



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ESTUDIO DE UN SISTEMA DE RECOPIACION DE DATOS
(CAJA NEGRA) PARA BUSES INTERPROVINCIALES

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Autor

Juan Carlos Andrade Muñoz

Director de tesis

Pedro José Crespo Vintimilla

Cuenca – Ecuador

2012

Dedicatoria.

A mi hijo Juan Sebastián y a mi
esposa Andrea

Por el amor y apoyo incondicional
en todo este proceso.

Agradecimiento.

Mi más grande agradecimiento a mi director de tesis Ing. Pedro Crespo Vintimilla que con tan buena voluntad se hizo cargo de mi proyecto y que gracias a su guía fue posible la culminación del mismo.

A todos los profesores y amigos de la Universidad de Azuay que a lo largo de estos años he tenido el privilegio de conocer y de los cuales me llevo el mejor de los recuerdos y los mejores consejos para mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice de contenidos	iii
Resumen	vi
Abstract	vii
Introducción.....	1

CAPÍTULO 1: TEORÍA SOBRE CAJAS NEGRAS

1.1 Introducción a las “cajas negras”.....	2
1.2 Experiencias y resultados	6
1.3 Estudio en un bus estándar.....	8

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA

2.1 Observaciones y selección del sistema más viable	9
2.2 Componentes y Funcionamiento del Sistema.....	10
2.2.1 Sensores de freno y acelerador.....	10
2.2.2 Sensores de dirección.....	11
2.2.3 Sensores para puertas.....	11
2.2.4 Módulo de Posicionamiento global (Global PositioningSystem).....	12
2.2.5 Cámaras de vigilancia.....	13
2.2.6 Modulo de adquisición de señales.....	14
2.2.7 Software de monitoreo y adquisición de datos.....	15
2.3 Diagrama de Componentes en el vehículo	18

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS

3.1 Cuadro de Costos.....	26
3.2 Análisis de Costos.....	26
3.3 Costo Beneficio.....	27
Conclusiones.....	27
Recomendaciones.....	29
Bibliografía.....	30

ANEXOS.

Anexo 1. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 043:2010.....	32
----------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fdr (grabador de datos de vuelo).....	4
Figura 2. Cvr (cabinvoice recorder).....	5
Figura 3. Caja negra car angel bbx1.....	7
Figura 4. Esquema de una caja negra.....	10
Figura 5. Esquema de un potenciómetro acoplado a un pedal.....	11
Figura 6. Sensor para dirección.....	12
Figura 7. Sensor para puertas.....	12
Figura 8. Sistema de posicionamiento global GPS.....	14
Figura 9. Cámara de vigilancia.....	15
Figura 10. Módulo de recopilación de datos FPGA.....	15
Figura 11. Lab View grafico de referencia.....	16
Figura 12. Esquema de componentes a ser instalados Altium software.....	18
Figura 13. Cuadro de control para analizar módulos de adquisición de datos y su firmware, software Labview.....	19
Figura 14. Esquema de partes y su ubicación en el autobús.....	20
Figura 15. Vista Lateral caja negra.....	21
Figura 16. Modelado de la Unidad de recopilación de datos “caja negra”.....	21
Figura 17. Modelado de la “caja negra” con sus partes principales.....	22
Figura 18. Vista posterior “caja negra”.....	22
Figura 19. Vista interna “caja negra”.....	23
Figura 20. Vista detalle de seguridad “caja negra”.....	23
Figura 21. Posición sugerida de dispositivo en el autobús.....	24

Andrade Muñoz
23/11/12

RESUMEN

ESTUDIO DE UN SISTEMA DE RECOPIACION DE DATOS "CAJA NEGRA" PARA BUSES INTERPROVINCIALES.

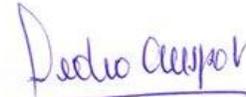
En este trabajo se realizó un estudio de un sistema de recopilación de datos "caja negra" para buses interprovinciales. El estudio se basó en la adaptación de un sistema ya probado en la industria aeronáutica para determinar accidentes aéreos comúnmente llamada "caja negra". Se creó la necesidad de este estudio por la creciente accidentabilidad de buses interprovinciales y para determinar las causas reales de los mismos, se realizó la selección del software más idóneo y conocido en el mercado como el Lab View, la selección de los periféricos para su monitoreo, modelado digital del prototipo y costos del sistema. Como resultado final se encontró que el proyecto es confiable y con el debido apoyo de las instituciones estatales es ejecutable.

Palabras Clave: Caja Negra, Lab View, FPGA, Recopilación de Datos, Accidentabilidad.



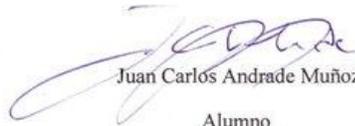
Ing. Hernán Viteri C.

Junta Académica.



Ing. Pedro Crespo V.

Director de tesis.



Juan Carlos Andrade Muñoz

Alumno

uenebles

*Comunicado
23/1/12*

ABSTRACT

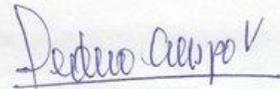
**STUDY OF A SYSTEM TO COLLECT "BLACK BOX" DATA
FOR INTER PROVINCIAL BUSES**

A study of a system to collect "black box" data for inter provincial buses was carried out during this project. The study was based on the adaptation of a system, commonly known as "black box", which has already been employed in the aeronautics industry to investigate accidents. The growing number of bus accidents created the need for this study, since it is necessary to determine their factual causes. The most suitable known software in the market, like Lab View, was selected as well as the peripherals for monitoring, digital modeling prototype, and the costs of the system. The final result of this study shows that the project is reliable and executable with the support of governmental institutions.

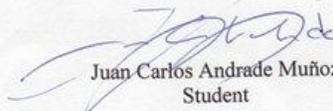
Key Words: Black Box, Lab View, FPGA, Data collection, Accident rates.



Ing. Hernán Viteri C.
Academic Board



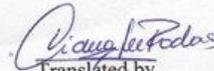
Ing. Pedro Crespo V.
Thesis Director



Juan Carlos Andrade Muñoz
Student



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

Juan Carlos Andrade Muñoz

Trabajo de Graduación

Ing. Pedro José Crespo Vintimilla

Noviembre de 2012

**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE RECOPIACIÓN DE DATOS (CAJA
NEGRA) PARA BUSES INTERPROVINCIALES.**

INTRODUCCIÓN

El creciente número de accidentes de tránsito en el Ecuador por parte de los choferes de buses interprovinciales hace necesario el monitoreo y control de sus unidades para de esta manera intentar reducir los accidentes de tránsito.

Al ser un servicio público es deber de los organismos de control tener leyes y mecanismos más eficaces para determinar las causas reales de los accidentes de tránsito en el país. Se ha realizado un programa con el cual se podrá realizar un monitoreo constante de las unidades de transporte, los datos se almacenan en una unidad recopiladora de datos construida con materiales robustos, los cuales resguardaran toda la información recopilada en dicha unidad con la finalidad de tener datos reales de lo que sucede al interior de un autobús y de esta manera poder determinar las causas de un accidente de tránsito y trazar el punto de partida hacia una transportación más segura.

CAPITULO 1

TEORIA SOBRE CAJAS NEGRAS

1.1 INTRODUCCION A LAS “CAJAS NEGRAS”

Los recopiladores de datos o comúnmente llamados “cajas negras” tienen ya más de medio siglo de vigencia, debido a un hecho trascendental en la historia de la aviación.

En el inicio de la década del 50. La aviación comercial cambio la propulsión de sus aeronaves, entrando así, a la era del jet en la aviación.

El primer avión comercial a reacción en entrar en funcionamiento fue de De Havilland¹ DH106 Comet, con lo cual se mejoraba notablemente los tiempos de viaje, se volaba a mayor altura, y era más económico para las aerolíneas y por lo tanto el costo de los pasajes.

El primer accidente se produjo el 26 de octubre de 1952, cuando el Comet 1 G-ALYZ llevó a cabo un despegue desafortunado en Roma y se averió irreparablemente, si bien la tripulación y sus 42 pasajeros salieron sanos y salvos. El 3 de mayo de 1953 le sucedió algo parecido al CF-CUN de CPA mientras despegaba a peso máximo desde el aeropuerto de Karachi (Pakistán). Esta vez, sin embargo, murieron todas las personas que iban a bordo. Se determinó que se había intentado el despegue sin alcanzar la adecuada velocidad provocando que el avión discurriese por la pista con el ala en pérdida, y a que la excesiva resistencia dificultó la aceleración y que todo el ángulo de incidencia de la toma de aire redujera el empuje. Todo ello se solventó modificando el borde de ataque alar y dictando nuevas normas a fin de que no se intentase el despegue hasta conseguir la necesaria velocidad de rotación.

Deficiencias de diseño

La mayor gravedad revistió la destrucción en pleno vuelo del G-ALYV mientras despegaba de la ciudad de Calcuta (India) el 2 de mayo de 1953, día que se celebraba el primer aniversario de las operaciones de BOAC con el Comet.

1. De Havilland fabrica de aviones comerciales.

Dos siniestros similares ocurridos el 10 de enero y el 8 de abril de 1954 en el Mediterráneo por causas no establecidas obligaron a que toda la flota de Comet quedara inmovilizada en tierra para ser investigada. Después de que en febrero de 1955 se recuperaran y analizaran fragmentos de los aviones siniestrados se encontró que, tal como se sospechaba, se trataba de la fatiga del metal. Después de numerosos ciclos de presurización-despresurización se comprobó que el delgado metal del fuselaje alrededor de las ventanas rectangulares y grandes del Comet comenzaba a agrietarse y finalmente causaba una descompresión explosiva de la cabina y falla estructural catastrófica. Nunca se conoció el porqué De Havilland utilizó aberturas rectangulares en el fuselaje del avión con mayor grado de presurización hasta la fecha. Durante unos cuantos meses, la totalidad del proyecto Comet quedó en una posición más que difícil. Se cancelaron todos los pedidos de exportación y se devolvieron a fábrica todos los Comet 1^a en servicio.

La primera caja negra data de 1956 inventada por el australiano Dr. David Warren tras una serie de fatídicos accidentes con el De Havilland DH106 Comet (primer avión comercial de reacción del mundo). El doctor Warren participó en las investigaciones sobre los siniestros acaecidos en 1954 ya que en los mismos no había sobrevivido ningún miembro de la tripulación. Muchos misterios rodeaban los accidentes y se le vino a la mente la idea de crear un dispositivo electrónico capaz de recopilar información. Así de esta manera se da inicio a la era de la “caja negra” la cual ha venido mejorando progresivamente hasta nuestros días. En caso de accidente, la caja negra ayudará a esclarecer las causas del accidente, así como posibles soluciones a los problemas que se detectaran gracias a los datos registrados. ¿Cómo puede una caja negra ayudarnos a conocer las causas de un siniestro? La caja negra registrará todos los datos del vuelo, así como funcionamiento y anomalías de los sistemas principales del avión y las grabaciones en cabina de los pilotos y ocupantes en ese momento (pues más de un accidente ha sido causada por alguna otra persona en cabina haciendo lo que no debía). Para todo ello, el sistema está compuesto por una CVR (Cabin Voice Recorder) encargada de grabar las voces y de la FDR (Flight Data Recorder) encargada de recopilar la información que crearán la llamada caja negra.



Figura 1.Fdr (grabador de datos de vuelo) fuente: NTSB febrero 2012.

La **FDR** funciona registrando entre 18 a más de 1000 parámetros de vuelo, dependiendo del avión. Estos son tales como velocidad, rumbo, altitud, parámetros del motor, estado del tren de aterrizaje, sistema hidráulico,...Para ello emplea un sistema eléctrico que consta de un sistema de plaquetas que detecta automáticamente la configuración de avión y procesan las señales que le llegan de los distintos sensores. La grabación de todo esto se hace de forma digital siguiendo la normativa ARINC para luego poder ser procesado por ordenador. Esta se almacena en una cinta de 118 metros de largo que mediante un motor de poleas graba en ambos sentidos. La FDR imprime la información en la cinta, que gracias al motor va avanzando y retrocediendo; así comprueba la exactitud de los datos grabados. Cuando llega al final, invierte el sentido y sobrescribe la cinta empezando de nuevo por el principio como si de un casete se tratase. En total, debe poder almacenar 25 horas seguidas de datos de vuelo.

Ahora, no obstante, en lugar de utilizar una cinta física, utilizan circuitos integrados y chips electrónicos dónde se almacena esta información.



Figura 2. Cvr (cabinvoicerecorder) fuente: NTSB febrero 2012

La **CVR** como hemos comentado antes, registra las conversaciones de los pilotos, así como el sonido ambiente de la cabina y las comunicaciones que se hacen a través de los micrófonos del avión. El ruido ambiente se capta mediante un micrófono situado normalmente en el panel superior (5veread) y entre ambos pilotos. Así pues se pueden captar las conversas entre pilotos, el ruido de los motores, advertencias que pueda dar el avión, así como otros ruidos como la extensión o retracción del tren de aterrizaje y otros clicks y pops que se puedan dar en cabina. Tan importante es esta información que las grabaciones de la CVR no pueden ser borradas a no ser que el avión esté en tierra, motores apagados y con el freno de estacionamiento puesto. Para grabarlo se utiliza una cinta magnetofónica que graba los 30 últimos minutos de conversación sin interrupción. Lo logra dado que la cinta pasa por tres cabezales: el de borrado para poder sobrescribir los datos, el de grabado y el de reproducción.

Actualmente, los aviones ya no poseen de una cinta magnetofónica y en su lugar utilizan una memoria flash y que registran 2 horas de grabación en cabina.

Se sitúan en la parte posterior del avión por ser según estadísticas, la parte menos dañada estructuralmente en accidentes aéreos. Fabricadas comúnmente de Titanio y recubiertas de un aislante especial, las características más importantes son que puede aguantar un impacto durante 6,5 milisegundos de 3600Gs Soporta 2600 kg sobre su estructura, soporta temperaturas de 1100° C, pueden sumergirse hasta 6000 metros de

profundidad en el agua, sin sufrir ningún tipo de daño durante 36 horas. Además todas ellas llevan un localizador de emergencia que trabaja a 37,5 KHz para su rápida localización y con una batería de 6 años de vida útil.

En un futuro, y según como recomienda la NTSB, se añadirán en las cabina cámaras que guardarán las imágenes para un uso parecido a las CVR y así tener otro punto de vista. Así mismo, se recomendará a las avionetas ligeras que no están obligadas a llevar Caja Negra a instalar un sistema de grabación de imágenes de cabina que monitoricen los instrumentos de navegación, así como los pilotos, sus voces, ruidos en cabina.

1.2 EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

La experiencia que nos ha dado el sistema a lo largo de estos más de 50 años de historia del dispositivo, se puede apreciar que la obligatoriedad del sistema en los vuelos comerciales ha logrado esclarecer el 100% de los accidentes que se han suscitado a lo largo de la historia de la aviación.

Cabe destacar también que si bien es cierto el dispositivo no ayuda a reducir los accidentes de aviación (el medio más seguro de transportación), el sistema ayuda a que dentro de la investigación del accidente se pueda hacer una recreación del accidente, para de esta manera, determinar las causas reales de los accidentes y de esta manera averiguar si la falla fue mecánica o humana.

El sistema de recopilación de datos (Caja Negra) por medio de todas sus variables de recopilación de datos ha podido mejorar cada vez más los sistemas de navegación, control, electrónica, y por ende han mejorado las técnicas de vuelo por parte de los pilotos ya que con el dispositivo de recopilación de datos una de las causas que se han podido determinar es que la falla humana también es un factor clave en los accidentes aéreos, por lo tanto, gracias al dispositivo se ha podido capacitar a los pilotos para que la accidentabilidad debido al factor humano sea prácticamente inexistente.

Lamentablemente no todos los accidentes de aviación se pueden resolver en algunos casos por las condiciones en las que el avión se accidenta y hace imposible recuperar la información de vuelo, en accidentes en los que el avión se estrella en el agua y por

la profundidad del agua se pierde el dispositivo de recopilación de datos con lo cual lo único que se pueden realizar, en estos casos, son hipótesis de lo sucedido.

Aplicaciones en la industria automotriz.

Debido al incremento de accidentes de tránsito la tendencia a nivel mundial, ha sido el estudio de algún sistema para recopilar datos y poder detallar los acontecimientos en torno a un accidente de tránsito.

Por el momento los sistemas de los que se conocen son nuevos y todavía no han tenido la trascendencia que deberían, a continuación se detallan los mismos:

Car Ángel BBX1

Este dispositivo es el más popular del momento, consiste en un módulo que se coloca en el parabrisas del vehículo para, de esta manera registrar los últimos segundos de un accidente de tránsito en que con un módulo de GPS se puede medir la aceleración y velocidad del mismo todo se almacena en una tarjeta SD, con lo cual se puede acceder a la información y colocar en un software propio del sistema el cual recrea los últimos momentos del accidente.

Este sistema es muy popular ya en Estados Unidos en lo que se refiere a flotas vehiculares ya que solo con la colocación del dispositivo los choferes son más cuidadosos y los accidentes se han reducido en un porcentaje considerable



Figura 3: Caja negra car angel bbx1 (fuente: www.naical.com febrero 2012)

Caja Negra para transporte escolar

En Bogotá (Colombia) a partir de un trágico accidente en el que murieron niños de una escuela de la capital colombiana en el año 2004, se realizó una legislación para que a partir de 2005 se implemente en todos los buses escolares una “caja negra”, con la cual se pueda registrar cuando el chofer exceda los 60 km/h, el dispositivo en cuestión puede grabar los excesos de velocidad y se los puede consultar ilimitadamente, la intención es tener pruebas de juicio para imponer fuertes multas y de esta manera hacer que los choferes de buses escolares se mantengan en los límites de velocidad establecidos.

Como observaciones generales de los sistemas que se mencionan, ambos utilizan software basado en datos de GPS para sacar conclusiones, se puede considerar que para analizar con profundidad un accidente o cualquier suceso que se de en un accidente de tránsito se debe obtener una telemetría, así como en las competencias de vehículos, se puede obtener todos los datos reales lo cual haría irrefutable cualquier objeción frente a los hechos.

1.3 ESTUDIO DE UN BUS ESTÁNDAR

El bus interprovincial que circula en nuestro país tiene un sinnúmero de marcas y proveedores de carrocerías lo cual para efectos prácticos de este proyecto se convertiría en una situación muy complicada el diseñar un sistema para cada tipo de chasis y carrocería, por lo tanto, lo que se decide es hacer el estudio de un sistema universal el cual puede ser adaptado a cualquier bus interprovincial con lo cual se puede realizar de una manera eficiente.

Todos los buses para transporte interprovincial están estandarizados por la norma técnica Ecuatoriana RTE INEN 043:2010 descrito en el **Anexo 1** de esta manera se puede diseñar un sistema el cual pueda ser acoplado a cualquier bus sin importar la marca.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA

2.1 OBSERVACIONES Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MÁS VIABLE.

La aplicación del sistema deseado, al ser un prototipo lo que se busca es captar las señales vitales del vehículo, adicional se quiere que el sistema elegido sea amigable con los peritos de investigación de accidentes de tránsito, sea inviolable y lo más importante de todo es que sea lo más resistente posible ya que de esta manera se garantiza la recolección de datos y el estudio de los mismos.

La colocación de los sensores tiene que ser en medida de lo posible en los mismos lugares, de esta manera se puede masificar la instalación de los mismos ya que así se puede hacer una instalación en serie, reducir los tiempos de instalación y garantizar que la colocación de los sensores sea la más óptima.

La resistencia del sistema es el tema central, ya que, de cierta manera este parámetro es el que ayudara a determinar la causa del accidente, el corazón del sistema recopilador de datos donde se guarda la información debe ser construido de materiales robustos para que la información se mantenga siempre intacta.

El mantenimiento del sistema tiene que ser muy sencillo pero también los componentes del mismo tienen que estar bien resguardados para evitar daño prematuro por el uso o manipulación malintencionada de los mismos.

Los sensores así como la instalación y el sistema recopilación de datos deben ser realizados con materiales de alta calidad para que el sistema tenga una larga duración y su costo se amortice a lo largo del funcionamiento.

Una vez revisado todas las observaciones para la selección del sistema mas optimo y sencillo para la adquisición de datos, se realiza la siguiente selección:

Se necesita un conjunto de sensores para medir: velocidad, posición de los pedales de acelerador y freno, sensor de peso vehicular, apertura y cierre de puertas, grabación de video, todo esto con fecha y hora reales. Todo esto se lo puede realizar con un circuito acondicionador de señales el cual rectifica todas las formas de señal y de esta

manera pueden ingresar a un módulo de adquisición de señales para de esta manera poder tomar los datos en un disco duro, el cual se conectara al software de control para determinar los sucesos en torno al accidente de tránsito.

El software para analizar las señales es el programa Lab View que es un sistema que es diseñado para la adquisición de datos en tiempo real, lo que nos ayuda a hacer de una manera más eficiente nuestro trabajo.

2.2 COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Los componentes que contiene el equipo son los siguientes:

Caja Negra (equipo recopilador de datos). Este equipo en particular es el corazón del sistema, ya que en él se va a recopilar toda la información del mismo, la estructura en particular tiene que ser construida de manera que sea prácticamente indestructible, ya que dentro de la misma se almacenara el modulo GPS y el disco duro que recopilara la información.

La unidad de recopilación de datos será colocada en la zona menos vulnerable del autobús y pintada de un color llamativo para, de esta manera poder identificar el dispositivo rápidamente, debe ser diseñado para que su montaje y desmontaje se lo pueda realizar rápidamente, y pueda ser fijado de una manera que sea prácticamente imposible que se desprenda o se caiga de la unidad.

El materiales con el que puede ser realizado es con acero estructural liviano, el mismo que se puede construir con perfiles “U” con los se realiza la armadura de acero.

El material que se puede incluir como aislante para agua y temperatura se puede utilizar poliestireno expandido, así como lana mineral para evitar la humedad, todo esto va reforzado con una espuma de poliuretano entre las dos capas ya que ayuda a reducir la humedad pero necesita un aislante térmico para su óptimo funcionamiento

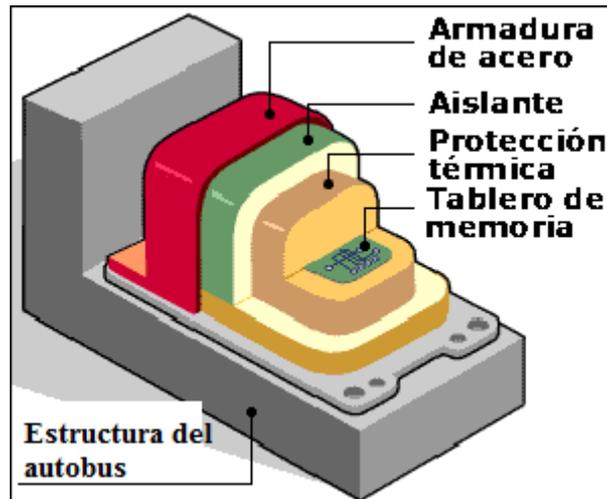


Figura4. Esquema de una caja negra Fuente:

(http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_1544000/1544369.stm abril 2012)

2.2.1 Sensores de frenos y acelerador

Estos consisten en potenciómetros regulables los cuales dan una lectura de voltaje, dando así un rango desde 0 hasta un voltaje determinado, con lo cual se puede leer en todo tiempo la posición de los mismos, similar a un sistema de acelerador de última generación en el que el TPS (throttle, position sensor), funciona sin cable y censa la señal con un potenciómetro de esta manera el vehículo acelera.

De la misma manera se quiere censar el pedal de freno ya que es vital para el sistema relacionar los dos pedales, pudiendo de esta manera realizar una deducción de la forma de manejo del vehículo.



Figura 5. Esquema de un potenciómetro acoplado a un pedal

Fuente@ <http://foros.3dgames.com.ar/3dg-racing.19/468268.agregar-pedal-embrague-al-momo.3.htm>
 abril 2012)

2.2.2 Sensor de dirección

El sensor de dirección, ya implementado en los vehículos modernos tiene una función particular de confort en los vehículos de turismo, utilizando esta tecnología lo que se busca es tener una manera de censar los movimientos del volante dentro del bus, de esta manera en todo momento se puede saber la posición del volante y todos los movimientos previos antes de un accidente.

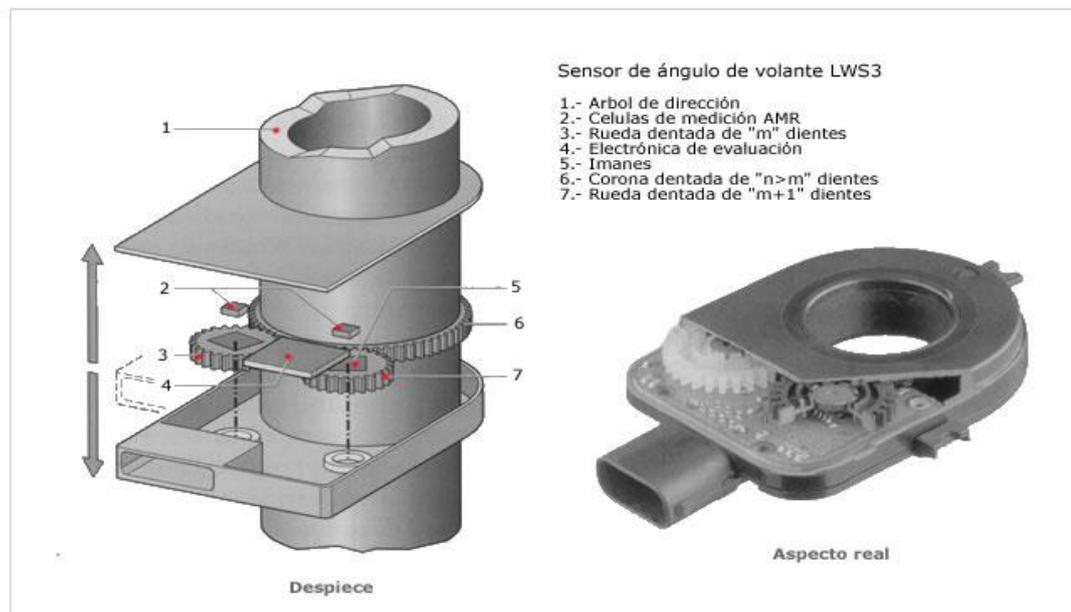


Figura 6. Sensor para dirección, Fuente: (<http://www.aficionadosalamecanica.com/sensores1-modelos.htm> mayo 2012)

2.2.3 Sensor para puertas

Este sensor económico y muy práctico puede determinar cuántas veces se abren y cierran las puertas de un bus, de esta manera se pueden controlar las paradas de bus, y si estas son permitidas, esto se puede conseguir instalando un microswitch o un fin carrera en el sistema neumático de apertura de puertas.



Figura 7. Sensor para puertas

Fuente  <http://www.dramstechnology.com.ar/uploads/imagenes/203DA-62B.JPG> febrero 2012)

2.2.4 Módulo de Posicionamiento global (Global Positioning System)

Este módulo es gracias al avance de la tecnología una gran ayuda ya que con el mismo se puede saber en todo momento la ubicación del bus, gracias a los otros sensores se puede determinar en que lugares de la ruta se detuvo y cuanto tiempo, la función primordial del mismo es determinar, si el vehículo se detuvo en las paradas autorizadas y de esta manera reducir al mínimo las irregularidades que por lo general, son muy difíciles de determinar. Adicional este sistema puede dar soporte a determinar la velocidad del vehículo, No se le puede determinar como una primera opción para censar la velocidad del vehículo ya que no es una telemetría pero puede considerarse como un dispositivo de respaldo.

Otra aplicación interesante del modulo GPS es la facilidad de tabular los siguientes datos:

- Monitorear el tiempo muerto
- Almacenar las horas de uso
- Medir la distancia recorrida
- Notificación de la entrada o salida de una región
- Alarma de uso no autorizado.

Con esto lo que se busca también es el control de tiempos para hacer mas productivas las unidades reduciendo los tiempos muertos, y cumpliendo los itinerarios.

El modulo posee un sistema de transmisión de datos bluetooth, con lo cual si el dueño de una cooperativa de buses desea realizar un control de unidades, fácilmente puede acceder a esta información con la transmisión de datos antes mencionada accediendo a lecturas de ubicación e itinerarios de cada unidad, de esta manera, se logra que el dueño o dueños de la cooperativa puedan regular los itinerarios de las unidades sin violentar o ingresar al modulo principal de recopilación de datos, ya que por obvias razones la información de la misma solo puede tener acceso el organismo que regulara esa información.

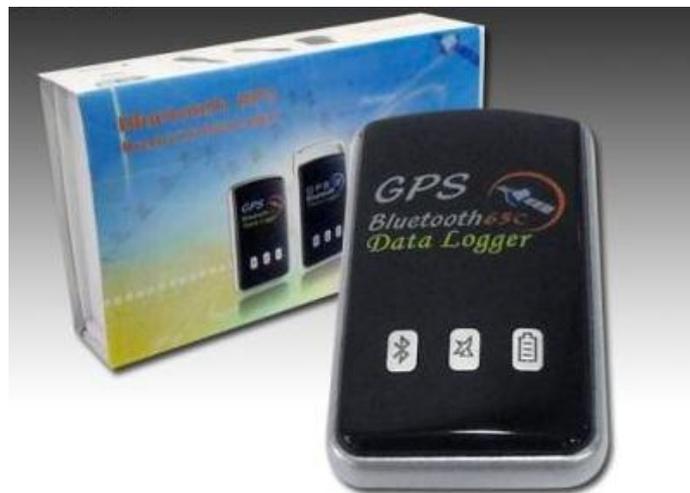


Figura 8. Sistema de posicionamiento global GPS, Fuente: (<http://www.solostocks.com/venta-productos/electronica/seguridad-defensa/alarmas/modulo-gps-compatible-con-equipos-multimedia-y-telefonos-5961008> marzo 2012)

2.2.5 Cámaras de vigilancia

Es quizá una de las funciones más interesantes ya que siempre debería acompañarse en lo posible una filmación para poder respaldar los datos de telemetría, esto es, de cierta manera una medida drástica para poder certificar los movimientos de la cabina de pasajeros y de la cabina del conductor.

El sistema debe poder realizar filmaciones en la cabina de manera discreta para seguridad de los pasajeros, una grabadora totalmente secreta se coloca en la cabina

del chofer del bus, esta cámara se maneja de forma clasificada, la filmación y el audio de esta cámara son totalmente clasificadas y solo podrían tener acceso exclusivo para su análisis los peritos de investigación de accidentes de tránsito.

Por esta razón el sistema tiene que tener un sustento jurídico ya que se maneja con sigilo, solo la información relevante podría ser expuesta. La finalidad del sistema además es el de brindar seguridad para los pasajeros en todo momento.



Figura 9. Cámara de vigilancia.

2.2.6 Módulo de adquisición de señales

Este módulo es el corazón del sistema ya que nos permite una recopilación total del sistema, el mismo que dispone de una configuración en la cual se puede obtener múltiples entradas como, temperatura, voltaje, presión, aceleración, etc.

El módulo del que se habla es un módulo F.P.G.A (Field Programmable Gate Array) la cual se usa en aplicaciones industriales, la ventaja principal de este módulo es que no depende de un computador lo cual para nuestros fines es óptimo, ya que almacena información y después se la revisa en la plataforma Lab View con lo cual se puede revisar los datos que se monitorearon.

El módulo estará colocado dentro de la caja negra para asegurar los datos.

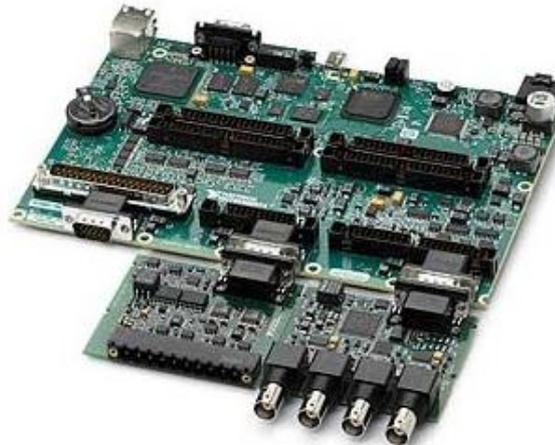


Figura 10. Módulo de recopilación de datos FPGA (fuente:<http://fpgablog.com/posts/ni-single-board-rio-embedded-systems/> abril2012).

2.2.7 Software de monitoreo y adquisición de datos

Como ya se había mencionado anteriormente la plataforma que se utilizará es el software Lab View (Laboratory Virtual InstrumentEngineeringWorkbench) es un lenguaje de programación gráfico (lenguaje G), para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control.

LabView es a la vez compatible con otras herramientas de programación de distintos lenguajes por el puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab o C.

Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

Este programa también permite encriptar la información de esta manera la misma es inviolable y no puede ser modificada bajo ningún concepto con esto se quiere lograr que todo el proceso sea ante todo transparente con lo cual esta herramienta de análisis se pueda convertir en una prueba contundente, ya que solo así podría ser utilizada como prueba en el caso de un juzgamiento de accidente de tránsito.

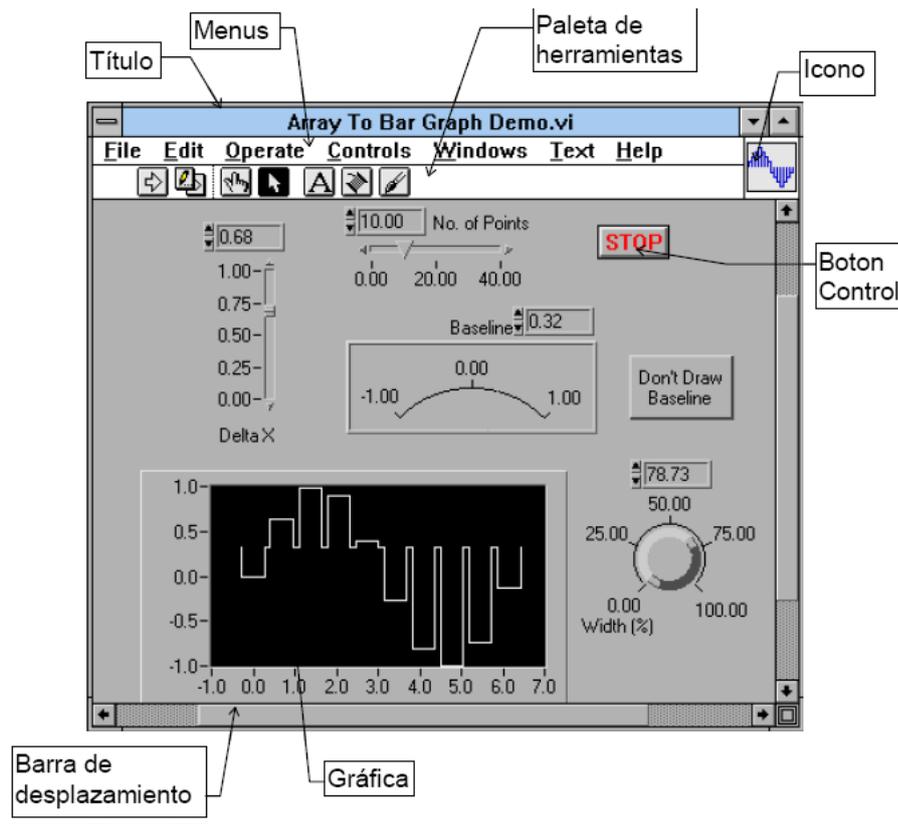


Figura 11 Lab View grafico de referencia.

El funcionamiento completo del sistema seria el siguiente:

En el caso de que ocurra el accidente de tránsito, la celda de seguridad en donde se encuentra el disco que almacena los datos debe ser retirada de la unidad y llevada al centro de investigación de accidentes de tránsito o a la institución que se encargue del estudio de los mismos.

Mediante la plataforma de Lab View se corre el archivo, donde se encuentra la grabación de telemetría en la cual se puede observar los datos de posición de acelerador, posición de pedal de freno, ángulo de dirección de volante, control de puertas, adicional se tiene un archivo de audio/video y el archivo de posicionamiento del GPS con el que se puede medir la velocidad, además con el software que dispone el GPS puede determinar los lugares en donde se detuvo la unidad y la ruta seguida ya que existen mapas de carreteras a nivel nacional. Todos los datos de telemetría están en función de voltaje/tiempo con lo cual se puede revisar minuto a minuto ver la secuencia de los hechos, con lo cual se puede determinar cuáles fueron las causas reales del accidentes, si fue una falla mecánica, falla humana, además de todos los

factores internos y externos que podrían desencadenar un accidente como, bloqueos en la vía, intento de robos o malas maniobras de otros vehículos, la unidad de recopilación de datos debería constituir en una herramienta de gran ayuda, lo que debería ayudar a que la reconstrucción de los sucesos que desencadenaron en el accidente de tránsito puedan ser irrefutables y de esta manera agilizar cualquier trámite judicial o de indemnización.

Podría ser también de gran ayuda para las compañías de seguros ya que ayudaría a que se agilicen los tramites de reembolsos o de objeciones.

Como consideraciones adicionales, se debe tener en cuenta que todo sistema no es 100% fiable, condiciones como clima anormal o violencia extrema de un accidente podrían inutilizar el sistema por lo que se intentara siempre reforzar los sistemas acorde los avances de la tecnología.

2.3 DIAGRAMAS DE COMPONENTES EN EL VEHÍCULO

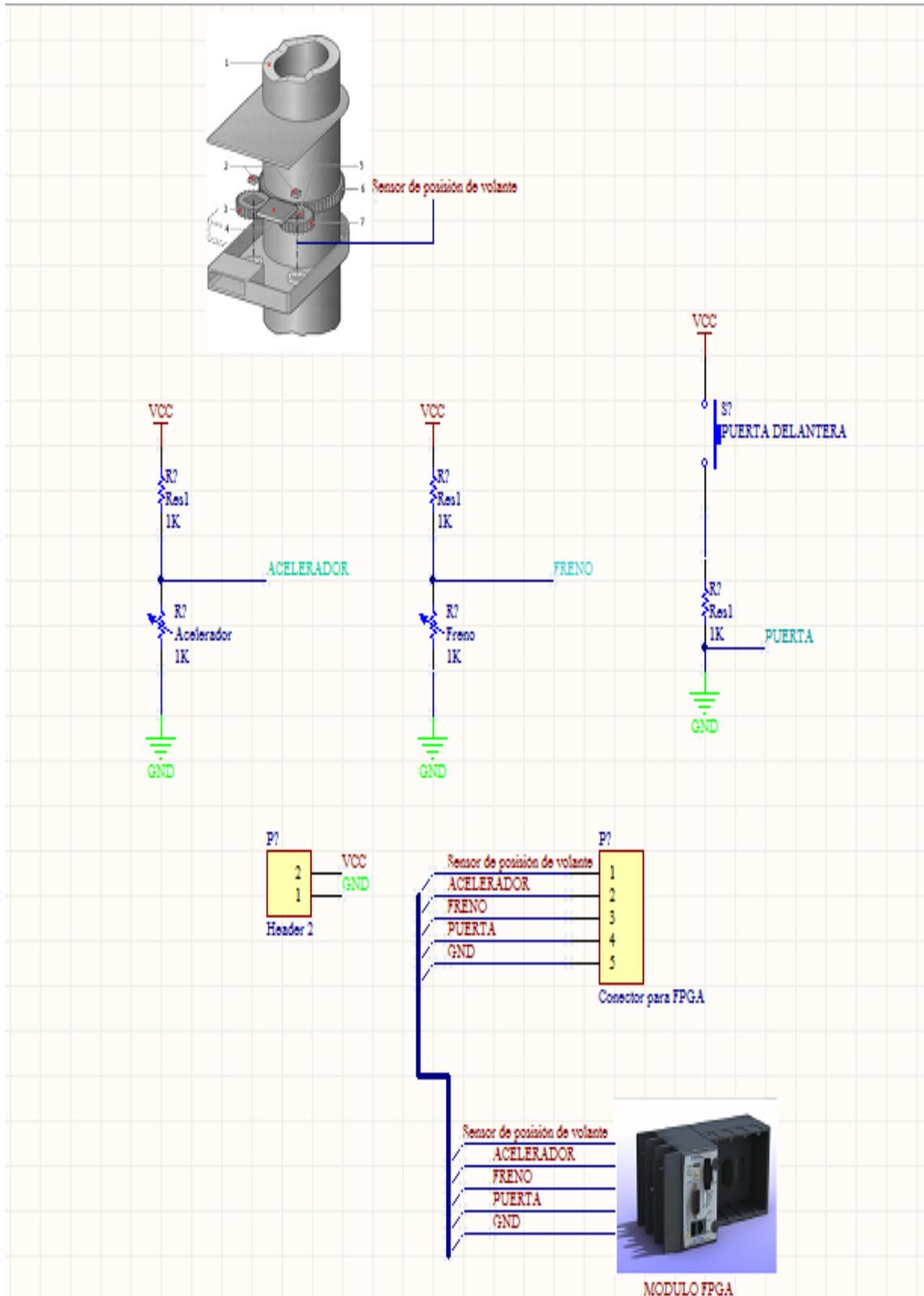


Figura 12. Esquema de componentes a ser instalados Altium software.

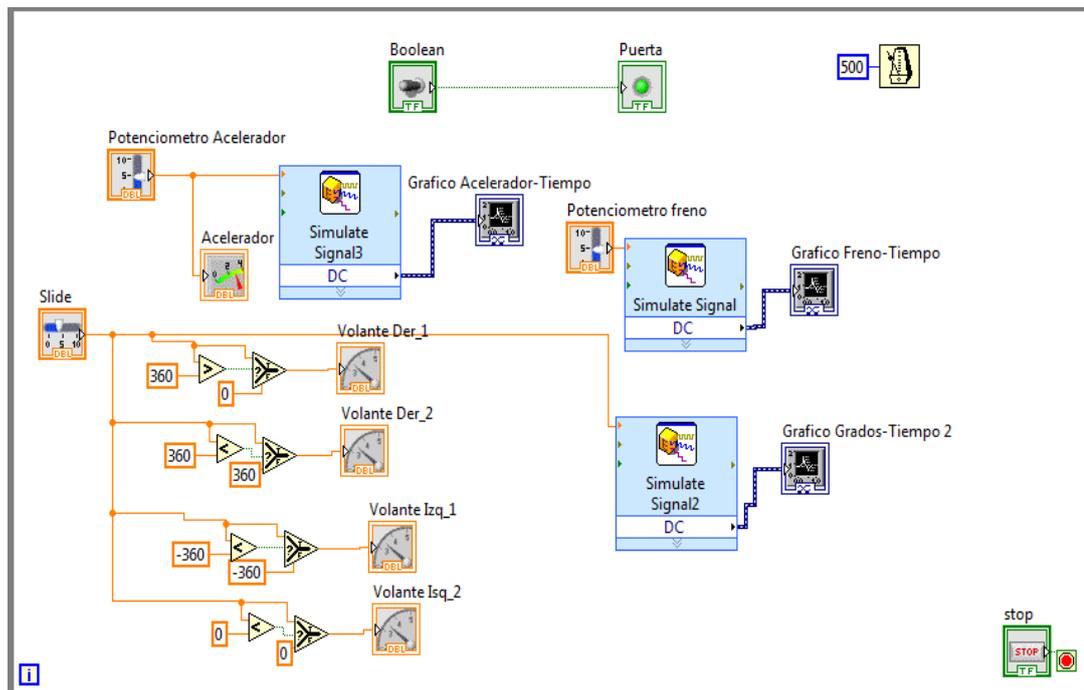
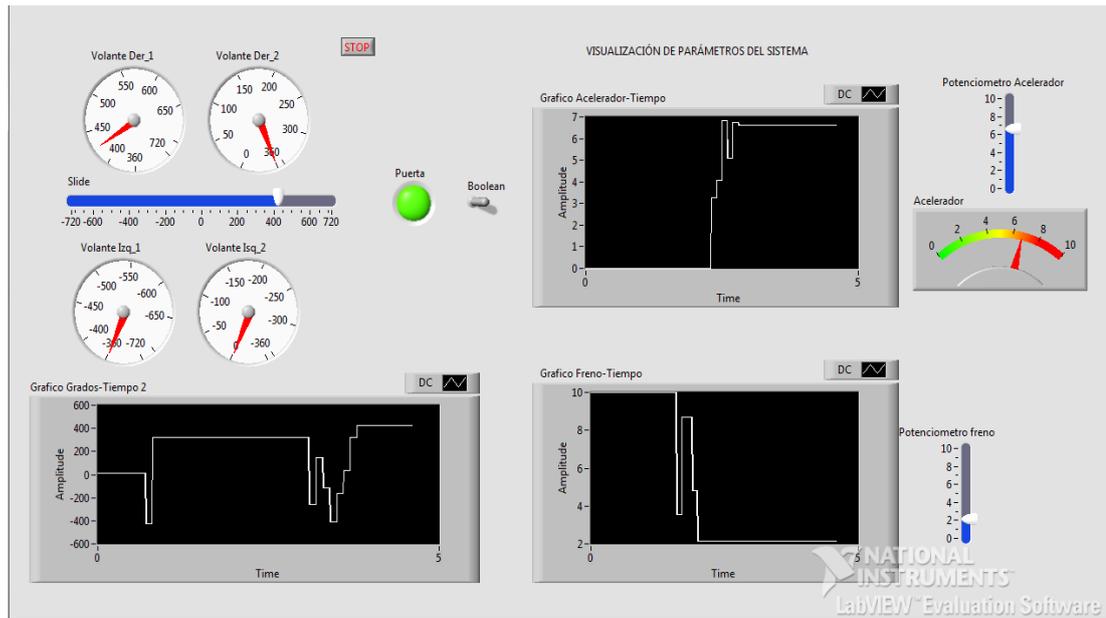


Figura 13. Cuadro de control para analizar módulos de adquisición de datos, software Labview.

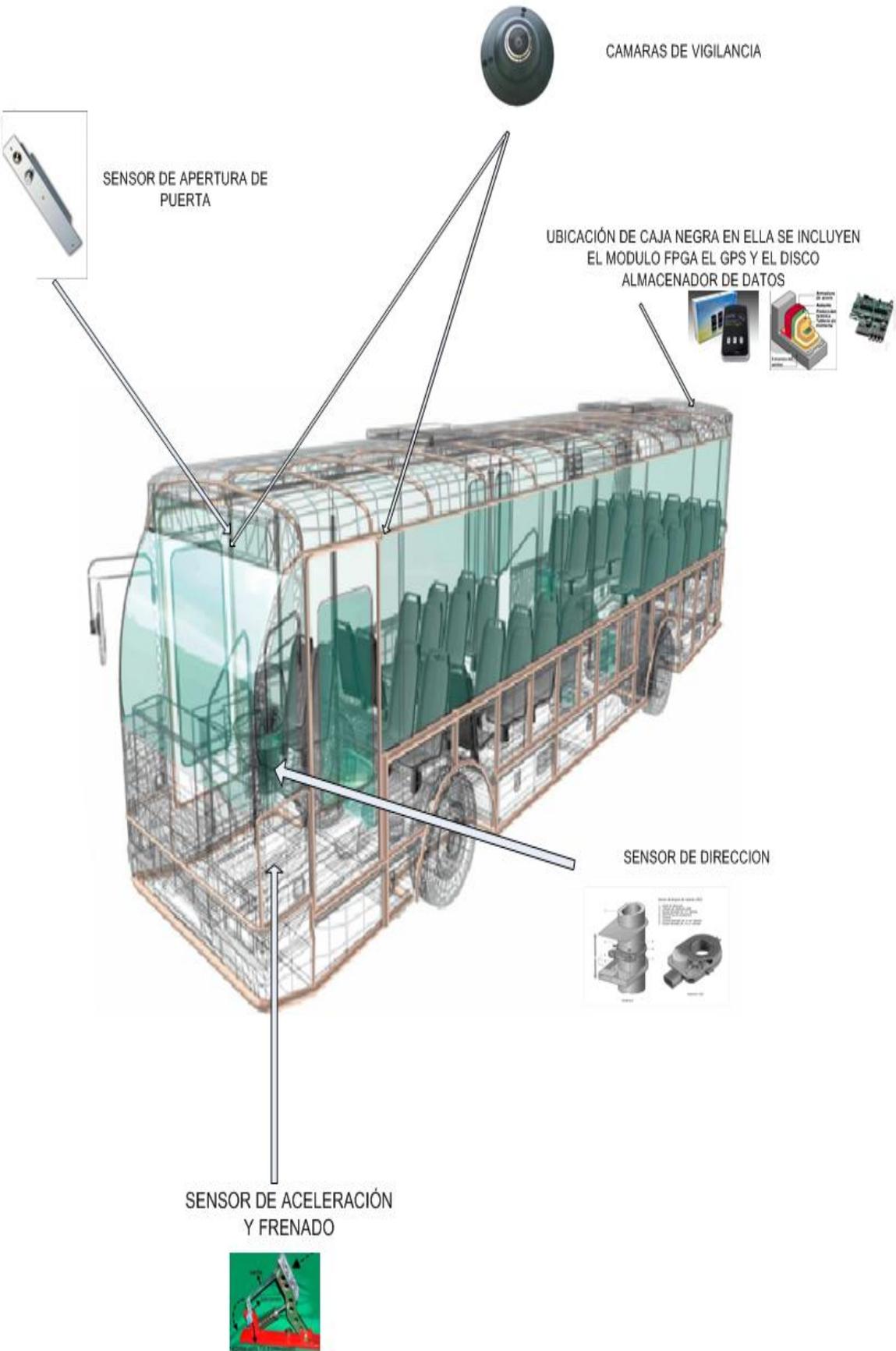


Figura 14. Esquema de partes y su ubicación en el autobús.



Figura 15. Vista Lateral caja negra.

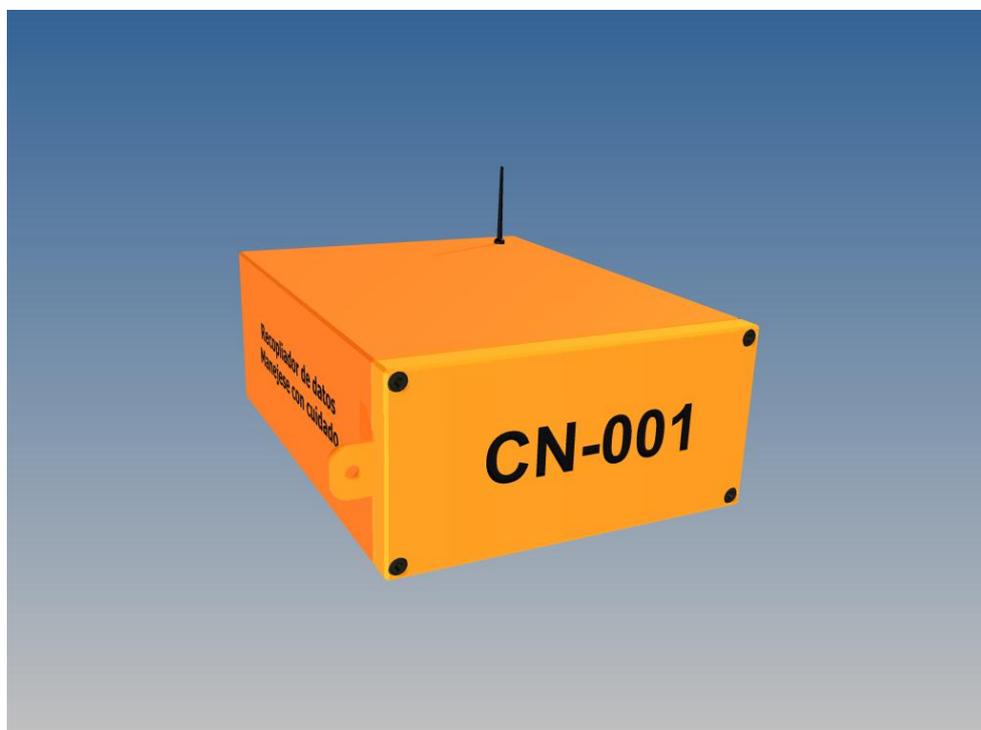


Figura 16. Modelado de la Unidad de recopilación de datos "caja negra".

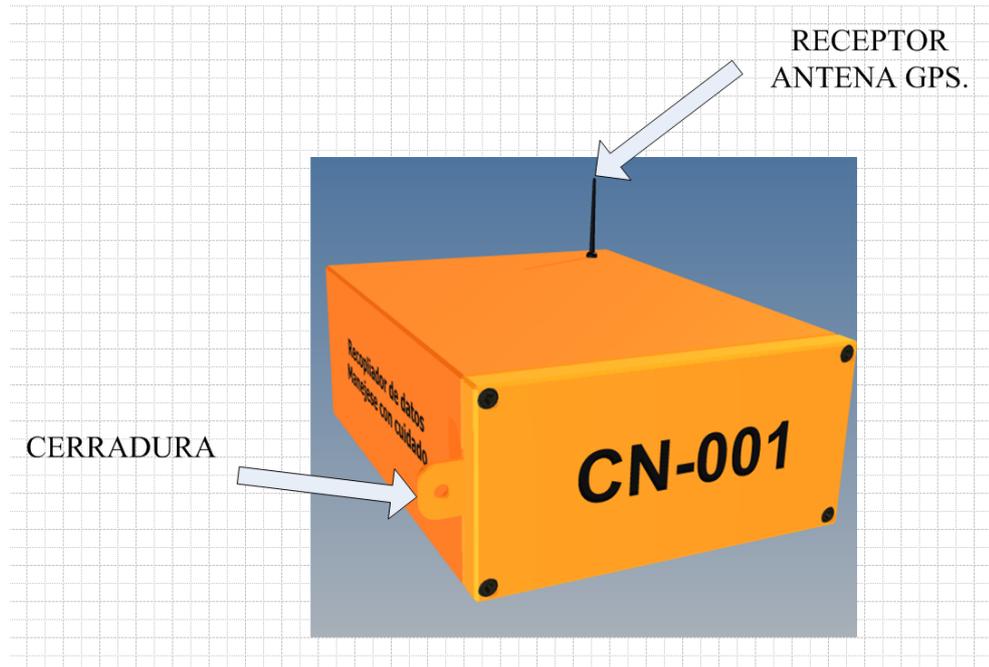


Figura 17. Modelado de la “caja negra” con sus partes principales.

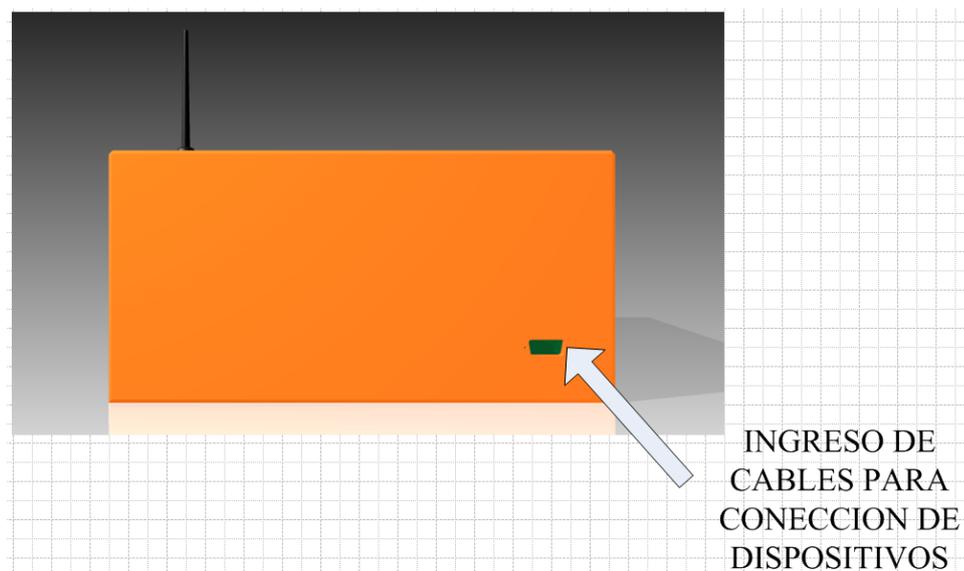


Figura 18. Vista posterior “caja negra”

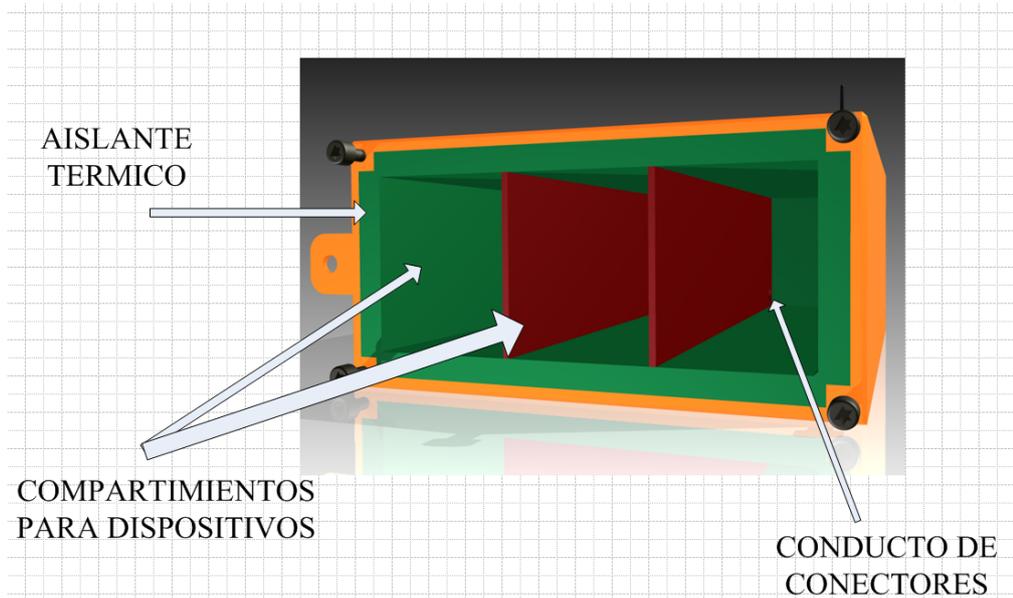


Figura 19. Vista interna "caja negra".

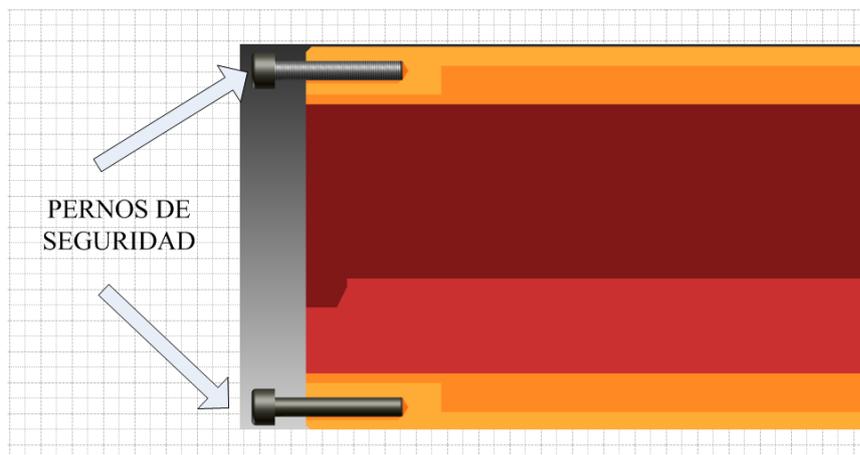


Figura 20. Vista detalle de seguridad "caja negra".

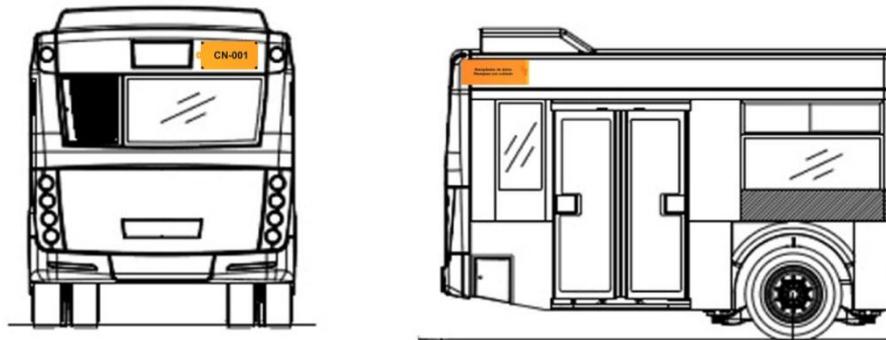


Figura 21. Posición sugerida de dispositivo en el autobús.

Nota: La Posición sugerida se basa que es la parte menos vulnerable del autobús, por lo general los autobuses tienen impacto frontal y lateral, los impactos traseros en la gran mayoría de casos afectan la parte posterior inferior, por lo que los casos de destrucción de la parte trasera de un autobús son mínimos, además la posición facilita que la antena de GPS pueda tener libertad de conexión sin obstáculos que debiliten la señal, y para concluir la posición alta dificulta el acceso a personas ajenas a la manipulación del dispositivo.

CAPITULO 3

EVALUACION DE COSTOS

3.1 CUADRO DE COSTOS

Los costos de todos los componentes para una caja negra para bus son los siguientes:

DESCRIPCION	COSTOS
Módulo de adquisición de señales: FPGA	\$1500
“Caja negra” realizada con perfiles (U), unido multicapa reforzado con poliestileno como aislante térmico y lana mineral y poliuretano como aislante de humedad	\$ 800
GPS	\$150
Potenciómetro	\$10
Sensor de dirección	\$200
Cables	\$50
Baterías de respaldo	\$100
Instalación	\$150
TOTAL COSTO DE CAJA NEGRA	\$2960

A parte está el costo de la licencia del Labview, el cual es de \$10000 y se lo paga una sola vez debido a que los análisis se realizaran en una sola computadora. Por tal motivo el costo total del prototipo sería de \$12960

3.2 ANALISIS DE COSTOS: los costos podrán bajar según el número de unidades para las cuales se produzcan las cajas negras.

3.2.1. LABVIEW: este costo se realizara solo una vez, y probablemente lo incurrirá la agencia reguladora.

3.2.2. FPGA: este componente lo fabrica la National Instruments, la misma que fabrica el software de Labview, y que dependiendo de la cantidad puede disminuir este costo.

3.2.3 “CAJA NEGRA” Y EL RESTO DE COMPONENTES: al igual que el resto de componentes su costo podrá bajar en función del número de unidades fabricadas.

3.3 COSTO BENEFICIO

Es importante señalar este punto del capítulo, ya que el beneficio del dispositivo es lo que debería primar por sobre el costo ya que aunque el costo del prototipo es alto las posibilidades del sistema hace que sea muy factible la producción masificada del mismo. Al ser un prototipo se debería, en una fase inicial tener un bus de prueba, con lo que después de un análisis exhaustivo determinar la factibilidad de masificar el dispositivo, como se trata de un estudio queda ya sentada la propuesta con los costos reales de la unidad de prueba.

La ventaja de este sistema es que además de ayudar a esclarecer las verdaderas causas de un accidente de tránsito, tiene además la ventaja de que al recopilar la información de viaje, puede ayudar a ver conductas de manejo, hábitos positivos y negativos de conducción lo que ayudaría a tabular los datos, y en base a las tendencias de manejo mejorarlas y poder encontrar un patrón ideal de manejo, lo que se busca es que en las escuelas de conducción profesional estos datos sirvan para mejorar la calidad de conducción evitar fatigas, mejorar tiempos y economizar combustible.

3.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Sobre el sistema y sus componentes se pueden concluir que:

Los sensores así como el software que se utilizanserán un buen inicio para desarrollar esta tecnología;cabe recalcar que esta adaptación del software a la industria del transporte nunca se ha aplicado, de la manera que se propone. Se espera que en un

futuro cercano una vez que los autobuses mejoren su tecnología se espera que el equipopueda interactuar con más sensores del vehículo obteniendoun control de todos los componentes electrónicos del vehículo.

De igual manera el software puede ser desarrollado de manera independiente así como los sensores.

El éxito del sistema será el impulso que se de desde el gobierno ya que seria la única manera de que el mismo pueda ser implementado.

La resistencia de la “caja negra” siempre podrá mejorarse con el avance de la tecnología y de el desarrollo de materiales compuestos, los cuales siempre permitirán mejora y reducción de costo del mismo, en nuestro país la ingeniería de materiales todavía está en fase de desarrollo por lo que realizar el proyecto con materiales compuestos como: el titanio seria prohibitivo, los materiales propuestos para este trabajo son accesibles, resistentes y económicos con lo que se puede hacer factible la realización del trabajo los cuales ponemos en detalle:

Los perfiles estructurales en forma “U” son una manera económica y útil la propuesta es un confeccionado multicapa y entre soldado para poder dar la forma de una caja, son altamente resistentes y livianos y al usar múltiples capas se puede hacer una estructura que sería muy difícil vulnerar.

El poliestileno nos ayuda a proteger el modulo a prueba de fuego, combinado con lana mineral se puede hacer un excelente aislante térmico con lo que se evitaría que el sistema pueda inutilizarse por el fuego.

El poliuretano es un aislante de humedad barato que sirve para diversas aplicaciones como baldes de camionetas, o recubrimientos contra el agua, el hacer un confeccionado multicapa garantiza la hermeticidad del módulo para evitar que la información se vea comprometida.

Se debe aclarar que, se puede realizar el modulo con estos materiales económicos considerando que la referencia de materiales que se utilizan en una caja negra de aviones son considerablemente más robustos ,por lo tanto más costosos, debido a que un avión genera mucha más energía en un impacto que un autobús.

De la misma manera se realiza las siguientes recomendaciones.

El costo del prototipo si bien es cierto es alto, todos estos costos se los podrán disminuir con estrategias por parte del gobierno, ya que sería difícil para los transportistas asumir estos costos, sin embargo la deducción de impuestos del costo del sistema o un subsidio inteligente en función del sistema podrán ser herramientas que permitan que el proyecto se realice a gran escala. La propuesta para el gobierno es un sistema integral con lo que se puede mejorar los hábitos de manejo, cabe recalcar que a nivel de gobierno, así como de las agencias de tránsito no hay nada publicado sobre un proyecto similar, pero el interés suscitado en las últimas semanas para regular los excesos de velocidad da una pauta del interés en recibir propuestas para disminuir los accidentes de tránsito, la apertura del gobierno para proyectos de ciencia y tecnología da luz verde para poder hacer factible este estudio.

El socializar el proyecto dará una mejor percepción del alcance del mismo y de esta manera poder llegar a consensos para mejorar la transportación de pasajeros del país.

BIBLIOGRAFIA.

- DIETSCHÉ KARL-HEINZE, KLINGEBIEL MARÍA. “Manual de la Técnica del automóvil”. Editorial Bosch. Año 2005. 928pag. Cuarta Edición.
- DOMÍNGUEZ ESTEBAN JOSÉ, FERRER JULIÁN. “Elementos amovibles de la Carrocería”. Editorial Editex. (s.a). 65pag. 1era edición.
- FONT MEZQUITA JOSÉ, .DOLS RUIZ JUAN FCO. “Tratado sobre automóviles tomo IV La Dinámica del Automóvil”. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Año 2006. 539pag. Cuarta edición.
- LÓPEZ CHAU ASDRÚBAL. “Micro controlador, Configuración total de periféricos”. País México. Edición Universidad Autónoma del estado de México. Año 2006. 82 pág. Primera edición.
- LUQUE RODRÍGUEZ PABLO, ÁLVAREZ MÁNTARAS DANIEL. “Investigación de accidentes de tránsito Estudio del Automóvil”. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. (s.a). 336pag. Versión Digital
- LUQUE PABLO, ÁLVAREZ DANIEL, VERA CARLOS, “Ingeniería del automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico”. Editorial Paraninfo. Año 2008. 448 pág. Primera edición, segunda reimpresión.
- RASHID H MUHAMMAD. “Electrónica de potencia circuitos, dispositivos y aplicaciones”. Editorial Pearson Educación. Año 2004 697pag. Tercera Edición.
- ROBERT BOSCH. “Los sensores en el automóvil”. País Alemania. Editorial Bosch. Año 2002.33 pág. Edición digital.
- APARICIO, VERA, DIAZ. “Teoría de los automóviles”. País España. Editorial ETS. Año 2001 .474 pág. Edición digital.
- CASCAJOSA MANUEL. “Ingeniería de vehículos – sistemas y cálculos”. País España. Editorial TEBAR. Año 2005 .42 pág. Edición digital.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

•¿Cómo programar microcontroladores?

[http://www.blog.bricogeek.com/.../programacion/tutorial-programacion-basica-de-micro controladores-pic-en-c/.](http://www.blog.bricogeek.com/.../programacion/tutorial-programacion-basica-de-micro-controladores-pic-en-c/) }

[Visitado en marzo de 2012]

•Programación en lenguaje G.

http://www.electronicaestudio.com/docs/02_programar.pdf

[Visitado en marzo de 2012]

•Modulo FPGA Compac Rio.

[http://fpgablog.com/posts/ni-single-board-rio-embedded-systems/.](http://fpgablog.com/posts/ni-single-board-rio-embedded-systems/)

[Visitado en abril de 2012]

• Chasis de Bus.

<http://www.mercedes-benz.es/content/spain/mpc/mpc.../es/.../bus.html>

[Visitado en abril de 2012]

• Modulo Car Angel.

<http://www.Naical.com>

[Visitado en marzo de 2012]

•Introducción al Lab View.

<http://latam.ni.com/>

[Visitado en abril de 2012]

•Partes de una Caja Negra.

<http://www.rescate.com/cajanegra.html>

[Visitado en marzo de 2012]

ANEXOS

Anexo 1. [Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 043:2010](#)