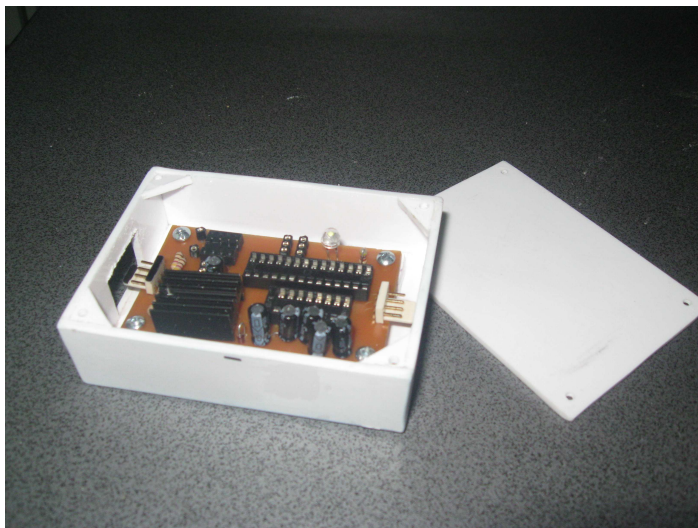
El primer byte corresponde a un MID para identificar nuestro nodo en el bus, el segundo byte es el PID 128 necesario para la petición, el tercer byte es el PID solicitado el cual es cualquier valor escogido de la tabla del Anexo C, el cuarto byte es el MID 128 que representa al motor del vehículo, y el quinto byte es el *checksum* o suma de comprobación.

Con el formato del mensaje a enviar a la ECU, se procedió a realizar la prueba de todos los PIDs existentes y descubrir las variables a las cuales se puede tener acceso. El resultado de los PIDs validos para las ECUs de las tractomulas *Kenworth* modelo T800 se indica en el Anexo D.

Una vez puesta a prueba la interfaz hardware de comunicación se procedió a implementarla en una placa electrónica y un chasis. Por último, se hizo una

adición al programa del microcontrolador, que consiste en enviar un Identificador de la Tarjeta antes de enviar los datos al computador, la tarjeta desarrollada tiene como Identificador la palabra Interfaz_J1708. El diseño final de la placa se indica en la figura 28, la placa es una plaqueta pertinax y el chasis se hizo con acrílico.

Figura 28. Diseño final placa electrónica y chasis



Por motivo de una total reestructuración en la sistematización de la empresa, se limitó al desarrollo de un software que sirva de enlace para el nuevo sistema que se pretende implementar, es decir un sistema de integración del actual sistema encargado del monitoreo de los vehículos junto con nuevas aplicaciones y servicios, como el desarrollado en este proyecto. La reestructuración implica desde el cambio de servidores, bases de datos y aplicación de usuario. Siguiendo estas directrices, la aplicación debe tener acceso a una base de datos donde se almacena toda la información enviada y recibida hacia y desde la ECU, para su posterior integración al nuevo sistema que será desarrollado por los ingenieros de sistemas especializados de ENLINEA LTDA.

El sistema de gestión de base de datos utilizado es MySQL por decisión de los ingenieros de sistemas de ENLINEA LTDA. La programación de la aplicación se desarrolló con Visual Studio 2008 Express Edition, que permite mediante unas librerías el manejo de bases de datos del entorno MySQL. Las funciones de la aplicación son las siguientes: Registrar la placa de la tractomula donde se conecta la interfaz y se accede a la ECU, enviar los mensajes de solicitud de los parámetros específicos relacionados en el Anexo D. Recibir la información suministrada por la ECU, la cual es condicionada por el mensaje de solicitud recibido y además permite crear fácilmente la estructura de la base de datos. Tanto los formatos de los mensajes de solicitud como la información recibida se almacena en una base de datos llamada "Interfaz_J1708". La aplicación

desarrollada en Visual Studio 2008 usa el lenguaje de programación C# y un formulario de Windows. La ventana de la aplicación se presenta en la figura 29:

Figura 29. Ventana de la aplicación desarrollada en Visual C# 2008

En la figura 30, se presenta una explicación de la estructura de base de datos utilizada en la aplicación. Como se dijo anteriormente la base de datos creada lleva el nombre de “interfaz_j1708” y cuenta con las siguientes tablas y campos.

Figura 30. Estructura de tablas de la base de datos interfaz_j1708

localhost - information_schema interfaz_j1708 - interfaz_j1708_codigos - interfaz_j1708_datos - interfaz_j1708_preguntas - interfaz_j1708_recepcion - interfaz_j1708_usuario	<table> <thead> <tr> <th>Nombre</th><th>Tipo</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>interfaz_j1708_codigos</td><td>InnoDB</td></tr> <tr> <td>interfaz_j1708_datos</td><td>InnoDB</td></tr> <tr> <td>interfaz_j1708_preguntas</td><td>InnoDB</td></tr> <tr> <td>interfaz_j1708_recepcion</td><td>InnoDB</td></tr> <tr> <td>interfaz_j1708_usuario</td><td>InnoDB</td></tr> </tbody> </table>	Nombre	Tipo	interfaz_j1708_codigos	InnoDB	interfaz_j1708_datos	InnoDB	interfaz_j1708_preguntas	InnoDB	interfaz_j1708_recepcion	InnoDB	interfaz_j1708_usuario	InnoDB
Nombre	Tipo												
interfaz_j1708_codigos	InnoDB												
interfaz_j1708_datos	InnoDB												
interfaz_j1708_preguntas	InnoDB												
interfaz_j1708_recepcion	InnoDB												
interfaz_j1708_usuario	InnoDB												

La tabla “interfaz_j1708_recepcion” se encarga de almacenar en primera instancia toda la información recibida de la ECU. La tabla cuenta con la siguiente estructura de campos (ver figura 31):

Figura 31. Estructura de campos de la tabla interfaz_j1708_recepcion

localhost - information_schema - interfaz_j1708 - interfaz_j1708_codigos - interfaz_j1708_datos - interfaz_j1708_preguntas interfaz_j1708_recepcion - Índice principal - int_consecutivo_recepcion - dtime_fecha_recepcion - vchar_placa_recepcion - vbinary_informacion_recepcion - int_count_recepcion - int_bandera1_recepcion	<table> <thead> <tr> <th>Nombre</th><th>Tipo</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Índice principal</td><td>int_consecutivo_recepcion</td></tr> <tr> <td>int_consecutivo_recepcion</td><td>int(11)</td></tr> <tr> <td>dtime_fecha_recepcion</td><td>datetime</td></tr> <tr> <td>vchar_placa_recepcion</td><td>varchar(10)</td></tr> <tr> <td>vbinary_informacion_recepcion</td><td>varbinary(65450)</td></tr> <tr> <td>int_count_recepcion</td><td>int(10)</td></tr> <tr> <td>int_bandera1_recepcion</td><td>int(2)</td></tr> </tbody> </table>	Nombre	Tipo	Índice principal	int_consecutivo_recepcion	int_consecutivo_recepcion	int(11)	dtime_fecha_recepcion	datetime	vchar_placa_recepcion	varchar(10)	vbinary_informacion_recepcion	varbinary(65450)	int_count_recepcion	int(10)	int_bandera1_recepcion	int(2)
Nombre	Tipo																
Índice principal	int_consecutivo_recepcion																
int_consecutivo_recepcion	int(11)																
dtime_fecha_recepcion	datetime																
vchar_placa_recepcion	varchar(10)																
vbinary_informacion_recepcion	varbinary(65450)																
int_count_recepcion	int(10)																
int_bandera1_recepcion	int(2)																

- int_consecutivo_recepcion: es el índice principal y es un valor tipo entero autoincrementable.
- dtime_fecha_recepcion: es el campo que almacena la fecha actual de ingreso de datos en la base de datos.
- vchar_placa_recepcion: es el campo que almacena la placa del vehículo.
- vbinary_informacion_recepcion: es el campo que almacena la información recibida de la ECU.
- int_count_recepcion: es el campo que almacena el número de bytes de información recibidos.
- int_bandera1_recepcion: es un campo utilizado como bandera de indicación.

En tabla “interfaz_j1708_datos” (ver figura 32) se almacena únicamente las respuestas a los mensajes de solicitud de los parámetros específicos (PIDs). La aplicación se encarga de obtener la información almacenada en el campo vbinary_informacion_recepcion y sustraer solo la información correspondiente a las respuestas de los mensajes de solicitud. La tabla cuenta con la siguiente estructura de campos:

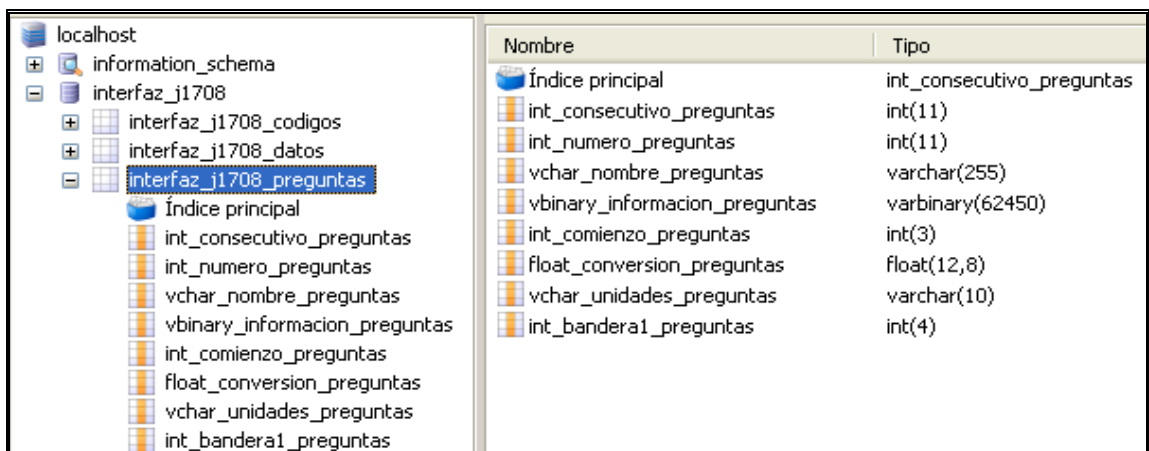
Figura 32. Estructura de campos de la tabla interfaz_j1708_datos

localhost - information_schema - interfaz_j1708 - interfaz_j1708_codigos interfaz_j1708_datos - Índice principal - int_consecutivo_datos - dtime_fecha_datos - vchar_placa_datos - vbinary_informacion_datos - int_count_datos - int_bandera1_datos	<table> <thead> <tr> <th>Nombre</th><th>Tipo</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Índice principal</td><td>int_consecutivo_datos</td></tr> <tr> <td>int_consecutivo_datos</td><td>int(11)</td></tr> <tr> <td>dtime_fecha_datos</td><td>datetime</td></tr> <tr> <td>vchar_placa_datos</td><td>varchar(10)</td></tr> <tr> <td>vbinary_informacion_datos</td><td>varbinary(65450)</td></tr> <tr> <td>int_count_datos</td><td>int(6)</td></tr> <tr> <td>int_bandera1_datos</td><td>int(2)</td></tr> </tbody> </table>	Nombre	Tipo	Índice principal	int_consecutivo_datos	int_consecutivo_datos	int(11)	dtime_fecha_datos	datetime	vchar_placa_datos	varchar(10)	vbinary_informacion_datos	varbinary(65450)	int_count_datos	int(6)	int_bandera1_datos	int(2)
Nombre	Tipo																
Índice principal	int_consecutivo_datos																
int_consecutivo_datos	int(11)																
dtime_fecha_datos	datetime																
vchar_placa_datos	varchar(10)																
vbinary_informacion_datos	varbinary(65450)																
int_count_datos	int(6)																
int_bandera1_datos	int(2)																

- int_consecutivo_datos: campo que representa el índice principal.
- dttime_fecha_datos: campo para la fecha.
- vchar_placa_datos: campo para la placa.
- vbinary_informacion_datos: campo para almacenar las respuestas a los mensajes de solicitud, cada respuesta se almacena en un índice diferente, con la misma fecha y placa.
- int_count_datos: campo que almacena el número de bytes de cada mensaje de respuesta.
- int_bandera1_datos: bandera de indicación.

La tabla “interfaz_j1708_preguntas” (ver figura 33) se almacena al momento de crear la base de datos con la lista de PIDs permitidos por la ECU y el formato del mensaje de solicitud para cada PID. La aplicación envía los mensajes de solicitud a la ECU teniendo en cuenta un intervalo de tiempo entre cada mensaje, este intervalo se calculó gracias a las diferentes pruebas realizadas donde se observó que algunas respuestas de la ECU no eran inmediatas sino después de un intervalo de tiempo, este retardo tiene un valor aproximado de 100ms. La tabla cuenta con la siguiente estructura de campos:

Figura 33. Estructura de campos de la tabla interfaz_j1708_preguntas



Nombre	Tipo
Índice principal	int_consecutivo_preguntas
int_consecutivo_preguntas	int(11)
int_numero_preguntas	int(11)
vchar_nombre_preguntas	varchar(255)
vbinary_informacion_preguntas	varbinary(62450)
int_comienzo_preguntas	int(3)
float_conversion_preguntas	float(12,8)
vchar_unidades_preguntas	varchar(10)
int_bandera1_preguntas	int(4)

- int_consecutivo_preguntas: campo del índice principal.
- int_número_preguntas: campo que almacena el número correspondiente a cada PID soportado por la ECU.
- vchar_nombre_preguntas: campo para la descripción o nombre de cada PID.
- vbinary_informacion_preguntas: campo que almacena el formato de mensaje de solicitud para un PID específico.
- int_comienzo_preguntas: valor entero utilizado en algunos PIDs para indicar el comienzo de los bytes de información.
- float_conversion_preguntas: valor de conversión utilizado en algunos PIDs.

- vchar_unidades_preguntas: campo para las unidades para algunos PIDs.
- int_bandera1_preguntas: bandera de indicación.

En la figura 34, se presenta la estructura de datos de la tabla interfaz_j1708_preguntas.

Figura 34. Estructura de datos de la tabla interfaz_j1708_preguntas

int_c...	int_nu...	vchar_nombre_preguntas	vbinary_informa...	int_...	float_conversio...	vchar_unidade...	int_ba...
1	40	Engine Retarder Switches Status	<BLOB>				0
2	44	Attention/Warning Indicator Lamps Status	<BLOB>				0
3	62	Retarder Inhibit Status	<BLOB>				0
4	71	Idle Shutdown Timer Status	<BLOB>				0
5	74	Maximum Road Speed Limit	<BLOB>	1	0.80500001	Km/h	0
6	83	Road Speed Limit Status	<BLOB>				0
7	84	Road Speed	<BLOB>	1	0.85000002	Km/h	0
8	85	Cruise Control Status	<BLOB>				0
9	86	Cruise Control Set Speed	<BLOB>	1	0.85000002	Km/h	0
10	87	Cruise Control High-Set Limit Speed	<BLOB>	1	0.80500001	Km/h	0
11	88	Cruise Control Low-Set Limit Speed	<BLOB>	1	0.80500001	Km/h	0
12	89	Power Takeoff Status	<BLOB>				0
13	91	Percent Accelerator Pedal Position	<BLOB>	1	0.40000001	%	0
14	92	Percent Engine Load	<BLOB>	1	0.50000000	%	0
15	97	Water in Fuel Indicator	<BLOB>				0
16	100	Engine Oil Pressure	<BLOB>	1	3.45000005	KPa	0
17	102	Boost Pressure	<BLOB>	1	0.86199999	KPa	0
18	105	Intake Manifold Temperature	<BLOB>	1	1.00000000	°F	0
19	108	Barometric Pressure	<BLOB>	1	0.43099999	KPa	0
20	110	Engine Coolant Temperature	<BLOB>	1	1.00000000	°F	0
21	121	Engine Retarder Status	<BLOB>				0
22	166	Rated Engine Power	<BLOB>	1	0.74500000	Kw	0
23	168	Battery Potential (Voltage)	<BLOB>	1	0.05000000	V	0
24	175	Engine Oil Temperature	<BLOB>			°F	0
25	182	Trip Fuel	<BLOB>	1	0.12500000	gal	0
26	183	Fuel Rate (Instantaneous)	<BLOB>	1	0.01562500	gal/h	0
27	184	Instantaneous Fuel Economy	<BLOB>	1	0.00628650	Km/gal	0
28	185	Average Fuel Economy	<BLOB>	1	0.00628650	Km/gal	0
29	187	Power Takeoff Set Speed	<BLOB>	1	0.25000000	rpm	0
30	188	Idle Engine Speed	<BLOB>	1	0.25000000	rpm	0
31	189	Rated Engine Speed	<BLOB>	1	0.25000000	rpm	0
32	190	Engine Speed	<BLOB>	1	0.25000000	rpm	0
33	194	Transmitter System Diagnostic Code and Occurrence Count Table	<BLOB>				0

La tabla “interfaz_j1708_códigos” (ver figura 35), es la tabla que almacena el resultado final de cada una de las variables que soporta la ECU, este proceso se realiza obteniendo índice por índice del campo vbinary_informacion_datos y se analiza independientemente siguiendo el estándar SAE J1587, cuando la variable a analizar resulta un dato numérico es necesario hacer alguna conversión, en tal caso se obtienen los factores de conversión del campo float_conversion_preguntas. A continuación, se presenta la estructura de campos de esta tabla:

Figura 35. Estructura de campos de la tabla interfaz_j1708_codigos

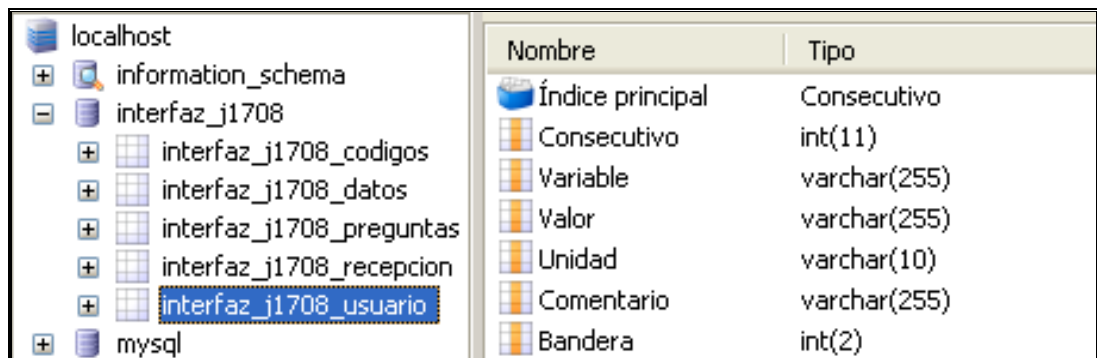
interfaz_j1708	Nombre	Tipo
interfaz_j1708_codigos	Índice principal	int_consecutivo_codigos
Índice principal	int_consecutivo_codigos	int(11)
int_consecutivo_codigos	datetime_fecha_codigos	datetime
datetime_fecha_codigos	vchar_placa_codigos	varchar(10)
vchar_placa_codigos	Engine Retarder Switches Status	varchar(255)
Engine Retarder Switches Status	Attention/Warning Indicator Lamps Status	varchar(255)
Attention/Warning Indicator Lamps Status	Retarder Inhibit Status	varchar(255)
Retarder Inhibit Status	Idle Shutdown Timer Status	varchar(255)
Idle Shutdown Timer Status	Maximum Road Speed Limit (Km/h)	float(10,3)
Maximum Road Speed Limit (Km/h)	Road Speed Limit Status	varchar(255)
Road Speed Limit Status	Road Speed (Km/h)	float(10,3)
Road Speed (Km/h)	Cruise Control Status	varchar(255)
Cruise Control Status	Cruise Control Set Speed (Km/h)	float(10,3)
Cruise Control Set Speed (Km/h)	Cruise Control High-Set Limit Speed (Km/h)	float(10,3)
Cruise Control High-Set Limit Speed (Km/h)	Cruise Control Low-Set Limit Speed (Km/h)	float(10,3)
Cruise Control Low-Set Limit Speed (Km/h)	Power Takeoff Status	varchar(255)
Power Takeoff Status	Percent Accelerator Pedal Position (%)	float(10,3)
Percent Accelerator Pedal Position (%)	Percent Engine Load (%)	float(10,3)
Percent Engine Load (%)	Water in Fuel Indicator	varchar(255)
Water in Fuel Indicator	Engine Oil Pressure (KPa)	float(10,3)
Engine Oil Pressure (KPa)	Boost Pressure (KPa)	float(10,3)
Boost Pressure (KPa)	Intake Manifold Temperature (°F)	float(10,3)
Intake Manifold Temperature (°F)	Barometric Pressure (KPa)	float(10,3)
Barometric Pressure (KPa)	Engine Coolant Temperature (°F)	float(10,3)
Engine Coolant Temperature (°F)	Engine Retarder Status	varchar(255)
Engine Retarder Status	Rated Engine Power (Kw)	float(10,3)
Rated Engine Power (Kw)	Battery Potential (V)	float(10,3)
Battery Potential (V)	Engine Oil Temperature (°F)	float(10,3)
Engine Oil Temperature (°F)	Trip Fuel (gal)	float(10,3)
Trip Fuel (gal)	Fuel Rate Instantaneous (gal/h)	float(10,3)
Fuel Rate Instantaneous (gal/h)	Instantaneous Fuel Economy (Km/gal)	float(10,3)
Instantaneous Fuel Economy (Km/gal)	Average Fuel Economy (Km/gal)	float(10,3)
Average Fuel Economy (Km/gal)	Power Takeoff Set Speed (rpm)	float(10,3)
Power Takeoff Set Speed (rpm)	Idle Engine Speed (rpm)	float(10,3)
Idle Engine Speed (rpm)	Rated Engine Speed (rpm)	float(10,3)
Rated Engine Speed (rpm)	Engine Speed (rpm)	float(10,3)
Engine Speed (rpm)	Total Idle Hours (h)	
Total Idle Hours (h)	Total Idle Fuel Used (gal)	
Total Idle Fuel Used (gal)		

- int_consecutivo_codigos: campo del índice principal.
- datetime_fecha_codigos: campo de la fecha.
- vchar_placa_codigos: campo de la placa.
- los siguientes campos corresponden a los parámetros o variables soportadas por la ECU, donde se almacenan los resultados finales.

La tabla “interfaz_j1708_usuario” (ver figura 36), es la tabla de presentación final de las variables que se obtienen en la tabla interfaz_j1708_codigos, esta tabla es

la que se importa desde la aplicación demo de usuario. A continuación, se presenta la estructura de campos de esta tabla:

Figura 36. Estructura de campos de la tabla interfaz_j1708_usuario



Nombre	Tipo
Índice principal	Consecutivo
Consecutivo	int(11)
Variable	varchar(255)
Valor	varchar(255)
Unidad	varchar(10)
Comentario	varchar(255)
Bandera	int(2)

- Consecutivo: campo del índice principal.
- Variable: Nombre de la variable.
- Valor: Resultado de la variable.
- Unidad: Unidades de las variables.
- Comentario: Descripción de cada variable.
- Bandera: bandera de indicación.

En la figura 37, se presenta la estructura de datos de la tabla interfaz_j1708_usuario.

Con la culminación de la interfaz software de comunicación se consigue el objetivo de establecer la comunicación alámbrica de comunicación entre la ECU y un PC.

Figura 37. Estructura de datos de la tabla interfaz_j1708_usuario

Consecutivo ▲	Variable	Valor	Unidad	Comentario
1	Engine Retarder Level Switch	8 cylindres		Identifies the current state of the switch contacts used in the engine re
2	Engine Retarder Switch	error		Identifies the current state of the switch contacts used in the engine re
3	Red Lamp Status	off		Identifies the current state of the lamps used as driver attention or warr
4	Amber Lamp Status	error condition		Identifies the current state of the lamps used as driver attention or warr
5	Protect Lamp Status	on		Identifies the current state of the lamps used as driver attention or warr
6	Retarder Inhibit Status	error condition		Identifies the current state of the device that inhibits use of the engine
7	Idle Shutdown Timer Status	active		State of the idle shutdown timer system (active, not active) for the vari
8	Idle Shutdown Timer Function	enabled in calibration		State of the idle shutdown timer system (active, not active) for the vari
9	Idle Shutdown Timer Override	inactive		State of the idle shutdown timer system (active, not active) for the vari
10	Engine has shutdown by idle timer	yes		State of the idle shutdown timer system (active, not active) for the vari
11	Driver alert mode	inactive		State of the idle shutdown timer system (active, not active) for the vari
12	Maximum Road Speed Limit	95,76	Km/h	Maximum vehicle velocity allowed
13	Road Speed Limit Status	active		State of the system used to limit maximum vehicle velocity
14	Road Speed	72,27	Km/h	Indicated vehicle velocity
15	Cruise Control Switch	off		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
16	Cruise Set Switch	on		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
17	Cruise Coast Switch	on		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
18	Cruise Resume Switch	off		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
19	Cruise Accel Switch	off		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
20	Cruise Brake Switch	on		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
21	Cruise Clutch Switch	on		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
22	Cruise Mode	active		State of the vehicle velocity control system (active, not active), and sy:
23	Cruise Control Set Speed	75,67	Km/h	Value of set (chosen) velocity of velocity control system
24	Cruise Control High-Set Limit Speed	87,79	Km/h	Maximum vehicle velocity allowed at any cruise control set speed
25	Cruise Control Low-Set Limit Speed	56,83	Km/h	Minimum vehicle velocity allowed by cruise control before a speed adju
26	PTO Control Switch	on		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
27	PTO Set Switch	on		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
28	PTO Coast Switch	off		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
29	PTO Resume Switch	off		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
30	PTO Accel Switch	off		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
31	PTO Brake Switch	on		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
32	PTO Clutch Switch	on		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
33	PTO Mode	active		State of the system used to transmit engine power to auxiliary equipme
34	Percent Accelerator Pedal Position	82,8	%	Ratio of actual accelerator pedal position to maximum pedal position
35	Percent Engine Load	112,5	%	Ratio of current output torque to maximum torque available at the curre
36	Water in Fuel Indicator	yes		Indication (yes/no) of presence of unacceptable amount of water in fu
37	Engine Oil Pressure	693,45	KPa	Gage pressure of oil in engine lubrication system as provided by oil pun
38	Boost Pressure	108,612	KPa	Gage pressure of air measured downstream on the compressor dischar
39	Intake Manifold Temperature	217	°F	Temperature of precombustion air found in intake manifold of engine ai
40	Barometric Pressure	72,408	KPa	Absolute air pressure of the atmosphere
41	Engine Coolant Temperature	156	°F	The temperature of liquid found in engine cooling system
42	Engine Retarder Status	on		State of device used to convert engine power to vehicle retarding (sto
43	Rated Engine Power	23921,95	KW	Net brake power that the engine will deliver continuously, specified for
44	Battery Potential (Voltage)	1174,05	V	Measured electrical potential of the battery
45	Engine Oil Temperature	-869	°F	Temperature of engine lubricant
46	Trip Fuel	6356,375	gal	Fuel consumed during all or part of a journey
47	Fuel Rate (Instantaneous)	405,953	gal/h	Amount of fuel consumed by engine per unit of time
48	Instantaneous Fuel Economy	145,237	Km/gal	Current fuel economy at current vehicle velocity
49	Average Fuel Economy	393,466	Km/gal	Average of instantaneous fuel economy for that segment of vehicle op
50	Power Takeoff Set Speed	6840,25	rpm	Rotational velocity of device used to transmit engine power to auxiliary
51	Idle Engine Speed	7004,75	rpm	Minimum nontransient rotational velocity of crankshaft while engine is s
52	Rated Engine Speed	4970,5	rpm	The maximum governed rotational velocity of the engine crankshaft un
53	Engine Speed	7195	rpm	Rotational velocity of crankshaft
54	Total Idle Hours	3048487	h	Accumulated time of operation of the engine while under idle condition
55	Total Idle Fuel Used	7910443	gal	Accumulated amount of fuel used during vehicle operation while under
56	Trip Distance	6495756	Km	Distance traveled during all or part of a journey
57	Total Vehicle Distance	245664,3	Km	Accumulated distance travelled by vehicle during its operation
58	Total Engine Hours	1398426	h	Accumulated time of operation of engine
59	Total PTO Hours	5371224	h	Accumulated time of operation of power takeoff device
60	Total Fuel Used	3441772	gal	Accumulated amount of fuel used during vehicle operation

2.4. TRANSMISIÓN DE DATOS VÍA MODEM GPRS ENTRE LA ECU Y LA CENTRAL DE MONITOREO.

2.4.1. Dispositivo modem GSM/GPRS/GPS Skypatrol TT8540. De acuerdo con el estudio de transmisión inalámbrica de datos vía GPRS y el estudio de arquitectura de redes y protocolos de comunicación realizado y las características de transmisión necesarias para el desarrollo de esta etapa del proyecto, el cual como principal requerimiento necesita un canal de transmisión igual o superior a 9600 bps correspondientes a la velocidad del bus J1587/J1708 de la ECU en los vehículos de carga pesada, se eligió como dispositivo de transmisión el equipo Skypatrol GSM/GPRS TT8540 (ver figura 38) cuyas características principales son: modem clase B, *multislot* 10, con codificación CS1-CS4, que utiliza una SIM de datos de la empresa Movistar S.A. para utilizar la red GSM/GPRS (ver Anexo F).

Figura 38. Modem Skypatrol GSM/GPRS TT8540



Dado que el modem elegido es un dispositivo de clase multislot 10, entonces tendrá 4 slots de *downlink* y 2 de *uplink* y por tener una codificación CS1 - CS4 tendrá una velocidad máxima por slot de 20kbps, y una velocidad mínima por slot de 8kbps dependiendo de la distancia entre el dispositivo y la base de cada celda.

De esta manera la velocidad máxima alcanzada por el dispositivo será:

- 80kbps para recepción de datos y
- 40kbps para envío de datos

Y tendrá una velocidad mínima de:

- 32kbps para recepción de datos y
- 16kbps para envío de datos

Velocidades que son superiores a 9600 bps, los cuales son los necesarios establecidos por la SAE para la comunicación con el bus J1587/J1708.

Además de ser un equipo 2.5G capaz de acceder a la red GPRS, el Skypatrol GSM/GPRS TT8540 cuenta con un sistema GPS (*Global Position System*) lo cual lo hace ideal para el desarrollo del presente proyecto ya que se puede acoplar al sistema de rastreo satelital que trabaja ENLINEA LTDA. a nivel nacional.

La transmisión de datos desde la ECU del vehículo hacia el servidor en la central de monitoreo de la empresa se realiza por medio de la arquitectura interna PAD (*Packet Assembler/Dissassembler*) que posee el modem Skypatrol, la cual hace posible el envío de paquetes de datos a través de la red GSM/GPRS.

2.4.2 Skypatrol configuración y conexión a la red GPRS. El modem Skypatrol TT8540 es un dispositivo configurable mediante el envío de comandos AT por puerto serial a 115200 bps⁶. Para lograr que este se conecte a la red GPRS se necesitó configurar los siguientes parámetros:

APN (Access Point Name): Es el nombre punto de acceso a la red GPRS y es el encargado de permitir la interconexión entre la red GPRS y la red de Internet. El APN es provisto por el operador celular con el que se esté trabajando y debe estar acompañado de un nombre de usuario y una contraseña, para nuestro caso se tiene el APN de Telefónica Movistar S.A. que corresponde a "internet.movistar.com.co", sin nombre de usuario y sin contraseña.

Al configurar el equipo con estos parámetros, el modem automáticamente se conectará a la red GPRS y obtendrá una dirección IP de la red de Internet, con la cual será capaz de transmitir datos mediante el protocolo TCP o UDP desde y hacia algún servidor especificado.

2.4.3. PAD skypatrol configuración y uso. Para hacer uso de la red de paquetes de datos GPRS y poder entablar una comunicación inalámbrica entre la ECU de vehículos de carga pesada y la central de monitoreo de ENLINEA LTDA. es necesario el uso del PAD (Packet Assembler/Dissassembler) interno del equipo Skypatrol TT8540.

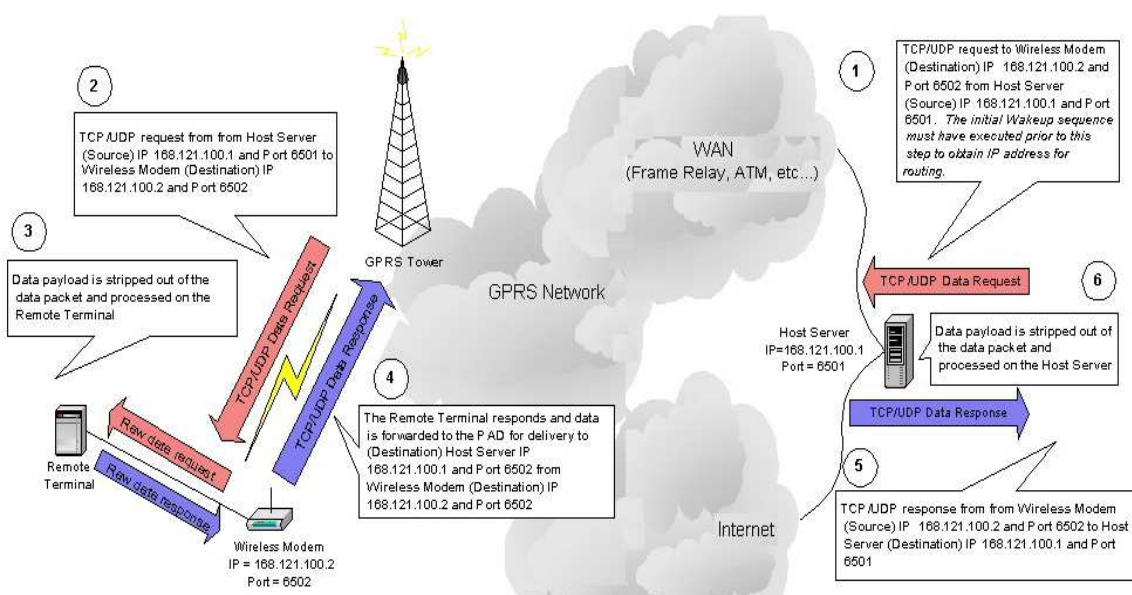
El PAD es un tipo de comunicación capas de interconectarse a redes de paquetes de datos o servidores remotos mediante una arquitectura de red TCP/IP.

⁶ Manuales Modem GPRS, Movil Tracker AT Commands Set. p. 59.

El PAD acompañado de otros comandos asociados al modem Skypatrol TT8540, son capaces de proporcionar una arquitectura que puede ser configurada para la conexión de un dispositivo heredado hacia la red GPRS.

La figura 39, ilustra la arquitectura básica de una interconexión de redes mediante el uso del PAD.

Figura 39. GPRS PAD



Para lograr un servicio TCP entre la central de monitoreo (a la que se denominó Host Server) y el modem Skypatrol se necesitara crear unos puntos terminales denominados sockets, los cuales tendrán una dirección IP y un número de puerto de 16 bits local a dicha IP.

A manera de ejemplo en la Figura 39 el socket del *Host Server* tendrá la dirección IP igual a 168.121.100.1 con un puerto local igual a 6501.

Una vez configurado y conectado a la red GPRS, el socket correspondiente al modem Skypatrol tendrá una dirección IP igual a 168.121.100.2 y un puerto local igual a 6502 y se establecera una conexión entre los sockets terminales.

Si el Host Server transmite hacia el socket del modem Skypatrol, este acepta el paquete de datos y el PAD se encarga de desempaquetar dichos datos y enviarlos al equipo heredado conectado al puerto serie del modem Skypatrol, este recibe una respuesta por el puerto serie y el PAD nuevamente empaqueta los datos para la entrega hacia la red donde serán recibidos por el Host Server a través de su

terminal socket. Los protocolos TCP y UDP de transporte son compatibles con el PAD.

El equipo Skypatrol TT8540 posee 3 modos de conexión mediante el PAD:

- TCP Activo: correspondiente a una conexión tipo cliente mediante el protocolo TCP orientado a conexión.
- TCP Pasivo: correspondiente a una conexión tipo servidor mediante el protocolo TCP orientado a conexión.
- UDP: correspondiente a una conexión mediante el uso de datagramas no orientados a conexión⁷.

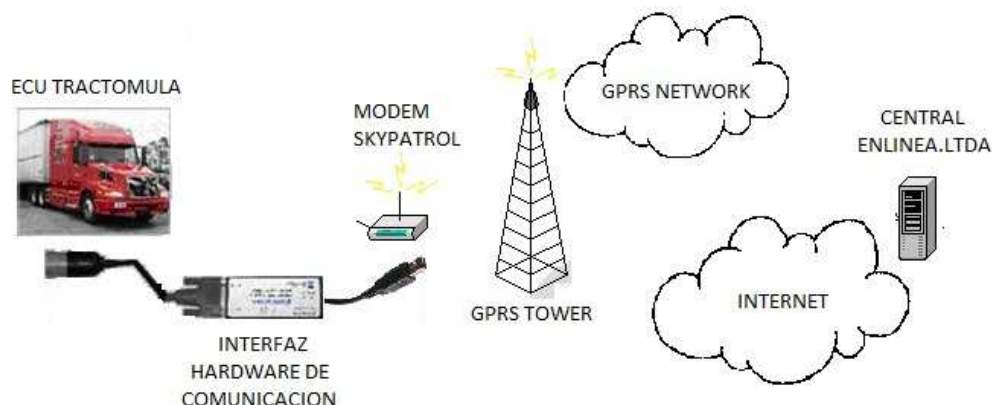
De esta manera en el desarrollo del proyecto se establece una conexión de tipo TCP Activo, con las siguientes especificaciones:

- Dirección IP del modem Skypatrol correspondiente a una IP dinámica asignada automáticamente por la empresa Movistar, más un puerto local al modem.
- Dirección IP de destino que correspondiente a la IP fija de la central de monitoreo de ENLINEA LTDA. en la ciudad de Ipiales, más un puerto local a la central.

De esta manera se logra que el modem Skypatrol actúe como cliente, el cual intentara establecer una conexión con la central de monitoreo que actuara como servidor.

Una vez la conexión sea establecida, se puede realizar transmisiones de datos bidireccionales, en las cuales los terminales extremos serán el vehículo de carga pesada y la central de monitoreo como se observa en la figura 40.

Figura 40. Diagrama de transmisión de datos entre Central y Vehículo



⁷ Manuales Modem GPRS, GSM-GPRS Family API Reference V 1.02. p. 89.

2.4.4 Programación y configuración socket servidor. Para la configuración del socket en la central monitoreo, se uso el software Visual Estudio 2008 Express Edition, en donde se trabajó primero el software a manera de aplicación de consola. Al contrario que el modem Skypatrol que se programó de acuerdo a un tipo de protocolo TCP activo, el socket de la central de monitoreo se programó como TCP pasivo.

Figura 41. Aplicación de Consola Socket Servidor.

```

file:///C:/Documents and Settings/diego/Mis documentos/Visual Studio 2008/Projects/Prueba_Multic...
Esperando por Conexion Cliente TCP
Connected with 190.69.121.66:51772
Dato recibido de 190.69.121.66:51772
INTERFAZ_GPRS  ????'`????`?I0I3\`??$ ?? $ 1?????H? ??

Esperando Transmision de datos Vehiculo o Cliente TCP
Dato recibido de 190.69.121.66:51772
INTERFAZ_GPRS  ????'`????`?I0I3\`??$ ?? $ 1?????H? ??

Esperando Transmision de datos Vehiculo o Cliente TCP
Cliente 190.69.121.66:51772 desconectado
Connected with 190.69.121.66:51772
Dato recibido de 190.69.121.66:51772
INTERFAZ_GPRS  ????'`????`?I0I3\`??$ ?? $ 1?????H? ??

Esperando Transmision de datos Vehiculo o Cliente TCP
-

```

En la figura 41, se observa el socket de la central de monitoreo (creado en una aplicación de consola) que se encuentra a la espera de clientes TCP, posteriormente el equipo Skypatrol TT8540 que fue previamente instalado en un vehículo de carga pesada establece una conexión con el servidor de la central. Se puede observar que la dirección del socket, corresponde a la IP 190.69.121.66 asignada por Movistar y puerto local 5172 previamente configurado en el equipo Skypatrol.

Como se observó en la sección 7.3 del presente documento, la ECU del vehículo responde a cada mensaje de solicitud con un paquete de datos que contiene el identificador de la tarjeta (ID) de la interfaz hardware de comunicación, más un parámetro específico (PID), más una cadena de bytes de datos de información de la ECU del motor.

Este paquete de datos enviado por la ECU del vehículo es analizada y almacenada en una base de datos de MySql de igual manera que se realizó para la interfaz de comunicación alámbrica entre ECU y PC portátil expuesta en el capítulo anterior, con la única diferencia que el envío del mensaje de solicitud transmitido hacia la ECU, se hace por medio del ingreso de la palabra “ENVIAR” más su correspondiente salto de línea (Tecla Enter) en la misma consola. De esta manera cuando la consola detecta que se ingreso dichos caracteres, la aplicación

de consola envía los mensajes de solicitud (almacenados previamente en la base de datos del servidor) a la ECU teniendo en cuenta el intervalo de 100 ms.

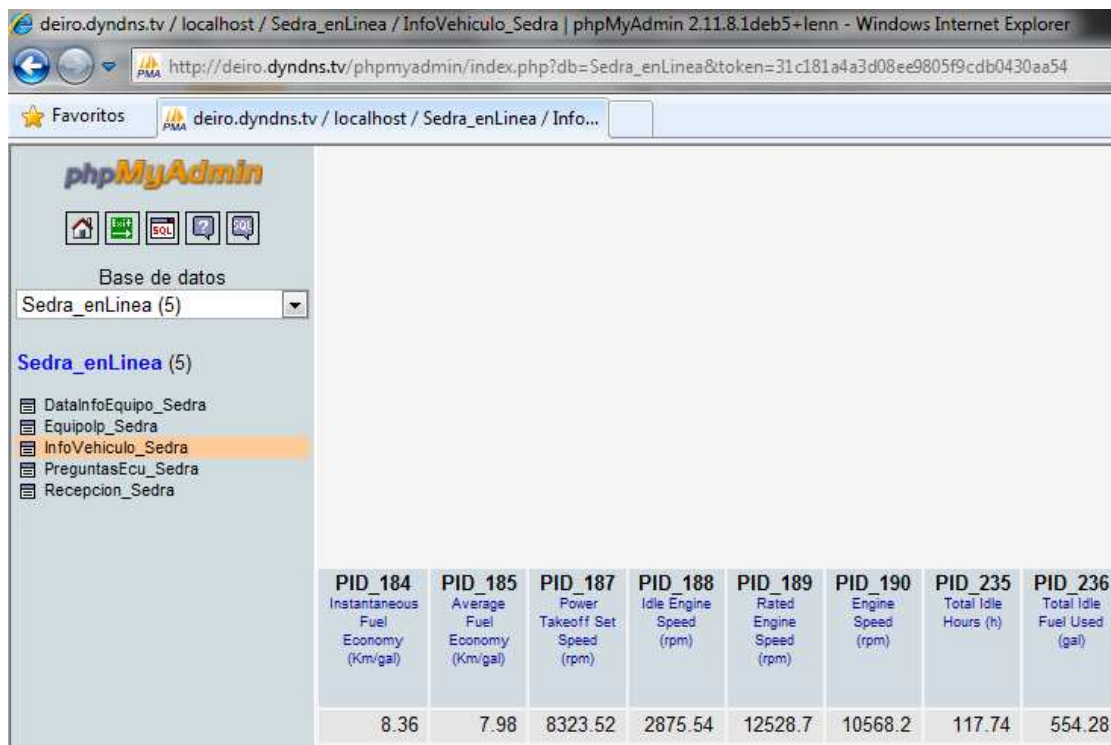
Debido a la reestructuración por la cual está pasando ENLINEA LTDA. a causa de los cambios de servidores, direcciones DNS, cambios del software de programación de los procesos y demás, se crea una aplicación de usuario versión demostrativa para el presente proyecto.

Dicha aplicación se trabaja en Visual Studio Express 2008 y toma los datos capturados y almacenados de la tractomula en prueba y los da a conocer de una manera entendible al usuario final del proyecto (cliente), de tal manera que este se entere del estado de su vehículo.

En el Anexo G, se presenta la interfaz gráfica de la aplicación de usuario final versión demo, en la cual se puede observar las variables transmitidas desde la ECU del vehículo con sus respectivas magnitudes y unidades. Además cada variable tiene acceso a un cuadro de ayuda que enseña su interpretación.

Se usó también la herramienta *phpMyAdmin* de los servidores de ENLINEA LTDA. para hacer versiones demostrativas de presentación y administración de la base de datos de *MySQL* sobre la web, como se observa en la figura 42.

Figura 42. Fragmento de la Base de Datos *MySQL* sobre la web.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface in a web browser. The browser address bar shows the URL: `http://deiro.dyndns.tv/phpmyadmin/index.php?db=Sedra_enLinea&token=31c181a4a3d08ee9805f9cdb0430aa54`. The interface displays the 'Sedra_enLinea (5)' database. A table is shown with the following data:

PID_184	PID_185	PID_187	PID_188	PID_189	PID_190	PID_235	PID_236
Instantaneous Fuel Economy (Km/gal)	Average Fuel Economy (Km/gal)	Power Takeoff Set Speed (rpm)	Idle Engine Speed (rpm)	Rated Engine Speed (rpm)	Engine Speed (rpm)	Total Idle Hours (h)	Total Idle Fuel Used (gal)
8.36	7.98	8323.52	2875.54	12528.7	10568.2	117.74	554.28

La aplicación de usuario final se realizará en colaboración con Ingenieros de Sistemas e Ingenieros Mecánicos adjuntos a ENLINEA LTDA. Dicha aplicación será elaborada con software especializado en desarrollo Web que permitirá al usuario conocer en detalle las características de su vehículo vía Internet.

Para finalizar el proyecto se elaborarán manuales de operación, los cuales guiarán al personal de la empresa en el manejo del sistema tanto de software como de hardware.

Con esto culmina el último objetivo del proyecto logrando así el **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN REMOTA VIA MODEM GPRS PARA EL MONITOREO DE INFORMACION DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRONICA (ECU) EN VEHICULOS DE CARGA PESADA PARA LA EMPRESA ENLINEA LTDA. EN LA CUIDAD DE IPIALES.**

3. CONCLUSIONES

El estudio de las especificaciones eléctricas, requerimientos de hardware y protocolos de comunicación permitió identificar tanto la capa física como la capa de aplicación necesarias para establecer un enlace de comunicación con la Unidad de Control Electrónico (ECU) de un vehículo de carga pesada (tractomula) y un nodo transmisor-receptor externo. El estándar SAE J1708 define la capa física necesaria para permitir una comunicación de datos tipo serial con la Unidad de Control Electrónico (ECU) de un vehículo de carga pesada (tractomula), haciendo hincapié en los mínimos requisitos de hardware y protocolo para asegurar una conexión exitosa. El estándar SAE J1587 define la capa de aplicación que en conjunto con la capa física definida en el SAE J1708 permiten el intercambio de datos con la Unidad de Control Electrónico (ECU) de un vehículo de carga pesada (tractomula). Este intercambio de datos se basa en formatos especiales de mensajes y tipo de datos para lograr satisfactoriamente el acceso a la información. Los resultados y conclusiones obtenidas del anterior estudio fueron el punto de partida para el diseño, desarrollo e implementación de una interfaz hardware-software de comunicación alámbrica entre la Unidad de Control Electrónico (ECU) de un vehículo de carga pesada y un computador portátil con conexión USB.

La interfaz-hardware diseñada se complementa con las especificaciones del SAE J1708 en cuanto al tipo de conector para acceder a la ECU y el nodo electrónico estándar para ser parte de la topología de la misma. El diseño implicó una etapa de regulación para alimentar todos los componentes electrónicos, una etapa de control implementada con un microprocesador y encargada de manejar el acceso al bus de datos de la ECU y una etapa de comunicación con un PC portátil vía cable USB. Todo el diseño se implementa en una tarjeta electrónica y un chasis de protección.

La interfaz-software obtenida hace uso de la interfaz-hardware diseñada y permite desde el computador portátil con conexión USB el manejo de la información enviada y recibida desde y hacia la ECU, toda la información se gestiona con una base de datos para su posterior acople con el sistema integral de servicios a desarrollar por los ingenieros de ENLINEA LTDA.

El análisis de la información obtenida en base al estándar SAE J1587 permite argumentar que modelos actuales de los vehículos de carga pesada a los que se tuvo pleno acceso a través de ENLINEA LTDA no cuentan con control electrónico de subsistemas del vehículo tan importantes como la transmisión o el sistema de frenos, únicamente del motor, lo que limita la obtención información valiosa del estado y funcionamiento del vehículo.

Gracias a la investigación que se ha llevado a cabo en las tecnologías celulares en los últimos años, la transmisión de datos mediante la red de telefonía celular GPRS se ha convertido en el método ideal para realizar procesos de telemetría o adquisición de datos en sistemas remotos, especialmente en sistemas móviles como lo son los vehículos de carga pesada presentes a lo largo de la temática de este proyecto, ya que esta red ofrece gran cobertura a nivel nacional, un alto porcentaje de fiabilidad en los datos enviados con una velocidad de transmisión adecuada.

Los dispositivos de conexión a redes celulares como el modem Skypatrol TT8540, son unos complejos sistemas que junto con las librerías que Visual Studio Express 2008 posee con respecto a las conexiones a través de Sockets y protocolos TCP, facilitan en gran parte el manejo de conexiones TCP/IP a través de Internet y el proceso de transmisión de paquetes, haciendo de estos, procesos estables con bajos índices de error.

La revisión constante de las variables de estado del vehículo que son presentadas de manera remota al cliente, permiten llevar a cabo un mantenimiento preventivo del mismo, con lo cual se logra disminuir el riesgo de deterioro prematuro de la máquina o en su peor caso de sufrir accidentes debido a fallas en el sistema.

4. RECOMENDACIONES

Gestionar la adquisición de modelos de vehículos de carga pesada más modernos que cuenten con control electrónico adicional al del motor para así ampliar la base de datos de variables disponibles y conocer más a fondo el funcionamiento y estado del vehículo.

Diseñar el nuevo sistema de integración debe estar a cargo de los ingenieros de ENLINEA LTDA, y ser totalmente compatible con el software de aplicación de control de la interfaz de comunicación alámbrica entre la Unidad de Control Electrónica (ECU) y el computador portátil.

Analizar más técnica y detalladamente las variables que maneja y suministra la Unidad de Control Electrónica (ECU) es una acción que debe ser ejecutada por personal especializado en el tema.

Realizar un estudio a fondo, empezando desde las bases de una temática siguiendo con su evolución, ayuda a evitar cometer errores en el momento de implementar un proyecto y si los hubiera, la documentación de cada paso o decisión tomada durante el proyecto es lo más importante para corregirlos.

BIBLIOGRAFIA

Manuales Modem GPRS, GSM-GPRS Family API Reference V 1.02.

Manuales Modem GPRS, Movil Tracker AT Commands Set.

RABANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, 2001.

SAE J1587, Electronic Data Interchange Between Microcomputer Systems in Heavy-Duty Vehicle Applications. 1988.

SAE J1708, Serial Data Communications Between Microcomputer Systems In Heavy-Duty Vehicle Applications. 1986.

TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadoras. Tercera Edición, 1997.

TERPLAN Kornel, Telecomunications Services, Regulation and Standardization, Editorial Korner Terplan, 2000.

ANEXOS

ANEXO A. ESPECIFICACIONES TRACTOMULA KENWORTH MODELO T800



EPA'04



Motores

Cummins ISM 330HP; 1,250/1450 LP.

Opciones:

ISM de 330HP hasta 410HP Cummins.
ISX de 400HP hasta 600HP Cummins.
C13 de 335HP hasta 430HP Caterpillar.
C15 de 435HP hasta 550HP Caterpillar.

Equipo de Motor

Compresor Cummins 18.7 CFM.
Filtro de aire tipo seco sobre motor Powercore.
Radiador de 1440 pulg.² área frontal.
Sistema de escape vertical sencillo.
Sistema de encendido PACCAR de 12 voltios.
Alternador PACCAR 130 amps.
(3) Baterías PACCAR libres de mantenimiento, 12 voltios.
Freno de motor.
Filtro para combustible FS1000
Sensor de bajo nivel de refrigerante.

Opciones:

Filtros separadores agua/combustible.
Terminales de carga de baterías bajo capó.
Terminales para desconectar baterías en interior de cabina.
Sistemas de escape dual.
Cubiertas de escape personalizadas.

Transmisión y Equipo

Fuller FRO13210C 10 velocidades.
Embrague Fuller 15.5"; 1,650 LP.
Flechas Cardán Serie 1810
Freno de embrague.
Aceite sintético en transmisión y ejes.

Opciones:

Fuller RTLO 10, 13 y 18 velocidades.
Fuller Autoshift Gen3, 10 y 18 velocidades.
Spicer PSDO 18 velocidades.
Equipo: Embragues "SOLO", hasta 2050 LP.
Toma de fuerza trasera (REPTO).
Flechas Spicer SPL-250 mantenimiento extendido.
Enfriadores de aceite para transmisión Fuller/Spicer.
Muelle para transmisión.

Eje Delantero y Equipo

DANA E-1322I, 13,200 lbs.
Frenos DANA-Spicer "ES" 16.5" x 5"; 14,600 lbs.
Muelles sección variable 59"; 13,200 lbs.
Dirección Hidráulica TAS65; 13,200 lbs.
Ajustadores automáticos.
Paquete LMS de Mazas.
Aceite sintético.

Opciones:

DANA-Spicer 12,000, 14,600 y 20,000 lbs.
Frenos DANA-Spicer 16.5" x 5".
Frenos DANA-Spicer 16.5" x 5"; 20,000 lbs.
Paquete LMS Frenos DANA-Spicer (Incluye ajustadores automáticos con lubricación sintética).
Frenos Meritor "Q-Plus" 16.5" x 5".
Frenos Meritor "Q-Plus" 16.5" x 6"; 20,000 lbs.
Dirección hidráulica de 16,000 y 20,000 lbs. (Dual).
Suspensión de Aire Delantera AG130; 13,200 lbs.

Ejes Traseros y Equipo

DANA-Spicer DSP41; 40,000 lbs.
DANA-Spicer "ES" 16, 5" x 7"
Ajustadores automáticos.
Recámaras de frenos TSE.
Sistema antibloqueo de frenos BENDIX ABS – 4S/4M.
Suspensión Kenworth AG400; 40,000 lbs.

Paquete LMS Frenos DANA-Spicer, incluye ajustadores automáticos.
Aceite sintético en ejes Tándem.

Opciones:

Frenos DANA-Spicer "ES" 16.5" x 7" 46,000 lbs.
Frenos DANA-Spicer "ES" 16.5" x 7" 52,000 lbs.
(Incluye ajustadores automáticos).
Ejes Meritor 40,000 y 46,000 lbs.
Ejes DANA-Spicer D46-170 y D46-170H, 46,000 lbs.
Ejes DANA-Spicer D52-190P 52,000 lbs.
Frenos Meritor "Q" Plus, 16.5" x 7" ejes Tándem.
Sistema de frenos ABS 6S/6M opcional con ATC (Control Automático de Tracción) y ESP (Programa Electrónico de Estabilidad).

Opciones: Suspensiones

KENWORTH
AG460; 46,000 lbs
HENDRICKSON
Neumática:
HAS402; 40,000 lbs.
HAS460; 46,000 lbs.
PRIMAAX; 46,000 y 52,000 lbs.
Mecánica:
HMX 40,000 y 46,000 lbs.
RT463; 46,000 lbs.
RT523; 52,000 lbs.

Llantas y Ruedas

(2) Bridgestone R250F; 11R24.5 14 capas.
(8) Bridgestone M726EL; 11R24.5 14 capas.
10 Ruedas de acero Accuride 24.5.

Opciones:

Bridgestone: 22.5 y 24.5 disponibles en perfil estándar y perfil bajo (Low profile) 14 y 16 capas.
Rines de aluminio Kenworth-Alcoa estilizados: 22.5" y 24.5" pulidos o Durabright.
Rines de acero con pintura permanente marca Accuride.

Tanques de Combustible

(1) 378 litros bajo cabina lado derecho.
Tapón para tanque de combustible sin llave.

Opciones:

Tanques de aluminio adicionales de 22", 24.5" y 28.5" diámetro.
Capacidades: 284, 378, 454 y 568 l.
Dispositivo Anti-Sifón para tanques de combustible.
Pulido de tanques y tirantes.
Tapón para tanque con llave.

Bastidor y Equipo

Bastidor termotratado 10 5/8" x 5/16"
Resistencia a la cedencia: 120,000 psi.
Resistencia al momento de flexión: 1,776,000 in-lb. (RBM).
Defensa 3 piezas: Aluminio y fibra de vidrio.
Caja de baterías bajo cabina lado izquierdo.
Loderas Fleetline de acero.
Ganchos pinzotes para movimiento en patios.

Opciones:

Bastidor termotratado 10-3/4" x 3/8".
Resistencia a la cedencia: 120,000 psi.
Resistencia al momento de flexión: 2,132,000 in-lb. (RBM).
Defensa de acero y aluminio.
Insertos parciales y totales.
Sujetadores HUCK en bastidor.
Plataformas de trabajo de 1 hasta 4 pies.
Quinta rueda Holland o Jost.
Tipos: Deslizantes, compensadoras, fijas y/o libres de mantenimiento.
Ganchos pinzotes hasta 90,000 lbs., de arrastre.

MODELO T800

Cabina y Equipo

Cabina convencional de aluminio, de material compuesto y parabrisas curvo.
Capó integral aerodinámico de Metton de operación basculante.
Aislamiento térmico para el capó y cabina de conducción.
Aire acondicionado y calefactor en cabina de conducción.
Puertas estilo Daylite amplia visibilidad con ventanilla de seguridad en lado derecho.
Viseras deslizantes de interiores de conductor y pasajero.
Elevadores de ventanas eléctrico-manual.
Volante tapizado imitación piel con centro acojinado de 4 rayos.
Bocina eléctrica.
(2) Cornetas neumáticas redondas bajo cabina.
Direccionales y cambio de luces en columna.
Tablero de instrumentos envolvente de fácil acceso.
Indicadores: Presión de aceite del motor, horas de funcionamiento del motor, temperatura de medio ambiente exterior, odómetro de viaje, voltímetro, tacómetro electrónico, velocímetro electrónico con odómetro 0-160 kph; restricción de aire, presión de aire aplicada a frenos, luz indicadora de ABS del remolque (biseles cromados en todos los indicadores).
Espejos retrovisores aerodinámicos KW con controles en puerta.
Espejo convexo de seguridad en puerta del lado derecho.
Limpiaparabrisas eléctrico de 6 velocidades.
Asientos de Mordura en dos tonos, con respaldos altos.
Asiento de operador neumático.
Tapicería Splendor.
Luces de cortesía en ambas puertas.
Visera exterior aerodinámica con luces de identificación integradas.

Opciones:

Capó T800B integral aerodinámico corto (T800SH) y capó con guardafangos divididos (Split Fender).
Dormitorios modulares de 42" y 60" VIT.
Dormitorios Aerocab con suspensión neumática:
38" Flat Top
62" Flat Top
62" Aerodyne
72" Aerodyne VIT
Aire acondicionado en dormitorio.
Anaqueles, clósets y cajones opcionales en dormitorios Aerocab.
Luces de lectura en cabina y dormitorios.
Indicadores: Temperatura agua del motor, temperatura aceite de la transmisión, temperatura aceite del motor, restricción de combustible, temperatura de aceite en ejes traseros, hubodómetro.
Radio AM/FM/CD Kenworth.
Radio de banda civil COBRA.
Volante con controles electrónicos "Smartwheel".
Columna de dirección abatible / telescópica.
Pantallas de diagnóstico electrónicas, Cummins y CAT.
Pantalla Multifuncional Kenworth.
Espejos convexos montados en capó.
Consola central con portatazas.
Asientos de tela con respaldo alto y descansabrazos retráctiles.
Tapicerías diamantadas en cabina y dormitorio.
Literas opcionales dormitorios Aerocab 62", 60" VIT y 72" Aerodyne.
Refrigerador 12 voltios, opcional en 72" Aerocab Aerodyne.
Cableado para equipo satelital Qualcomm-Omnitrac.
Espejos retrovisores Prutsmán de acero inoxidable.
Elevadores eléctricos para ventanas.
(2) Ventanas en esquineros de cabina (construcción).
Ventana panorámica en techo (Sunroof).
Parabrisas con extremos curvos de 2 piezas.
Deflectores superiores en dormitorios.
Suspensión neumática Cabmate y Bunkmate para cabina y dormitorio.

Luces y Señales

Faros delanteros de halógeno rectangulares dobles.
Luces marcadoras en visera aerodinámica.
Luces direccionales en guardafangos.
(2) Luces traseras de alto y retroceso.
Alarma de reversa audible.

Opciones:

Corta circuitos en sustitución de fusibles.
Luces traseras con LEDS "Super 40".
Luces encendidas de día.
Faros delanteros de larga vida.

Sistema Neumático

Válvula manual de expulsión de humedad en tanques de aire.
Tubería de nylon sistema neumático.
Válvulas BENDIX.
Secador de aire BENDIX AD-IS.
Conjuntos neumáticos/eléctricos para tractor.

Opciones:

Válvula de drenado automático.
Hosetenna cromado.
Barra deslizante para conjunto neumático tras cabina/dormitorio.

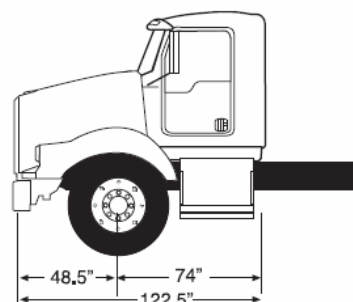
Equipo Especial

(2) Extintores de 2.5 kg tipo ABC.
Triángulos reflectores de seguridad.
Gato hidráulico de 20 toneladas.
Rueda de refacción de acero.
Maneral y dado para ruedas

Pintura

DuPont Imron Elite bicapa y monocapa.
Amplia variedad de colores y diseños exclusivos Kenworth.
Pintura en bastidor según especificaciones del cliente.

DIMENSIONES T800B



ANEXO B. TABLA DE ASIGNACION DE MIDS

<i>MID</i>	<i>MID Description</i>
0-127	Defined by SAE J1708
128	Engine #1
129	Turbocharger
130	Transmission
131	Power Takeoff
132	Axle, Power Unit
133	Axle, Trailer #1
134	Axle, Trailer #2
135	Axle, Trailer #3
136	Brakes, Power Unit
137	Brakes, Trailer #1
138	Brakes, Trailer #2
139	Brakes, Trailer #3
140	Instrument Cluster
141	Trip Recorder
142	Vehicle Management System
143	Fuel System
144	Cruise Control
145	Road Speed Indicator
146	Cab Climate Control
147	Cargo Refrigeration/Heating, Trailer #1
148	Cargo Refrigeration/Heating, Trailer #2
149	Cargo Refrigeration/Heating, Trailer #3
150	Suspension, Power Unit
151	Suspension, Trailer #1
152	Suspension, Trailer #2
153	Suspension, Trailer #3
154	Diagnostic Systems, Power Unit
155	Diagnostic Systems, Trailer #1
156	Diagnostic Systems, Trailer #2
157	Diagnostic Systems, Trailer #3
158	Electrical Charging System
159	Proximity Detector, Front
160	Proximity Detector, Rear
161	Aerodynamic Control Unit
162	Vehicle Navigation Unit
163	Vehicle Security
164	Multiplex
165	Communication Unit—Ground
166	Tires, Power Unit

167	<i>Tires, Trailer #1</i>
168	<i>Tires, Trailer #2</i>
169	<i>Tires, Trailer #3</i>
170	<i>Electrical</i>
171	<i>Driver Information Center</i>
172	<i>Off-board Diagnostics #1</i>
173	<i>Engine Retarder</i>
174	<i>Cranking/Starting System</i>
175	<i>Engine #2</i>
176	<i>Transmission, Additional</i>
177	<i>Particulate Trap System</i>
178	<i>Vehicle Sensors to Data Converter</i>
179	<i>Data Logging Computer</i>
180	<i>Off-board Diagnostics #2</i>
181	<i>Communication Unit—Satellite</i>
182	<i>Off-board Programming Station</i>
183	<i>Engine #3</i>
184	<i>Engine #4</i>
185	<i>Engine #5</i>
186	<i>Engine #6</i>
187	<i>Vehicle Control Head Unit/Vehicle Management System #2</i>
188	<i>Vehicle Logic Control Unit/Vehicle Management System #3</i>
189	<i>Vehicle Head Signs</i>
190	<i>Refrigerant Management Protection and Diagnostics</i>
191	<i>Vehicle Location Unit—Differential Correction</i>
192	<i>Front Door Status Unit</i>
193	<i>Middle Door Status Unit</i>
194	<i>Rear Door Status Unit</i>
195	<i>Annunciator Unit</i>
196	<i>Fare Collection Unit</i>
197	<i>Passenger Counter Unit #1</i>
198	<i>Schedule Adherence Unit</i>
199	<i>Route Adherence Unit</i>
200	<i>Environment Monitor Unit/Auxiliary Cab Climate Control</i>
201	<i>Vehicle Status Points Monitor Unit</i>
202	<i>High Speed Communications Unit</i>
203	<i>Mobile Data Terminal Unit</i>
204	<i>Vehicle Proximity, Right Side</i>
205	<i>Vehicle Proximity, Left Side</i>
206	<i>Base Unit (Radio Gateway to Fixed End)</i>

207	<i>Bridge from SAE J1708 Drivetrain Link</i>
208	<i>Maintenance Printer</i>
209	<i>Vehicle Turntable</i>
210	<i>Bus Chassis Identification Unit</i>
211	<i>Smart Card Terminal</i>
212	<i>Mobile Data Terminal</i>
213	<i>Vehicle Control Head Touch Screen</i>
214	<i>Silent Alarm Unit</i>
215	<i>Surveillance Microphone</i>
216	<i>Lighting Control Administrator Unit</i>
217	<i>Tractor/Trailer Bridge, Tractor Mounted</i>
218	<i>Tractor/Trailer Bridge, Trailer Mounted</i>
219	<i>Collision Avoidance Systems</i>
220	<i>Tachograph</i>
221	<i>Driver Information Center #2</i>
222	<i>Driveline Retarder</i>
223	<i>Transmission Shift Console—Primary</i>
224	<i>Parking Heater</i>
225	<i>Weighing System, Axle Group #1/Vehicle</i>
226	<i>Weighing System, Axle Group #2</i>
227	<i>Weighing System, Axle Group #3</i>
228	<i>Weighing System, Axle Group #4</i>
229	<i>Weighing System, Axle Group #5</i>
230	<i>Weighing System, Axle Group #6</i>
231	<i>Communication Unit—Cellular</i>
232	<i>Safety Restraint System</i>
233	<i>Intersection Preemption Emitter</i>
234	<i>Instrument Cluster #2</i>
235	<i>Engine Oil Control System</i>
236	<i>Entry Assist Control #1</i>
237	<i>Entry Assist Control #2</i>
238	<i>Idle Adjust System</i>
239	<i>Passenger Counter Unit #2</i>
240	<i>Passenger Counter Unit #3</i>
241	<i>Fuel Tank Monitor</i>
242	<i>Axles, Trailer #4</i>
243	<i>Axles, Trailer #5</i>
244	<i>Diagnostic Systems, Trailer #4</i>
245	<i>Diagnostic Systems, Trailer #5</i>
246	<i>Brakes, Trailer #4</i>
247	<i>Brakes, Trailer #5</i>
248	<i>Forward Road Image Processor</i>
249	<i>Body Controller</i>
250	<i>Steering Column Unit</i>
251-255	<i>Reserved to be assigned</i>

ANEXO C. TABLA DE ASIGNACION DE PIDs

<i>PID</i>	<i>PID Description</i>
<u>Single Data Character Length Parameters</u>	
0	Request Parameter
1	Invalid Data Parameter
2	Transmitter System Status
3	Transmitter System Diagnostic
4	Reserved—to be assigned
5	Underrange Warning Condition
6	Overrange Warning Condition
7	Axle #2 Lift Air Pressure
8	Brake System Air Pressure Low Warning Switch
	Status
9	Axle Lift Status
10	Axle Slider Status
11	Cargo Securement
12	Brake Stroke Status
13	Entry Assist Position/Deployment
14	Entry Assist Motor Current
15	Fuel Supply Pump Inlet Pressure
16	Suction Side Fuel Filter Differential Pressure
17	Engine Oil Level Remote Reservoir
18	Extended Range Fuel Pressure
19	Extended Range Engine Oil Pressure
20	Extended Range Engine Coolant Pressure
21	Engine ECU Temperature
22	Extended Engine Crankcase Blow-by Pressure
23	Generator Oil Pressure
24	Generator Coolant Temperature
25	Air Conditioner System Status #2
26	Estimated Percent Fan Speed
27	Percent Exhaust Gas Recirculation Valve #1
	Position
28	Percent Accelerator Position #3
29	Percent Accelerator Position #2
30	Crankcase Blow-by Pressure
31	Transmission Range Position
32	Transmission Splitter Position
33	Clutch Cylinder Position
34	Clutch Cylinder Actuator Status
35	Shift Finger Actuator Status #2

36	<i>Clutch Plates Wear Condition</i>
37	<i>Transmission Tank Air Pressure</i>
38	<i>Second Fuel Level (Right Side)</i>
39	<i>Tire Pressure Check Interval</i>
40	<i>Engine Retarder Switches Status</i>
41	<i>Cruise Control Switches Status</i>
42	<i>Pressure Switch Status</i>
43	<i>Ignition Switch Status</i>
44	<i>Attention/Warning Indicator Lamps Status</i>
45	<i>Inlet Air Heater Status</i>
46	<i>Vehicle Wet Tank Pressure</i>
47	<i>Retarder Status</i>
48	<i>Extended Range Barometric Pressure</i>
49	<i>ABS Control Status</i>
50	<i>Air Conditioner System Clutch Status/Command</i>
#1	
51	<i>Throttle Position</i>
52	<i>Engine Intercooler Temperature</i>
53	<i>Transmission Synchronizer Clutch Value</i>
54	<i>Transmission Synchronizer Brake Value</i>
55	<i>Shift Finger Positional Status</i>
56	<i>Transmission Range Switch Status</i>
57	<i>Transmission Actuator Status #2</i>
58	<i>Shift Finger Actuator Status</i>
59	<i>Shift Finger Gear Position</i>
60	<i>Shift Finger Rail Position</i>
61	<i>Parking Brake Actuator Status</i>
62	<i>Retarder Inhibit Status</i>
63	<i>Transmission Actuator Status #1</i>
64	<i>Direction Switch Status</i>
65	<i>Service Brake Switch Status</i>
66	<i>Vehicle Enabling Component Status</i>
67	<i>Shift Request Switch Status</i>
68	<i>Torque Limiting Factor</i>
69	<i>Two Speed Axle Switch Status</i>
70	<i>Parking Brake Switch Status</i>
71	<i>Idle Shutdown Timer Status</i>
72	<i>Blower Bypass Value Position</i>
73	<i>Auxiliary Water Pump Pressure</i>
74	<i>Maximum Road Speed Limit</i>
75	<i>Steering Axle Temperature</i>
76	<i>Axle #1 Lift Air Pressure</i>
77	<i>Forward Rear Drive Axle Temperature</i>
78	<i>Rear Rear-Drive Axle Temperature</i>
79	<i>Road Surface Temperature</i>

80	Washer Fluid Level
81	Particulate Trap Inlet Pressure
82	Air Start Pressure
83	Road Speed Limit Status
84	Road Speed
85	Cruise Control Status
86	Cruise Control Set Speed
87	Cruise Control High-Set Limit Speed
88	Cruise Control Low-Set Limit Speed
89	Power Takeoff Status
90	PTO Oil Temperature
91	Percent Accelerator Pedal Position
92	Percent Engine Load
93	Output Torque
94	Fuel Delivery Pressure
95	Fuel Filter Differential Pressure
96	Fuel Level
97	Water in Fuel Indicator
98	Engine Oil Level
99	Engine Oil Filter Differential Pressure
100	Engine Oil Pressure
101	Crankcase Pressure
102	Boost Pressure
103	Turbo Speed
104	Turbo Oil Pressure
105	Intake Manifold Temperature
106	Air Inlet Pressure
107	Air Filter Differential Pressure
108	Barometric Pressure
109	Coolant Pressure
110	Engine Coolant Temperature
111	Coolant Level
112	Coolant Filter Differential Pressure
113	Governor Droop
114	Net Battery Current
115	Alternator Current
116	Brake Application Pressure
117	Brake Primary Pressure
118	Brake Secondary Pressure
119	Hydraulic Retarder Pressure
120	Hydraulic Retarder Oil Temperature
121	Engine Retarder Status
122	Engine Retarder Percent
123	Clutch Pressure
124	Transmission Oil Level

125	<i>Transmission Oil Level High/Low</i>
126	<i>Transmission Filter Differential Pressure</i>
127	<i>Transmission Oil Pressure</i>

Double Data Character Length Parameters

128	<i>Component-specific request</i>
129	<i>Injector Metering Rail #2 Pressure</i>
130	<i>Power Specific Fuel Economy</i>
131	<i>Exhaust Back Pressure</i>
132	<i>Máss Air Flow</i>
133	<i>Average Fuel Rate</i>
134	<i>Wheel Speed Sensor Status</i>
135	<i>Extended Range Fuel Delivery Pressure (Absolute)</i>
136	<i>Auxiliary Vacuum Pressure Reading</i>
137	<i>Auxiliary Gage Pressure Reading #1</i>
138	<i>Auxiliary Absolute Pressure Reading</i>
139	<i>Tire Pressure Control System Channel Functional Mode</i>
140	<i>Tire Pressure Control System Solenoid Status</i>
141	<i>Trailer #1, Tag #1, or Push Channel #1 Tire Pressure Target</i>
142	<i>Drive Channel Tire Pressure Target</i>
143	<i>Steer Channel Tire Pressure Target</i>
144	<i>Trailer #1, Tag #1, or Push Channel #1 Tire Pressure</i>
145	<i>Drive Channel Tire Pressure</i>
146	<i>Steer Channel Tire Pressure</i>
147	<i>Average Fuel Economy (Natural Gas)</i>
148	<i>Instantaneous Fuel Economy (Natural Gas)</i>
149	<i>Fuel Máss Flow Rate (Natural Gas)</i>
150	<i>PTO Engagement Control Status</i>
151	<i>ATC Control Status</i>
152	<i>Number of ECU Resets</i>
153	<i>Crankcase Pressure</i>
154	<i>Auxiliary Input and Output Status #2</i>
155	<i>Auxiliary Input and Output Status #1</i>
156	<i>Injector Timing Rail Pressure</i>
157	<i>Injector Metering Rail Pressure</i>
158	<i>Battery Potential (Voltage)—Switched</i>
159	<i>Gas Supply Pressure</i>
160	<i>Main Shaft Speed</i>
161	<i>Input Shaft Speed</i>
162	<i>Transmission Range Selected</i>
163	<i>Transmission Range Attained</i>
164	<i>Injection Control Pressure</i>
165	<i>Compass Bearing</i>

166	<i>Rated Engine Power</i>
167	<i>Alternator Potential (Voltage)</i>
168	<i>Battery Potential (Voltage)</i>
169	<i>Cargo Ambient Temperature</i>
170	<i>Cab Interior Temperature</i>
171	<i>Ambient Air Temperature</i>
172	<i>Air Inlet Temperature</i>
173	<i>Exhaust Gas Temperature</i>
174	<i>Fuel Temperature</i>
175	<i>Engine Oil Temperature</i>
176	<i>Turbo Oil Temperature</i>
177	<i>Transmission #1 Oil Temperature</i>
178	<i>Front Axle Weight</i>
179	<i>Rear Axle Weight</i>
180	<i>Trailer Weight</i>
181	<i>Cargo Weight</i>
182	<i>Trip Fuel</i>
183	<i>Fuel Rate (Instantaneous)</i>
184	<i>Instantaneous Fuel Economy</i>
185	<i>Average Fuel Economy</i>
186	<i>Power Takeoff Speed</i>
187	<i>Power Takeoff Set Speed</i>
188	<i>Idle Engine Speed</i>
189	<i>Rated Engine Speed</i>
190	<i>Engine Speed</i>
191	<i>Transmission Output Shaft Speed</i>

Variable and Long Data Character Length Parameters

192	<i>Multisection Parameter</i>
193	<i>Transmitter System Diagnostic Table</i>
194	<i>Transmitter System Diagnostic Code and Occurrence Count Table</i>
195	<i>Diagnostic Data Request/Clear Count</i>
196	<i>Diagnostic Data/Count Clear Response</i>
197	<i>Connection Management</i>
198	<i>Connection Mode Data Transfer</i>
199	<i>Traction Control Disable State</i>
200–208	<i>Reserved—to be assigned</i>
209	<i>ABS Control Status, Trailer</i>
210	<i>Tire Temperature (By Sequence Number)</i>
211	<i>Tire Pressure (By Sequence Number)</i>
212	<i>Tire Pressure Target (By Sequence Number)</i>
213	<i>Wheel End Assembly Vibration Level</i>
214	<i>Vehicle Wheel Speeds</i>

215	<i>Brake Temperature</i>
216	<i>Wheel Bearing Temperature</i>
217	<i>Fuel Tank/Nozzle Identification</i>
218	<i>State Line Crossing</i>
219	<i>Current State and Country</i>
220	<i>Engine Torque History</i>
221	<i>Anti-theft Request</i>
222	<i>Anti-theft Status</i>
223	<i>Auxiliary A/D Counts</i>
224	<i>Immobilizer Security Code</i>
225	<i>Reserved for Text Message Acknowledged</i>
226	<i>Reserved for Text Message to Display</i>
227	<i>Reserved for Text Message Display Type</i>
228	<i>Speed Sensor Calibration</i>
229	<i>Total Fuel Used (Natural Gas)</i>
230	<i>Total Idle Fuel Used (Natural Gas)</i>
231	<i>Trip Fuel (Natural Gas)</i>
232	<i>DGPS Differential Correction</i>
233	<i>Unit Number (Power Unit)</i>
234	<i>Software Identification</i>
235	<i>Total Idle Hours</i>
236	<i>Total Idle Fuel Used</i>
237	<i>Vehicle Identification Number</i>
238	<i>Velocity Vector</i>
239	<i>Vehicle Position</i>
240	<i>Change Reference Number</i>
241	<i>Tire Pressure by Position</i>
242	<i>Tire Temperature by Position</i>
243	<i>Component Identification</i>
244	<i>Trip Distance</i>
245	<i>Total Vehicle Distance</i>
246	<i>Total Vehicle Hours</i>
247	<i>Total Engine Hours</i>
248	<i>Total PTO Hours</i>
249	<i>Total Engine Revolutions</i>
250	<i>Total Fuel Used</i>
251	<i>Clock</i>
252	<i>Date</i>
253	<i>Elapsed Time</i>

Special Parameters

254	<i>Data Link Escape</i>
255	<i>Extension</i>

Single Data Character Length Parameters
(Módulo 256 value identified in parentheses)

256 (0)	Request Parameter
257 (1)	Cold Restart of Specific Component
258 (2)	Warm Restart of Specific Component
259 (3)	Component Restart Response
260-361	Reserved to be assigned
362 (106)	Percent Exhaust Gas Recirculation Valve #2 Position
363 (107)	Hydraulic Retarder Control Air Pressure
364 (108)	HVAC Unit Discharge Temperature
365 (109)	Weighing System Status Command
366 (110)	Engine Oil Level High/Low
367 (111)	Lane Tracking System Status
368 (112)	Lane Departure Indication
369 (113)	Distance to Rear Object (Reverse)
370 (114)	Trailer Pneumatic Brake Control Line Pressure
371 (115)	Trailer Pneumatic Supply Line Pressure
372 (116)	Remote Accelerator
373 (117)	Center Rear Drive Axle Temperature
374 (118)	Alternator AC Voltage
375 (119)	Fuel Return Pressure
376 (120)	Fuel Pump Inlet Vacuum
377 (121)	Compression Unbalance
378 (122)	Fare Collection Unit Status
379 (123)	Door Status
380 (124)	Articulation Angle
381 (125)	Vehicle Use Status
382 (126)	Transit Silent Alarm Status
383 (127)	Vehicle Acceleration

Double Data Character Length Parameters

384 (128)	Component-specific request
385–405	Reserved—to be assigned
406 (150)	HVAC Blower Motor Speed
407 (151)	Axle Group Full Weight Calibration
408 (152)	Axle Group Empty Weight Calibration
409 (153)	Axle Group Weight
410 (154)	Extended Range Road Surface Temperature
411 (155)	Recirculated Engine Exhaust Gas Differential Pressure
412 (156)	Recirculated Engine Exhaust Gas Temperature
413 (157)	Net Vehicle Weight Change
414 (158)	Air Conditioner Refrigerant Low Side Pressure
415 (159)	Air Conditioner Refrigerant High Side Pressure
416 (160)	Evaporator Temperature

417 (161)	Gross Vehicle Weight
418 (162)	Transmission # 2 Oil Temperature
419 (163)	Starter Circuit Resistance
420 (164)	Starter Current (Average)
421 (165)	Alternator/Generator Negative Cable Voltage
422 (166)	Auxiliary Current
423 (167)	Extended Range Net Battery Current
424 (168)	DC Voltage
425 (169)	Auxiliary Frequency
426 (170)	Alternator/Generator Field Voltage
427 (171)	Battery Resistance Change
428 (172)	Battery Internal Resistance
429 (173)	Starter Current Peak
430 (174)	Starter Solenoid Voltage
431 (175)	Starter Negative Cable Voltage
432 (176)	Starter Motor Voltage
433 (177)	Fuel Shutoff Solenoid Voltage
434 (178)	AC Voltage
435 (179)	Cargo Ambient Temperature (By location)
436 (180)	Trip Sudden Decelerations
437 (181)	Trailer #2, Tag #2, or Push Channel #2 Tire Pressure Target
438 (182)	Trailer #2, Tag #2, or Push Channel #2 Tire Pressure
439 (183)	Extended Range Boost Pressure #1
440 (184)	Extended Range Boost Pressure #2
441 (185)	Auxiliary Temperature #1
442 (186)	Auxiliary Temperature #2
443 (187)	Auxiliary Gage Pressure Reading #2
444 (188)	Battery #2 Potential (Voltage)
445 (189)	Cylinder Head Temperature Bank B (right bank)
446 (190)	Cylinder Head Temperature Bank A (left bank)
447 (191)	Passenger Counter

Variable and Long Data Character Length Parameters

448 (192)	Page 2 Multisection Parameter
449 (193)	Reporting Interval Request
450 (194)	Bridge Filter Control
451–497	Reserved—to be assigned
498 (242)	Send Keypress Command
499 (243)	Driver Interfaz Unit (DIU) Object/Form Command
500 (244)	Intersection Preemption Status and Configuration
501 (245)	Signage Message
502 (246)	Fare Collection Unit—Point of Sale
503 (247)	Fare Collection Unit—Service Detail

504 (248)	<i>Annunciator Voice Message</i>
505 (249)	<i>Vehicle Control Head Keyboard Message</i>
506 (250)	<i>Vehicle Control Head Display Message</i>
507 (251)	<i>Driver Identification</i>
508 (252)	<i>Transit Route Identification</i>
509 (253)	<i>Mile Post Identification</i>

Special Parameters

510 (254)	<i>Page 2 Data Link Escape</i>
511 (255)	<i>Page 2 Extension</i>

ANEXO D. PIDs VALIDOS EN LA ECU

PID PID Description

40 Engine Retarder Switches Status
44 Attention/Warning Indicator Lamps Status
62 Retarder Inhibit Status
71 Idle Shutdown Timer Status
74 Maximum Road Speed Limit
83 Road Speed Limit Status
84 Road Speed
85 Cruise Control Status
86 Cruise Control Set Speed
87 Cruise Control High-Set Limit Speed
88 Cruise Control Low-Set Limit Speed
89 Power Takeoff Status
91 Percent Accelerator Pedal Position
92 Percent Engine Load
97 Water in Fuel Indicator
100 Engine Oil Pressure
102 Boost Pressure
105 Intake Manifold Temperature
108 Barometric Pressure
110 Engine Coolant Temperature
121 Engine Retarder Status
166 Rated Engine Power
168 Battery Potential (Voltage)
175 Engine Oil Temperature
182 Trip Fuel
183 Fuel Rate (Instantaneous)
184 Instantaneous Fuel Economy
185 Average Fuel Economy
187 Power Takeoff Set Speed
188 Idle Engine Speed
189 Rated Engine Speed
190 Engine Speed
*194 Transmitter System Diagnostic Code and Occurrence
Count Table*
234 Software Identification
235 Total Idle Hours
236 Total Idle Fuel Used

237 Vehicle Identification Number
243 Component Identification
244 Trip Distance
245 Total Vehicle Distance
247 Total Engine Hours
248 Total PTO Hours
250 Total Fuel Used
251 Clock
252 Date

ANEXO E. CARACTERISTICAS PIC18F25J50



MICROCHIP PIC18F46J50 FAMILY

28/44-Pin, Low-Power, High-Performance USB Microcontrollers

Power Management Features with nanoWatt XLP™ for Extreme Low-Power:

- Deep Sleep mode: CPU off, Peripherals off, Currents Down to 13 nA and 850 nA with RTCC
 - Able to wake-up on external triggers, programmable WDT or RTCC alarm
 - Ultra Low-Power Wake-up (ULPWU)
- Sleep mode: CPU off, Peripherals off, SRAM on, Fast Wake-up, Currents Down to 105 nA Typical
- Idle: CPU off, Peripherals on, Currents Down to 2.3 μ A Typical
- Run: CPU on, Peripherals on, Currents Down to 6.2 μ A Typical
- Timer1 Oscillator w/RTCC: 1 μ A, 32 kHz Typical
- Watchdog Timer: 1.3 μ A Typical

Special Microcontroller Features:

- 5.5V Tolerant Inputs (digital only pins)
- Low-Power, High-Speed CMOS Flash Technology
- C Compiler Optimized Architecture for Re-Entrant Code
- Priority Levels for Interrupts
- Self-Programmable under Software Control
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) with Three Breakpoints via Two Pins
- Operating Voltage Range of 2.0V to 3.6V
- On-Chip 2.5V Regulator
- Flash Program Memory of 10,000 Erase/Write Cycles Minimum and 20-Year Data Retention

Universal Serial Bus (USB) Features

- USB V2.0 Compliant
- Full Speed (12 Mbps) and Low Speed (1.5 Mbps)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- USB module can use any RAM Location on the Device as USB Endpoint Buffers
- On-Chip USB Transceiver with Crystal-Less operation

Flexible Oscillator Structure:

- High-Precision Internal Oscillator ($\pm 0.15\%$ typ.) for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz (12 MIPS)
- Internal 31 kHz Oscillator, Internal Oscillators Tunable at 31 kHz and 8 MHz or 48 MHz with PLL
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops
- Two-Speed Oscillator Start-up
- Programmable Reference Clock Output Generator

Peripheral Highlights:

- Peripheral Pin Select:
 - Allows independent I/O mapping of many peripherals
 - Continuous hardware integrity checking and safety interlocks prevent unintentional configuration changes
- Hardware Real-Time Clock and Calendar (RTCC):
 - Provides clock, calendar and alarm functions
- High-Current Sink/Source 25 mA/25 mA (PORTB and PORTC)
- Four Programmable External Interrupts
- Four Input Change Interrupts
- Two Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) modules:
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
 - Pulse steering control
- Two Master Synchronous Serial Port (MSSP) modules Supporting Three-Wire SPI (all four modes) and I²C™ Master and Slave modes
- Full-Duplex Master/Slave SPI DMA Engine
- 8-Bit Parallel Master Port/Enhanced Parallel Slave Port
- Two-Rail – Rail Analog Comparators with Input Multiplexing
- 10-Bit, up to 13-Channel Analog-to-Digital (A/D) Converter module:
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
 - Self-calibration
- High/Low-Voltage Detect module
- Charge Time Measurement Unit (CTMU):
 - Supports capacitive touch sensing for touch screens and capacitive switches
 - Provides a precise resolution time measurement for both flow measurement and simple temperature sensing
- Two Enhanced USART modules:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN/J2602
 - Auto-Wake-up on Start bit
- Auto-Baud Detect

ANEXO F. HOJA DE ESPECIFICACIONES MODEM SKYPATROL TT8540

evolution SERIES

Skypatrol Evolution GSM/GPRS MLU Product Specifications

skypatrol™

System Requirements		Application Interface	
Interface:	Serial – Host D5UB 9 connector	Host Protocols:	PPP, AT Commands, UDP, TCP/IP
L x W x H:	4.0 x 5.0 x 1.6 in	Internal Protocols:	UDP, TCP/IP (future release)
Housing:	One Piece, seamless Aluminum Extrusion	API Control/Status:	AT or UDP
TX Power:	Class 4 (2W @850/900 MHz) Class 1 (1W @1800/1900 MHz)	Friend's IP Feature	
Slot Class:	MS10(4RX/2TX, 5 MAX)	Auto-Registration software upon power-up	
		Over the air commands for:	
		- I/O Control	- Status Change Reporting
		- GPS TX Interval	- GPS Content
		- Binary Reporting	- Event Reporting
		- Timed Reporting	- Distance Reporting
		- Alarm Reporting	- Geo-Fencing
Band Operation		SIM CARD / INTERFACE / I/O	
TT8540 (850/900/1800/1900)		- SMA Antenna Connector for 3.3 Vdc GPS 3.3	
		- External SIM accessible via end cap	
		- Audio connection	
		- TNC Antenna Connector for GSM	
		- 3 Pin I/O – 2 Input, 1 Output	
		3 LED Status indicators	
		1 Ignition Sense	
		- 1 Audio Input/Output	
GPRS Packet Data		Environment	
Mode:	Class B, Multislot 10 Certified	Operating:	-30°C to +70°C
Protocol:	GPRS Release 97, SMG 31	Spec. Compliant:	-20°C to +60°C
Coding Schemes:	CS1 – CS4	Storage:	-40°C to +85°C
Packet Channel:	PBCH/PCCCH	Humidity:	Up to 95% non-condensing
GSM Functionality		Status Indicator	
Voice:	Full Rate, Enhanced full rate and half rate, AMR (TT8540)	POWER ON	
CS Data:	Asynchronous, transparent and non transparent up to 9.6 KB	- Registration Status	
GSM SMS:	Text, PDU, MO/MT Cell broadcast	- GPS Status	
		- User Defined	
Certification (Pending)		Power	
TT8540		DC Voltage:	9 – 30 V
FCC: Part 15.22,&24	Part 15	TT8540 @ 12V	Avg
GCF: Version 3.11.0	Version 3.5.1	BAND MODE (mA)	Peak
PTCRB: Version 2.9.1	Version 2.7.2	GSM 850& 1TX/1RX	390
Industry Canada	Industry Canada	900 1RX	180
RTTE	RTTE	Idle	65
		GSM 1800& 1TX/1RX	400
		1900 1RX	190
		Idle	55
GPS Functionality		Part Number	
- SMA Antenna Connector for GPS		TT8540	850/900/1800/1900
- Supports 3.3V Active Antenna			
- GPS Protocols: NMEA, TAIP, Skypatrol binary			
- Stored GPS Messages Feature			

TT8540AN9003 (1.00a) - Copyright 2005, Skypatrol, LLC.
Confidential and Proprietary Information - Do not duplicate without express permission from Skypatrol, LLC

ANEXO G. INTERFAZ GRAFICA DE LA APLICACIÓN DE USUARIO FINAL VERSIÓN DEMO

Aplicacion Demo de Usuario

Importar de Base de Datos



Variable	Valor	Unidad
Instantaneous Fuel Economy	4,031	Km/gal
Fuel Rate (Instantaneous)	23,45	gal/h
Trip Distance	245,78	Km
Engine Coolant Temperature	4,5	°C
Trip Fuel	65,89	gal
Road Speed	65,3	Km/h

INTERFAZ_GPRS

Trip Fuel: Combustible consumido durante toda o una jornada de viaje.

Aplicacion Demo de Usuario

Importar de Base de Datos



Variable	Valor	Unidad
Instantaneous Fuel Economy	4,031	Km/gal
Fuel Rate (Instantaneous)	23,45	gal/h
Trip Distance	245,78	Km
Engine Coolant Temperature	4,5	°C
Trip Fuel	65,89	gal
Road Speed	65,3	Km/h

INTERFAZ_GPRS

Road Speed: Indica la velocidad del vehiculo.

Aplicacion Demo de Usuario

Importar de Base de Datos



Variable	Valor	Unidad
Instantaneous Fuel Economy	4,031	Km/gal
Fuel Rate (Instantaneous)	23,45	gal/h
Trip Distance	245,78	Km
Engine Coolant Temperature	4,5	°C
Trip Fuel	65,89	gal
Road Speed	65,3	Km/h

INTERFAZ_GPRS

Engine Coolant Temperature: La temperatura del liquido del sistema de refrigeracion del motor.

Aplicacion Demo de Usuario

Importar de Base de Datos



Variable	Valor	Unidad
Instantaneous Fuel Economy	4,031	Km/gal
Fuel Rate (Instantaneous)	23,45	gal/h
Trip Distance	245,78	Km
Engine Coolant Temperature	4,5	°C
Trip Fuel	65,89	gal
Road Speed	65,3	Km/h

INTERFAZ_GPRS

Fuel Rate (Instantaneous): Cantidad de combustible consumido por unidad de tiempo.

Aplicacion Demo de Usuario

Importar de Base de Datos



Variable	Valor	Unidad
Instantaneous Fuel Economy	4,031	Km/gal
Fuel Rate (Instantaneous)	23,45	gal/h
Trip Distance	245,78	Km
Engine Coolant Temperature	4,5	°C
Trip Fuel	65,89	gal
Road Speed	65,3	Km/h

INTERFAZ_GPRS

Instantaneous Fuel Economy: Ahorro de combustible a la velocidad actual.

Aplicacion Demo de Usuario

Importar de Base de Datos



Variable	Valor	Unidad
Instantaneous Fuel Economy	4,031	Km/gal
Fuel Rate (Instantaneous)	23,45	gal/h
Trip Distance	245,78	Km
Engine Coolant Temperature	4,5	°C
Trip Fuel	65,89	gal
Road Speed	65,3	Km/h

INTERFAZ_GPRS

Trip Distance: Distancia viajada durante toda o una jornada de viaje.

ANEXO H. PRIMER INFORME BIMESTRAL

Según el cronograma de actividades del proyecto en los dos primeros meses de realización se lleva a cabo el estudio de las especificaciones eléctricas, requerimientos de hardware y protocolo de comunicación de la unidad de control electrónica (ECU) y el estudio de la transmisión inalámbrica de datos vía GPRS.

El primer estudio empezó con la documentación de los estándares que se emplean en el manejo de las unidades de control electrónica en vehículos de carga pesada, en nuestro caso los vehículos denominados “tractomulas”. Los estándares se obtuvieron de la *SAE Internacional (Sociedad de Ingenieros Automotrices)*, organización profesional de ingenieros de la industria automotriz, aeroespacial y vehículos comerciales, destinada al desarrollo de estándares, normas y estudios de toda clase de vehículos a motor, ya sean carros, camiones, barcos, aviones, etc. Los estándares utilizados en nuestro estudio son “*SAE J1708 - Serial data communications between microcomputer systems in heavy-duty vehicle applications*” (*SAE J1708 - Comunicación serial de datos entre sistemas de microcomputadores en aplicaciones de vehículos de carga pesada*) y “*SAE J1587 - Electronic Data Interchange Between Microcomputer Systems in Heavy-Duty Vehicle Applications*” (*SAE J1587 – Intercambio electrónico de datos entre sistemas de microcomputadores en aplicaciones de vehículos de carga pesada*). Basados en estos documentos se obtuvo el conocimiento necesario para realizar las primeras pruebas de comunicación con la unidad de control electrónica (ECU) de una tractomula, a las cuales se tuvo total acceso y permiso de ENLINEA LTDA. Esta primera comunicación se realiza con la ayuda de un computador y el puerto serial, una interfaz electrónica estándar del SAE J1708 y un cable *9-pin Deutsch connector*. La información recibida en el computador proveniente de la ECU viene expresada en datos con formato hexadecimal los cuales se interpretan con la ayuda del documento SAE J1587. Las tractomulas utilizadas en las primeras pruebas son modelos 2009 y 2010, pero sus unidades de control electrónica solo manejan el motor del vehículo, estas tractomulas no tienen control electrónico de demás subsistemas como la transmisión, el sistema de frenos, la suspensión, etc.

Cumpliendo las fechas estipuladas en el cronograma de actividades se realizó todas las pruebas en las tractomulas y mejoras necesarias en la comunicación que permitió determinar la información que la unidad de control electrónica puede suministrar, así como los componentes electrónicos y conectores necesarios y el protocolo de comunicación; con estos tres factores definidos se cumple el primer objetivo específico del proyecto --Realizar el estudio de las especificaciones de Hardware y Protocolo de comunicación de la ECU en vehículos de carga pesada—y se procede a la siguiente etapa del proyecto, el estudio de la transmisión inalámbrica de datos.

La empresa ENLINEA LTDA. brinda el servicio de monitoreo satelital a vehículos de carga pesada, a los cuales se les instala un modem GPRS/GPS que utiliza la red GSM y la tecnología GPRS para transmitir paquetes de datos que contienen información de la posición y velocidad del vehículo gracias al sistema GPS del equipo; dicha información es recibida en un servidor principal y almacenada en una base de datos para su posterior análisis e interpretación. Para la transmisión de los paquetes de datos el modem requiere una *SIM Card* con plan de datos de cualquier operador de telefonía móvil, ENLINEA LTDA. tiene convenios con Movistar y Comcel. El modem escogido para el estudio de la transmisión de datos fue el modem de marca Skypatrol Evolution Series TT8540 el cual trabaja con una *SIM Card* de datos de la compañía Movistar. Este modem tiene un puerto serial que permite su programación conectándolo al puerto serial del computador y utilizando el protocolo RS-232. Después de un proceso de documentación de los manuales de usuario y programación del modem se obtiene el conocimiento necesario para transmitir datos hacia un computador remoto; el sistema de transmisión se conoce como GPRS PAD (Packet Assembler/Dissassembler), este sistema crea paquetes de datos de la información que llega a las líneas del puerto serial del modem y los transmite al concertarse a la red GPRS conociendo la dirección IP y un puerto del computador remoto el cual puede recibir los paquetes de datos en protocolo UDP y TCP. Al conocer teóricamente el proceso de transmisión de datos inalámbrica con el modem Skypatrol, se realizó las primeras pruebas de transmisión, para las cuales fue necesario cumplir ciertos pasos; lo primero es la programación del modem con la configuración PAD, segundo es la instalación del modem con su respectiva *SIM Card* y antenas GPS/GPRS, tercero es la fabricación de un conector para acceder a las líneas de transmisión y recepción del puerto serial del modem, cuarto es la programación de un socket para recibir y enviar mensajes UDP/TCP en un computador remoto con la ayuda del software Visual Studio 2008; quinto es establecer y garantizar la conexión PAD, sexto es utilizar un computador adicional conectado al modem por el puerto serial y el programa Hyperterminal para permitir el envío y recepción de información hacia y desde el modem, y por último es transmitir datos en ambos sentidos, del modem al computador remoto y viceversa. Las diferentes pruebas realizadas fueron exitosas y ajustadas al cronograma de actividades y tiempos del proyecto; es así como se da cumplimiento al segundo objetivo específico del mismo -- Realizar el estudio de transmisión inalámbrica de datos GPRS— y se forjan bases sólidas para la continuación de las demás etapa y el cumplimiento de los demás objetivos específicos y el objetivo general.

REGISTRO FOTOGRAFICO



Etapas de Documentación de las primeras dos etapas del proyecto - Instalaciones de ENLINEA LTDA en la ciudad de Ipiales



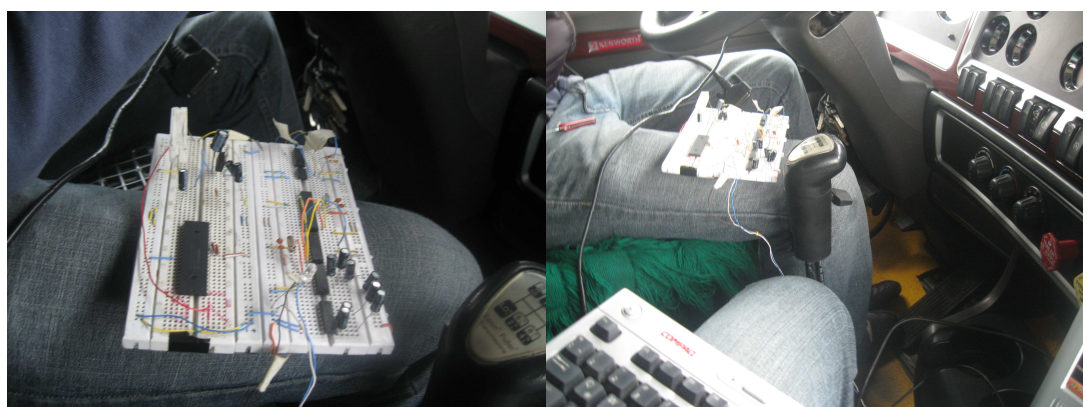
Modem Skypatrol Evolution Series TT8540, utilizado para el estudio de la transmisión inalámbrica de datos vía GPRS.



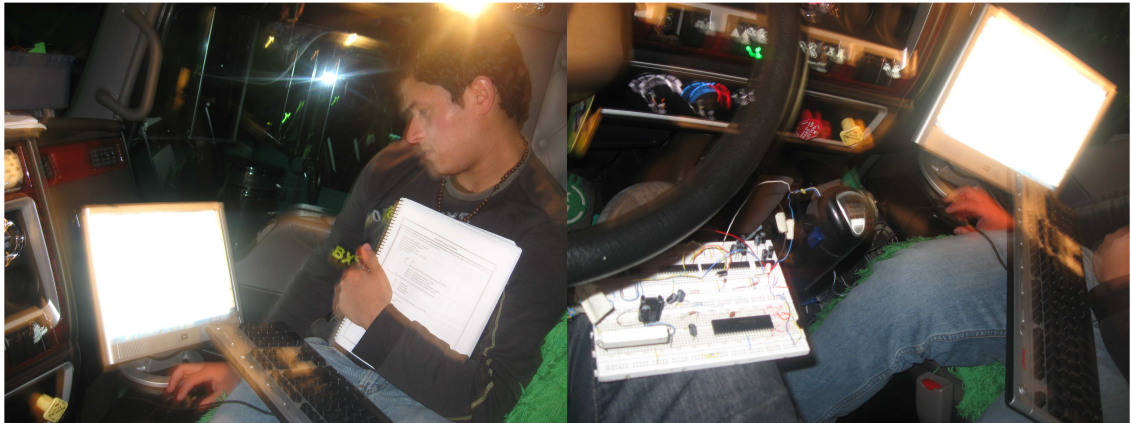
9-pin Deutsch connector – Utilizado para conectarse a la ECU de las tractomulas



Diversas tractomulas donde se realizaron las pruebas del primer estudio - Parqueadero TransComerinter Ipiales



Circuito Electrónico en protoboard de interfaz entre la ECU y un computador de escritorio.



Pruebas realizadas en una tractomula en las horas de la noche



Análisis e Interpretación de la información adquirida en el estudio de la ECU.

ANEXO I. SEGUNDO INFORME BIMESTRAL

El segundo bimestre en la ejecución del proyecto se destina al cumplimiento de dos objetivos específicos; elaboración de interfaz de comunicación alámbrica entre unidad de control electrónica (ECU) y PC, y transmisión de datos vía modem GPRS entre ECU y PC.

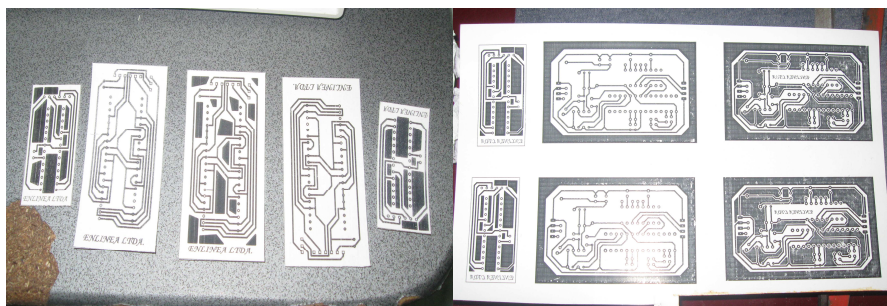
Al haber culminado con éxito las etapas de estudios tanto de las especificaciones de Hardware y Protocolo de comunicación de la ECU como de la transmisión inalámbrica de datos GPRS, se establecen bases sólidas que fortalecen el desarrollo total del proyecto. Las siguientes actividades a ejecutar permitirán poner en práctica los resultados y conclusiones obtenidos de los estudios ya realizados.

El primer estudio finalizó con las primeras pruebas de comunicación entre la ECU y el puerto serial de un PC, donde únicamente se recibían datos provenientes de la ECU con la ayuda de la aplicación *Hyperterminal*. Paso siguiente se desarrolló un programa de aplicación en Visual Studio Express 2008 destinado al almacenar dichos datos y permitir el envío de datos a la ECU. Al evaluar la eficiencia de la aplicación se concentró en las mejoras de la interfaz-hardware de comunicación. A grandes rasgos la interfaz se compone de una etapa de regulación, un microcontrolador, un transceiver de comunicación microcontrolador-ECU, un transceiver de comunicación microcontrolador-PC, un conector interfaz-ECU, un conector interfaz-PC y un chasis de protección. Se diseñó y realizó la tarjeta del circuito impreso y se ubicó en el chasis de protección. Posteriormente se procedió a realizar las pruebas finales de funcionamiento de la tarjeta en una tractomula con autorización de ENLINEA LTDA. Para las pruebas se empleó un computador portátil y nuestro software desarrollado, la información se enviaba y recibía mediante el puerto USB. Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios y confirmaron el buen funcionamiento de la tarjeta. En la actualidad el software de aplicación está siendo mejorado en su etapa final de aplicación para el usuario.

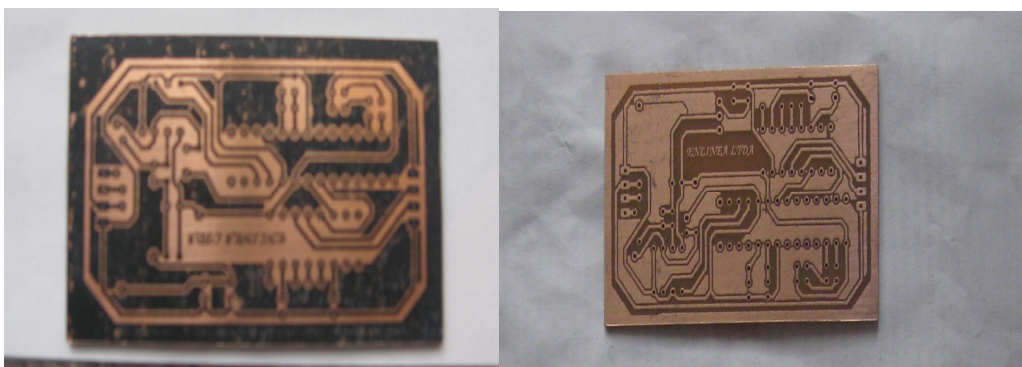
Con el desarrollo e implementación del hardware de comunicación y las primeras etapas del software de aplicación hay elementos necesarios para iniciar las actividades y tareas que lleven a lograr el objetivo de establecer la transmisión de datos vía modem GPRS entre la ECU y la central de monitoreo. Con el estudio de la transmisión inalámbrica de datos realizado en el primer bimestre de desarrollo del proyecto se concluyó que el modem GPS/GPRS Skypatrol Evolución Series TT8540 es capaz de transmitir inalámbricamente mediante GPRS/PAD paquetes de datos a un computador-servidor ubicado en la central de monitoreo. El siguiente paso a realizar fue acondicionar la interfaz-hardware ya desarrollada para conectarla al modem Skypatrol y así la información que llegaba a un PC mediante conexión USB ahora llegue inalámbricamente, en si lo único que cambia en el hardware es un conector adicional entre la tarjeta y el modem, el cual esta respectivamente programado y acondicionado con sus antenas GPS y GPRS y una *Sim Card* de datos de la compañía Movistar. Con respecto al software de

recepción y envío de datos se desarrollo de igual manera en Visual Studio Express 2008, la aplicación desarrollada se conoce como *Socket TCP*, ya que la información que envía y recibe el modem mediante GPRS/PAD utiliza el protocolo TCP, por tanto el servidor debe contar con una aplicación que entienda el mismo protocolo de comunicación. Con el hardware y software necesarios se dispuso a realizar las pruebas respectivas, con la autorización de ENLINEA LTDA. se accedió a una tractomula y después de instalar correctamente la tarjeta, los conectores y el modem se procedió a acceder al bus de datos de la ECU desde el servidor de la central de monitoreo. Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios, ratificaron el correcto funcionamiento de la tarjeta, demostraron la compatibilidad con el modem Skypatrol y de la transmisión inalámbrica de datos vía GPRS. En la actualidad la interfaz se encuentra instalada en una tractomula para permitir el acceso a la información de la misma buscando optimizar el enlace de comunicación y el software de aplicación.

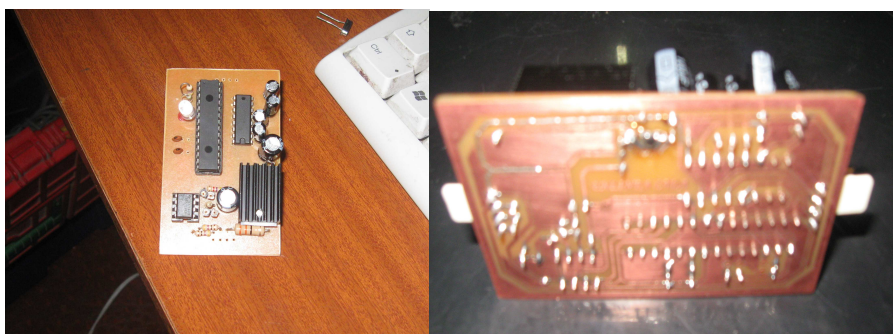
REGISTRO FOTOGRAFICO



Impresión diseños circuito impreso en papel termotransferible



Tarjetas del circuito electrónico en pertinax



Diseño final del circuito electrónico en la tarjeta de pertinax.



Tarjeta con chasis de protección.



Pruebas con la interfaz-hardware en una tractomula.



Tractomulas donde se realizaron las pruebas de la interfaz-hardware y la transmisión vía modem GPRS.



Instilación de la interfaz-hardware detrás del panel principal de la tractomula.



Análisis y manejo de la información recibida en la central de monitoreo.