



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO  
FUNCIONAL DEL SISTEMA DE ELECTRO DIRECCIÓN  
ASISTIDA**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Ingeniero Mecánico Automotriz**

**Autores:**

**Herrera Vivanco Luis Eduardo  
Criollo Cabrera César Arturo**

**Director:**

**Edgar Mauricio Barros Barzallo**

**Cuenca – Ecuador**

**2013**

## **DEDICATORIA**

La realización de este trabajo se lo dedico a mi madre Olga Cabrera, a mis hermanos y familia que gracias a su apoyo incondicional, sus consejos y hasta sus regaños me han infundido las ganas de superarme y la fuerza que necesite a lo largo de esta etapa para lograr cumplirla con éxito, a mis amigos que juntos hemos supera las dificultades que nos hemos encontrado en el transcurso de la vida universitaria. También le agradezco a Dios por darme la salud y la fuerza para llegar a cumplir lo propuesto.

Cesar Arturo Criollo Cabrera.

El presente trabajo se lo dedico a Dios por brindarme salud y fortaleza en el transcurso de esta etapa universitaria. A mis padres Sr. Herminio Herrera y Sra. Mery Vivanco quienes entregaron la vida entera a sus hijos y por medio de su amor y enseñanzas permitir que sean unas personas de bien, llenas de valores y dar un ejemplo de vida que estará siempre presente, a mis hermanos Alexandra, Flavio y Diana por su apoyo y concejos extraordinarios que supieron brindarme, a todos ellos, familiares y amigos mis grandes y sinceros agradecimientos.

Luis Eduardo Herrera Vivanco.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, a la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, a nuestros docentes y amigos por sus enseñanzas brindadas durante nuestra etapa de formación; nuestro reconocimiento especial a nuestro Director de Tesis Ingeniero Mauricio Barros Barzallo, quien desde el inicio brindó su ayuda cognitiva y consejos importante para la realización del presente trabajo.

De igual manera agradecemos al Ing. Luis Tapia, Ing. Ángel Jácome e Ing. Aníbal Jiménez, por facilitar los espacios y maquinaria del taller de la Universidad, a más de su ayuda desinteresada para la construcción de los elementos que forman parte del proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

### **CAPITULO I: ESTUDIO DE LA ELECTRO DIRECCIÓN ASISTIDA**

INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 El Sistema de dirección.....	3
1.1.1 Evolución del sistema de dirección .....	4
1.1.2 Características del sistema de dirección .....	7
1.2 Sistema de dirección asistida por un motor eléctrico (MDPS-MC, motor driven power steering - mando corp.) del vehículo Hyundai Accent .....	8
1.2.1 Principio de funcionamiento .....	8
1.2.2 Gestión electrónica .....	9
1.2.2.1 Asistencia principal .....	10
1.2.2.2 Retorno activo.....	10
1.2.2.3 Compensación de inercia.....	11
1.2.2.4 Amortiguación .....	11
1.2.3 Componentes .....	11
1.2.3.1 Sensor de torque .....	12
1.2.3.2 Motor eléctrico.....	15
1.2.3.3 Módulo de control electrónico.....	16
1.2.3.4 Sensor de velocidad del vehículo .....	19

1.2.3.5	Sensor de revoluciones del motor de combustión .....	20
1.2.3.6	Testigo luminoso .....	21
1.2.4	Diagramas eléctricos .....	21
1.2.4.1	Diagramas de bloque y conexiones eléctricas .....	21
1.2.4.2	Diagrama de conectores eléctricos .....	24
1.2.5	Códigos de avería .....	26
1.2.5.1	Códigos del sensor de torque .....	27
1.2.5.2	Código de la velocidad del vehículo.....	27
1.2.5.3	Código de revoluciones del motor de combustión.....	28
1.2.5.4	Códigos del motor eléctrico.....	28
1.2.5.5	Códigos de energía de alimentación .....	29
1.2.5.6	Códigos del módulo de control electrónico .....	30
1.3	Ventajas e inconveniente del sistema de electro dirección asistida .....	31
1.3.1	Seguridad.....	31
1.3.2	Cuidado ambiental.....	31
1.3.3	Consumo.....	32
1.3.4	Limitación de uso .....	32
1.4	Conclusiones .....	33

## **CAPÍTULO II: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO**

INTRODUCCIÓN .....	34	
2.1	Diseño y construcción de la estructura.....	35
2.1.1	Diseño de la estructura .....	35
2.1.2	Construcción de la estructura .....	43
2.1.2.1	Planos de construcción .....	43
2.1.2.2	Ejecución de la construcción .....	44
2.2	Diseño y construcción del conjunto que simula la resistencia del viraje creada por las ruedas .....	46
2.2.1	Diseño del freno mecánico .....	46
2.2.2	Construcción del freno mecánico .....	51
2.2.2.1	Planos de construcción .....	51
2.2.2.2	Ejecución de la construcción .....	52
2.3	Montaje de los componentes.....	54

2.4	Puesta a punto del sistema .....	55
2.5	Conclusiones .....	56

### **CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA**

INTRODUCCIÓN .....	57
3.1 Propósito de la tarjeta electrónica .....	58
3.2 Diseño de la tarjeta electrónica .....	58
a) Señal de velocidad del vehículo.....	59
b) Señal revoluciones del motor de combustión.....	60
c) Señal de torque.....	60
d) Lámpara testigo.....	61
e) Alimentación.....	61
3.2.1 Selección del microcontrolador.....	61
3.2.2 Descripción del software de control del sistema de electro dirección.....	64
3.2.2.1 Simulación de señales de velocidad y revoluciones del motor.....	64
3.2.2.2 Visualización de señales .....	64
3.2.2.3 Generación de fallos .....	65
3.2.2.3.1 Sensor de torque .....	66
3.2.2.3.2 Energía de alimentación.....	66
3.2.2.3.3 Señal velocidad del motor falla segura.....	66
3.2.2.3.4 Señal velocidad del vehículo falla segura.....	67
3.2.2.3.5 Motor .....	67
3.2.3 Programación del software del microcontrolador y del computador .....	67
3.2.4 Desarrollo del hardware o tarjeta electrónica.....	70
3.2.4.1 Alimentación.....	72
3.2.4.2 Potencia.....	72
3.2.4.3 Filtrado de tensión .....	73
3.2.4.4 Cristal de frecuencia (reloj) .....	73
3.2.4.5 Acoples de impedancia .....	74
3.2.4.6 Conexión USB .....	74
3.2.4.7 Amplificador de tensión .....	75
3.3 Conectividad eléctrica del banco de electro dirección asistida.....	77

3.3.1	Tarjeta electrónica .....	77
3.3.2	Panel de control eléctrico .....	78
3.3.3	Software de control.....	79
3.4	Conclusiones .....	80

## **CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

INTRODUCCIÓN .....	81	
4.1	Funcionamiento operativo del banco .....	82
4.1.1	Freno mecánico .....	82
4.1.2	Columna y volante de dirección .....	82
4.1.3	Tablero de instrumentos .....	83
4.1.4	Software de control del sistema.....	84
4.2	Diagnóstico de sensores .....	86
4.2.1	Sensor de torque .....	88
4.2.2	Sensor de velocidad del vehículo .....	89
4.2.3	Sensor de revoluciones del motor de combustión .....	90
4.3	Generación y lectura de códigos de fallo .....	91
4.4	Conclusiones .....	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101	
BIBLIOGRAFÍA .....	102	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Componentes de la columna de dirección. ....	3
Figura 1.2. Componentes de la caja de dirección.....	4
Figura 1.3. Geometría del sistema de dirección, Carl Benz.....	5
Figura 1.4. Dirección de cremallera y piñón.....	5
Figura 1.5. Electro dirección asistida (C-EPS). ....	6
Figura 1.6. Gestión electrónica. ....	9
Figura 1.7. Asistencia principal. ....	10
Figura 1.8. Retorno activo.....	11
Figura 1.9. Componentes de la electro dirección asistida.....	12
Figura 1.10. Estructura del sensor.....	13
Figura 1.11. Señal principal y secundaria del sensor .....	13
Figura 1.12. Señal principal y secundaria del sensor .....	14
Figura 1.13. Motor eléctrico.....	15
Figura 1.14. Acople del motor eléctrico a la columna. ....	15
Figura 1.15. Ubicación del módulo de control electrónico.....	16
Figura 1.16. Relación: corriente, torque y velocidad del vehículo. ....	17
Figura 1.17. Comunicación módulo MDPS con ECM .....	19
Figura 1.18. Sensor de velocidad inductivo y forma de onda rectificada. ....	19
Figura 1.19. Sensor de revoluciones inductivo del motor y forma de onda rectificada. .....	20
Figura 1.20. Testigo luminoso. ....	21
Figura 1.21. Diagrama de bloque.....	22
Figura 1.22. Diagrama de conexiones eléctricas.....	23
Figura 1.23. Pines y conector principal del módulo M62-1.....	25
Figura 1.24. Pines y conector alimentación y motor eléctrico M62-2 / M623. ....	25
Figura 1.25. Pines y conector sensor de torque M63. ....	25
Figura 1.26. Norma SAE J2012 para DTC. ....	26
Figura 1.27. Seguridad en la trayectoria del vehículo.....	31
Figura 2.1. Disposición sistema de dirección en el vehículo .....	35
Figura 2.2. Estructura del banco en ANSYS. ....	36
Figura 2.3. Fuerza del freno. ....	37
Figura 2.4. Fuerza de mecanismo de dirección.....	37

Figura 2.5. Fuerza de columna de dirección. ....	38
Figura 2.6. Reacciones de las ruedas. ....	38
Figura 2.7. Fuerza de mecanismo de dirección en funcionamiento. ....	39
Figura 2.8. Deformación de la estructura. ....	40
Figura 2.9. Esfuerzo equivalente de Von Mises. ....	40
Figura 2.10. Factor de seguridad. ....	41
Figura 2.11. Estructura del banco. ....	43
Figura 2.12. Estructura del banco. ....	45
Figura 2.13. Estructura del banco final. ....	45
Figura 2.14. Medición de la fuerza necesaria para girar la rueda. ....	46
Figura 2.15. Geometría del área de contacto de un segmento de zapata anular de un freno de yugo. ....	48
Figura 2.16. Diagrama de fuerza tornillo de potencia para levantar una carga. ....	49
Figura 2.17. Elementos del freno. ....	51
Figura 2.18. Conjunto freno de disco. ....	52
Figura 2.19. Soldadura de la articulación al disco. ....	52
Figura 2.20. Soldadura de la tuerca del tornillo a la mordaza. ....	53
Figura 2.21. Elementos del freno. ....	53
Figura 2.22. Freno ensamblado. ....	54
Figura 2.23. Montaje de los componentes del sistema. ....	54
Figura 3.1. Diagrama de funcionamiento. ....	58
Figura 3.2. Señal principal y secundaria del sensor. ....	61
Figura 3.3. Estructura básica de un microcontrolador. ....	62
Figura 3.4. Distribución de pines del Pic 18F2520. ....	63
Figura 3.5. Obtención de archivos para la programación. ....	68
Figura 3.6. Apertura de archivo para programación del microcontrolador. ....	68
Figura 3.7. Grabación del Pic. ....	69
Figura 3.8. Apertura de archivo para programación en Visual Basic. ....	69
Figura 3.9. Circuito de la tarjeta electrónica. ....	71
Figura 3.10. Circuito de alimentación. ....	72
Figura 3.11. Circuito de potencia. ....	72
Figura 3.12. Circuito de filtrado de tensión. ....	73
Figura 3.13. Circuito de frecuencia. ....	73
Figura 3.14. Circuito de acople de impedancia. ....	74

Figura 3.15. Circuito del puerto USB. ....	75
Figura 3.16. Circuito amplificador de tensión. ....	75
Figura 3.18. Distribución de componentes del circuito eléctrico.....	76
Figura 3.19. Ruteo del circuito eléctrico.....	77
Figura 3.20. Conectividad de tarjeta electrónica.....	78
Figura 3.21. Interruptores panel del control.....	79
Figura 3.22. Software de control.....	79
Figura 4.1. Calibración del freno mecánico.....	82
Figura 4.2. Conexiones de la columna de dirección.....	83
Figura 4.3. Controles del sistema.....	83
Figura 4.4. Control de velocidad y revoluciones.....	84
Figura 4.5. Señal del sensor de torque.....	84
Figura 4.6. Voltaje de batería.....	85
Figura 4.7. Lámpara indicadora.....	85
Figura 4.8. Torque en el volante.....	85
Figura 4.9. Generación de fallos.....	86
Figura 4.10. Seguridad eléctrica del conector.....	86
Figura 4.11. Ubicación de conectores.....	87
Figura 4.12. Conector C1.....	87
Figura 4.13. Conector C2.....	88
Figura 4.14. Conector C3.....	88
Figura 4.15. Diagnostico sensor de torque.....	89
Figura 4.16. Diagnostico de señal principal y secundaria del sensor de torque.....	89
Figura 4.17. Diagnostico de sensor velocidad.....	90
Figura 4.18. Diagnostico sensor de revoluciones.....	91
Figura 4.19. Fallo de señal principal de torque.....	92
Figura 4.20. Fallo de señal secundaria de torque.....	93
Figura 4.21. Fallo de valor absoluto del sensor de torque.....	94
Figura 4.22. Fallo de alimentación del sensor de torque.....	95
Figura 4.23. Fallo de velocidad del vehículo.....	96
Figura 4.24. Fallo de revoluciones del motor.....	97
Figura 4.25. Fallo corriente de motor excesiva.....	98
Figura 4.26. Fallo tensión de alimentación baja.....	99

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1. Características técnicas del sensor. ....	14
Tabla 1.2. Características técnicas del motor. ....	16
Tabla 1.3. Valores detallados de la figura 1.16. ....	18
Tabla 2.1. Valores obtenidos de esfuerzos en el banco. ....	42
Tabla 2.2. Materiales para la construcción del banco. ....	44
Tabla 2.3. Coeficiente de fricción pastilla – disco de freno. ....	48
Tabla 2.4. Coeficiente de fricción tornillo - tuerca. ....	50
Tabla3.1. Velocidad vs frecuencia del sensor de velocidad del vehículo. ....	59
Tabla 3.2. Revoluciones vs frecuencia del sensor de revoluciones del motor de combustión. ....	60
Tabla 3.3. Características Pic 18F2520. ....	63
Tabla 3.4. Datos a visualizar. ....	65
Tabla4.1 Códigos de fallo. ....	91

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos: .....	104
Anexo 1: Planos de construcción del banco.....	104
Anexo 2: Planos de construcción de freno mecánico .....	104
Anexo 3: Líneas de programación del microcontrolador.....	104
Anexo 4: Líneas de programación del software de control del sistema.....	111

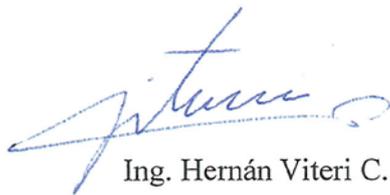
*Herrera Vivanco*  
1502/13

## RESUMEN

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO FUNCIONAL DE UNA ELECTRODIRECCION ASISTIDA.

La presente tesis comprendió el diseño y construcción de un banco didáctico funcional del sistema de electro dirección asistida, para lo cual se tomó como modelo el vehículo Hyundai Accent Año 2006, con esta información fundamental se diseñó el banco didáctico utilizando un software de elementos finitos, para posteriormente seleccionar los materiales que responden a los criterios de resistencia y seguridad requeridos. También se diseñó y construyó la tarjeta electrónica en la que se programó el microcontrolador encargado de comandar las funciones del mismo. El proyecto finalizó con el montaje de los componentes y con la simulación deseada de los fallos que genera el sistema de electro dirección asistida. Concluyendo con la funcionalidad óptima del banco, ajustándose a las prestaciones para enseñanza en estos temas.

**Palabras claves:** diseño y construcción, electro dirección, resistencia, seguridad, tarjeta electrónica, microcontrolador, generar fallos.



Ing. Hernán Viteri C.  
JUNTA ACADEMICA



Sr. Cesar Criollo.  
ESTUDIANTE



Ing. Mauricio Barros.  
DIRECTOR



Sr. Luis Herrera.  
ESTUDIANTE

*Barros*  
20  
150213

**ABSTRACT**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF DIDACTIC FUNCTIONAL BANK FOR AN ELECTRIC POWER ASSISTED STEERING SYSTEM**

The present thesis consisted on the design and construction of a didactic functional bank for the electric power assisted steering system. We took the Hyundai Accent 2006 vehicle as a model. With this basic information we designed a didactic bank by employing finite element software, and then selected the materials that responded to the required resistance and security standards. In addition, we designed and built the electronic card where we programmed the microcontroller, which commands the cards' functions. The project ended with the assembly of the components and with the simulation of the desired faults generated by electric power assisted system. We concluded with the optimal operation of the bank.

**Key words:** design and construction, electric power steering, resistance, security, electronic card, microcontroller, generate faults.



Ing. Hernán Viteri  
ACADEMIC BOARD



Mr. Cesar Criollo  
STUDENT



Ing. Mauricio Barros  
DIRECTOR



Mr. Luis Herrera  
STUDENT

  
  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
DPTO. IDIOMAS  
Translated by,  
Diana Lee Rodas

Criollo Cabrera César Arturo.  
Herrera Vivanco Luis Eduardo.  
Trabajo de Graduación  
Mgst. Edgar Mauricio Barros B  
Abril del 2013

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE ELECTRO DIRECCIÓN ASISTIDA**

### **INTRODUCCIÓN**

A lo largo del tiempo el sistema de dirección ha sido un punto importante de estudio dentro del vehículo al formar parte de la seguridad activa está ligada directamente con la vida de los ocupantes. En la actualidad los fabricantes han implementado un sistema de dirección de asistencia eléctrica controlados por un ordenador denominado Sistema de Electro Dirección Asistidos (EPS: Electrical Power Steering) que han logrando mejorar a más de la seguridad activa, el rendimiento mecánico del motor y menor impacto ambiental.

La implementación de este sistema de dirección implica tener conocimientos técnicos en el área, para realizar las comprobaciones que permitan diagnosticar una posible falla. Para cubrir estas necesidades es oportuno contar con una herramienta que preste un soporte de enseñanza sobre este nuevo sistema.

El trabajo que se plasma a continuación contiene un estudio teórico y técnico del sistema de electro dirección asistida utilizada por el vehículo Hyundai Accent el cual es montado en un banco con un diseño mecánico previo y posterior construcción.

El control del banco es realizado por una tarjeta electrónica diseñada según las características de funcionamiento del sistema, las cuales serán comprobadas en el capítulo final.

## **CAPITULO I**

### **ESTUDIO DE LA ELECTRO DIRECCIÓN ASISTIDA**

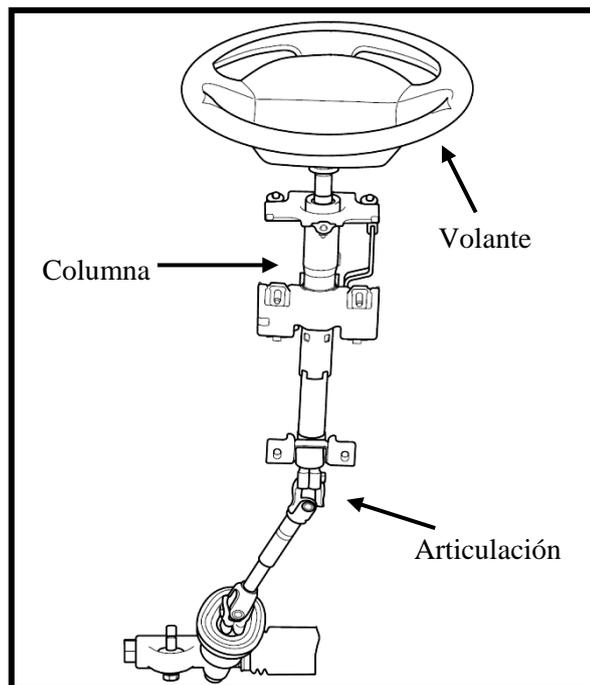
#### **INTRODUCCIÓN**

En el capítulo I, se realiza un análisis del sistema de dirección el cual es parte importante dentro de la seguridad activa del automóvil, partiendo de su evolución a lo largo del tiempo para posteriormente estudiar la electro dirección asistida utilizada por el vehículo Hyundai Accent, describiendo así sus componentes y la función que realizan dentro del sistema para permitir el aumento de rendimiento mecánico del motor, menor consumo de combustible y sea amigable con el medio ambiente. Este estudio servirá para comprender el funcionamiento del sistema, poder interpretar los diferentes códigos de falla y conocer las diferencias frente a otros sistemas.

## 1.1 El Sistema de dirección

La dirección es el sistema encargado de variar la trayectoria del vehículo por medio de un conjunto de mecanismos que se encargan de convertir el giro del volante que realiza el conductor, en un giro de las ruedas directrices para modificar su orientación. El conjunto de mecanismos que forman la dirección incluidas las ruedas reúnen una serie de condiciones que hace que este sistema sea uno de los más sofisticados del automóvil.

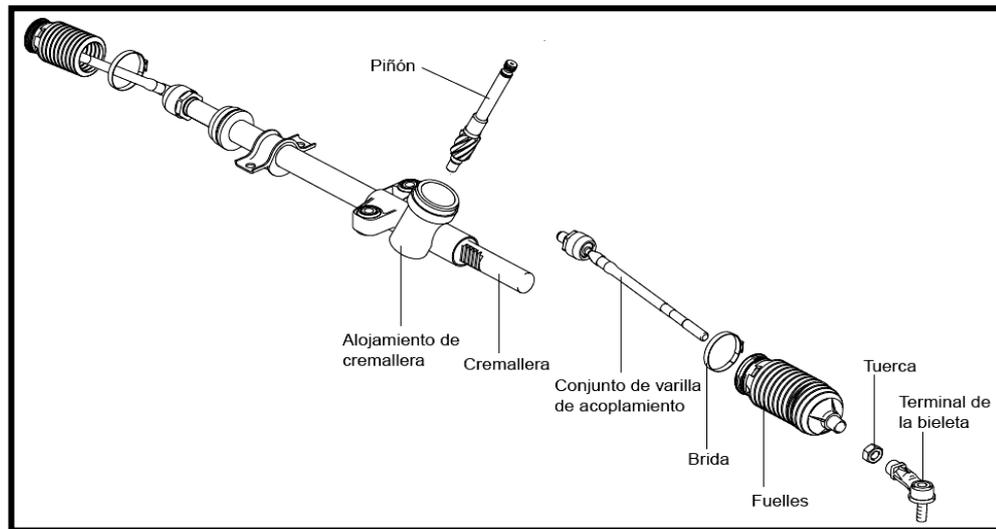
El volante tiene un diámetro apropiado para que el conductor aplique el mínimo esfuerzo para realizar los giros por lo que no se debe alterar ya que modificaría el diseño. Continuo al volante se encuentra la columna de la dirección que tiene una zona de seguridad que se deforma o desplaza hacia un lado evitando lastimar al conductor en un posible accidente (figura 1.1.).



**Figura 1.1.** Componentes de la columna de dirección.  
Fuente: Manual de Taller Hyundai Accent 2005

La columna termina en un mecanismo de dirección la misma que sirve como un conjunto de desmultiplicación del giro de las ruedas y transforma el movimiento de rotación del volante en movimiento lineal a la salida de la caja. Se une por medio de rotulas a las varillas de acoplamiento para transmitir el movimiento hacia los

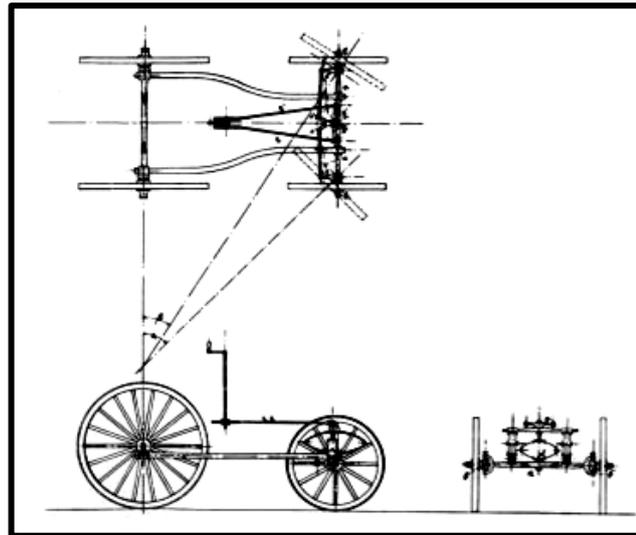
terminales de la bieleta, los mismos que producen el giro de las ruedas provocando la variación de la trayectoria del vehículo (figura 1.2.).



**Figura 1.2.** Componentes de la caja de dirección.  
Fuente: Hyundai Accent, Manual de Taller, 2005

### 1.1.1 Evolución del sistema de dirección

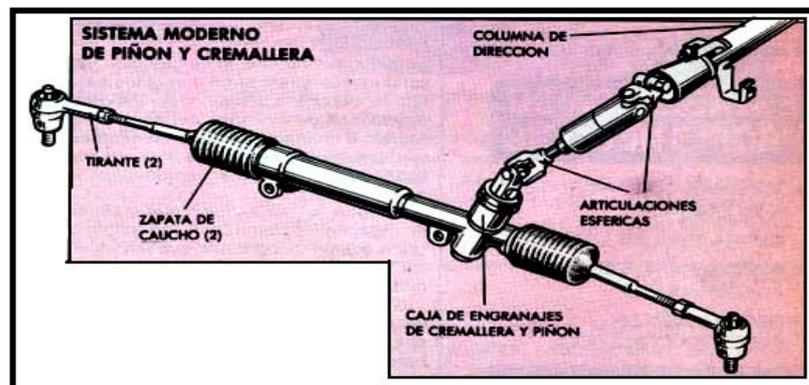
Los primeros sistemas de dirección estaban constituidos de un timón, que servía para dirigir el vehículo, unido a un poste que se extendía hacia el centro de un eje bajo el piso, este movía en forma de pivote a los ejes y ruedas que formaban una sola unidad (figura 1.3.). Este sistema para los vehículos de motor del siglo XIX era el indicado porque alcanzaban una velocidad similar a la de los caballos, pero a medida que avanzaban los años y la tecnología en la industria automotriz, los vehículos lograban mayores velocidades dificultando así su maniobrabilidad. El alemán George Lenkensperger y el Francés Jeantaud, alrededor del año 1870 desarrollaron la oscilación de las ruedas delanteras independientemente del eje principal y el empalme de dirección de tipo de paralelogramo respectivamente, así mismo el Daimler Parisian modelo de 1900 se convirtió en el primer automóvil de producción en serie que ya contase con un volante montado en una columna de dirección inclinada, mejorando así el control del vehículo.



**Figura 1.3.** Geometría del sistema de dirección, Carl Benz.

Fuente: Muamer, Hodzic, Carl Benz and his double-pivot steering, [www.benzinsider.com/2008/02/day-in-history-carl-benz-and-his-double-pivot-steering/](http://www.benzinsider.com/2008/02/day-in-history-carl-benz-and-his-double-pivot-steering/); Abril 2011

Al principio del siglo XX los vehículos se fabricaron más pesados y con mayor velocidad final, debido a esto se volvieron difíciles de controlar por el esfuerzo que debía realizar el conductor para su maniobra. La solución fue colocar una caja de engranes de reducción directamente debajo del volante de dirección. Uno de los sistemas fue presentado por Ford en su auto Modelo T mediante un juego de engranajes con movimientos epicíclicos, otra variación fue el engranaje de dirección de bolas recirculantes y el conjunto Piñón Cremallera (figura 1.4.) siendo este empleado aproximadamente desde el año de 1911 hasta la actualidad.



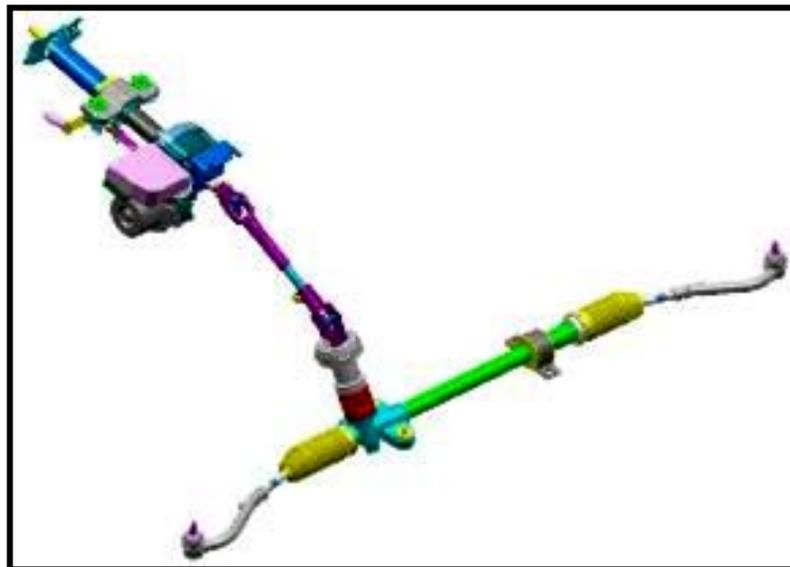
**Figura 1.4.** Dirección de cremallera y piñón.

Fuente: Mort, Schultz, 100 Años de Dirección, [www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=123](http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=123); Abril 2011

Al pasar los años la exigencia de la industria automovilística fue cada vez mayor, permitiendo así a los ingenieros desarrollar el sistema de dirección hidráulica en el año de 1928 por Francis W. Davis. Luego de pasar varias pruebas se normalizó para el año de 1954, siendo la marca Cadillac la primera en instalar este tipo de dirección asistida.

En el año de 1985 se dio un gran paso a la electrónica en los sistemas de dirección donde Toyota empleo el primer sistema de dirección controlado por una computadora en el Toyota Cress, nombrándolo como Dirección Motriz Progresiva de Cremallera y Piñón. Mediante señales enviadas de un sensor colocado en el volante, velocidad del vehículo y revoluciones del motor un computador controla, una válvula que permite la dotación de líquido hidráulico para generar la asistencia en la cremallera.

En la actualidad los sistemas de dirección son de asistencia eléctrica controlados por un ordenador bajo varias condiciones de funcionamiento, denominado Sistema de Electro Dirección Asistidos (EPS: Electrical Power Steering) o también llamada Sistema de Dirección Asistida por un Motor Eléctrico (MDPS: Motor Driven Power Steering) para los vehículos Hyundai (figura 1.5.), siendo orientados a mejorar el rendimiento mecánico del motor, acrecentar la seguridad activa del automóvil y proteger el medio ambiente.



**Figura 1.5.** Electro dirección asistida (C-EPS).

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

### 1.1.2 Características del sistema de dirección

- *“Suavidad y comodidad.- El manejo de la dirección se ha de realizar sin esfuerzo, ya que si la dirección es dura, la conducción se hace difícil y fatigosa, lo que representa un cierto peligro por la dificultad que representa su accionamiento. La seguridad y comodidad se conseguirán mediante una precisa desmultiplicación en el sistema de engranaje, una dirección asistida, así como un buen estado de las cotas y el mantenimiento del conjunto.*
- *Seguridad.- La dirección es uno de los principales factores de seguridad activa. Esta seguridad depende del estudio y construcción del sistema, la calidad de los materiales empleados y de un correcto mantenimiento.*
- *Precisión.- Consiste en que la dirección responda con exactitud en función de las circunstancias, y no sea ni dura ni blanda, para que las maniobras del conductor se transmitan con precisión. Para ello no ha de haber holguras excesivas entre los órganos de la dirección; las cotas de la dirección han de ser correctas, el desgaste debe ser simétrico en los neumáticos, las ruedas estar bien equilibradas y la presión de los neumáticos correcta.*
- *Irreversibilidad.- La dirección debe ser semirreversible. Consiste en que el volante ha de transmitir movimiento a las ruedas, pero estas, a pesar de las irregularidades del terreno, no deben transmitir las oscilaciones al volante. La semirreversibilidad permite que las ruedas recuperen su posición media con un pequeño esfuerzo por parte del conductor después de girar el volante*
- *Estabilidad.- Cuando, circulando en recta, al soltar el volante no se desvía el vehículo de su trayectoria.*
- *Progresiva.- Cuando la apertura de las ruedas, para giros iguales del volante, va en aumento.”<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> PICABEA, Zubia, Alfonso; ORTEGA, Olivia, José; Mantenimiento Mecánico Preventivo del Vehículo; Editorial Aran S.L.; España; 2010.

## **1.2 Sistema de dirección asistida por un motor eléctrico (MDPS-MC, motor driven power steering - mando corp.) del vehículo Hyundai Accent**

El Sistema de Electro Dirección Asistida (EPS: Electrical Power Steering o también llamada MDPS: Motor Driven Power Steering) es un sistema que elimina todo lo referente a los componentes que se emplean en la dirección de asistencia hidráulica como bomba, válvulas, cañerías, etc., permitiendo que aumente el rendimiento mecánico del motor resultando a la vez un menor consumo de combustible, amigable con el medio ambiente y mejora la seguridad activa del vehículo. El torque necesario para generar la asistencia es dotado por un motor eléctrico que es controlado por un módulo de control electrónico que se maneja bajo curvas programadas. De acuerdo a la ubicación del motor eléctrico existen tres tipos de Sistemas de Electro Dirección Asistida: tipo asistido en la columna (C-EPS: Column Electrical Power Steering), tipo asistido en el piñón (P-EPS: Pinion Electrical Power Steering) y el tipo asistido en la cremallera (R-EPS: Rack Electrical Power Steering), variando a su vez de acuerdo a la marca y modelo de vehículo que se aplica. El vehículo Hyundai Accent usa el tipo de sistema EPS asistido en la columna de dirección (C-EPS).

### **1.2.1 Principio de funcionamiento**

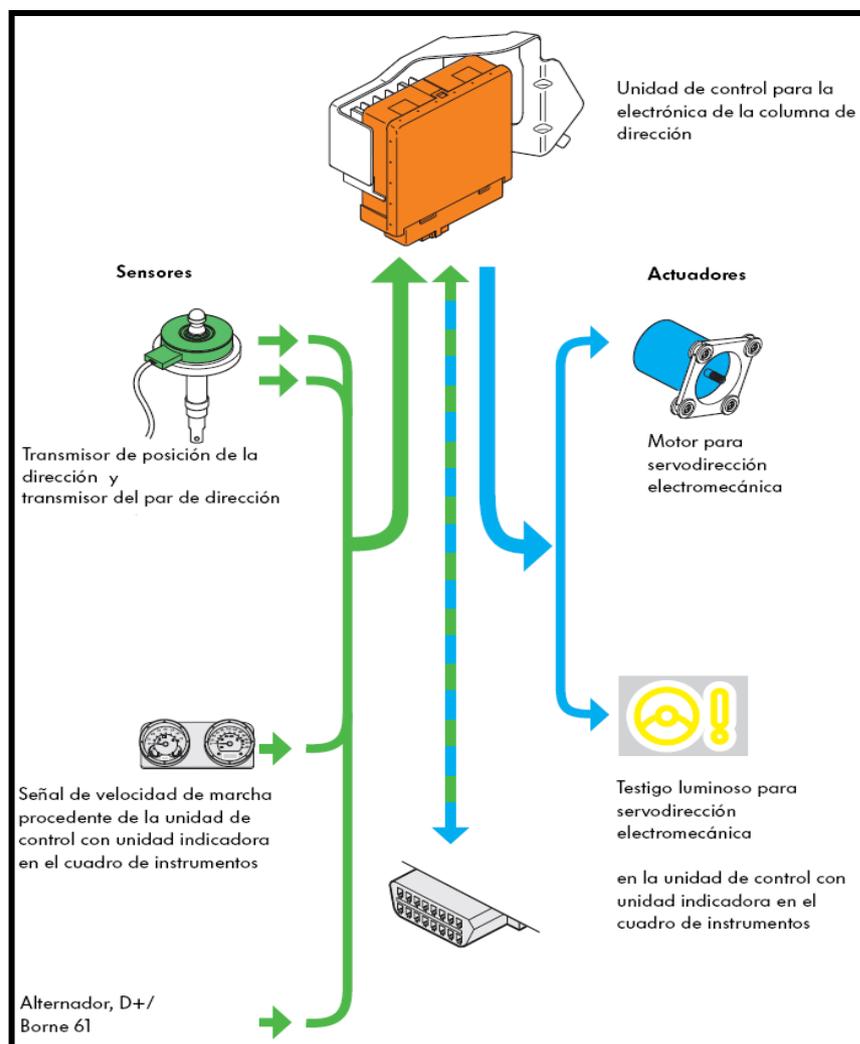
*“La acción de giro se produce mediante el mecanismo piñón-cremallera. Al girar, la fuerza del conductor sobre el volante se añade la acción de un motor eléctrico que, mediante un acoplamiento tornillo sin fin-rueda helicoidal que lo acopla a la columna de dirección, suministra un cierto par que aligera el esfuerzo del conductor. Una centralita dirige el dispositivo de servoasistencia de la dirección, que, midiendo el par de fuerza que se ejerce sobre el volante, la posición angular del mismo y la velocidad del vehículo, decide qué cantidad de par de fuerza debe suministrar el motor eléctrico, alimentándolo con una corriente eléctrica proporcional, haciendo girar la caña de la dirección y así proceder al movimiento en la caja de dirección piñón-cremallera”.*<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Roberto, González, Martínez, Sistema de Dirección en Vehículos, Pdf, Pag. 24, 2009, [www.esnips.com/doc/6abdf9ac-9edf-4bc5-a4cc-1e1f1d791f8b/Sistemas%20de%20Direccion%20-%20trabajo%20de%20Rober](http://www.esnips.com/doc/6abdf9ac-9edf-4bc5-a4cc-1e1f1d791f8b/Sistemas%20de%20Direccion%20-%20trabajo%20de%20Rober); Abril 2011

### 1.2.2 Gestión electrónica

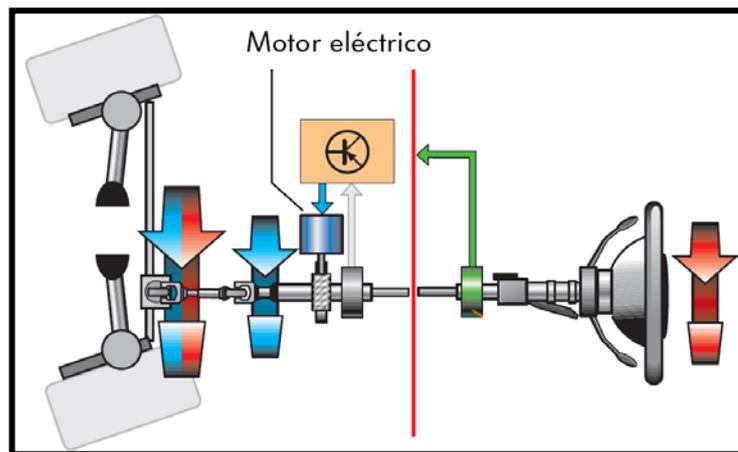
La gestión electrónica del sistema está compuesto por un sensor de torque y ángulo del volante, sensor de velocidad del vehículo, sensor de revoluciones del motor y módulo electrónico. El módulo recibe las señales de estos sensores (figura 1.6), mediante las curvas programadas en su calculador modifica la dotación de corriente al motor eléctrico para que este a su vez genere el torque de asistencia. Las curvas programadas en el calculador del modulo modifican la asistencia principal, retorno activo del volante, compensación de inercia y amortiguación.



**Figura 1.6.** Gestión electrónica.  
Fuente: VOLKSWAGEN; Servodirección Electromecánica; 2008.

### 1.2.2.1 Asistencia principal

Las curvas programadas en el computador del módulo para la asistencia principal son de tal forma que a baja velocidad del vehículo la asistencia sea mayor para facilitar su maniobra, mientras que en alta velocidad la asistencia sea menor para mantener la trayectoria. Esto logra el módulo al recibir la señal de par ejercido sobre el volante y la velocidad del vehículo generadas por su respectivo sensor, calculando la corriente eléctrica que se debe suministrar al motor eléctrico para que genere el par necesario de asistencia (figura 1.7).

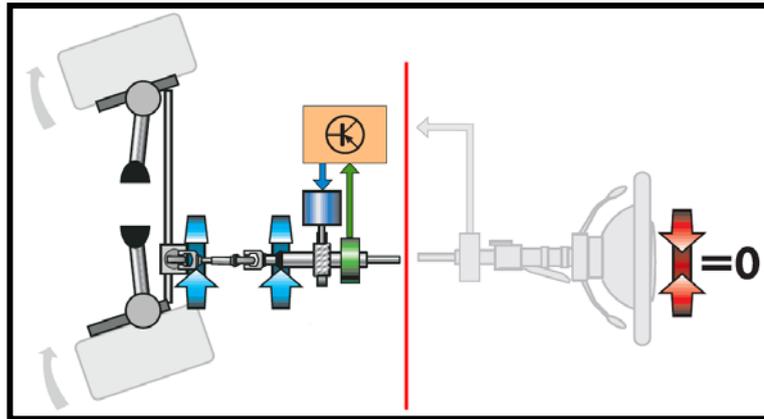


**Figura 1.7.** Asistencia principal.

Fuente: VOLKSWAGEN; Servodirección Electromecánica; 2008.

### 1.2.2.2 Retorno activo

Esto se produce al salir el vehículo de una curva donde el conductor reduce el par que ejerce en el volante, de esta manera el módulo calcula una cantidad de corriente de entrega al motor eléctrico para que este genere un par de retorno para alinear las ruedas rápidamente denominado retorno activo (figura 1.8.). Este cálculo de corriente depende del ángulo de giro de las ruedas y la velocidad del vehículo.



**Figura 1.8.** Retorno activo.

Fuente: VOLKSWAGEN; Servodirección Electromecánica; 2008.

### 1.2.2.3 Compensación de inercia

Mediante la compensación de inercia se aplica una corriente eléctrica anticipada al motor eléctrico de tal manera que al presentarse algún obstáculo el conductor tenga una mejor reacción para evitarlo. Al girar el conductor el volante de 0 a 20 grados rápidamente, en función de la velocidad de circulación del vehículo y rotación del motor eléctrico, el módulo calcula dicha dotación de corriente eléctrica de forma de compensar la falta de reacción.

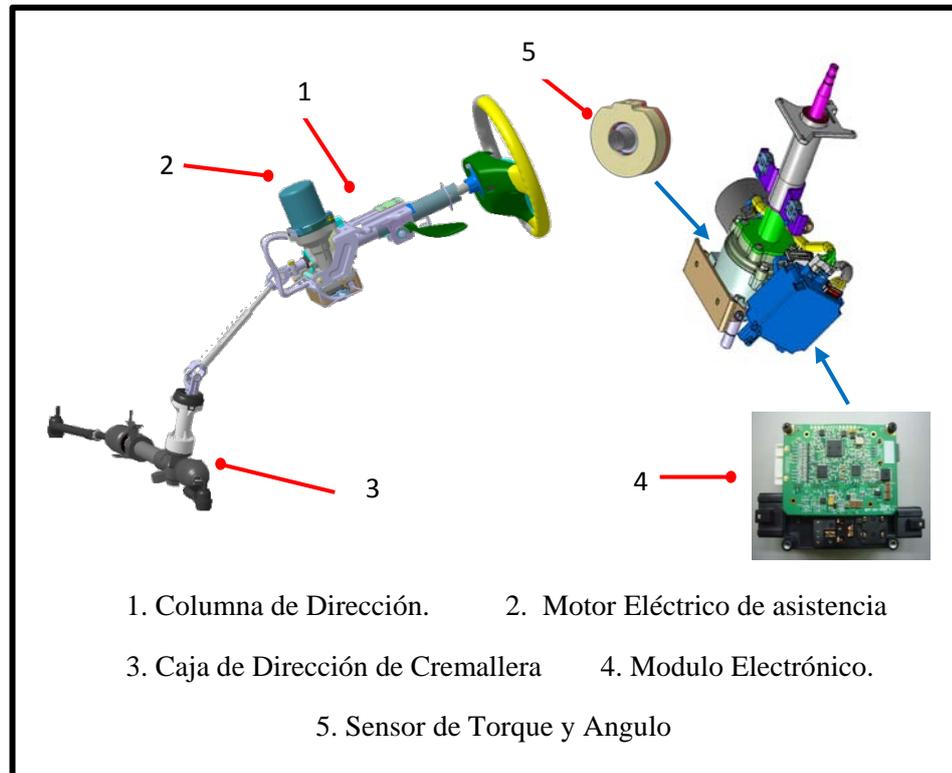
### 1.2.2.4 Amortiguación

Las curvas programadas en el calculador del módulo aplican un sistema de seguridad de tal forma de evitar el fenómeno de embalamiento que produce el motor eléctrico llamado amortiguación. Esta corriente de amortiguación es calculada en una cartografía memorizada en el módulo.

### 1.2.3 Componentes

El sistema está formado por un sensor de torque y ángulo del volante, un motor eléctrico de asistencia y el módulo electrónico, que se encuentra ubicados en la columna, lo que ayuda a que sea ligero y compacto. Va ubicada en el habitáculo del vehículo, continuo al volante, evitando así la temperatura que genera el motor de

combustión la cual puede modificar su correcto funcionamiento. Un sensor de velocidad del vehículo y revoluciones del motor a más de un testigo luminoso para verificar los fallos producidos en el sistema y un mecanismo de dirección de cremallera que completa el sistema para realizar el giro de los neumáticos (figura 1.9).

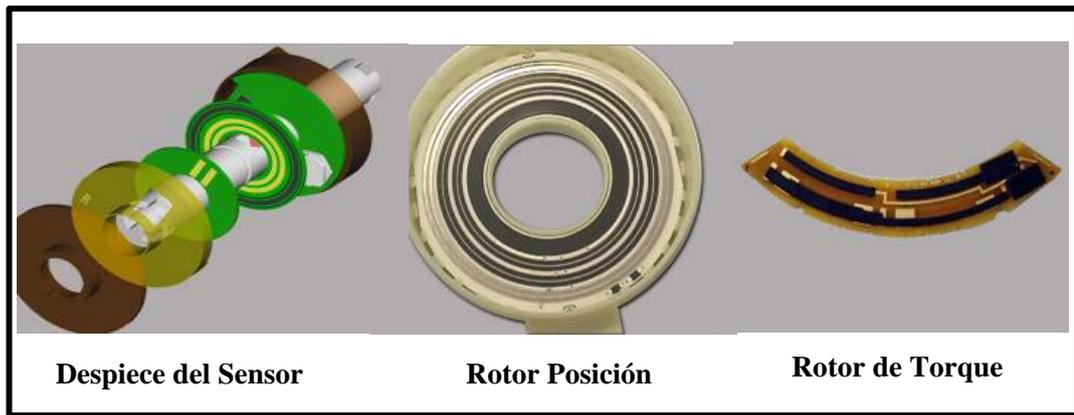


**Figura 1.9.** Componentes de la electro dirección asistida.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

### 1.2.3.1 Sensor de torque

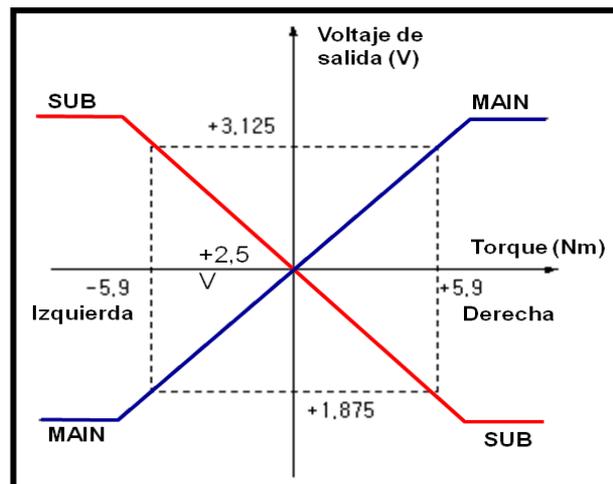
El sensor de este tipo de columna de dirección es de contacto, tipo resistencia variable conformado por dos rotores, un rotor que mide la posición del volante y otro el par de torsión ejercido por el conductor en el volante (figura 1.10.), siendo unidos por medio de una barra de torsión.



**Figura 1.10.** Estructura del sensor

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

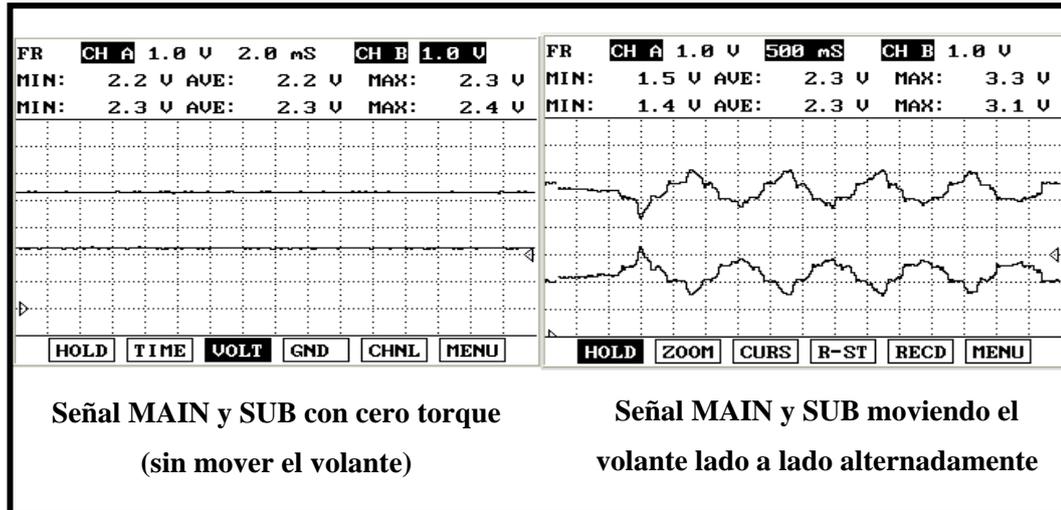
Consta de 4 cables, alimentación de 5V, masa y dos cables que envían señales al módulo de control electrónico, principal (MAIN) y secundaria (SUB). Estas señales son complementarias con sentido opuesto, obteniendo un valor sumado máximo de  $5 \pm 0.5V$  (figura 1.11.).



**Figura 1.11.** Señal principal y secundaria del sensor

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

Al mover el volante el sensor produce una secuencia de señales de tensión las cuales son analizadas por el módulo de control electrónico de la columna de dirección, donde compara las señales para calcular la posición del volante y el torque aplicado. Cuando el volante de dirección está en posición neutra, no se detecta torque y en esta condición el voltaje de salida es un 50% del de alimentación, o sea 2.5V (figura 1.12.).



**Figura 1.12.** Señal principal y secundaria del sensor

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

La tensión de salida es limitada por rango de rotación del eje de torsión ubicado en el interior, ya que un tope lo limita. El ángulo máximo que detecta este sensor es de  $\pm 8$  grados, pero en realidad debido a la estructura mecánica su limitación es de  $\pm 4.5$  grados.

<b>TEMPERATURA DE OPERACIÓN</b>	-40°C a 85°C
<b>VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN</b>	5V
<b>RANGO DE RESISTENCIA</b>	540kΩ
<b>ANGULO DE DETECCIÓN</b>	$\pm 8$ grados
<b>MARCA</b>	Delphi-BI technology

**Tabla 1.1.** Características técnicas del sensor.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

La señal de este sensor es esencial para el funcionamiento del sistema ya que al producirse un fallo del mismo lo inhabilitara convirtiéndola en una dirección netamente mecánica.

### 1.2.3.2 Motor eléctrico

El motor eléctrico genera el torque de asistencia en la columna de dirección que sumado a la que realiza el conductor permite el giro de las ruedas directrices. Este motor es de corriente continua, de alto par y con bajas pérdidas del mismo, reducido tamaño, de rápida respuesta, bajo nivel de ruido y con poca vibración (figura 1.13).



**Figura 1.13.** Motor eléctrico.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

La asistencia del motor está dada según las curvas programadas en el módulo de control electrónico el cual modifica la corriente enviada para variar el sentido de rotación y su velocidad.

Va integrado en una carcasa de aluminio, acoplado en la columna de dirección y transmite a través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento la fuerza de asistencia para la dirección (figura 1.14).



**Figura 1.14.** Acople del motor eléctrico a la columna.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

<b>CORRIENTE MÁXIMA</b>	65A
<b>DIÁMETRO</b>	76 mm
<b>LARGO</b>	125 mm
<b>PESO</b>	2,6 kg
<b>VELOCIDAD MÁXIMA</b>	2000 rpm
<b>TORQUE</b>	3,4 Nm
<b>VELOCIDAD MEDIA</b>	1180 rpm
<b>POTENCIA</b>	420 W

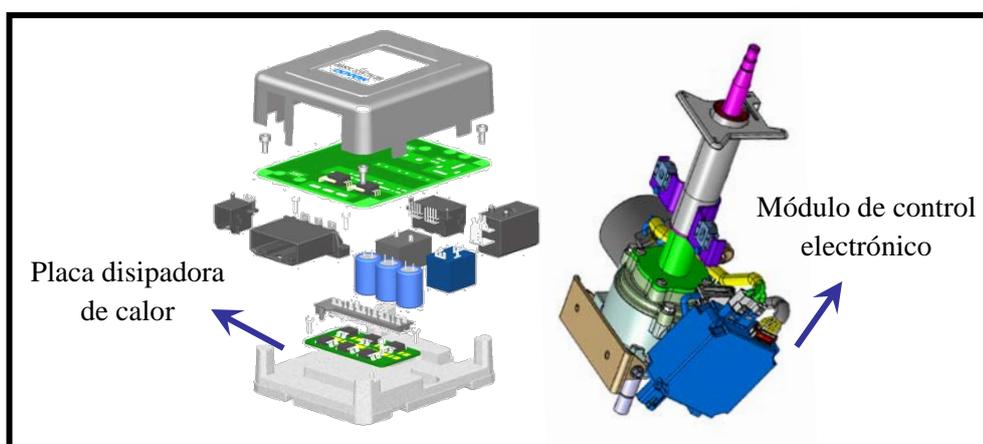
**Tabla 1.2.** Características técnicas del motor.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

### 1.2.3.3 Módulo de control electrónico

El módulo de control electrónico está ubicado sobre una placa que disipa el calor generado por su funcionamiento, este conjunto está colocado en la columna de dirección para facilitar su conectividad por la cercanía de los componentes (figura 1.15.).

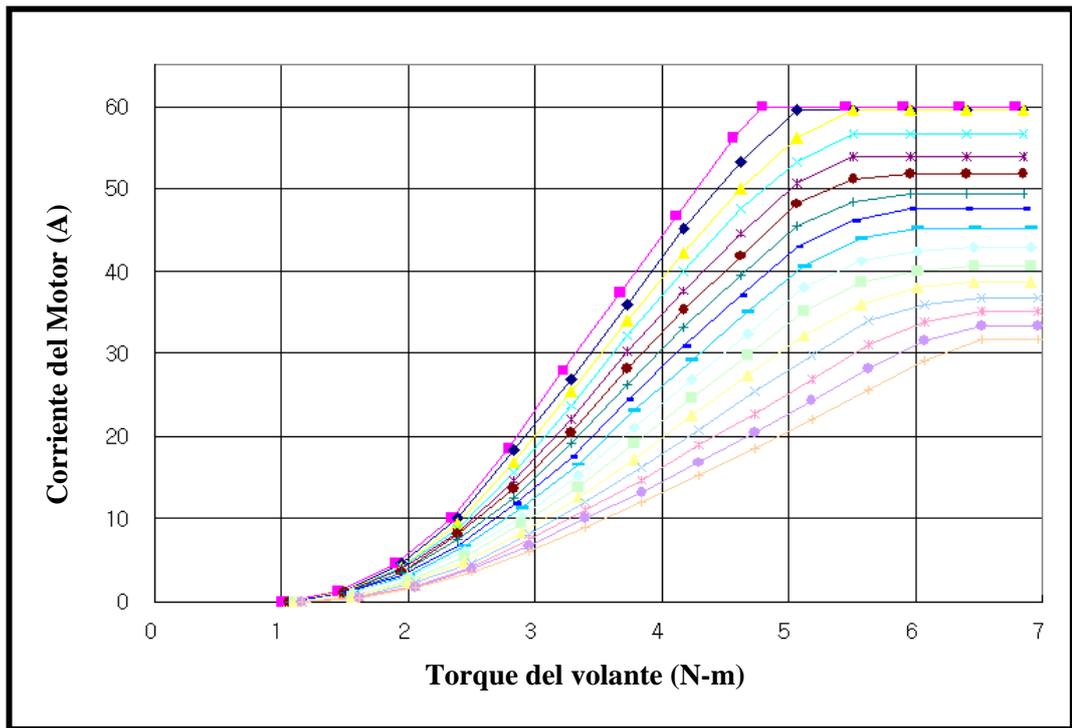
El módulo de control electrónico recibe las señales del sensor de torque, sensor de velocidad del vehículo y sensor de revoluciones del motor para así con las curvas que vienen programadas en su memoria interna modificar el abastecimiento de corriente al motor o cortarla en caso de un fallo detectado por el sistema.



**Figura 1.15.** Ubicación del módulo de control electrónico.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

La regulación de la asistencia para la dirección se lleva por medio de una familia de curvas características programadas en la memoria del módulo de control electrónico. Estas curvas relacionan la velocidad del vehículo con el par generado en el volante del conductor para realizar la entrega de corriente al motor eléctrico. Cada línea representa la velocidad del vehículo que está programada en fracciones de 8 km/h empezando desde la parte superior (figura 1.16.).



**Figura 1.16.** Relación: corriente, torque y velocidad del vehículo.  
 Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

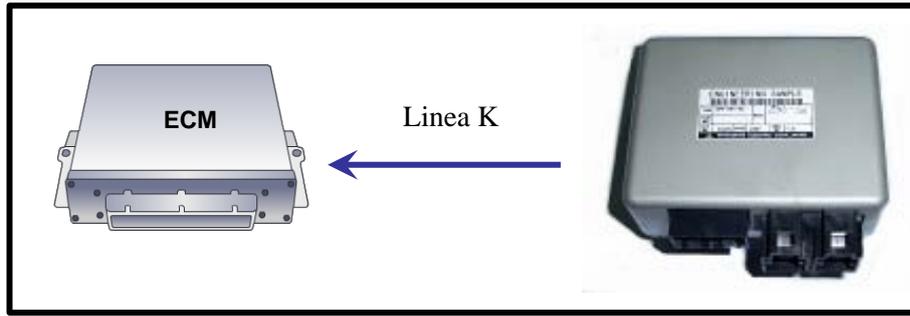
Velocidad Vehículo (km/h)	Características													
	1.0	1.4	1.9	2.3	2.8	3.2	3.7	4.1	4.6	4.8	5.5	5.9	6.4	6.8
0	0.0	1.3	4.6	10.1	18.5	28.0	37.4	46.8	56.2	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
8	1.1	1.5	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1	5.5	6.0	6.4	6.9
16	0.0	1.3	4.6	10.1	18.2	27.0	36.1	45.2	53.3	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5
24	1.1	1.5	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1	5.5	6.0	6.4	6.9
32	0.0	1.0	4.2	8.8	15.6	23.7	32.2	40.0	47.5	53.3	56.6	56.6	56.6	56.6
40	1.1	1.5	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1	5.5	6.0	6.4	6.9
48	0.0	1.0	3.6	8.1	13.7	20.5	28.3	35.4	41.9	48.1	51.0	51.7	51.7	51.7
56	1.1	1.5	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1	5.5	6.0	6.4	6.9
64	0.0	1.0	3.3	6.8	11.7	17.6	24.4	30.9	37.1	42.9	46.2	47.5	47.5	47.5
72	1.1	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	6.9
80	0.0	1.0	3.3	6.8	11.4	16.6	23.1	29.3	35.1	40.6	43.9	45.2	45.2	45.2
88	1.1	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	6.9
96	0.0	0.7	2.6	5.5	9.4	14.0	19.2	24.7	29.9	35.1	38.7	40.0	40.6	40.6
104	1.1	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	6.9
112	0.0	0.7	2.3	4.9	8.5	12.7	17.2	22.4	27.3	32.2	36.1	38.0	38.7	38.7
120	1.2	1.6	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.3	4.7	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0
	0.0	0.7	2.3	4.6	8.1	12.0	16.3	20.8	25.4	29.9	34.1	36.1	36.7	36.7
	1.2	1.6	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.3	4.7	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0
	0.0	0.7	2.0	4.2	7.5	11.1	14.6	18.9	22.8	27.0	31.2	33.8	35.1	35.1
	1.2	1.6	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.3	4.7	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0
	0.0	0.3	1.6	3.9	6.8	10.1	13.3	16.9	20.5	24.4	28.3	31.5	33.5	33.5
	1.2	1.6	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.3	4.7	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0
	0.0	0.3	1.6	3.6	6.2	9.1	12.0	15.3	18.5	22.1	25.7	29.3	31.9	31.9

**Tabla 1.3.** Valores detallados de la figura 1.16.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

Como sistema de seguridad viene incorporado internamente un termistor el cual mide la temperatura del módulo, si es menor a -20 °C o mayor a 80 °C la corriente de asistencia al motor eléctrico se reduce, evitando un daño permanente a sus componentes electrónicos.

Tiene una comunicación directa con el módulo de control electrónico central (ECM) del vehículo mediante una línea (línea K), la cual sirve para realizar un diagnóstico del funcionamiento y datos almacenados del sistema de electro dirección, por medio de un escáner (figura 1.17.).



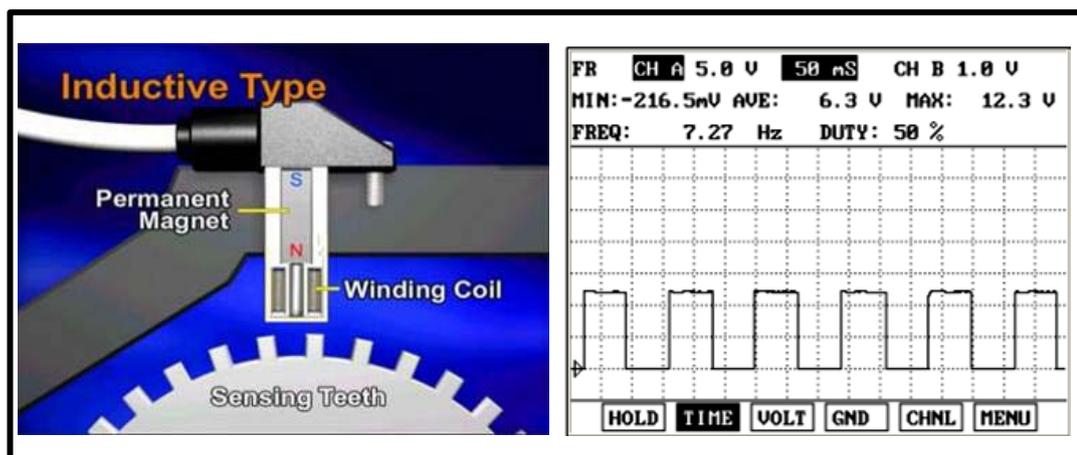
**Figura 1.17.** Comunicación módulo MDPS con ECM

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

La memoria interna del módulo almacena los códigos de diagnósticos que se puedan producir durante el funcionamiento erróneo del sistema, los cuales pueden ser borrados mediante un escáner o de forma automática luego de 60 ciclos de un funcionamiento sin el mismo error.

### 1.2.3.4 Sensor de velocidad del vehículo

El sensor realiza la medición de la velocidad del vehículo, se encuentra conjuntamente con el sistema de frenos antibloqueo (ABS) o en la transmisión. Es de tipo inductivo generando una forma de onda senoidal de corriente proporcional a la velocidad del vehículo, ésta es enviada al módulo de control electrónico central (ECM) donde se rectifica la forma de onda en una señal cuadrada (figura 1.18.) para luego ser enviada al módulo de control electrónico de la electro dirección.



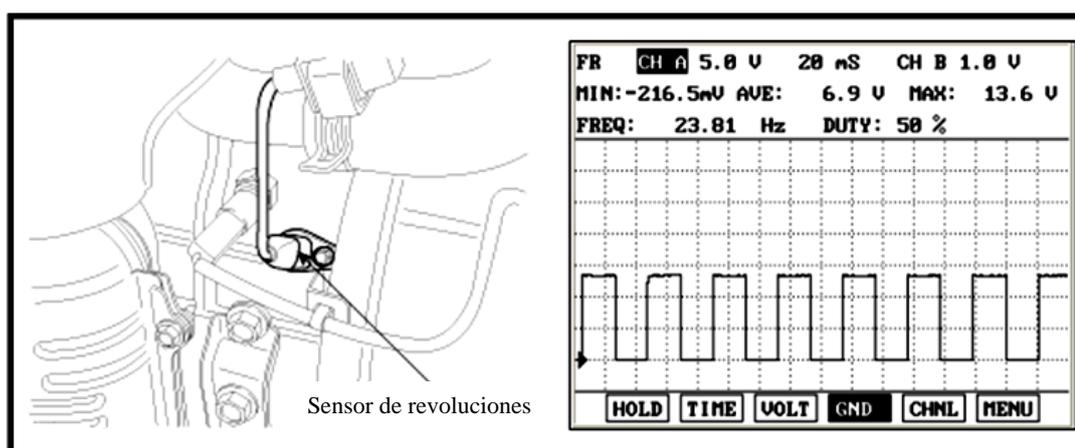
**Figura 1.18.** Sensor de velocidad inductivo y forma de onda rectificada.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

Esta señal es utilizada para variar la corriente de asistencia al motor eléctrico según las curvas programadas en el calculador del módulo. A medida que aumenta la velocidad del vehículo, la corriente del motor se reduce con el fin de disminuir la asistencia del motor y mantener la trayectoria del vehículo mejorando la seguridad activa.

### 1.2.3.5 Sensor de revoluciones del motor de combustión

Es de tipo inductivo que realiza la medición de las revoluciones del cigüeñal, generando una forma de onda senoidal de corriente alterna. La onda generada es enviada al módulo de control electrónico central (ECM) que la rectifica para convertirla en una señal cuadrada (figura 1.19.), que luego es tomada por el módulo de control electrónico de la electro dirección. Se ubica en la campana que cubre el volante motor.



**Figura 1.19.** Sensor de revoluciones inductivo del motor y forma de onda rectificada.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

Ésta señal sirve para indicar al MDPS-MC que inicia el funcionamiento del vehículo, para que así active su sistema de asistencia y se ahorre energía al estar funcionando sin necesidad. Adicionalmente sirve para el control de ralentí del motor de combustión, cuando la corriente utilizada por el sistema supera los 25A, el módulo de control electrónico envía una señal a la ECM para elevar el régimen del motor y compensar este consumo de corriente, cuando la corriente es menor a 20A o la velocidad del vehículo es 5 km/h dicha señal se suspende.

### 1.2.3.6 Testigo luminoso

Esta luz testigo está ubicada en el panel de control del vehículo (figura 1.20.), la misma que sirve de alerta al conductor cuando se produce algún fallo en el sistema, permanecerá encendido hasta que el fallo sea reparado.



**Figura 1.20.** Testigo luminoso.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

Al activar el interruptor del vehículo la luz testigo se enciende debido a que se realiza un auto diagnóstico del sistema y al momento de encender el vehículo esta se apagará si los parámetros del sistema están funcionando correctamente.

## 1.2.4 Diagramas eléctricos

La disposición de los diferentes componentes electrónicos y conexiones eléctricas que conforman el sistema MDPS-MC se plasman en los diferentes diagramas y conectores eléctricos que resultan ser mapas detallados de su configuración.

### 1.2.4.1 Diagramas de bloque y conexiones eléctricas

En el primer diagrama se detalla la estructura interna del módulo de control electrónico y conexiones de los diferentes componentes que conforman el sistema MDPS-MC (figura 1.21.).

En el segundo diagrama se representa las conexiones con la nomenclatura de cada conector de los elementos que constituyen el sistema (figura 1.22).

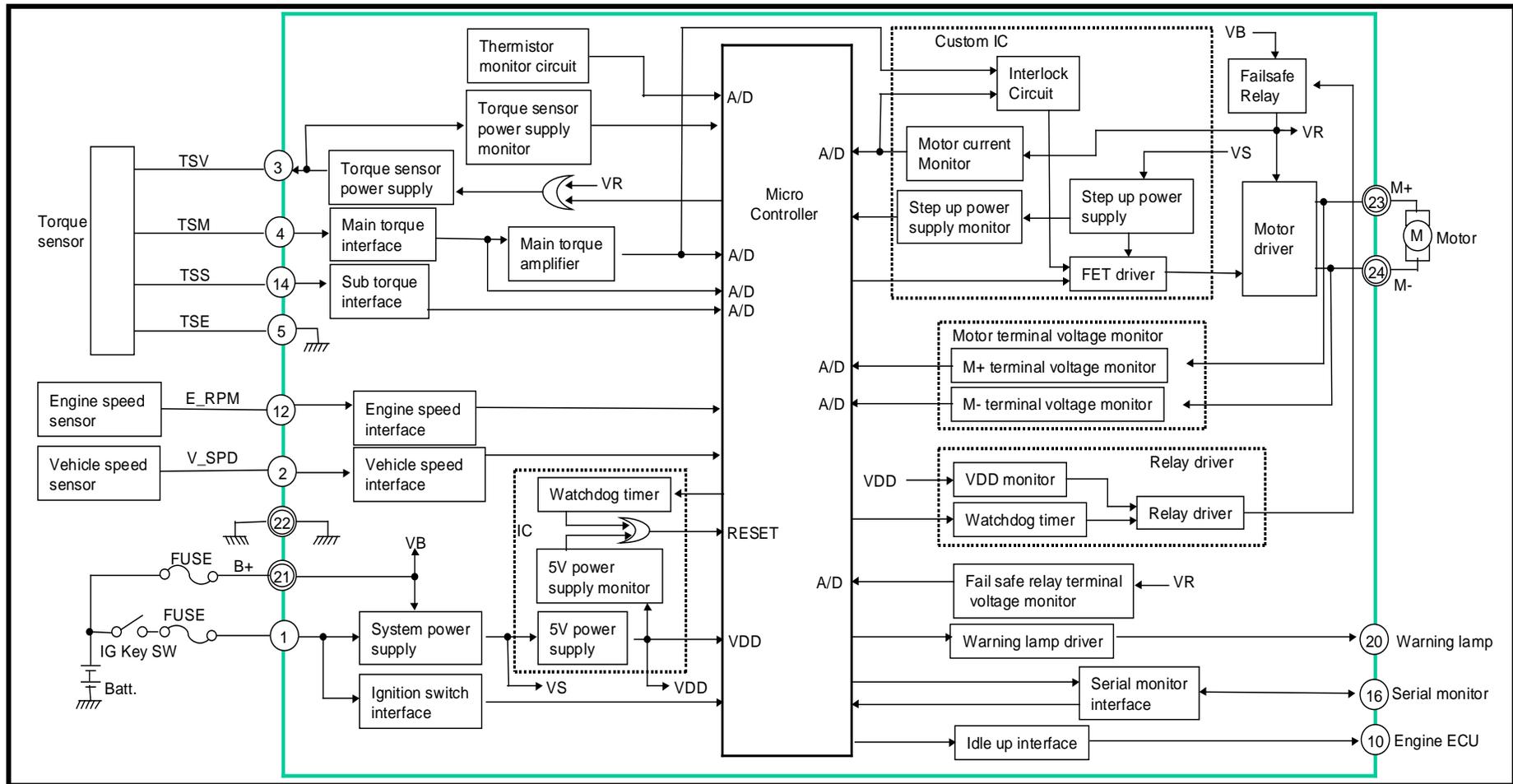


Figura 1.21. Diagrama de bloque.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

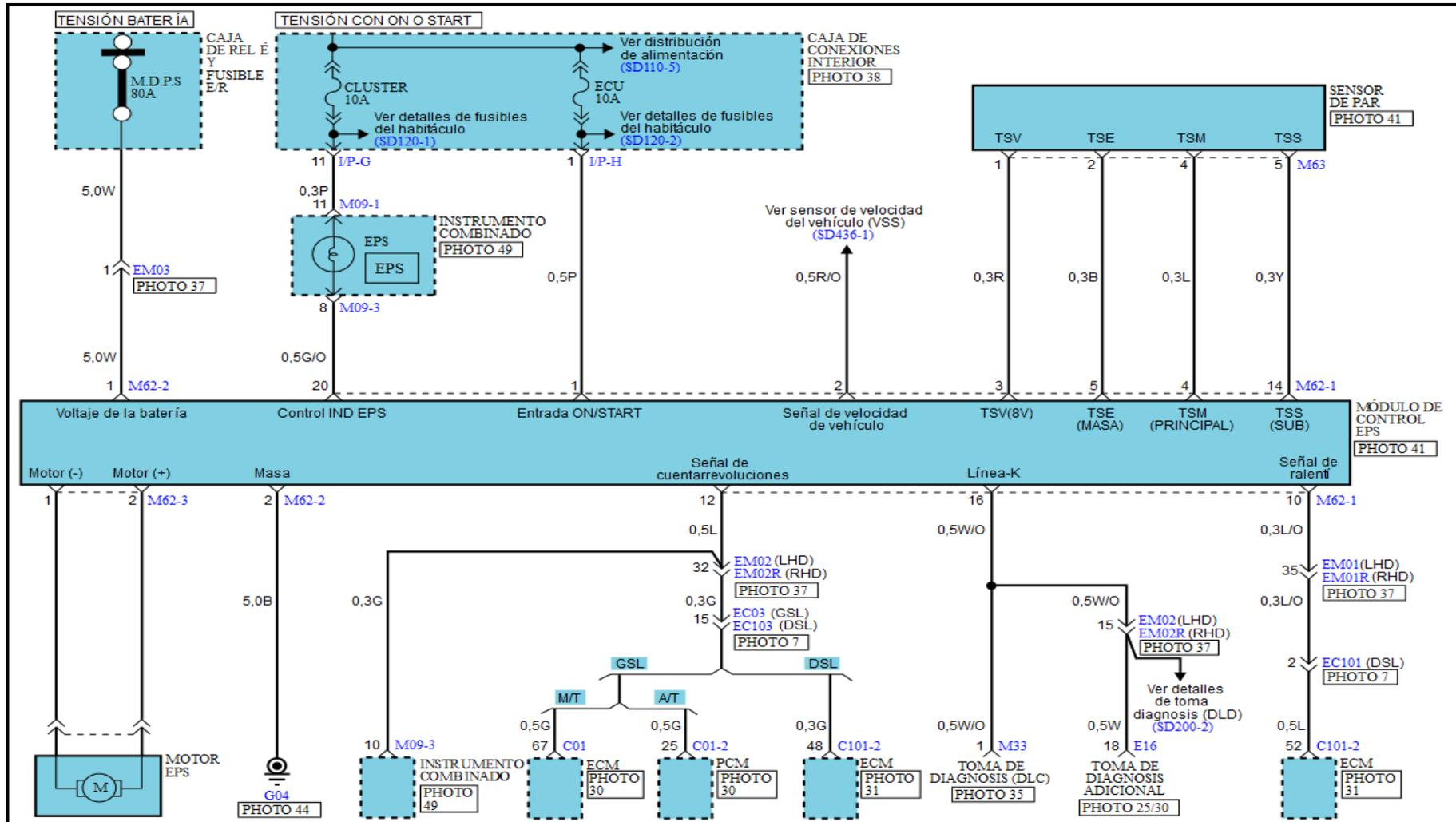
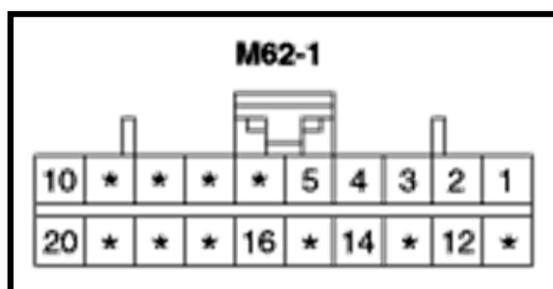


Figura 1.22. Diagrama de conexiones eléctricas.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

### 1.2.4.2 Diagrama de conectores eléctricos

El módulo de control electrónico consta con un conector principal M62-1 (figura 1.23), donde se encuentran los pines de conexión del interruptor de encendido, entradas de señales de velocidad del vehículo, revoluciones del motor de combustión y sensor de torque, así como salidas de señal control de ralentí y lámpara testigo. A más de este conector se encuentran dos adicionales, M62-2 y M62-3 (figura 1.24), siendo estos de alimentación y control del motor eléctrico respectivamente. El sensor de torque viene dotado con un conector M63 (figura 1.25), donde sus pines son conexiones de alimentación y señales del mismo.

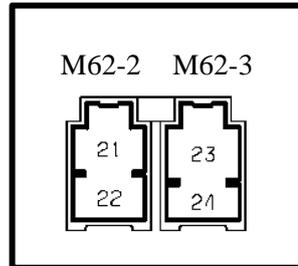


NO.	PIN	ENTRADA / SALIDA	DESCRIPCIÓN
1	IG	Entrada	Interruptor de encendido
2	SP	Entrada	Velocidad del vehículo
3	TSV	Salida	Alimentación sensor de torque
4	TSM	Entrada	Señal principal sensor de torque
5	TSE	Entrada / Salida	Masa sensor de torque
6	-	-	NA
7	-	-	NA
8	-	-	NA
9	-	-	NA
10	I/UP	Salida	Señal control de ralentí
11	-	-	NA
12	IGP	Entrada	Señal revoluciones del motor
13	-	-	NA
14	TSS	Entrada	Señal secundaria sensor de torque
15	-	-	NA
16	MONI	Entrada / Salida	Línea de comunicación (línea K)
17	-	-	NA

18	-	-	NA
19	-	-	NA
20	DNL	Salida	Lámpara testigo

**Figura 1.23.** Pines y conector principal del módulo M62-1.

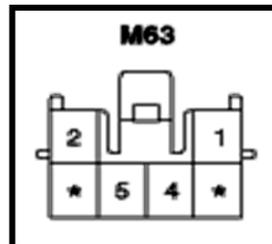
Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.



No.	PIN	ENTRADA / SALIDA	DESCRIPCIÓN
21	+B	Entrada	Batería
22	GND	Entrada / Salida	Masa
23	M+	Salida	Motor (+)
24	M-	Salida	Motor (-)

**Figura 1.24.** Pines y conector alimentación y motor eléctrico M62-2 / M623.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.



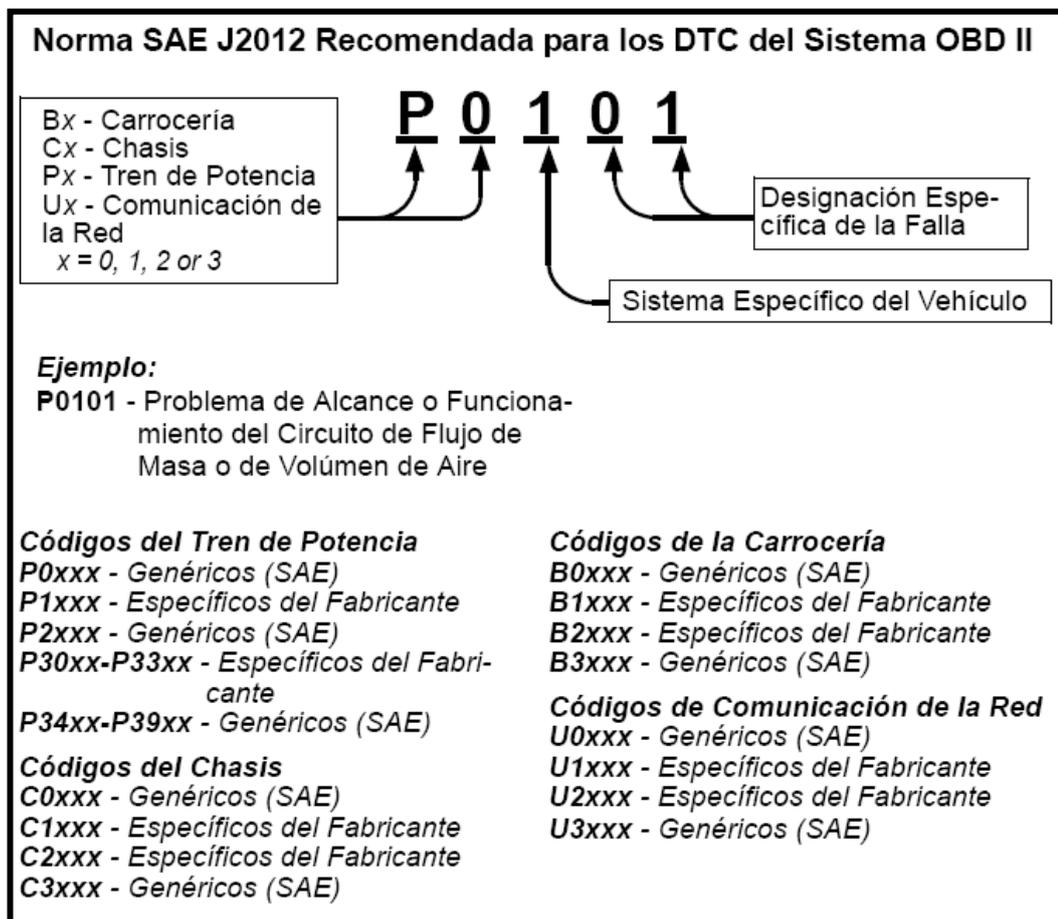
No.	PIN	ENTRADA / SALIDA	DESCRIPCIÓN
1	TSV	Salida	Alimentación sensor de torque
2	TSE	Entrada / Salida	Masa sensor de torque
4	TSM	Entrada	Señal principal sensor de torque
5	TSS	Entrada	Señal secundaria sensor de torque

**Figura 1.25.** Pines y conector sensor de torque M63.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

### 1.2.5 Códigos de avería

Los códigos de diagnóstico de problemas (DTC) son códigos de tres dígitos y un designador alfanumérico, normalizados mediante la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) según la norma J2012 (figura 1.26). Se conocen como códigos genéricos de Diagnóstico a Bordo (OBD II) exigiendo a los fabricantes el cumplimiento de la norma, rigiendo para automóviles, camiones livianos, vehículos multiuso, vehículos utilitarios, etc. Cuando el módulo electrónico de control del sistema identifica un fallo almacena en la memoria un DTC correspondiente al fallo ejecutado.



**Figura 1.26.** Norma SAE J2012 para DTC.

Fuente: [www.tradervar.com/OBD%20II%20AutoScanner%20CP9135\\_spanish.pdf](http://www.tradervar.com/OBD%20II%20AutoScanner%20CP9135_spanish.pdf); Septiembre 2011

### 1.2.5.1 Códigos del sensor de torque

- **C1290** Señal principal (Main) del sensor de torque fallida.  
Se genera cuando el voltaje de salida de la señal Principal es mayor que 4,6V o menor que 0,4V. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.
- **C1291** Señal secundaria (Sub) del sensor de torque fallida.  
Se genera cuando el voltaje de salida de la señal Secundaria es mayor que 4,6V o menor que 0,4V. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.
- **C1292** Valor absoluto de (señal principal – señal secundaria) fuera de rango.  
Se genera cuando el voltaje de salida de la señal principal menos la señal secundaria es mayor que 0,527V. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.
- **C1112** Voltaje de alimentación fuera de rango.  
Se genera cuando el voltaje de alimentación del sensor es mayor que 5,7V o menor que 4,3V. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.

Estos fallos al momento de ser apagado el sistema, serán restaurados.

### 1.2.5.2 Código de la velocidad del vehículo

- **C1212** Señal de velocidad del vehículo fallida.

Se genera cuando la velocidad del vehículo es 0 km/h y las revoluciones de motor son mayores de 2 500 rpm por 20 segundos. Si el motor acaba de arrancar, velocidad del vehículo es 0 km/h y rpm motor mayor a 4 000 por

5 minutos. La respuesta del sistema ante estas condiciones es controlar el motor eléctrico como si la velocidad del vehículo fuese 255 km/h, el relé del módulo se mantiene encendido y el testigo luminoso apagado.

Este fallo al momento de ser la velocidad del vehículo mayor que 5 km/h o de ser apagado el sistema, será restaurado.

### **1.2.5.3 Código de revoluciones del motor de combustión**

➤ **C1272** Señal de revoluciones del motor de combustión fallida

Se genera cuando las revoluciones del motor están por debajo de 330 rpm y la velocidad del vehículo es mayor de 50 km/h por 20 segundos o más. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo permanece encendido y enciende el testigo luminoso.

Debido a que el relé de fallo permanece encendido el fallo será restaurado al momento de recuperar la condición de funcionamiento normal sin necesidad de ser apagado el sistema.

### **1.2.5.4 Códigos del motor eléctrico**

➤ **C2412** Error en el voltaje del motor.

Se genera cuando el voltaje en ambos lados del motor es mayor que 8,5V o menor que 0,2V por 5 segundos (cuando no se opera el motor debería ser normalmente alrededor de 1V). La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.

➤ **C2414** Excesiva corriente del motor.

Se genera cuando la corriente de motor es mayor que 73A. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del modulo y encender el testigo luminoso.

Estos fallos al momento de ser apagado el sistema, serán restaurados.

#### **1.2.5.5 Códigos de energía de alimentación**

➤ **C1101** Excesivo voltaje de alimentación.

Se genera cuando el voltaje de alimentación de la batería es mayor que 17,5V. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del modulo permanece encendido y enciende el testigo luminoso.

Debido a que el relé de fallo permanece encendido el fallo será restaurado al momento de obtener un voltaje de alimentación de 15,5V.

➤ **C1102** Bajo Voltaje de alimentación.

Se genera cuando el voltaje de alimentación de la batería es menor que 9V por 5 segundos. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo permanece encendido y enciende el testigo luminoso.

Debido a que el relé de fallo permanece encendido el fallo será restaurado al momento de obtener un voltaje de alimentación de 10V.

### 1.2.5.6 Códigos del módulo de control electrónico

➤ **C1704** Fallo del relé del módulo.

Se genera cuando el relé del módulo está atascado. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.

➤ **C1604** Fallo interno del módulo de control electrónico.

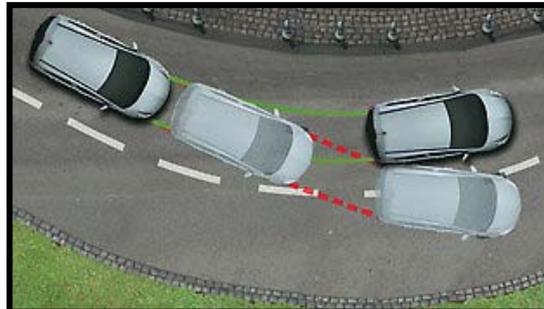
Se genera cuando cumple con las siguientes condiciones:

- Voltaje de alimentación interno menor que el voltaje de la batería por 2 segundos. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo permanece encendido y enciende el testigo luminoso.
- Voltaje de la interfaz del monitoreo del control del motor mayor que 23V o menor que menos 3V. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.
- Interface de sensor de torque dañada. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.
- Temperatura interna menor que -50°C. El sistema es controlado como si estuviera a 60°C siendo la respuesta del sistema mantener encendido el relé del módulo y apagar el testigo luminoso.
- El circuito integrado de aplicación específica ASIC fallida. La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.
- Memoria ROM o RAM fallida (No guarda DTC). La respuesta del sistema ante estas condiciones es apagar el motor eléctrico, el relé del módulo y encender el testigo luminoso.

### 1.3 Ventajas e inconveniente del sistema de electro dirección asistida

#### 1.3.1 Seguridad

Este sistema mejora la seguridad activa del automóvil (figura 1.27.) debido a que regula la asistencia de acuerdo a las etapas de funcionamiento del vehículo. Obteniendo una mayor asistencia en baja velocidad para reducir el esfuerzo del conductor en las maniobras, mayor asistencia en alta velocidad para mantener la trayectoria del vehículo y la ausencia de movimientos extraños en el volante al circular por terrenos en mal estado.



**Figura 1.27.** Seguridad en la trayectoria del vehículo.

Fuente: [www.opel.es/vehiculos/coches-opel/vehiculos-comerciales-opel/corsa\\_van/claves/comodidad-seguridad.htm](http://www.opel.es/vehiculos/coches-opel/vehiculos-comerciales-opel/corsa_van/claves/comodidad-seguridad.htm); Septiembre 2011.

#### 1.3.2 Cuidado ambiental

Al realizar la asistencia un motor eléctrico el sistema elimina todo circuito hidráulico como bomba de alta presión, depósito, válvula de distribución, entubado flexible y cableados que lleva una asistencia hidráulica o electrohidráulica, por ende elimina el líquido hidráulico que al no ser tratado correctamente después de su uso causa contaminación a las fuentes hídricas. Adicionalmente existe una reducción del sonido debido a la eliminación de dichos componentes.

Deshacerse de la hidráulica también acaba con las fugas de fluidos y la necesidad de revisar el líquido de dirección asistida, por lo que el mantenimiento del sistema se reducirá.

### **1.3.3 Consumo**

Reduce el consumo energético ya que entra en funcionamiento sólo en el momento de girar el volante a diferencia de la asistencia hidráulica que utiliza un caudal volumétrico constante que consume de 8 a 10 caballos de fuerza del motor de combustión, adicionalmente la eliminación de los componentes hidráulicos provoca una reducción de peso que disminuye la carga sobre el motor de combustión. Todo esto se traduce en un menor consumo de combustible aproximadamente 0,2 litros cada 100 km.

### **1.3.4 Limitación de uso**

Este sistema limita su aplicación a ciertos vehículos ya que depende del peso del mismo y del tamaño de sus ruedas. Al tener un vehículo demasiado pesado y con ruedas grandes se necesita mayor fuerza para mover las ruedas por lo que requeriría un motor eléctrico de mayor tamaño que consume mucha energía eléctrica y su peso y volumen dificultaría la disposición dentro del vehículo. Este consumo de energía por parte de un motor eléctrico de grandes dimensiones en un sistema de dirección no es factible ya que la capacidad eléctrica del sistema de carga del vehículo está limitada.

## **1.4 Conclusiones**

El sensor de torque es uno de los elementos más importantes en este tipo de sistemas, debido a que incide primordialmente en su funcionamiento ya que por cualquier fallo que se produzca en este, todo el sistema deja de funcionar volviéndose una dirección completamente mecánica.

La posición de la columna de dirección dentro del habitáculo del vehículo permite aislar la temperatura procedente del motor evitando daños en los componentes electrónicos por cambios bruscos de temperatura y además evitar la excesiva suciedad disminuyendo el deterioro de sus elementos.

Al ser un sistema totalmente eléctrico y controlado electrónicamente se mejora la seguridad activa debido a que en altas velocidades se disminuye la asistencia para mantener la trayectoria del vehículo, lo que no se daba en sistemas anteriores.

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO**

#### **INTRODUCCIÓN**

El capítulo presente contiene el diseño de la estructura del banco el cual debe soportar los esfuerzos de los componentes del sistema de electro dirección asistida, además del diseño del conjunto que simula la resistencia del viraje creada por las ruedas. Mediante cálculos matemáticos y utilización de un software de elementos finitos para el diseño se selecciona las dimensiones y materiales adecuados para obtener una resistencia, seguridad, economía y ergonomía conforme a las exigencias de funcionamiento. Una vez realizado el diseño se plasma el proceso que se siguió para la construcción, montaje y puesta a punto del banco.

## 2.1 Diseño y construcción de la estructura

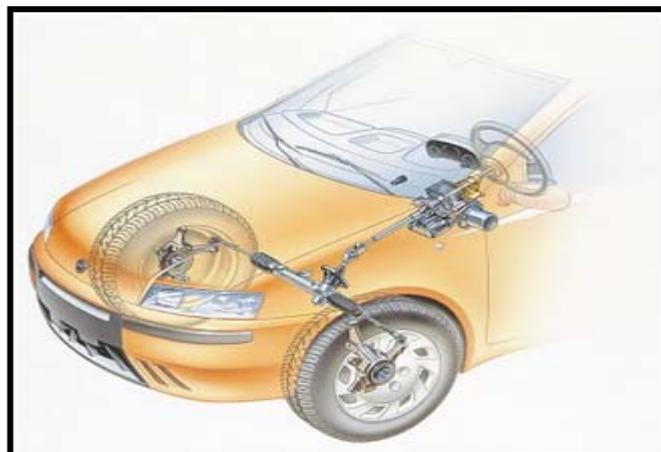
Para realizar la estructura del banco se considera un diseño ergonómico y con la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos que está sometido, de tal forma que su operador tenga acceso a los distintos componentes del Sistema de Electro Dirección para facilitar la manipulación al momento de realizar las diferentes comprobaciones del funcionamiento.

La estructura del banco va a soportar la columna y volante de la Electro Dirección, mecanismo de piñón y cremallera, conjunto simulador de la resistencia al viraje creada por las ruedas, batería, computador, tarjeta electrónica y cableado.

### 2.1.1 Diseño de la estructura

El diseño del banco está dado para que el operario lo manipule de pie para obtener mayor movilidad y con dimensiones adecuadas para asegurar la relajación de hombros y músculos de la espalda de una persona de altura promedio.

La columna de dirección se ubica de forma longitudinal y el mecanismo de piñón y cremallera transversal al banco, conforme se distribuye en el vehículo (figura 2.1), permitiendo una visibilidad y acceso a los elementos del sistema.



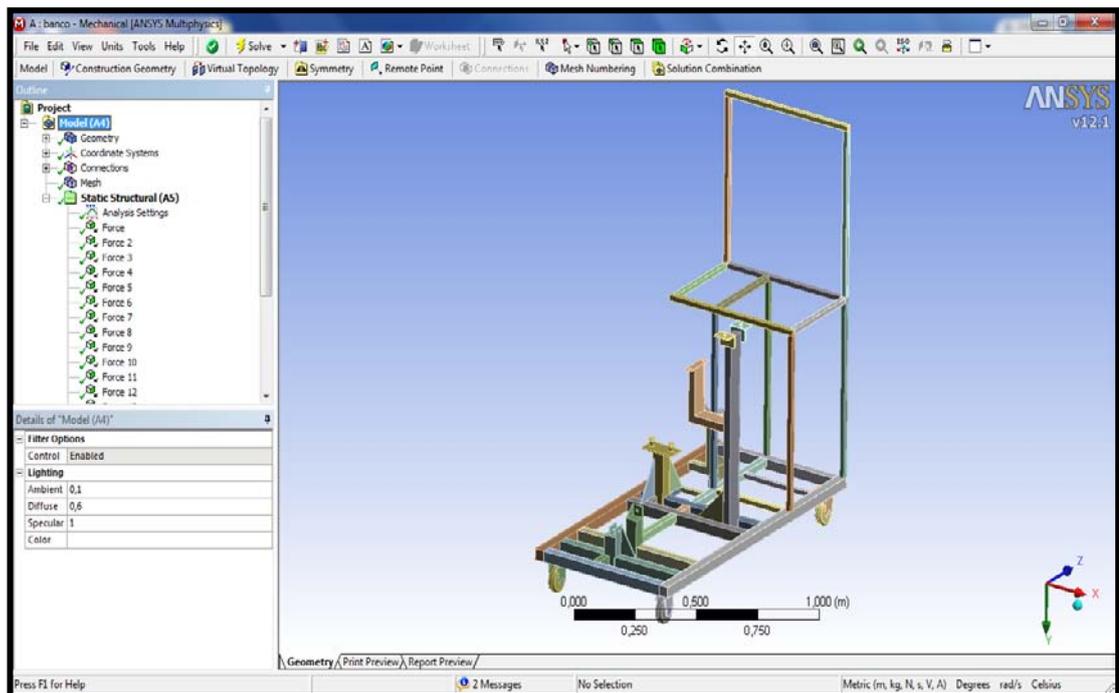
**Figura 2.1.** Disposición sistema de dirección en el vehículo

Fuente: EMatos, Sistema de Dirección, <http://autorepuestos.com.do/Informato/index.php/partes-vehiculo/>; Octubre 2011

Al lado derecho del volante se ubica un soporte para la computadora donde el operario va a controlar el funcionamiento del sistema, junto a este soporte se encuentra un tablero en el que se ubicarán las placas electrónicas y otros elementos de visualización de funcionamiento. En la parte baja del soporte se ubica un armario donde se guarda la batería y elementos varios.

Actualmente existen herramientas informáticas que facilitan el diseño por medio de software de elementos finitos para el análisis de esfuerzos en componentes mecánicos, ayudando a garantizar la resistencia, eficiencia y seguridad a más de aumentar la precisión y reducir el tiempo de análisis. ANSYS es un software que nos presta las facilidades para el diseño del banco.

Para la utilización de ANSYS se debe importar la estructura del banco con el formato .sat para que pueda interpretarlo, al dibujar la estructura en el programa INVENTOR<sup>3</sup> se facilita esta condición, a la figura 2.2 se presenta la estructura del banco importado en el software.



**Figura 2.2.** Estructura del banco en ANSYS.

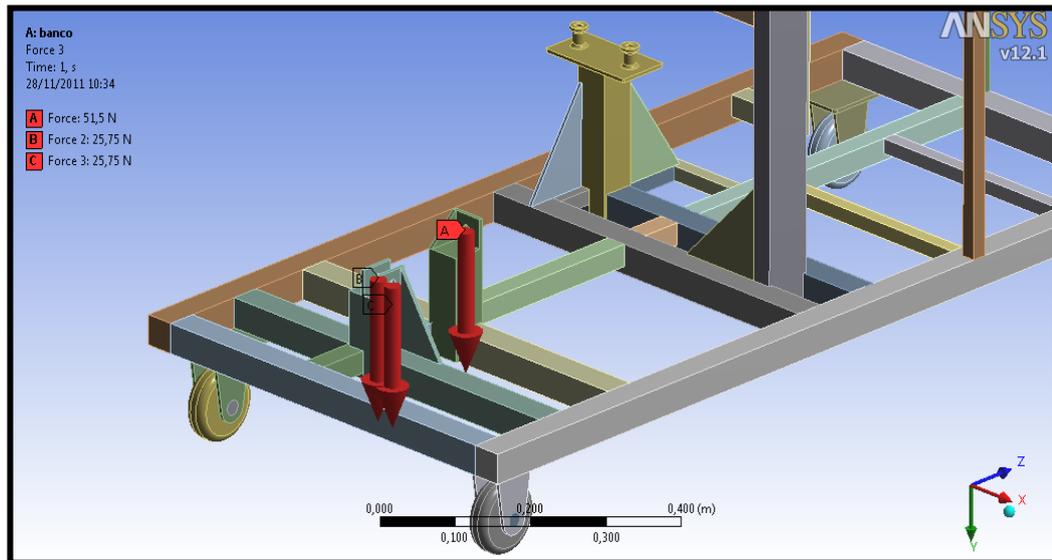
<sup>3</sup> WALKER, John, *Autodesk Inventor Profesional programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D*; 2011.

A continuación se aplican las fuerzas que soporta la estructura del banco.

- Conjunto simulador de la resistencia al viraje creada por las ruedas,

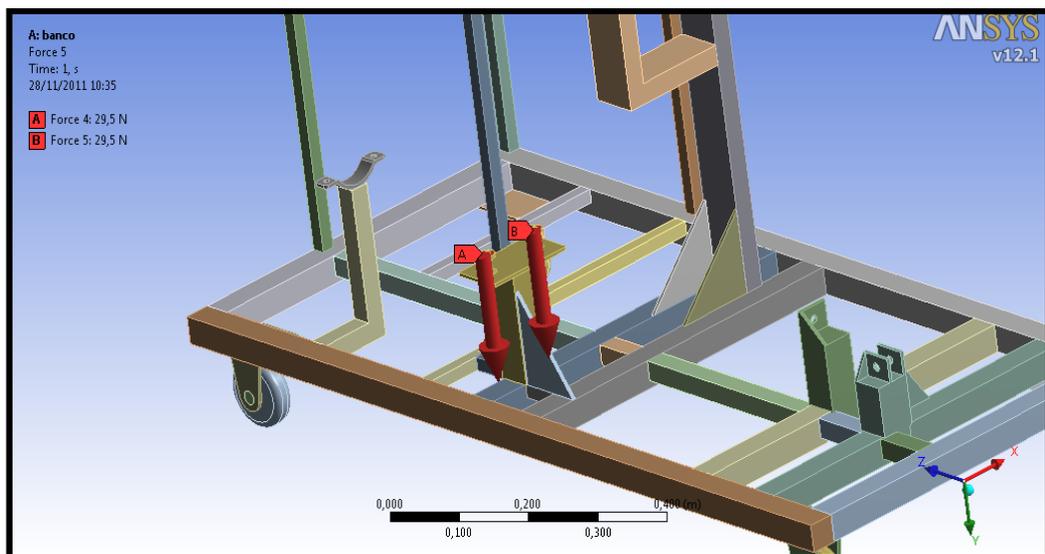
$$F_{\text{total}} = 103 \text{ N.}$$

Según su sujeción este peso se divide en componentes con la dirección y valor representadas en la figura 2.3.



**Figura 2.3.** Fuerza del freno.

- Mecanismo de dirección  $F_{\text{total}} = 59 \text{ N}$ . Según su sujeción este peso se divide en componentes con la dirección y valor representadas en la figura 2.4.



**Figura 2.4.** Fuerza de mecanismo de dirección.

- Columna de dirección  $F_{total} = 88 \text{ N}$ . Según su sujeción este peso se divide en componentes con la dirección y valor representadas en la figura 2.5.

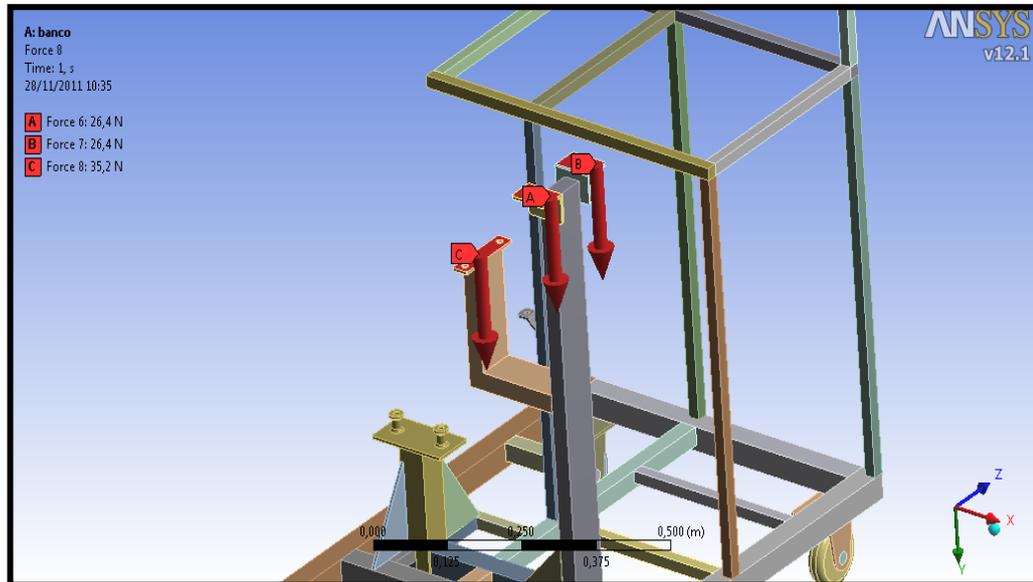


Figura 2.5. Fuerza de columna de dirección.

- En el banco existen 4 reacciones de las ruedas con el piso reflejadas en la figura 2.6.

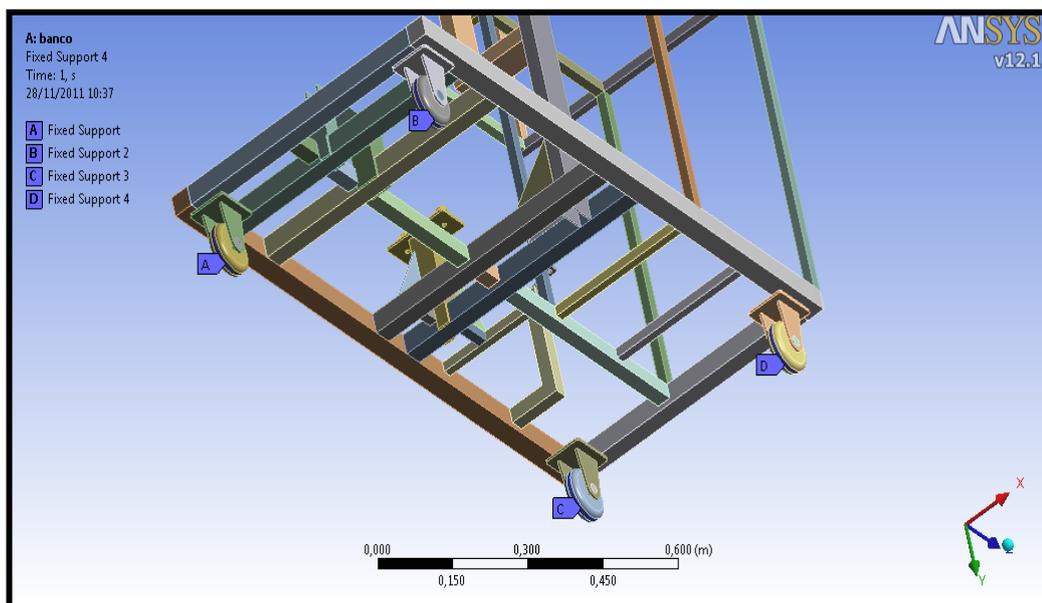
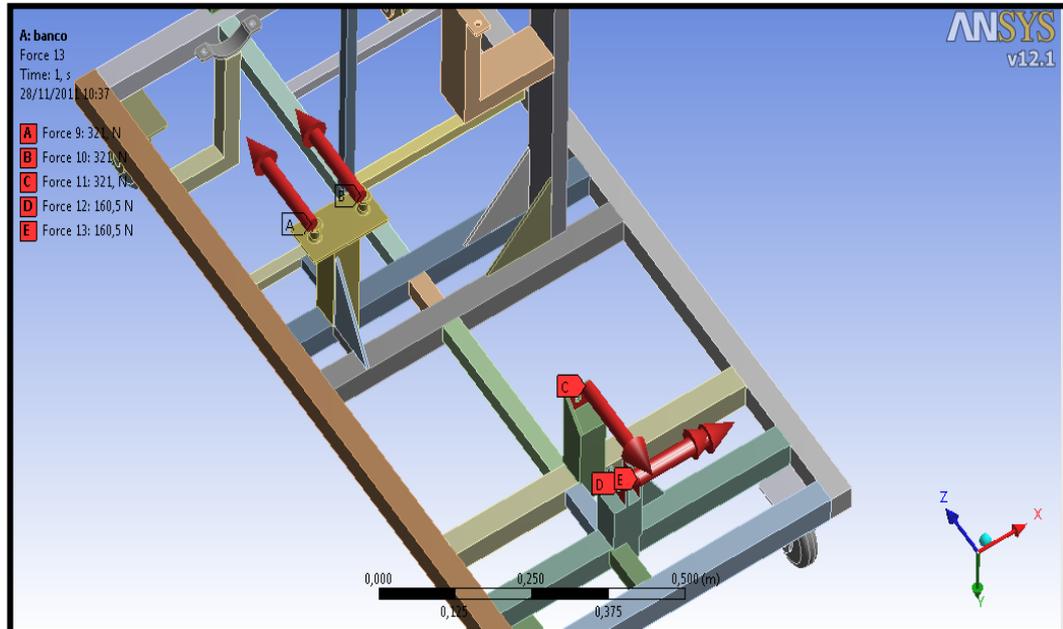


Figura 2.6. Reacciones de las ruedas.

- Reacciones que ejerce el mecanismo de dirección en funcionamiento

$$F_{\text{total}} = 642 \text{ N.}$$

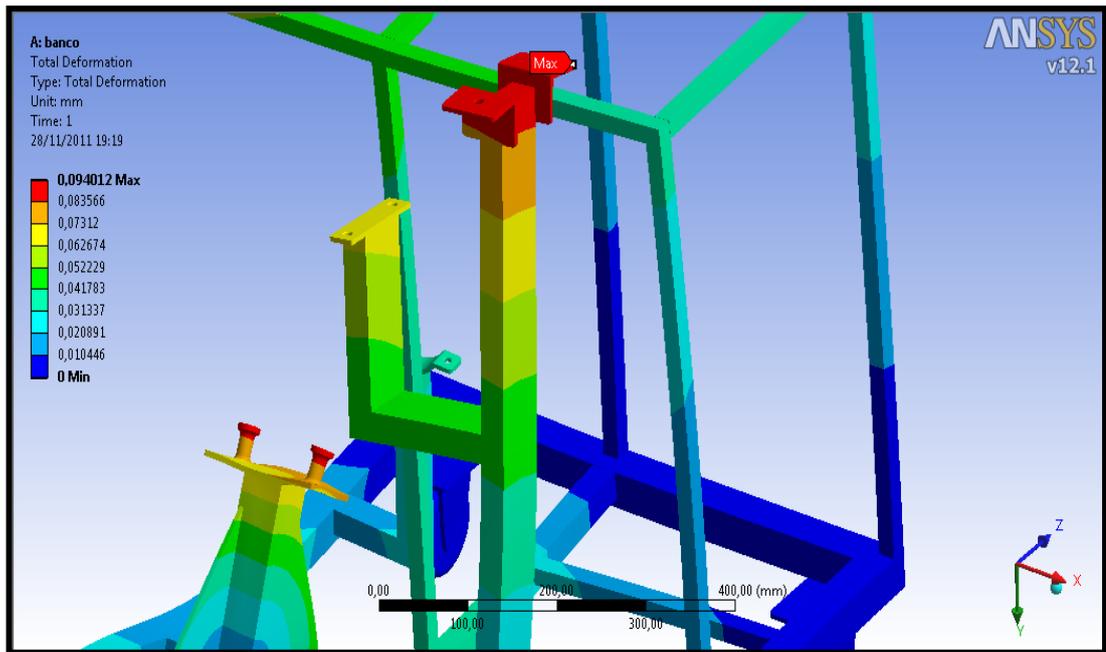
Según su sujeción este peso se divide en componentes con la dirección y valor representadas en la figura 2.7.



**Figura 2.7.** Fuerza de mecanismo de dirección en funcionamiento.

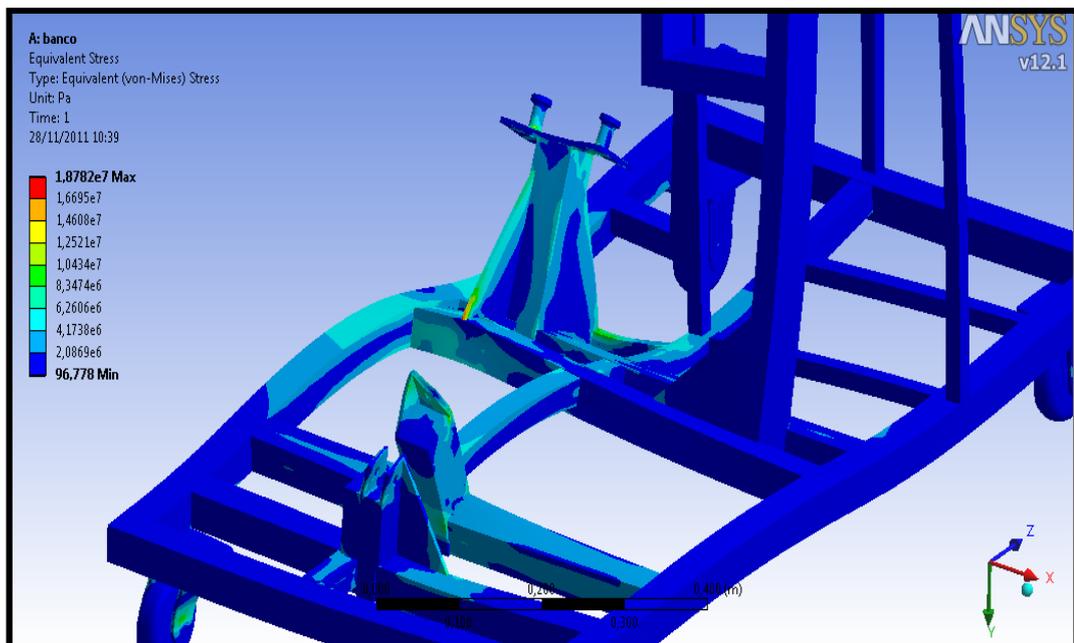
Luego de estar aplicadas las fuerzas de los componentes del banco mediante opciones del programa pedimos 3 soluciones que interesen, deformación, esfuerzo equivalente de Von Mises y el factor de seguridad, para luego enviar a solucionar obteniendo los siguientes resultados.

- Deformación: Al resolver el software como resultado nos representa la deformación máxima de 0,094 mm. Esta deformación se encuentra en el punto marcado de rojo de la figura 2.8.



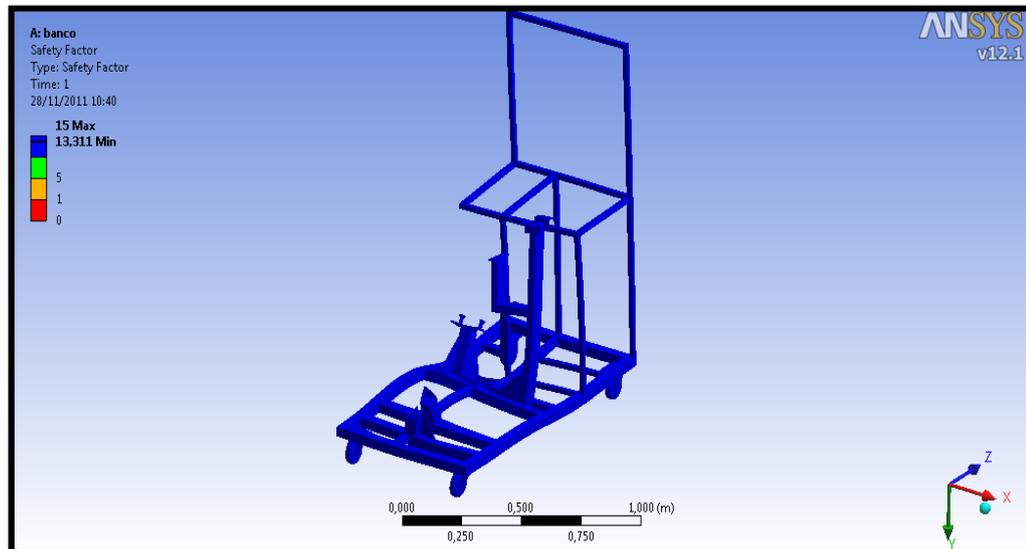
**Figura 2.8.** Deformación de la estructura.

- Esfuerzo Equivalente de Von Mises: El resultado dado por el software para el esfuerzo de Von Mises es un máximo de 18,7 MPa. Este esfuerzo se encuentra en los puntos marcados de rojo de la figura 2.9.



**Figura 2.9.** Esfuerzo equivalente de Von Mises.

- Factor de Seguridad: El resultado dado por el software para el factor de seguridad es un mínimo de 13,3. Este factor se encuentra distribuido en toda la estructura como se ilustra de color azul de la figura 2.10.



**Figura 2.10.** Factor de seguridad.

Una vez obtenidos los resultados en el análisis de la estructura observamos que la deformación máxima es de 0,094 mm y al no haber valores específicos se utiliza esta recomendación “Solo con un conocimiento profundo de la aplicación del elemento de máquina se puede indicar un valor de deformación aceptable. Pero se disponen de algunos lineamientos para tener un punto de partida.

#### *Deflexión debido a flexión.*

- *Partes de maquinas en general: 0,0005 a 0,003 pulgada/pulgada de longitud de viga.*
- *Presión moderada: 0,00001 a 0,0005 pulgada/pulgada de longitud de viga.*
- *Alta precisión 0,000001 a 0,00001 pulgada/pulgada de longitud de viga”<sup>4</sup>.*

Para el análisis de este diseño escogemos maquinas de presión moderada debiendo cumplir la ecuación 1.

<sup>4</sup>Mott, Robert L., Diseño de Elementos de Maquina, Editorial Pearson Educación, México 2006, Pag 777.

$$0,00001 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \leq \frac{y}{L} \leq 0,0005 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

$y$  = Deformación máxima indicado en la figura 2.8. = 0,094 mm = 0,0037 pulgadas.

$L$  = Longitud de la base donde está la máxima deformación en este caso en el soporte de la columna = 710mm = 27,95 pulgadas.

$$0,00001 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \leq \frac{0,0037}{27,95} \leq 0,0005 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}}$$

$$0,00001 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \leq 0,00013 \leq 0,0005 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}}$$

De esta forma comprobamos que la deformación calculada por el software esta dentro de los rangos permisibles.

El resultado del esfuerzo de von mises esta dentro de la tolerancia admisible por lo que el límite de fluencia del materias es  $S_y = 250$  Mpa siendo este sumamente mayor al calculado  $S_y = 18,7$  Mpa, los cuales son ocupados para encontrar el factor de seguridad siendo este 13,3. Es un valor poco alto, pero el banco al ser usado de forma didáctica va ser manipulado mayor tiempo por estudiantes los cuales pueden someterlo a esfuerzos no considerados. Lo que resulta conveniente este factor de seguridad obtenido.

Finalmente se presenta en la tabla 2.1 los resultados de los esfuerzos a los que está sometido el banco.

<b>RESULTADO DE CÁLCULOS</b>	
Deformación máxima	0,094 mm
Esfuerzo equivalente de Von Mises	18,7 MPa
Factor de seguridad	13,3

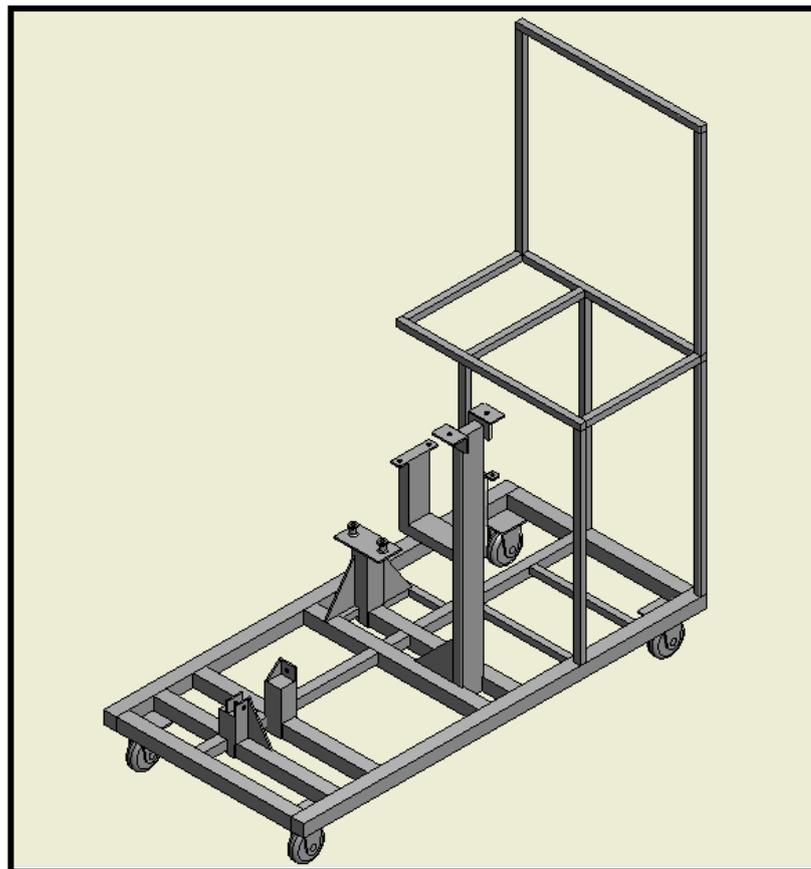
**Tabla 2.1.** Valores obtenidos de esfuerzos en el banco.

## 2.1.2 Construcción de la estructura

Una vez realizado el análisis del diseño de la estructura del banco que satisface las necesidades de un funcionamiento idóneo mediante la distribución ergonómica de los componentes y selección del material, obteniendo a su vez un resultado dentro los límites de resistencia y de formación adecuada, se procede a su construcción.

### 2.1.2.1 Planos de construcción

Para ejecutar la construcción es necesario tener una guía del dibujo, planteándose en el Anexo 1 los planos del banco a escala que se efectuaron en un software de dibujo<sup>5</sup>. En la figura 2.11 se plasma una representación grafica del banco.



**Figura 2.11.** Estructura del banco.

---

<sup>5</sup> WALKER, John, *Autodesk Inventor Profesional programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D*; 2011.

### 2.1.2.2 Ejecución de la construcción

Para la construcción del banco es necesario guiarse en los planos, con la utilización de los siguientes materiales (tabla 2.2):

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Tubo estructural rectangular ASTM A-500 de 70x30; espesor. 3mm	1,10 m
Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 de 40; espesor. 3mm	6 m
Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 de 30; espesor. 3mm	1,10 m
Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 de 20; espesor. 3mm	8 m
Plancha de acero PL de ancho 1220mm; largo 2440mm; espesor 2mm	2 planchas
Electrodo E6011	4 libras
Lija de hierro N. 100	5
Lija de hierro N. 400	5
Fondo anticorrosivo	¼ galón
Pintura preparada color azul	¼ galón
Pintura preparada color crema	¼ galón
Disolvente	4 litros
Seguro para cajón	1
Manija para cajón	1
Ruedas	4

**Tabla 2.2.** Materiales para la construcción del banco.

Una vez revisado el material a utilizar se procede al aserrado de los perfiles según las dimensiones planteadas para su posterior acoplamiento y unión mediante soldadura eléctrica (figura2.12). Finalmente se realiza una limpieza de la estructura y pintado final (figura2.13).



**Figura 2.12.** Estructura del banco.



**Figura 2.13.** Estructura del banco final.

## 2.2 Diseño y construcción del conjunto que simula la resistencia del viraje creada por las ruedas

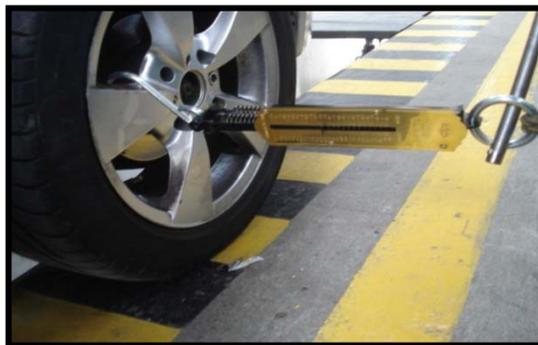
El sistema de dirección para realizar el giro de las ruedas necesita vencer la fuerza de fricción entre las ruedas y el suelo, donde influye el peso del vehículo y los elementos de la suspensión, para ello se utiliza un freno mecánico el cual permite diferenciar el esfuerzo en el volante cuando exista o no asistencia en el sistema, a mas de ayudar a reducir costos y mejorar la ergonomía del banco.

### 2.2.1 Diseño del freno mecánico

Para el freno mecánico colocado en el banco se adapta un freno de disco de un vehículo, dicho freno estará montado conjuntamente con su mordaza y soporte, se realiza una adaptación en el disco de modo que se acople el tirante de la cremallera. Se sitúa en la mordaza un tornillo en el cual se va a aplicar un torque calculado para que desplace el pistón y presione las pastillas contra el disco permitiendo que exista una restricción de movimiento y por ende de la cremallera.

El objetivo de los cálculos es encontrar el torque del tornillo que frene el disco para simular lo requerido, a continuación se analizan los cálculos.

Partimos de la fuerza que necesaria vencer la cremallera para el giro de las ruedas, realizamos la medición colocando un dinamómetro en la rueda retirando previamente el tirante de la cremallera, luego se procede a halar la rueda hasta que esta se mueva midiendo en este momento la fuerza que se necesita para el giro de la rueda (figura 2.14).



**Figura 2.14.** Medición de la fuerza necesaria para girar la rueda.

$$F_1 = 642 N$$

$F_1$  = Fuerza de la cremallera necesaria para el giro de las ruedas.

Esta fuerza va a estar aplicada en el disco la cual genera un torque obteniendo la ecuación 2:

$$T = F_1 * d \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde:

T = Torque del disco.

$F_1$  = Fuerza de la cremallera necesaria para el giro de las ruedas.

d = Distancia al centro del disco. = 165 mm.

$$T = 642 N * 0,165 m$$

$$T = 105,9 Nm$$

Una vez encontrado el torque generado en el disco se calcula la presión que debe ejercer las pastillas para frenar este torque. Aplicamos la teoría del desgaste uniforme para frenos de disco<sup>6</sup>, ecuación 3:

$$T = \frac{1}{2}(\theta_2 - \theta_1) * f * P_a * r_i * (r_o^2 - r_i^2) \quad \text{Ecuación 3}$$

En donde:

$P_a$  = Presión de las pastillas.

T = Torque del disco.

$\theta_1$  = Angulo indicado en la figura 2.15 medido en el disco =  $60^\circ = 1,0472 \text{ rad}$ .

$\theta_2$  = Angulo indicado en la figura 2.15 medido en el disco =  $120^\circ = 2,0944 \text{ rad}$ .

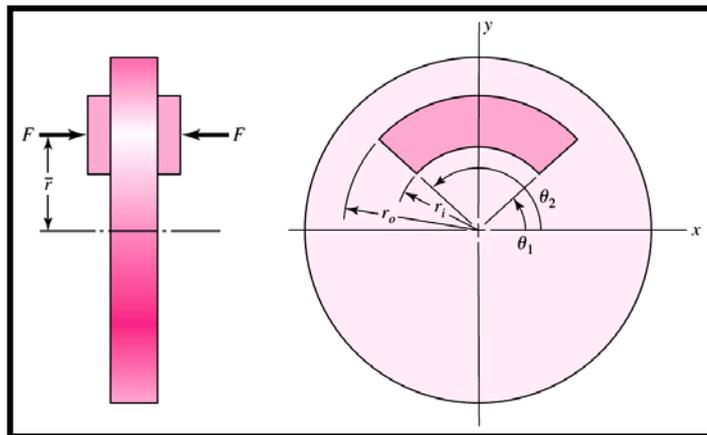
---

<sup>6</sup> SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava edición, Editorial McGraw Hill, México, 2008.

$r_i$  = Radio indicado en la figura 2.15 medido en el disco = 82 mm.

$r_o$  = Radio indicado en la figura 2.15 medido en el disco = 120 mm.

$f$  = Coeficiente de fricción, zapatas de asbesto modelado rígido, tabla 2.3 = 0,4.



**Figura 2.15.** Geometría del área de contacto de un segmento de zapata anular de un freno de yugo.  
Fuente: SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.

Material	Coeficiente de fricción ( $f$ )	Presión máxima ( $P_{max}$ - Psi)	Temperatura máxima		Velocidad máxima ( $V_{max}$ - pie/min)	Aplicaciones
			Instantánea ( $^{\circ}F$ )	Continúa ( $^{\circ}F$ )		
Cermet	0,32	150	1500	750		Frenos y embragues
Metal sinterizado (seco)	0,29 - 0,33	300 - 400	930 - 1020	570 - 660	3600	Embragues y frenos de disco de yugo
Metal sinterizado (húmedo)	0,06 - 0,08	500	930	570	3600	Embragues
Asbesto moldeado rígido (seco)	0,35 - 0,41	100	660 - 750	350	3600	Frenos y embragues de tambor
Asbesto moldeado rígido (húmedo)	0,06	300	660	350	3600	Embragues industriales
Zapatillas de asbesto moldeado rígido	0,31 - 0,49	750	930 - 1380	440 - 660	4800	Frenos de disco
Que no sea asbesto moldeado rígido	0,33 - 0,63	100 - 150		500 - 750	4800 - 7500	Embragues y frenos
Asbesto moldeado semirrígido	0,37 - 0,41	100	660	300	3600	Embragues y frenos
Asbesto moldeado flexible	0,39 - 0,45	100	660 - 750	300 - 350	3600	Embragues y frenos
Hilo y alambre de asbesto arrollado	0,38	100	660	300	3600	Embragues de automóviles
Hilo y alambre de asbesto tejido	0,38	100	500	260	3600	Embragues y frenos industriales
Algodón tejido	0,47	100	230	170	3600	Embragues y frenos industriales
Papel resiliente (húmedo)	0,09 - 0,15	400	300		PV < 500000 (psi . pie/min)	Embragues y bandas de transmisión

**Tabla 2.3.** Coeficiente de fricción pastilla – disco de freno.  
Fuente: SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.

Despejando  $P_a$  de la ecuación 3 se obtiene:

$$P_a = \frac{2 \cdot T}{(\theta_2 - \theta_1) \cdot f \cdot r_i \cdot (r_o^2 - r_i^2)} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_a = \frac{2 \cdot 105,9 \text{ Nm}}{(2,0944 \text{ rad} - 1,0472 \text{ rad}) \cdot 0,4 \cdot 0,082 \text{ m} \cdot [(0,12 \text{ m})^2 - (0,082 \text{ m})^2]}$$

$$P_a = 0,803 \text{ MPa}$$

Con esta presión mediante la misma teoría se encuentra la fuerza (ecuación 5) que aplica el pistón de la mordaza a las pastillas para que resulte la presión calculada:

$$F = (\theta_2 - \theta_1) \cdot P_a \cdot r_i \cdot (r_o - r_i) \quad \text{Ecuación 5}$$

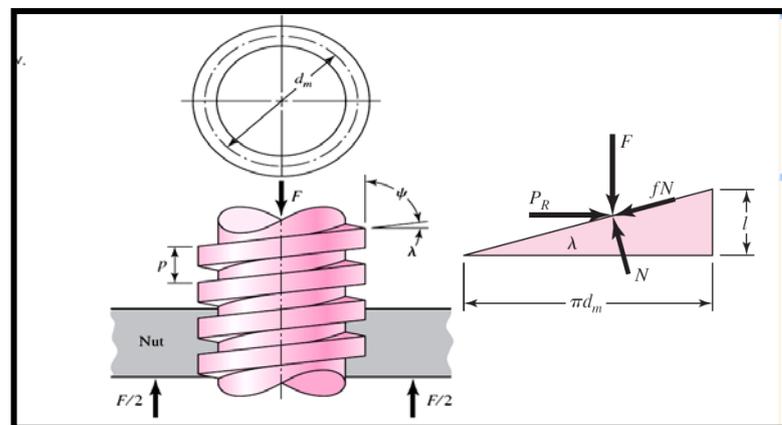
En donde:

$F$  = Fuerza aplicada en las pastillas del freno de disco.

$$F = (2,0944 \text{ rad} - 1,0472 \text{ rad}) \cdot (1,6059 \times 10^6 \text{ Pa}) \cdot 0,082 \text{ m} \cdot (0,12 \text{ m} - 0,082 \text{ m})$$

$$F = 2\,620,25 \text{ N}$$

Con esta fuerza se realiza el cálculo del torque del tornillo para la presión de las pastillas, utilizándose las fórmulas de tornillo de potencia para levantar una carga (figura 2.16).



**Figura 2.16.** Diagrama de fuerza tornillo de potencia para levantar una carga.  
Fuente: SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.

Para nuestro diseño utilizamos un tornillo de rosca ACME M22 con las siguientes características:

Diámetro exterior del tornillo:  $d_{ext.} = 22 \text{ mm}$

Paso diametral del tornillo:  $P = 2$

Longitud del tornillo:  $L = 50 \text{ mm}$

Angulo de filete del tornillo:  $\alpha = 60^\circ$

Diámetro primitivo del tornillo:  $d_m = 21 \text{ mm}$

Para el cálculo del torque que se aplica en el tornillo se utiliza la ecuación 6<sup>7</sup>:

$$T_R = \frac{F \cdot d_m}{2} \left( \frac{L + \pi \cdot d_m \cdot f \cdot \sec \alpha}{\pi \cdot d_m - f \cdot L \cdot \sec \alpha} \right) \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde:

$T_R$  = Torque para levantar del tornillo.

$f$  = Fricción entre el tornillo y tuerca (acero seco con acero) tabla 2.4 = 0,15.

Material del Tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0,15 – 0,25	0,15 – 0,23	0,15 – 0,19	0,15 – 0,25
Acero, aceite para maquina	0,11 – 0,17	0,10 – 0,16	0,10 – 0,15	0,11 – 0,17
Bronce	0,08 – 0,12	0,04 – 0,06		0,06 – 0,09

**Tabla 2.4.** Coeficiente de fricción tornillo - tuerca.

Fuente: SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.

Aplicando la ecuación 5 se obtiene:

$$T_R = \frac{2 \, 620,25 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ m}}{2} \left( \frac{0,05 \text{ m} + \pi \cdot 0,021 \text{ m} \cdot 0,15 \cdot \sec 60}{\pi \cdot 0,021 \text{ m} - 0,15 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot \sec 60} \right)$$

$$T_R = 37,6 \text{ N} - \text{m}$$

<sup>7</sup> SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.

El torque que se aplica en el tornillo para realizar el frenado del disco y permitir la restricción del movimiento de la cremallera es  $T_R = 38 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

### 2.2.2 Construcción del freno mecánico

Una vez realizado el análisis los cálculos del freno que satisface las necesidades del funcionamiento requerido, nos ayudamos de estos para proceder a su construcción.

#### 2.2.2.1 Planos de construcción

Para ejecutar la construcción es necesario tener una guía del dibujo, en el anexo 2 se encuentran los planos del freno a escala que se efectuaron en un software de dibujo<sup>8</sup>. En la figura 2.17 se plasma una representación grafica de unos elementos.



**Figura 2.17.** Elementos del freno.

<sup>8</sup> WALKER, John, *Autodesk Inventor Profesional programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D*; 2011.

### 2.2.2.2 Ejecución de la construcción

Para la construcción se utiliza un freno de disco de un vehículo Hyundai que estaba en desuso (figura 2.18). Se procede a desarmar el conjunto y realizar una limpieza.



**Figura 2.18.** Conjunto freno de disco.

Analizando los planos dibujados, la superficie útil del disco sólo va a ser el 50 %, debido al recorrido total de la cremallera, es por eso que realizamos dos cortes en la otra mitad para poder soldar la articulación donde va a ir colocada la cremallera (figura 2.19). La soldadura se realiza con un electrodo AWS A5.15 especial para fundición de hierro, debido al material del disco.



**Figura 2.19.** Soldadura de la articulación al disco.

Para la instalación del tornillo en la mordaza se taladra un agujero de 23 mm de diámetro, quedando una holgura de 1 mm para que pase el tornillo calculado M22. Posteriormente se suelda con un electrodo AWS A5.15 la tuerca donde va a estar

enroscado el perno, previamente revisando que este bien centrado y nivelado (figura 2.20).



**Figura 2.20.** Soldadura de la tuerca del tornillo a la mordaza.

Con el resto de elementos se trabaja según los planos realizados. Finalmente se pinta los elementos y se arma para el posterior montaje al banco (figuras 2.21 – 2.22).



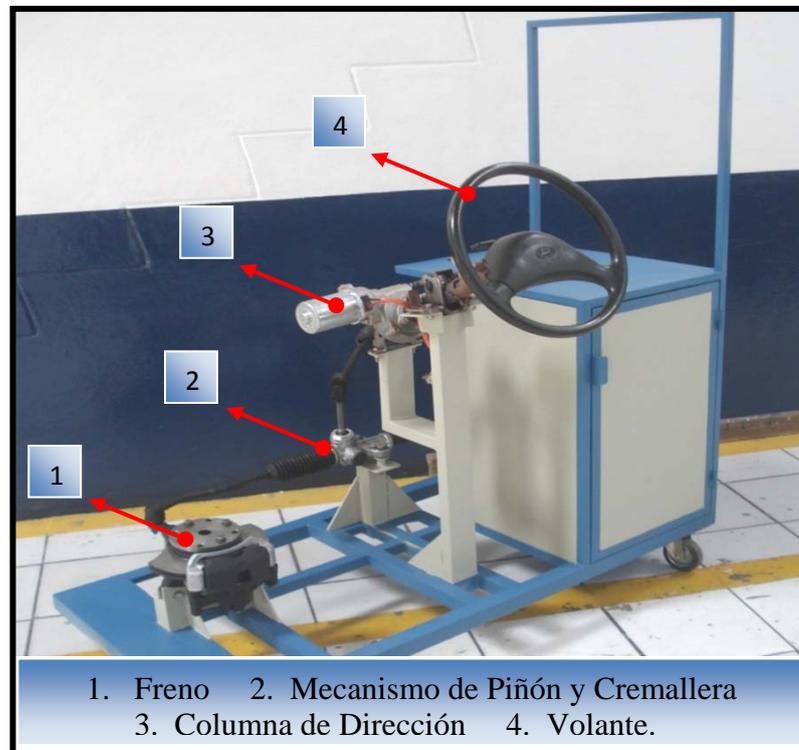
**Figura 2.21.** Elementos del freno.



**Figura 2.22.** Freno ensamblado.

### 2.3 Montaje de los componentes

El montaje de los componentes se efectúa conforme la disposición que se les dió en el diseño previo. Para montarlos se los limpia y pinta previamente a los elementos faltantes y su sujeción se las realiza mediante pernos de acero inoxidable con el diámetro adecuado (figura 2.3).



**Figura 2.23.** Montaje de los componentes del sistema.

## **2.4 Puesta a punto del sistema**

Una vez montados los componentes se procede a probar el funcionamiento mecánico del sistema, para esto se calibra el freno diseñado aplicando el torque calculado de 38 N-m por medio de un torquimetro en el tornillo de la mordaza.

En el sistema no existe conexión eléctrica alguna por esta razón es un sistema de dirección netamente mecánica. Al mover el volante se puede notar lo mencionado, a más de observar que en la estructura del banco no existe ninguna irregularidad de deformación, lo que nos asegura que están bien realizados los cálculos de diseño, de ésta manera queda a punto el sistema.

## **2.5 Conclusiones**

El software de elementos finitos como es el ANSYS facilita los cálculos que se debe hacer para obtener la deformación y el factor de seguridad que nos sirven para comprobar que el banco soporte todas las cargas al que es sometido.

Con el resultado del factor de seguridad obtenido de 13,3 nos da a conocer que la estructura del banco está sobredimensionada para las cargas que sabemos que va a soportar, pero al ser un banco didáctico manejado por estudiantes con este factor de seguridad anticipamos algunas cargas externas no consideradas en el diseño que sean aplicadas por alguna falla en el manejo.

La distribución dada para los elementos del sistema es adecuada ya que al montar todas sus partes funciona como un sistema de dirección mecánico lo que da a conocer que el freno realiza el trabajo que debería hacer las ruedas del vehículo sobre el piso.

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA**

#### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se desarrolla el diseño y la construcción de la tarjeta electrónica encargada de controlar las funciones del banco. Se realiza un estudio de las características eléctricas con las que funciona el sistema de electro dirección para posteriormente seleccionar los elementos electrónicos acorde a las necesidades y programar un software para el control del funcionamiento del sistema. Para facilitar el diseño de la tarjeta electrónica se utiliza un software (Proteus) que permite la captura del esquema, la simulación y la impresión del circuito electrónico.

### 3.1 Propósito de la tarjeta electrónica

La función de la tarjeta electrónica es simular las señales de revoluciones del motor de combustión y velocidad del vehículo, tomar la alimentación del sistema y señales del sensor de torque para ser procesadas y posteriormente enviadas al módulo de control electrónico del sistema MDPS-MC. (Figura 3.1).

A través del interfaz del computador y la tarjeta electrónica se controla las revoluciones del motor de combustión y velocidad del vehículo, se visualiza las formas de onda de las señales antes mencionadas, voltaje de la batería, torque aplicado en el volante por el conductor y lámpara testigo. Adicionalmente se provocan los diferentes fallos que se originan en el sistema de Electro Dirección.

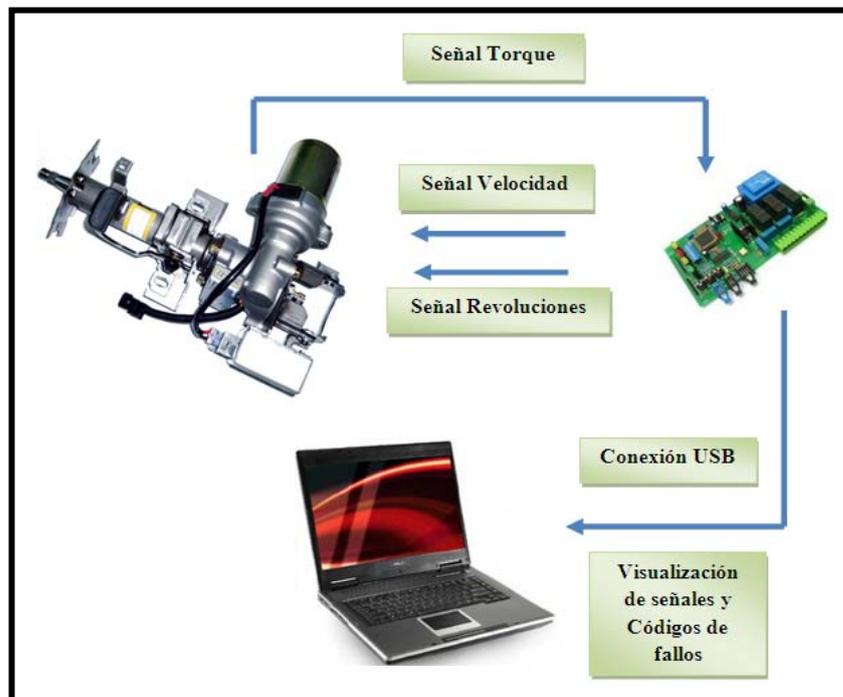


Figura 3.1. Diagrama de funcionamiento.

### 3.2 Diseño de la tarjeta electrónica

En la actualidad existen varias herramientas informáticas que facilitan el diseño electrónico con un previo conocimiento de la materia, siendo el software Proteus una buena opción para el diseño de la tarjeta electrónica.

Proteus es un software que permite la captura del esquema, la simulación y la impresión de circuitos electrónicos. Trabaja con tres módulos básicos:

- ISIS (“*Intelligent Schematic Input System*”), módulo de captura de esquemas.
- VSM (“*Virtual System Modelling*”), módulo de simulación, incluyendo PROSPICE.
- ARES (“*Advanced Routing Modelling*”), módulo para realización de circuitos impresos (PCB).

Para el inicio del diseño se debe tener claro las características eléctricas de tensión, corriente, frecuencia, entre otras, que interviene en el funcionamiento del sistema de electro dirección MDPS –MC del vehículo Hyundai Accent para posteriormente saber los componentes a utilizar en la implementación de la tarjeta electrónica. A continuación se describe cada una de las señales y componentes eléctricos que entran dentro de su funcionamiento.

#### a) Señal de velocidad del vehículo

Se mide en la entrada del módulo de control electrónico del sistema mediante un osciloscopio conectado al pin 2 del conector M62-1, donde se obtiene la frecuencia que esta señal emite conforme varía la velocidad del vehículo, reflejada en la tabla 3.1.

VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA (Hz)
0	0
8	4,2
20	13,09
30	19,61
40	26,14
60	39,15
80	52,10
100	65,02
120	77,8
140	90,71
160	103,5

**Tabla3.1.** Velocidad vs frecuencia del sensor de velocidad del vehículo.

Esta señal es de tipo cuadrada teniendo un rango de voltaje entre 0V y 12V. Al iniciar el funcionamiento del sistema esta señal empieza en nivel bajo.

### b) Señal revoluciones del motor de combustión

Se mide en la entrada del módulo de control electrónico del sistema mediante un osciloscopio conectado al pin 12 del conector M62-1. Mediante esta medición se obtiene la frecuencia que este sensor emite conforme varía las revoluciones del motor de combustión, reflejada en la tabla 3.2.

<b>REVOLUCIONES (rpm)</b>	<b>FRECUENCIA (Hz)</b>
0	0
700	24,9
1000	35,41
1500	52,82
2000	70,1
2500	87,1
3000	103,92
3500	120,55
4000	137,01
5000	169,32

**Tabla 3.2.** Revoluciones vs frecuencia del sensor de revoluciones del motor de combustión.

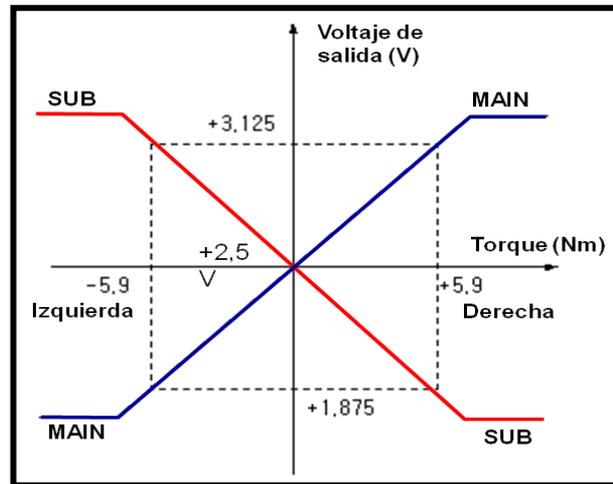
Esta señal es de tipo cuadrada teniendo un rango de voltaje entre 0V y 12V. Al iniciar el funcionamiento del sistema esta señal empieza en nivel bajo.

### c) Señal de torque

Esta señal es generada por el sensor de torque que se ubica en la columna de electro dirección. Su conector es el M63 compuesto por 4 pines, masa y alimentación de 5V generados por el módulo de control electrónico y dos de señales.

Las señales generadas por el sensor son de tipo analógicas siendo estas simétricas con sentido opuesto, entregan una tensión de 5V sumadas las dos. Cuando el volante de dirección está en posición neutra, no se detecta torque y en esta condición el

voltaje de salida es un 50% del de alimentación, o sea 2,5V siendo el torque generado por el conductor en el volante de 0 Nm. Al girar el volante cierto ángulo ya sea a la derecha o izquierda existe una variación de voltaje de 3,125V aplicando el conductor en este momento un torque de 5,9 Nm, figura 3.2.



**Figura 3.2.** Señal principal y secundaria del sensor.

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering), Chonan Technical Service Training Center, 2006.

#### d) Lámpara testigo

La lámpara funciona con una tensión de 12V, en el instante que se produce un fallo en el sistema el módulo de control electrónico cierra el circuito a masa para poder encender la lámpara y así alertar al conductor del vehículo de un fallo presente. Se conecta en el pin 20 del conector M62-1.

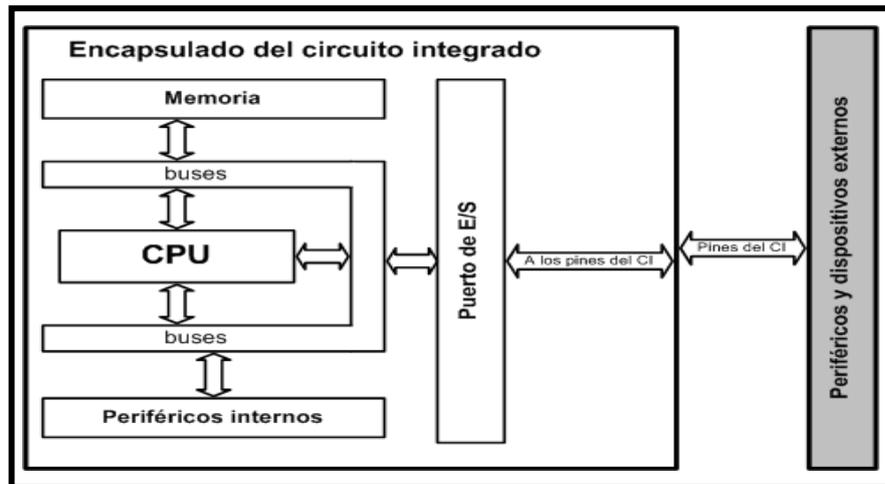
#### e) Alimentación

La alimentación del sistema se mide en el conector M62-2, el sistema se alimenta con una tensión de 12V tomado de la batería.

### 3.2.1 Selección del microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado formado por partes funcionales de un computador como CPU, memorias, líneas de entrada y salida, etc. (figura 3.3), en

pocas palabras se podría decir que es un computador integrado en un solo chip, permitiendo economizar costos, espacio, tiempo y materiales.



**Figura 3.3.** Estructura básica de un microcontrolador.

Fuente: Torres Labrada, Reinier, El microcontrolador, [www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=El\\_microcontrolador](http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=El_microcontrolador); Diciembre 2011.

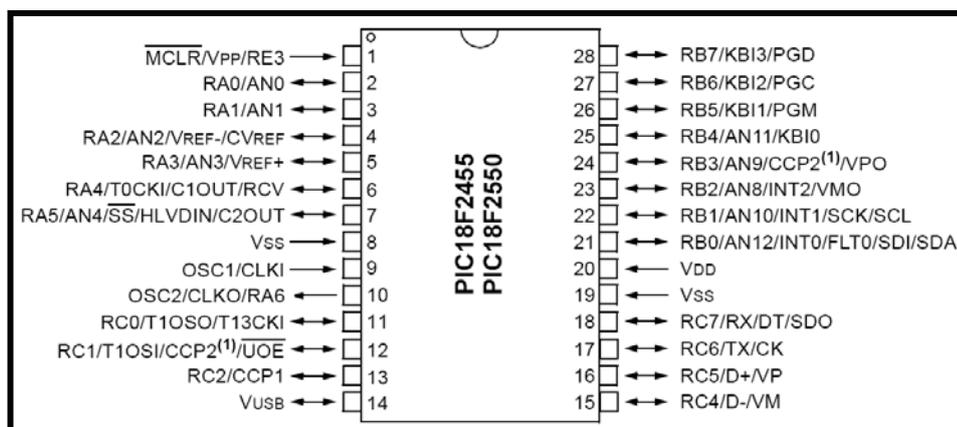
Para la selección de un microcontrolador se debe tener en cuenta características de funcionamiento requeridos como la velocidad de procesamiento de datos, número de entradas y salidas necesarias, capacidad de memoria de programa, diseño de la placa, tipo de conectividad, entre otras variables.

En el mercado existen varios fabricantes de microcontroladores, uno de ellos es Microchip Technology Inc., quien fabrica microcontroladores Pic de 32 bits de alta tecnología, prestando beneficios de costo, versatilidad, arquitectura interna de fácil comprensión, entre otros. Por esta razón es favorable la utilización de un Pic para la programación de las funciones que va a realizar el banco. A continuación se analizan los siguientes aspectos para la selección del Pic de este proyecto.

- **Frecuencia de trabajo.**-La frecuencia máxima que debe trabajar es de 168 Hz que se genera por el sensor de revoluciones del motor de combustión a 5 000 rpm.
- **Pines Analógicas.**- Para las diferentes funciones que va a realizar nuestro proyecto se usaran 8 pines analógicos.

- **Conectividad.-** Se debe realizar por un conector USB para facilitar la conexión con un el computador donde se controla el funcionamiento del sistema.
- **Voltaje y consumo de operación.-** Las señales a controlar y simular tienen un voltaje de 5V y 12V según sea el caso.

Al analizar estos aspectos el Pic 18F2550 cumple los requisitos para ser aplicado en este proyecto (tabla 3.3 y figura 3.4).



**Figura 3.4.** Distribución de pines del Pic 18F2520.

Fuente: MICROCHIP Technology Incorporate,

[dhttp://ww1.microchip.com/downloads/en/DevieceDoc/39632e.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DevieceDoc/39632e.pdf); Diciembre 2011

CARACTERISTICAS	PIC18F2550
Frecuencia de operación	48MHz-DC
Interface USB de alta velocidad	12 Mbits
10-Bit analógico-digital	10 canales de entrada
Memoria de programa	32 kb
Memoria RAM	2048 bytes
EEPROM	256 bytes
Voltaje de operación	2V a 5,5V
Total de pines	28

**Tabla 3.3.** Características Pic 18F2520.

Fuente: MICROCHIP Technology Incorporate,

[dhttp://ww1.microchip.com/downloads/en/DevieceDoc/39632e.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DevieceDoc/39632e.pdf); Diciembre 2011

### 3.2.2 Descripción del software de control del sistema de electro dirección

El software debe cumplir con las características necesarias para que el sistema funcione y genere los fallos requeridos. El microcontrolador debe generar dos señales; revolución del motor y velocidad del vehículo con las características antes mencionadas y ser visualizadas y modificadas en el computador, además visualizar la señal principal, secundaria, voltaje de alimentación, torque en el volante y lámpara testigo en el computador; así como también provocar los fallos para generar los códigos de error siendo estos visualizados en el computador. Este debe crear la comunicación vía USB con el computador para que los datos sean enviados entre sí.

#### 3.2.2.1 Simulación de señales de velocidad y revoluciones del motor

Se obtiene la velocidad y revoluciones del motor mediante una ecuación donde se transforma el valor de estas a uno de frecuencia el cual será enviado al módulo de control de la electro dirección. Para ello se utiliza las tablas 3.1 y 3.2 respectivamente las cuales por medio de cálculos matemáticos se llegan a las ecuaciones 1 y 2:

##### **Ecuación 1**                      Frecuencia de velocidad del vehículo

$$\text{Frecuencia}_1 = [-0,000058 * (\text{velocidad})^2] + (0,656 * \text{velocidad})$$

##### **Ecuación 2**                      Frecuencia de revoluciones del motor

$$\text{Frecuencia}_2 = [-0,000000387 * (\text{revoluciones})^2] + (0,0358 * \text{revoluciones})$$

#### 3.2.2.2 Visualización de señales

El funcionamiento del sistema de electro dirección se presenta mediante curvas y valores en la pantalla del computador tomando las diferentes señales del sistema indicados en la tabla 3.4.

<b>SEÑALES</b>	<b>DATOS A VISUALIZAR</b>
<b>Señal de velocidad</b>	Forma de onda de frecuencia
	Valor de la frecuencia
	Barra de control de velocidad
	Valor de velocidad
<b>Señal de revoluciones</b>	Forma de onda de frecuencia
	Valor de la frecuencia
	Barra de control de revoluciones
	Valor de revoluciones
<b>Sensor de torque – Señal principal</b>	Forma de onda
	Valor de tensión
<b>Sensor de torque – Señal secundaria</b>	Forma de onda
	Valor de tensión
<b>Señal alimentación</b>	Forma de onda
	Valor de tensión
<b>Torque en el volante</b>	Valor de torque
<b>Lámpara testigo</b>	Imagen de activación
<b>Generación de fallos</b>	Cuadro de mensajes
	Controles para fallos

**Tabla 3.4.** Datos a visualizar.

### 3.2.2.3 Generación de fallos

La simulación de todos los fallos que se producen en el sistema no es posible realizarlos en el banco, ya sea por el acceso a partes del módulo de control electrónico o por fallos que no se pueden manipular físicamente al ser propios de la memoria interna del módulo, a pesar de este inconveniente se han logrado simular nueve de los doce códigos que se han planteado, siendo estos los más frecuentes que se presentan en este tipo de sistema de dirección.

### **3.2.2.3.1 Sensor de torque**

- Señal principal.- Mediante la programación se debe interrumpir la señal del sensor al módulo y reemplazarla por una señal de 0V o 5V la cual provocara el fallo.
- Señal secundaria.- Mediante la programación se debe interrumpir la señal del sensor al módulo y reemplazarla por una señal de 0V o 5V la cual provocará el fallo.
- Valor Absoluto.- Mediante la programación se debe interrumpir la señal principal o secundaria del sensor al módulo y reemplazarla por una señal con un valor fijo el cual provocará el fallo.
- Alimentación del sensor.- Mediante la programación se debe interrumpir la señal de alimentación del sensor.

### **3.2.2.3.2 Energía de alimentación**

- Potencia de batería alta.- El fallo se lo realiza manualmente conectando baterías en serie, mediante la programación se interpreta la tensión ingresada y si supera el valor límite emite un mensaje.
- Potencia de batería baja.- El fallo se lo realiza manualmente conectando una batería descargada, mediante la programación se interpreta la tensión ingresada y si está bajo el valor límite emite un mensaje.

### **3.2.2.3.3 Señal velocidad del motor falla segura**

- Sensor de velocidad del motor.- El fallo se lo realiza mediante la variación de la revolución del motor en el computador, mediante la programación se interpreta la frecuencia ingresada y si está fuera de rango durante el tiempo límite emite un mensaje.

#### **3.2.2.3.4 Señal velocidad del vehículo falla segura**

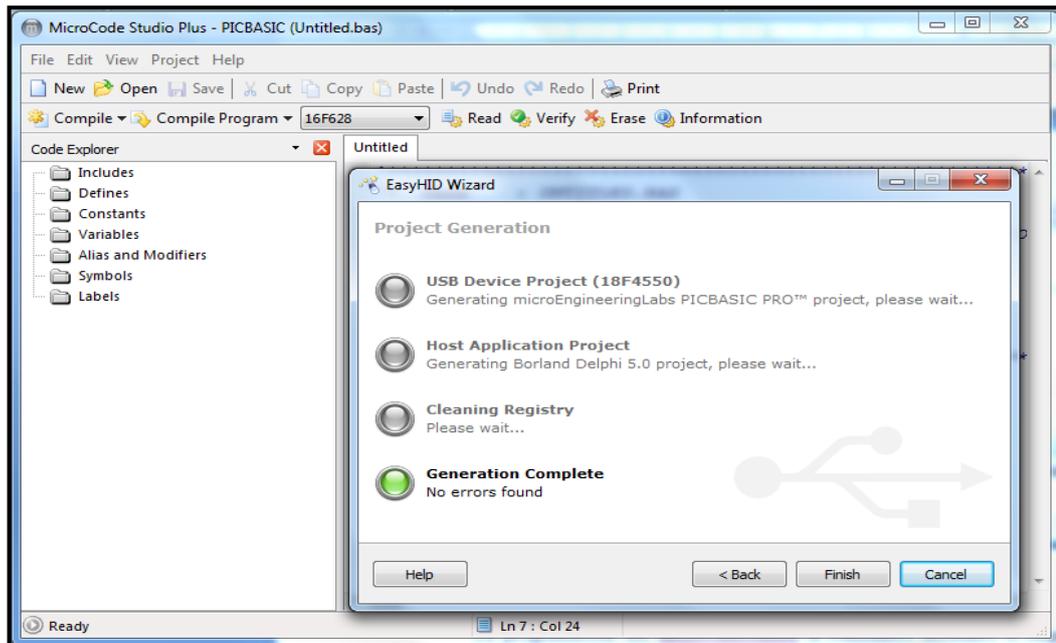
- Sensor de velocidad del vehículo.- El fallo se lo realiza mediante la variación de la velocidad del vehículo en el computador, mediante la programación se interpreta la frecuencia ingresada y si está fuera de rango durante el tiempo límite emite un mensaje.

#### **3.2.2.3.5 Motor**

- Corriente del motor.- El fallo se lo realiza manualmente al aplicar una fuerza en el volante, mediante la programación se interpreta los parámetros de funcionamiento y si están fuera de rango se emite un mensaje.

### **3.2.3 Programación del software del microcontrolador y del computador**

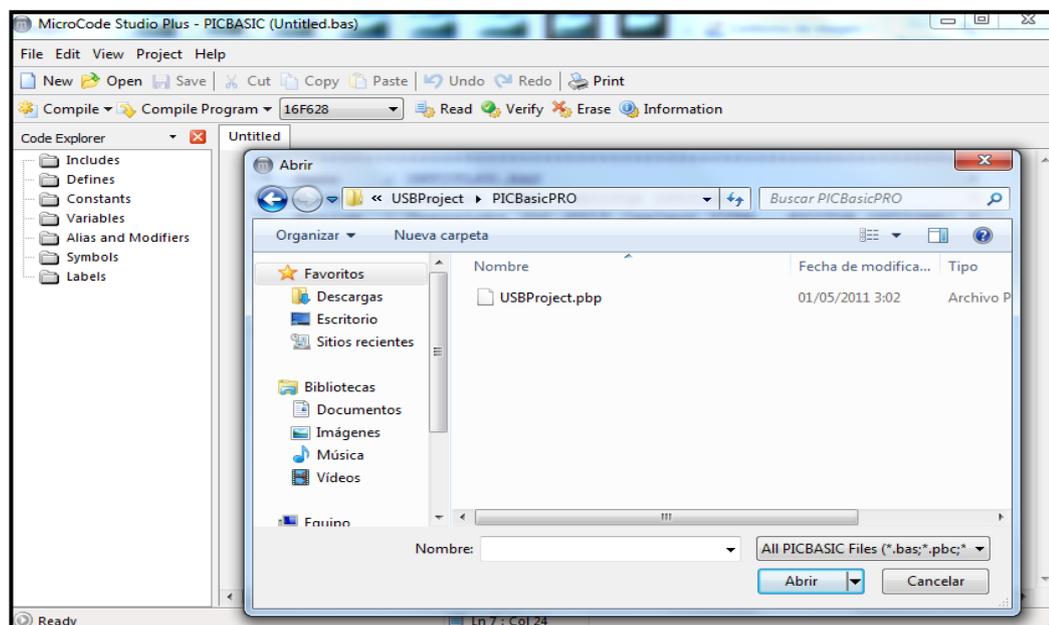
En la realización del software para el control del sistema de electro dirección se ocupa dos programas como son el Micro Code Studio Plus para la programación del microcontrolador y el Visual Basic 6.0 para el control y visualización del funcionamiento del sistema en la computadora. Se empieza con el Micro Code Studio Plus ya que el mismo tiene en la pestaña (view) una opción (Easy HID USB Wizard) en la cual crea dos archivos uno para la programación del microcontrolador y el otro para la programación del Visual Basic, de esta forma se genera automáticamente una comunicación USB entre los programas para que se reconozcan (figura 3.5).



**Figura 3.5.** Obtención de archivos para la programación.

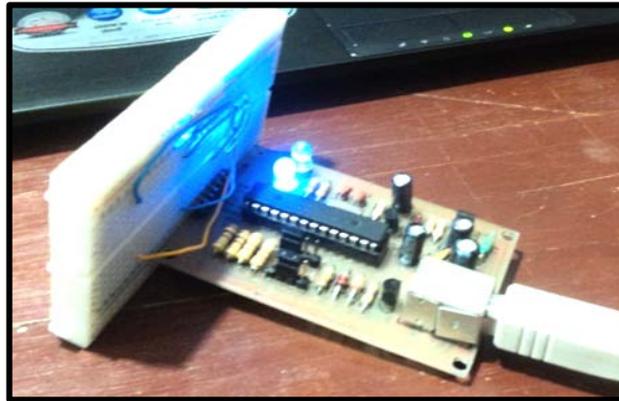
La programación del microcontrolador la realizamos mediante el lenguaje Pic Basic Pro (PBP). Este compilador al ser un lenguaje de alto nivel hace fácil y rápido la programación debido a que su lenguaje es parecido al humano siendo el lenguaje Basic más fácil de leer y escribir que otros.

Para dar inicio a la programación se abre el archivo creado en el Micro Code Studio (figura 3.6) y se digita las líneas de programación según lo planteado en la descripción del software, plasmándose estas en el anexo3.



**Figura 3.6.** Apertura de archivo para programación del microcontrolador.

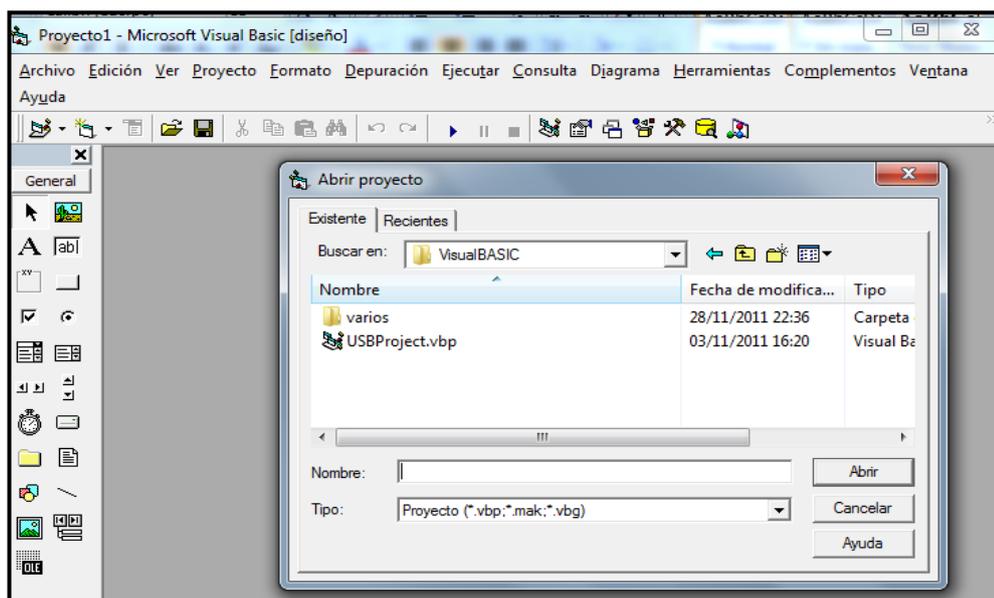
Una vez realizado la programación se necesita grabarlo en el Pic para ello se usa el programa Eclipse un grabador de micros (figura 3.7). La utilización de este programa es necesario para traducir la programación creada en Pic Basic en un lenguaje entendible para el micro, por lo que se crea un archivo PIC Basic con extensión (.HEX), siendo este la programación ya compilada transformada a un lenguaje Hexadecimal.



**Figura 3.7.** Grabación del Pic.

Para la programación del software del computador se abre el archivo creado en el Micro Code Studio (figura 3.8) con el visual basic 6.0 el mismo que ya tiene códigos los cuales son cargados para el reconocimiento del dispositivo al conectar la tarjeta con el computador.

El lenguaje de programación en este software es parecido al del microcontrolador, las líneas del programa se plasman en el anexo 4.



**Figura 3.8.** Apertura de archivo para programación en Visual Basic.

### **3.2.4 Desarrollo del hardware o tarjeta electrónica**

Una vez desarrollado el análisis de funcionamiento que cumplirá el banco se procede a la parte constructiva de la tarjeta, para ello se utiliza el módulo ISIS Proteus donde se realiza la configuración del circuito eléctrico con las herramientas que cuenta y los componentes electrónicos necesarios para el funcionamiento de la tarjeta (figura 3.9).

En la tarjeta se pueden diferenciar varios circuitos que sirven para las funciones que va a realizar el banco, los cuales son comandados por el microcontrolador dividiéndose en: alimentación, potencia, filtrado de tensión, cristal de frecuencia, acople de impedancias, conexión USB y amplificación de tensión.

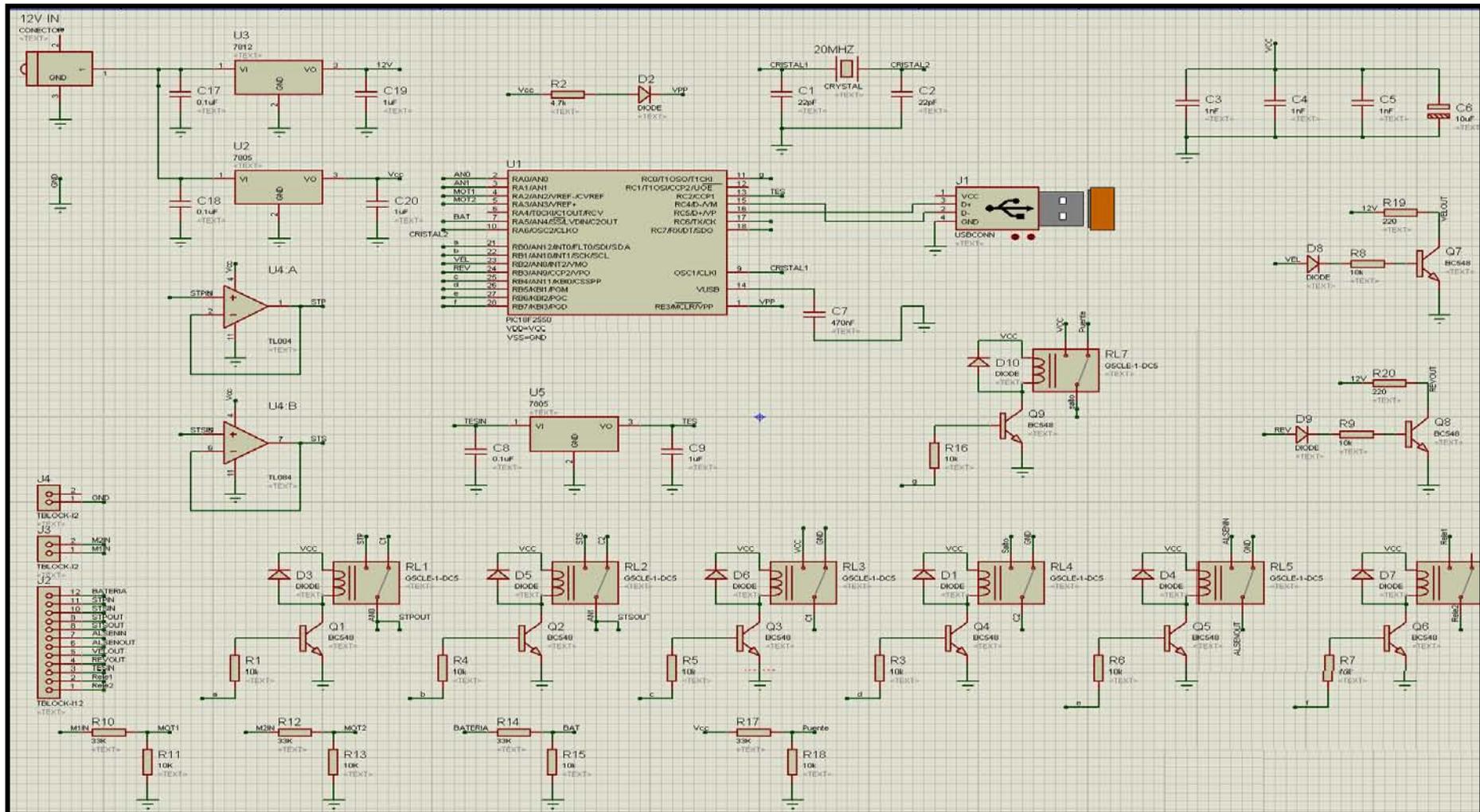


Figura 3.9. Circuito de la tarjeta electrónica.

### 3.2.4.1 Alimentación

La tensión que se ocupa en los circuitos de la tarjeta es de 12V para los relés y de 5V para el microcontrolador, para ello se utiliza reguladores de tensión los cuales toman la tensión de ingreso y la estabilizan en 12V y 5V (figura 3.10).

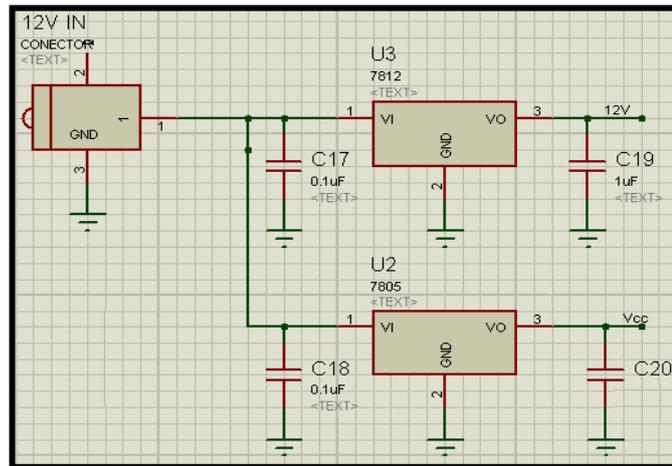


Figura 3.10. Circuito de alimentación.

### 3.2.4.2 Potencia

Para generar los fallos se utilizan relés los cuales van a ser activados por el microcontrolador, siendo la corriente que maneja insuficiente para su activación es por esta razón que se utilizan transistores. Para eliminar los picos de tensión que provocan los relés se coloca un diodo entre el bobinado para así evitar posibles fallos que pueden estos ocasionar al normal funcionamiento del transistor (figura 3.11).

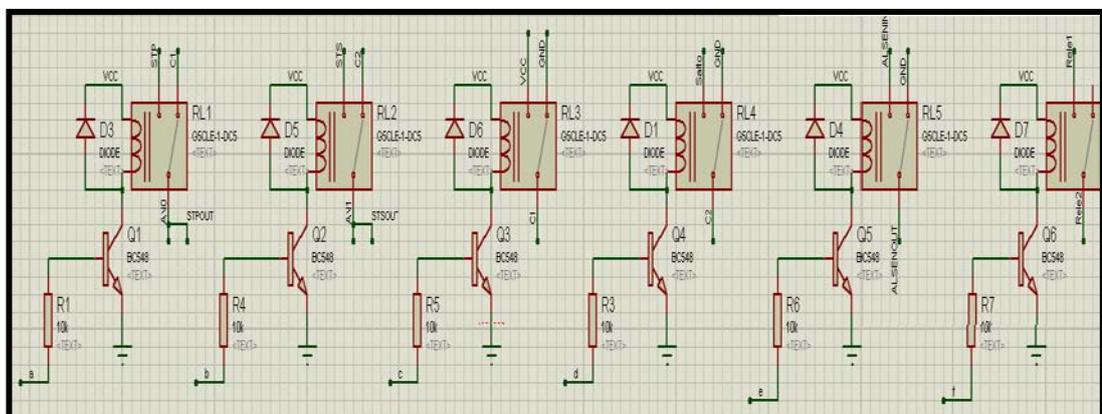
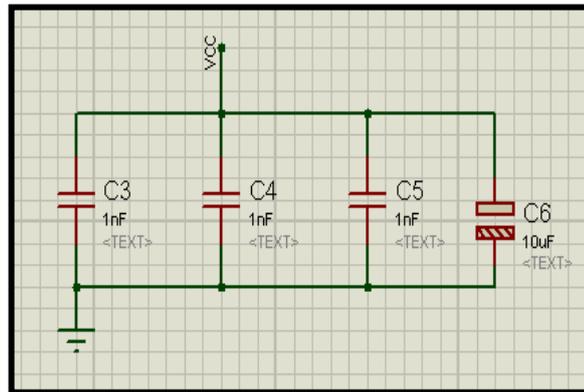


Figura 3.11. Circuito de potencia.

### 3.2.4.3 Filtrado de tensión

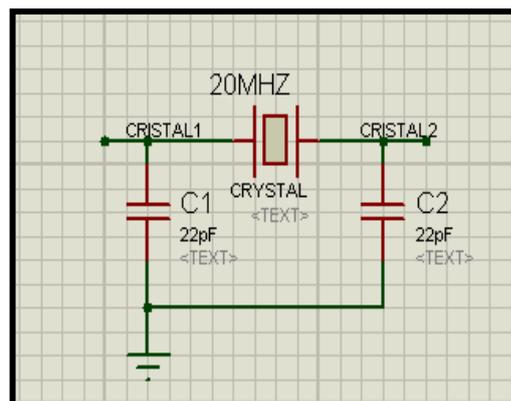
Para poder estabilizar la tensión en la placa electrónica es necesario colocar condensadores electrolíticos y cerámicos los mismos que nos servirán para filtrar la tensión de baja y alta frecuencia respectivamente (figura 3.12).



**Figura 3.12.** Circuito de filtrado de tensión.

### 3.2.4.4 Cristal de frecuencia (reloj)

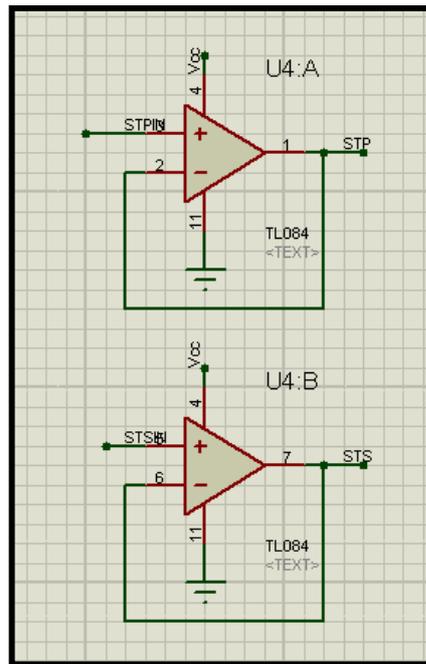
Debido a que el reloj interno del microcontrolador solo sirve para habilitar el USB se coloca un cristal de frecuencia externo de mayor capacidad para generar las señales de velocidad y revoluciones del motor (figura 3.13).



**Figura 3.13.** Circuito de frecuencia.

### 3.2.4.5 Acoples de impedancia

Debido a la precisión de las señales del sensor de torque es necesario interponer un amplificador operacional en modo seguidor de tensión, que proporciona a la salida la misma tensión que a la entrada sin tener en cuenta la carga que se le acople o de la intensidad que demanda, para evitar producir un error en la señal que lee el microcontrolador (figura 3.14).



**Figura 3.14.** Circuito de acople de impedancia.

### 3.2.4.6 Conexión USB

La comunicación entre la tarjeta y el computador se la realiza por medio de USB. El circuito de conexión del puerto USB se encuentra en el datasheet<sup>9</sup> del microcontrolador (figura 3.15), siendo la única modificación el no conectar la alimentación debido a que se utilizara una fuente externa.

<sup>9</sup> MICROCHIP Technology Incorporate,  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>; Diciembre 2011.

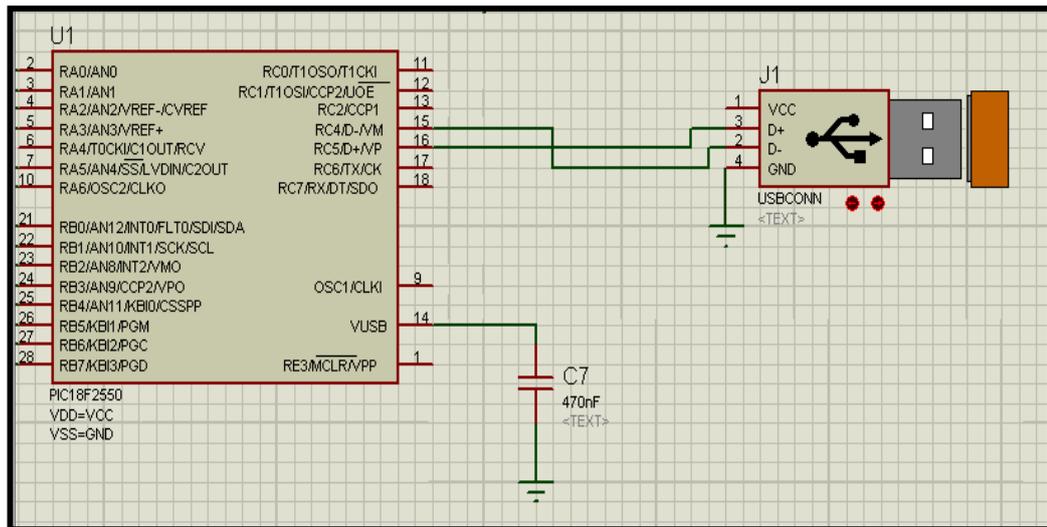


Figura 3.15. Circuito del puerto USB.

### 3.2.4.7 Amplificador de tensión

Las señales simuladas de revoluciones y velocidad generadas en el microcontrolador son de 5V, estas deben ser amplificadas para ser enviadas al módulo de control de la electro dirección debido a que éste recepta una señal de 12V, logrando esto con un transistor que controla la tensión directo de la alimentación, (figura 3.16).

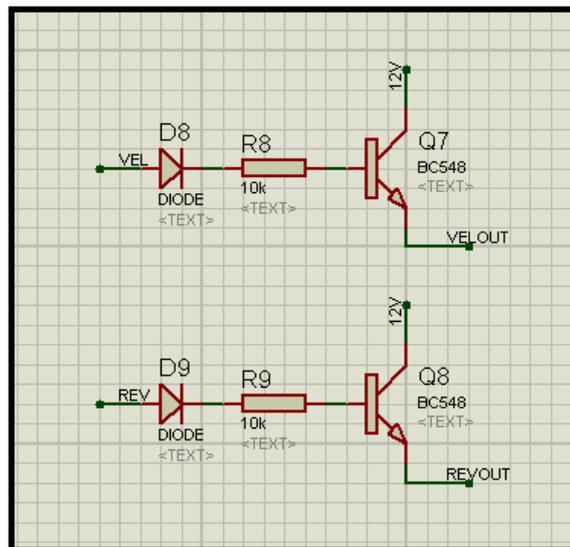


Figura 3.16. Circuito amplificador de tensión.

Una vez realizado el circuito de la tarjeta se procede mediante el modulo VSM Proteus a comprobar el correcto funcionamiento del mismo. Mediante la selección de

la opción (electrical rule check) en la barra (tools) se realiza la comprobación de las conexiones eléctricas de la tarjeta, generándose una pantalla donde se reportan los errores (figura 3.17).

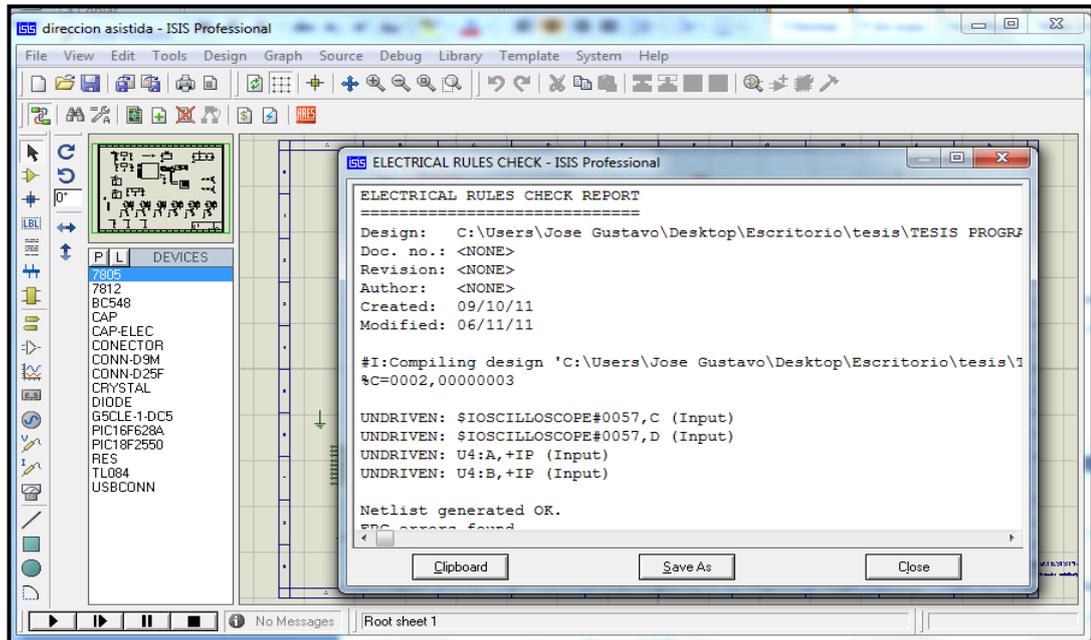


Figura 3.17. Comprobación de circuito eléctrico.

En el modulo ARES Proteus se realiza el circuito impreso para la fabricación posterior de la placa. Al aplicar este modulo se ordena los componentes según la mejor distribución dentro de la placa (figura 3.18), para posteriormente utilizar la opción de ruteo automático, en caso de no llegar a un 100% de ruteo se realiza el resto de manera manual(figura 3.19).

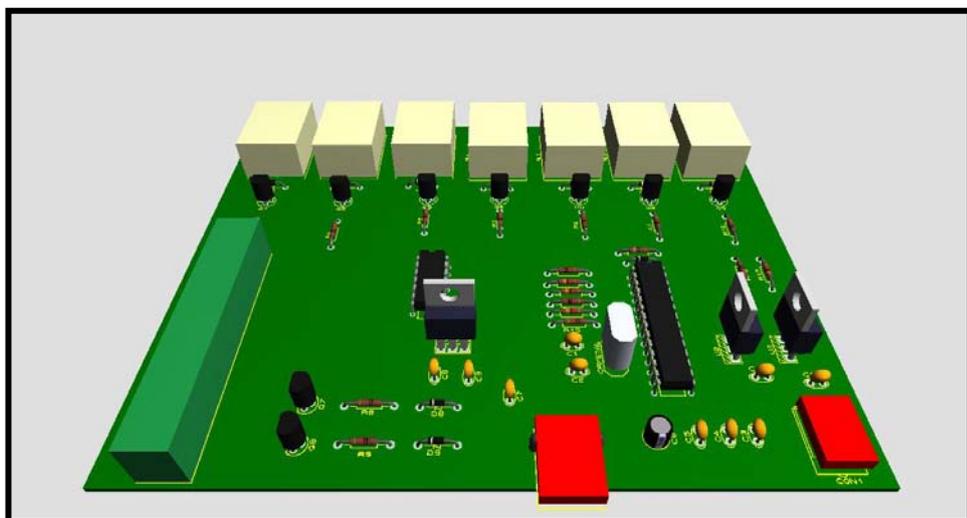
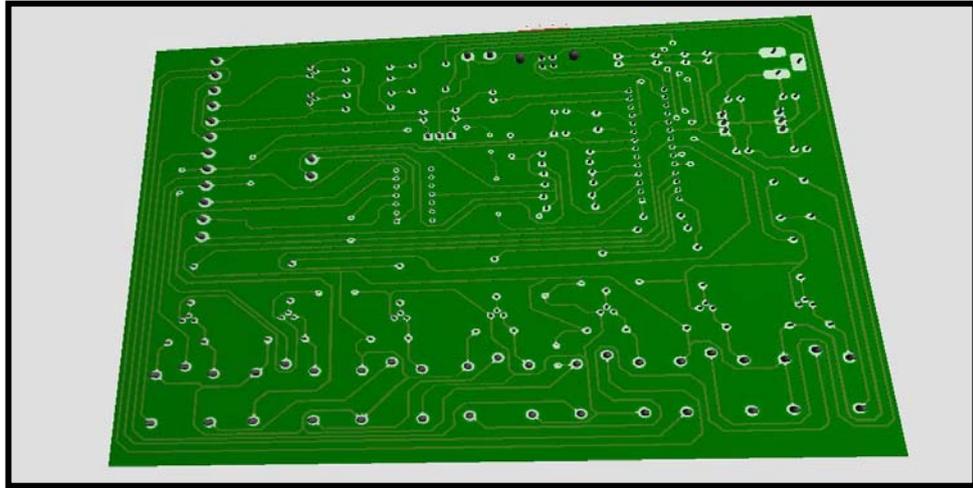


Figura 3.18. Distribución de componentes del circuito eléctrico.



**Figura 3.19.** Ruteo del circuito eléctrico.

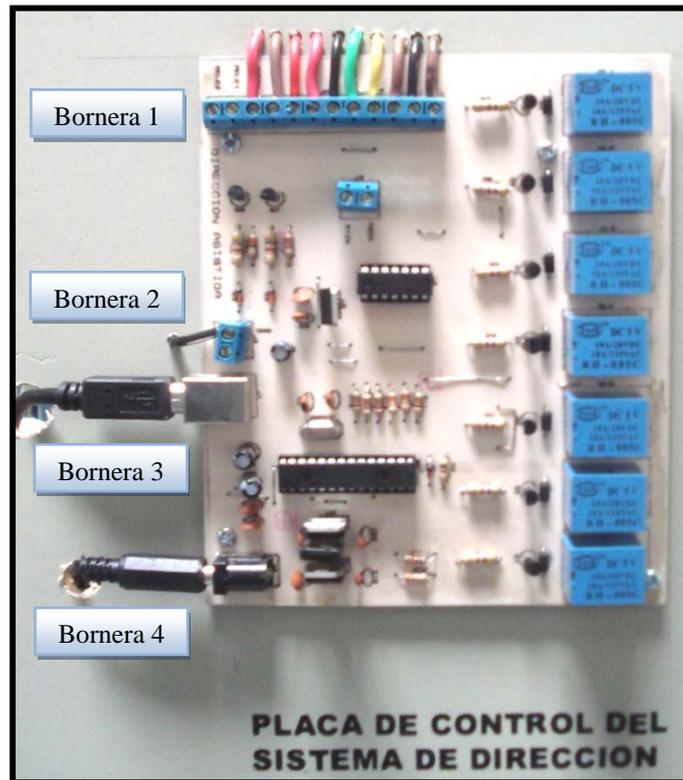
### 3.3 Conectividad eléctrica del banco de electro dirección asistida

El montaje de los componentes eléctricos y su conectividad forma parte esencial del banco al tener un intercambio de información entre la tarjeta electrónica, el módulo de control electrónico de la columna y el software del computador, siendo trascendental una comunicación sin interrupciones y con valores exactos de tensión y corriente para no afectar al normal funcionamiento del sistema. Para ello se utiliza cables e interruptores adecuado a estas necesidades siendo sus conexiones mediante uniones soldadas para evitar posibles deterioros y desconexiones en el futuro.

#### 3.3.1 Tarjeta electrónica

Para la conectividad de la tarjeta se ha montado cuatro borneras (figura 3.20):

- Bornera 1 y 2.-En estas se realizan las conexiones del sensor de torque, señales de revoluciones del motor de combustión, velocidad del vehículo, masa y otras señales necesarias para la simulación de los fallos del sistema.
- Bornera 3.- Esta bornera es de puerto USB necesaria para su comunicación con el computador.



**Figura 3.20.** Conectividad de tarjeta electrónica.

- Bornera 4.- Sirve para dar alimentación a la tarjeta, se la realiza por medio de un transformador de tensión de 110V a 12V. La alimentación no se la toma directamente de la batería por lo que puede existir variaciones tanto de tensión como de corriente afectando a la tarjeta y producir en el peor de los casos la pérdida total.

### 3.3.2 Panel de control eléctrico

En el panel de control se colocan el interruptor y luz testigo de encendido del sistema, interruptor de reinicio del sistema luego de ejecutarse un fallo y luz testigo de generación de fallos (figura 3.21). Su conexión se realiza según el diagrama de bloque.



Figura 3.21. Interruptores panel del control.

### 3.3.3 Software de control

Al realizar la programación del software se crea un archivo llamado direccion.exe este archivo debe ser cargado en el computador donde se va a manejar el sistema. En el momento que se conecte la tarjeta electrónica por vía USB se debe ejecutar el archivo quedando automáticamente habilitado el software para dar inicio al funcionamiento del sistema. En la figura 3.22 se ilustra el software de control donde se puede visualizar las opciones con que cuenta.

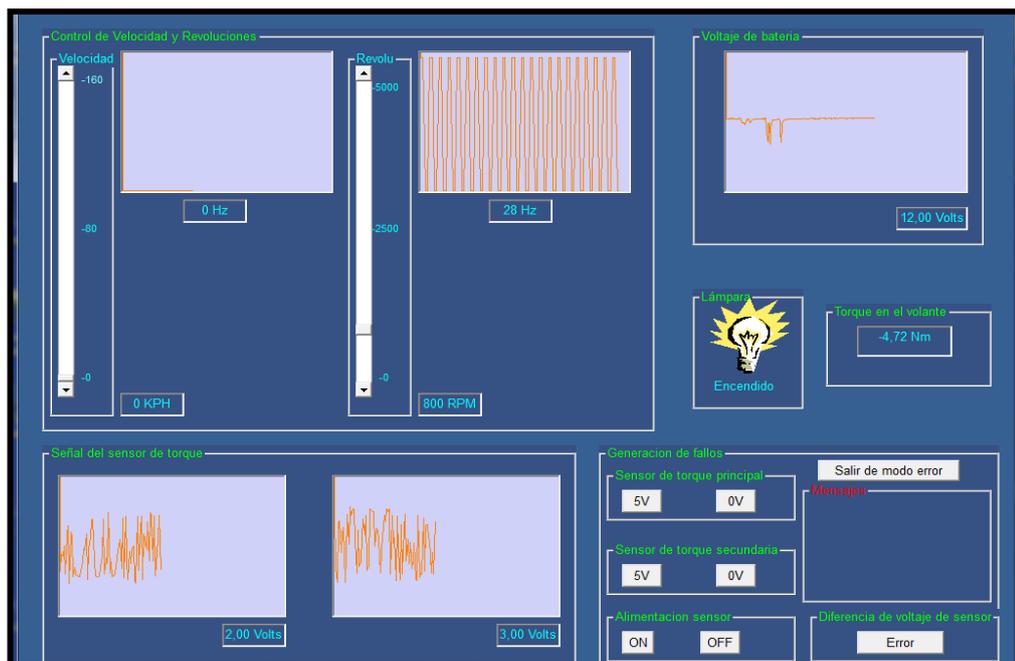


Figura 3.22. Software de control.

### **3.4 Conclusiones**

Proteus ayudó al diseño de la tarjeta electrónica mediante sus diversos módulos para la creación, comprobación e impresión del circuito.

Mediante el estudio de las características eléctricas de funcionamiento del sistema de electro dirección se seleccionó un microcontrolador acorde a la capacidad que se requiere para el banco, siendo el PIC 18F2550 el que facilitó la programación de las funciones.

La conectividad eléctrica realizada proporcionó el resultado esperado ya que al poner el banco en funcionamiento se obtuvo todas las funciones programadas para el caso y el debido control del mismo mediante el panel de interruptores y luces testigo.

## **CAPITULO IV**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **INTRODUCCIÓN**

Para operar el banco es recomienda leer detenidamente las sugerencias que se dan a conocer en el presente capitulo el mismo que indica el funcionamiento y manipulación del sistema de dirección y su software de control. Adicionalmente se muestra las comprobaciones que se realiza en los sensores de velocidad del vehículo, revoluciones del motor de combustión y sensor de torque, finalmente se comprueban los fallos generados en el sistema de electro dirección asistida verificando así el correcto funcionamiento del banco.

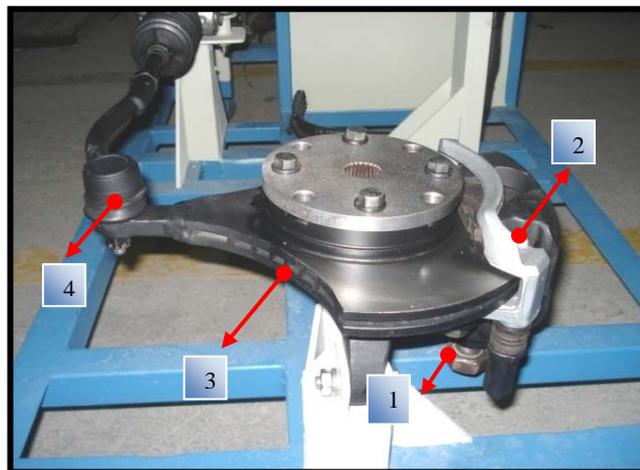
## 4.1 Funcionamiento operativo del banco

Es necesario conocer la operación de los componentes del banco, tanto de su función como su manipulación dentro del sistema, para así evitar posteriores daños del sistema de electro dirección, software de control y estructura del banco.

Existen cuatro componentes básicos dentro del banco como son: conjunto simulador de la resistencia al viraje creada por las ruedas o freno mecánico, columna y volante de la dirección, tablero de instrumentos y software de control del sistema.

### 4.1.1 Freno mecánico

Su función es la de simular la resistencia del viraje creada por las ruedas del vehículo y así poder diferenciar el esfuerzo en el volante cuando exista o no asistencia en el sistema. En él existe un tornillo (1) en la parte de la mordaza (2) donde se calibra el frenado del disco para simular lo antes mencionado, debe estar calibrado con un torquímetro a 38 Nm. para asegurar su funcionamiento a adicional a ello el disco (3) debe estar centrado con respecto al mecanismo de piñón y cremallera (4), figura (4.1).



**Figura 4.1.** Calibración del freno mecánico.

### 4.1.2 Columna y volante de dirección

Permite diferenciar cuando exista o no asistencia en el sistema al momento de generarse un fallo, en la columna va montado el módulo de control electrónico donde se realizan las conexiones con el tablero de instrumentos y alimentación (figura 4.2).



Figura 4.2. Conexiones de la columna de dirección.

### 4.1.3 Tablero de instrumentos

En el tablero de instrumentos se encuentra la tarjeta electrónica, lámparas testigo y dos interruptores de encendido y reinicio del sistema. En la tarjeta electrónica (1) van las conexiones de todo el sistema incluido la computadora donde se controla el funcionamiento del banco. Existe una lámpara testigo color verde (2) que indica el funcionamiento del sistema y otra color rojo (3) que se enciende cuando existe un fallo del sistema y al iniciar el funcionamiento para un auto diagnóstico. Un interruptor (4) se utiliza para dar inicio al sistema y otro (5) sirve para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando en este se genere un fallo y se requiera salir del mismo (figura 4.3).

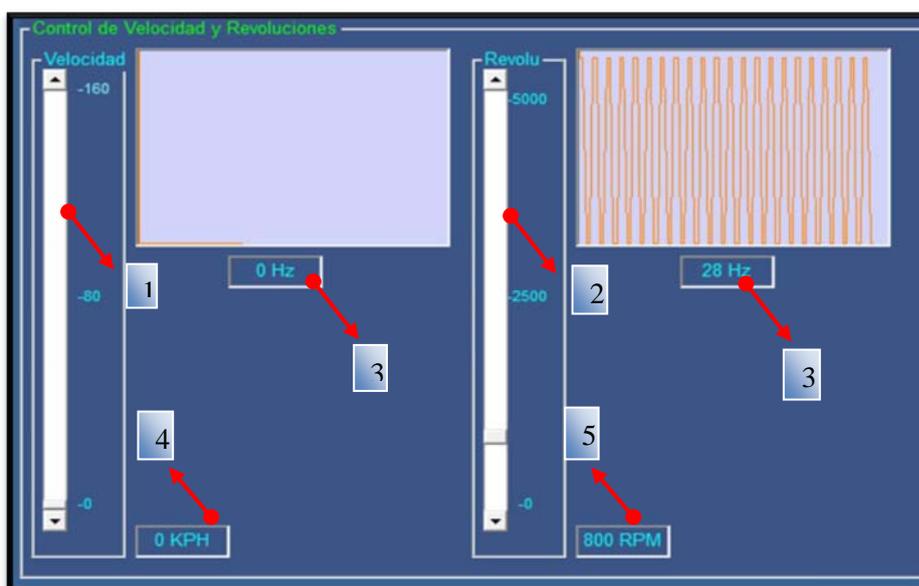


Figura 4.3. Controles del sistema.

#### 4.1.4 Software de control del sistema

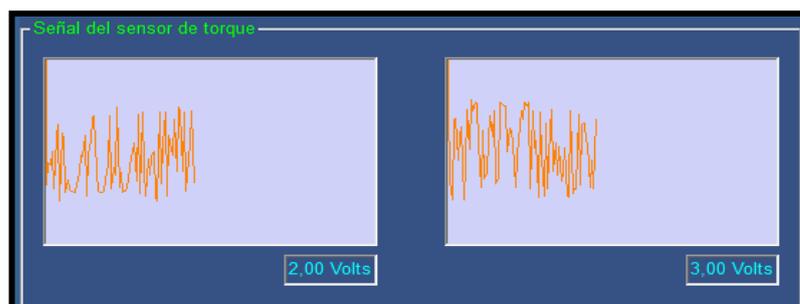
En la pantalla que se ejecuta al momento de iniciar el software se puede diferenciar las siguientes secciones:

- Control de velocidad y revoluciones.- Existen dos barras donde se controla la velocidad (1) y revoluciones (2) a mas de visualizar las formas de onda de la frecuencia mediante un grafico. En la parte inferior de los gráficos y las barras se puede visualizar el valor de la frecuencia (3), velocidad (4) y revoluciones (5) respectivamente (figura 4.4).



**Figura 4.4.** Control de velocidad y revoluciones.

- Señal del sensor de torque.- En esta sección se muestran dos gráficos donde se visualiza la forma de onda de la señal principal y secundaria de este sensor, y en la parte baja de cada uno de estos su valor correspondiente (figura 4.5).



**Figura 4.5.** Señal del sensor de torque.

- Voltaje de batería.- Mediante un gráfico se visualiza la forma de onda del voltaje de alimentación y en la parte baja su valor correspondiente (figura 4.6).



Figura 4.6.Voltaje de batería.

- Lámpara testigo.- Se muestra un gráfico el cual se visualiza cuando se genere un fallo en el sistema (figura 4.7).



Figura 4.7.Lámpara indicadora.

- Torque en el volante.- En esta sección se visualiza el valor de la fuerza que se aplica en el volante en el momento de su manipulación (figura 4.8).

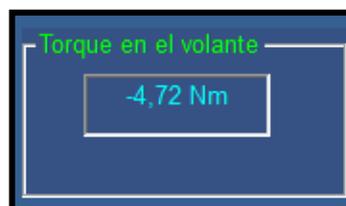


Figura 4.8.Torque en el volante.

- Generación de fallos.- Existen las viñetas para generar los fallos y para salir de los mismos, a más de un cuadro de texto donde se visualiza un mensaje del fallo que se está generando (figura 4.9).

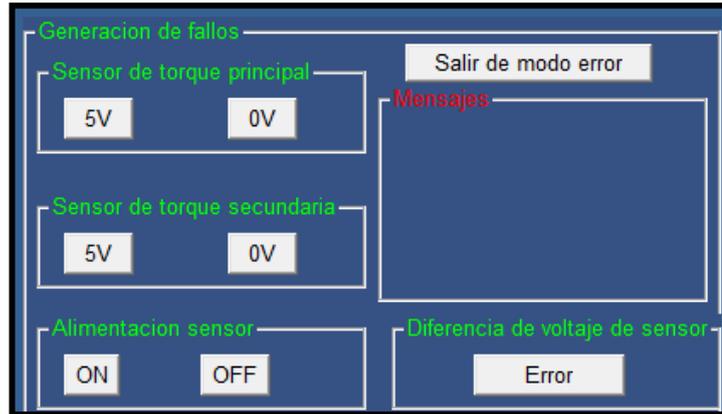


Figura 4.9. Generación de fallos.

#### 4.2 Diagnóstico de sensores

Para realizar el diagnóstico de los sensores se debe tener en cuenta seguridades eléctricas de tal forma de no averiar los conectores eléctricos tomando las siguientes recomendaciones:

- Para desconectar un conector, tire del conector y no de los cables.
- Para acoplar conectores con seguro, insertar el conector (1) dentro del conector (2) y empujar hasta que se escuche un click.
- Cuando use un multímetro para comprobar la continuidad o voltaje en los terminales de un conector, inserte la sonda de prueba en el lateral del conector, teniendo cuidado para no dañar el aislamiento del cableado (figura 4.10).

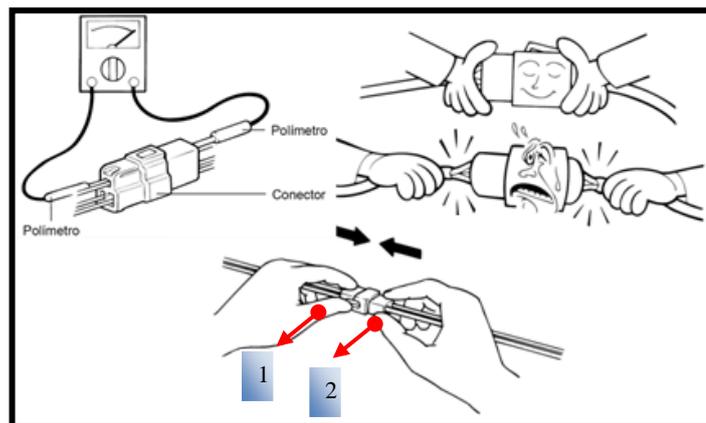
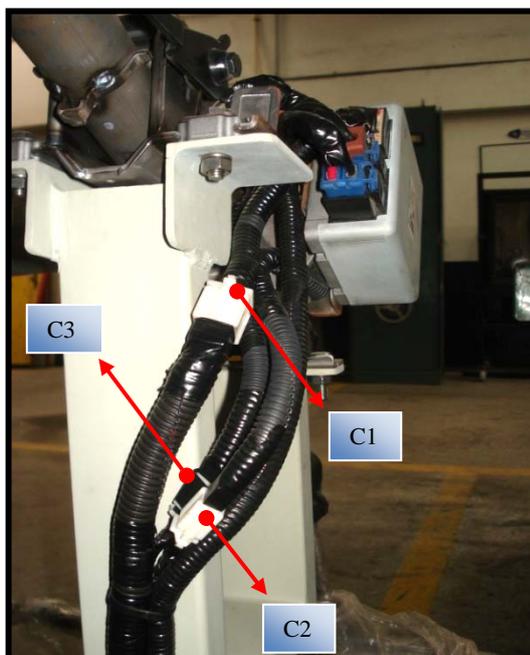


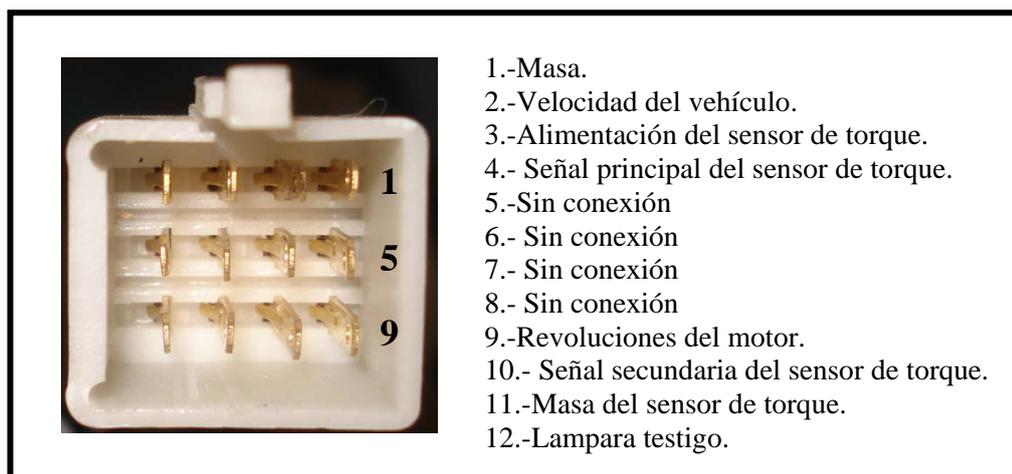
Figura 4.10. Seguridad eléctrica del conector.

En el banco se ha colocado para mayor facilidad unos conectores de fácil acceso junto al módulo de control electrónico del sistema (figura 4.11), en los cuales se pueden realizar todas las pruebas necesarias sin tener que desarmar partes del banco.

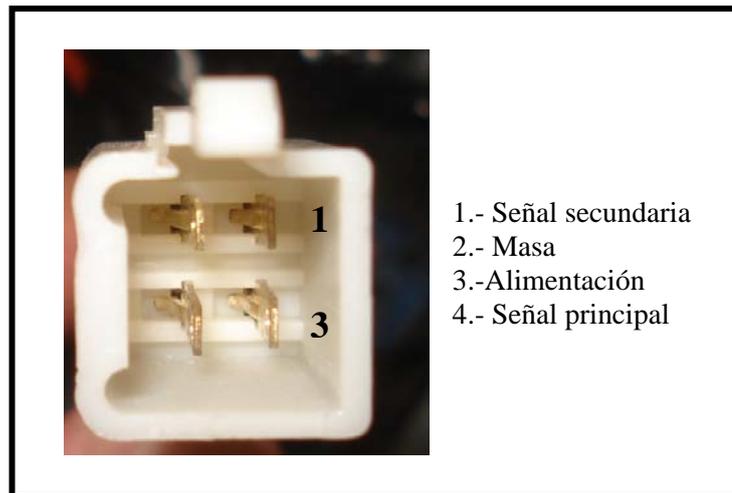
Estos conectores son diferentes a los que se usa en el vehículo por lo que es necesario identificar los diferentes pines y darles una numeración para la realización de pruebas posteriores. El conector C1 de 12 pines equivale al conector del módulo de la electro dirección (figura 4.12), el C2 de 4 pines de color blanco es el que reemplaza al conector del sensor de torque (figura 4.13) y el C3 de 4 pines con recubrimiento negro es el conector para la alimentación de la placa de control (figura 4.14).



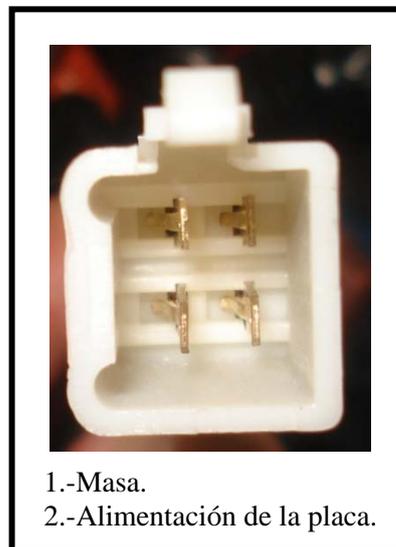
**Figura 4.11.** Ubicación de conectores.



**Figura 4.12.** Conector C1.



**Figura 4.13.**Conector C2.



**Figura 4.14.**Conector C3.

#### 4.2.1 Sensor de torque

Con el interruptor del sistema en posición encendido y luz de funcionamiento del sistema (color verde) encendida se verifica:

- La alimentación entre el pin 3 y 2 del conector C2, debe dar como resultado un voltaje referencia de 5V (figura 4.15).

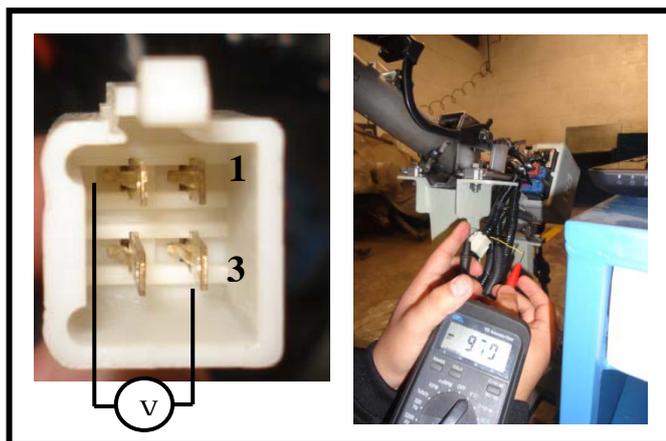


Figura 4.15. Diagnostico sensor de torque.

- La señal principal y secundaria en el conector C1, con el volante en posición neutral (centrado con respecto al mecanismo de piñón y cremallera) medir entre el pin 4 y 1 para la señal principal y el pin 10 y 1 para la señal secundaria, debe dar como resultado una tensión de 2,5V (figura 4.16), se corrobora este resultado observando el mismo valor en el software del sistema en la sección de señal del sensor de torque. Al no obtener estos valores revisar la continuidad de las líneas para descartar cables en corto.

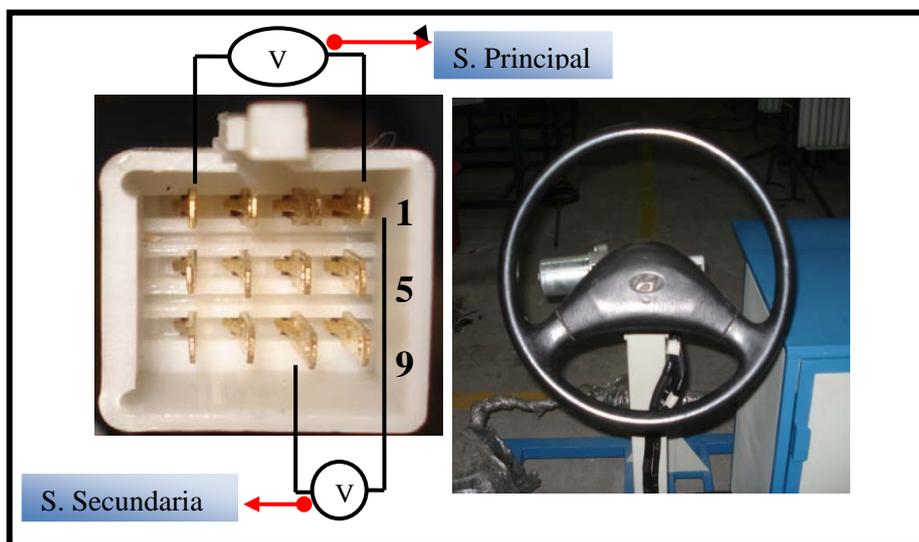


Figura 4.16. Diagnostico de señal principal y secundaria del sensor de torque.

#### 4.2.2 Sensor de velocidad del vehículo

Con el interruptor del sistema en posición encendido y luz de funcionamiento del sistema (color verde) encendida se verifica:

- La continuidad entre el pin 2 del conector C1 y el pin denominado (vel) de la tarjeta electrónica (figura 4.17 a).
- Que no exista continuidad entre el pin 2 y 1 del conector C1 para descartar una derivación a masa (figura 4.17 b).

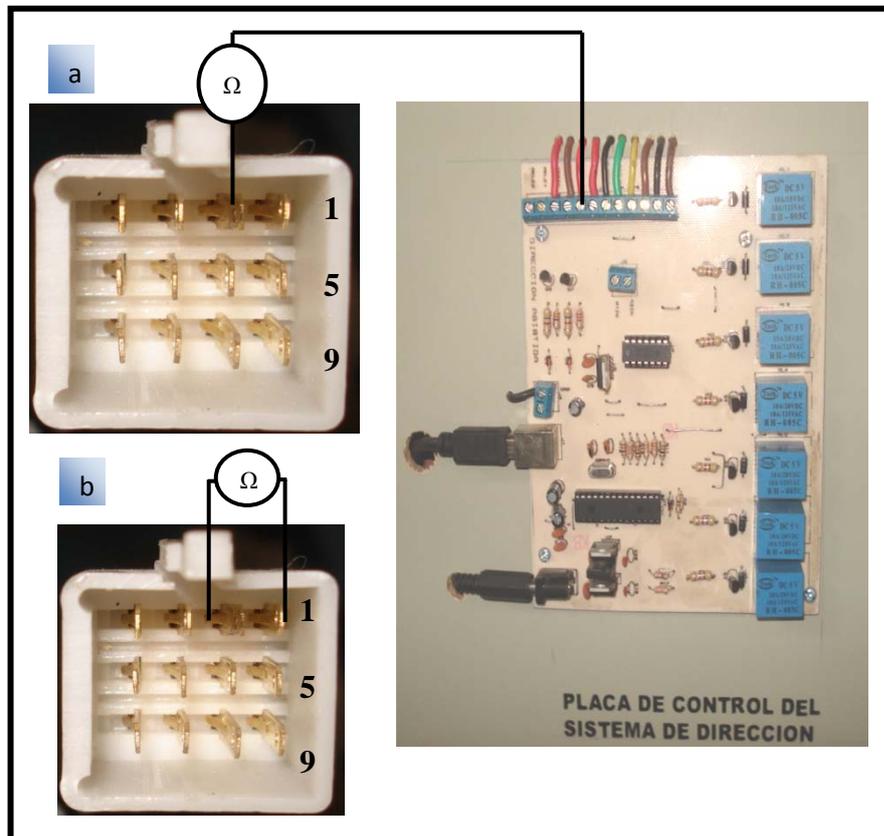


Figura 4.17. Diagnostico de sensor velocidad.

### 4.2.3 Sensor de revoluciones del motor de combustión

Con el interruptor del sistema en posición encendido y luz de funcionamiento del sistema (color verde) encendida se verifica:

- La continuidad entre el pin 9 del conector C1 y el pin denominado (rev) de la tarjeta electrónica (figura 4.18 a).
- Que no exista continuidad entre el pin 9 y 1 del conector C1 para descartar una derivación a masa (figura 4.18 b)

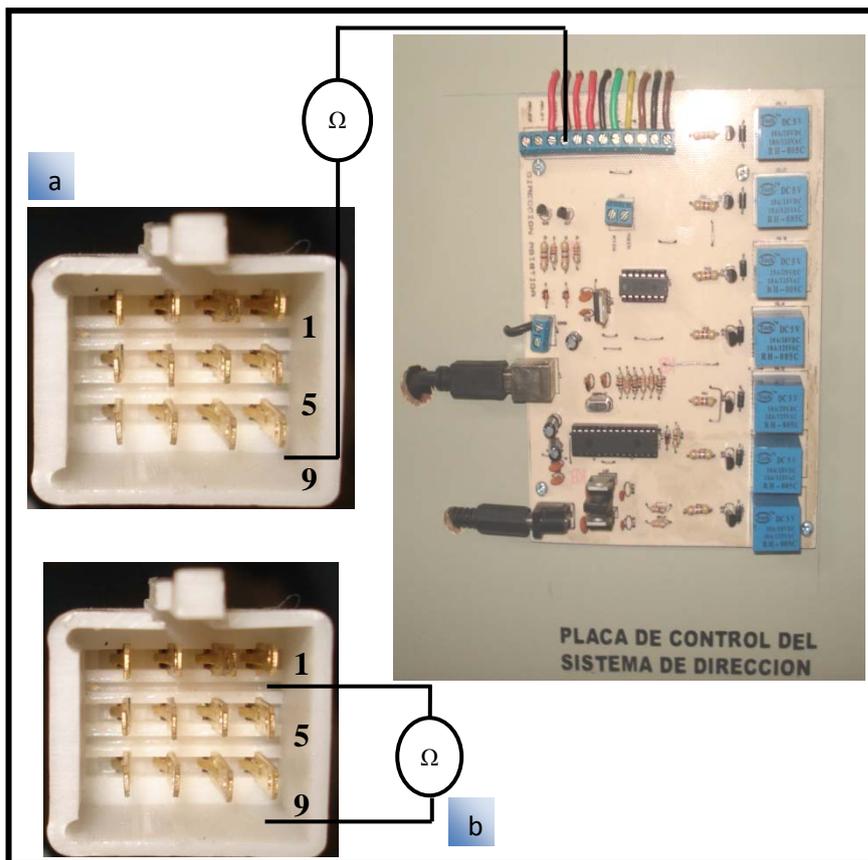


Figura 4.18. Diagnostico sensor de revoluciones.

### 4.3 Generación y lectura de códigos de fallo

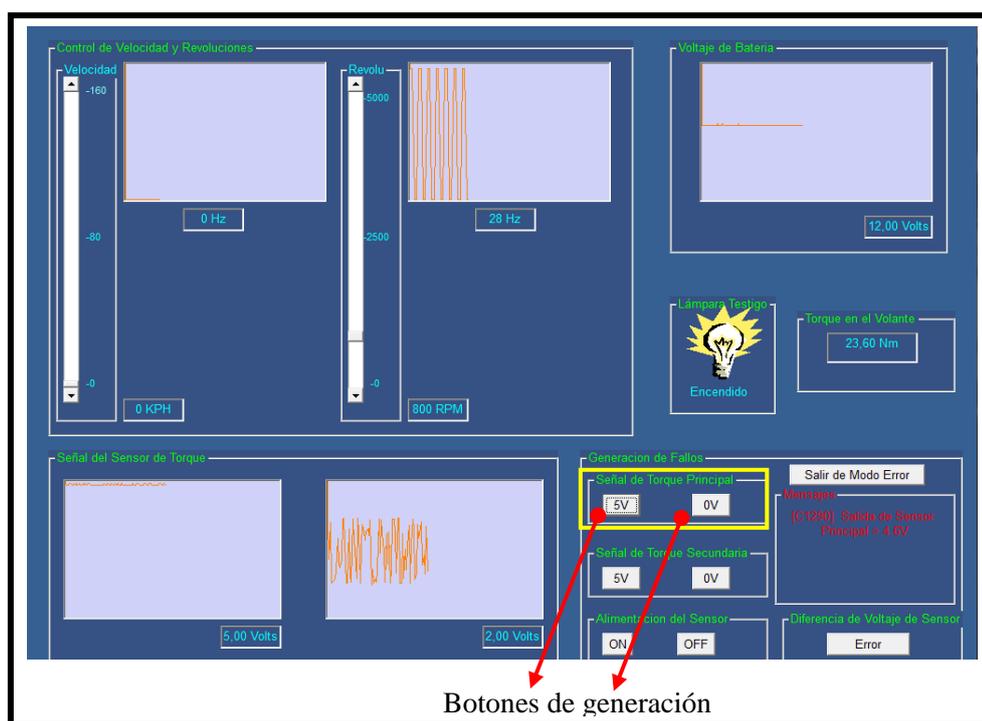
Los fallos generados en el sistema se manipulan en el computador por medio del software que controla el funcionamiento del banco y otros manualmente por el operador. En la tabla 4.1 Se enlistan los códigos a simular en el banco.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
C1290	Señal principal (main) del sensor de torque fallida.
C1291	Señal secundaria (sub) del sensor de torque fallida.
C1292	Valor absoluto de (señal principal – señal secundaria) fuera de rango.
C1112	Voltaje de alimentación fuera de rango.
C1212	Señal de velocidad del vehículo fallida.
C1272	Señal de revoluciones del motor de combustión fallida
C2414	Excesiva corriente del motor.
C1101	Excesivo voltaje de alimentación.
C1102	Bajo voltaje de alimentación.

Tabla4.1 Códigos de fallo.

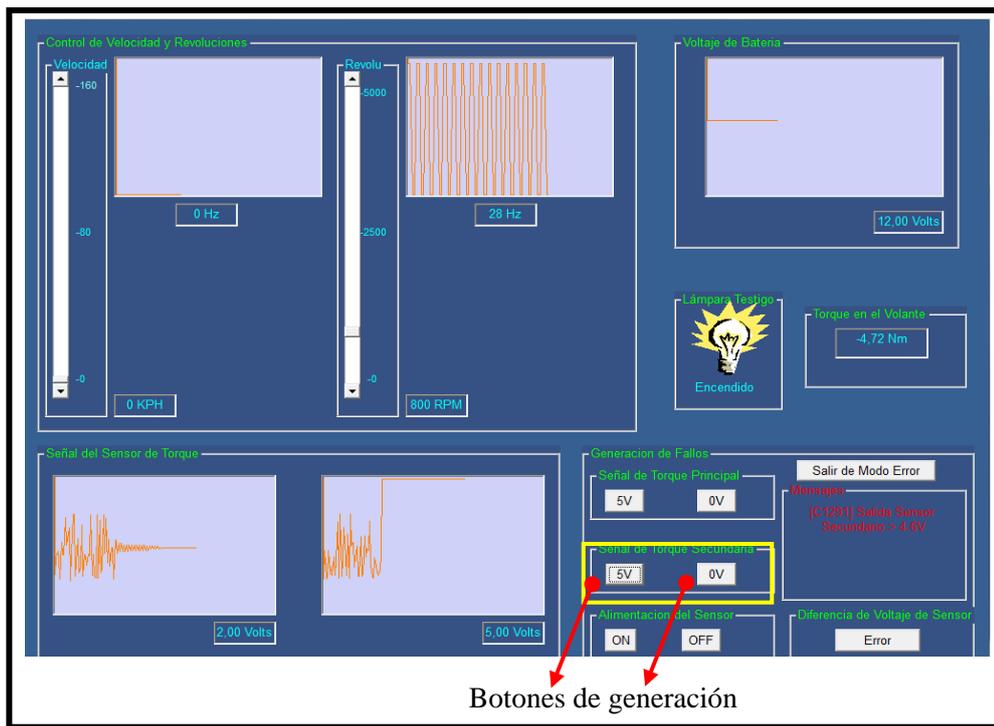
A continuación se describen la forma de simular los códigos:

- C1290.- En la sección de generación de fallos del software del control del banco, en la parte de señal de torque principal existen dos viñetas las cuales sirven para generar el fallo. Mediante un clic en la viñeta de 5V o 0V se simula las dos posibilidades de fallo de esta señal, visualizando en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.19).



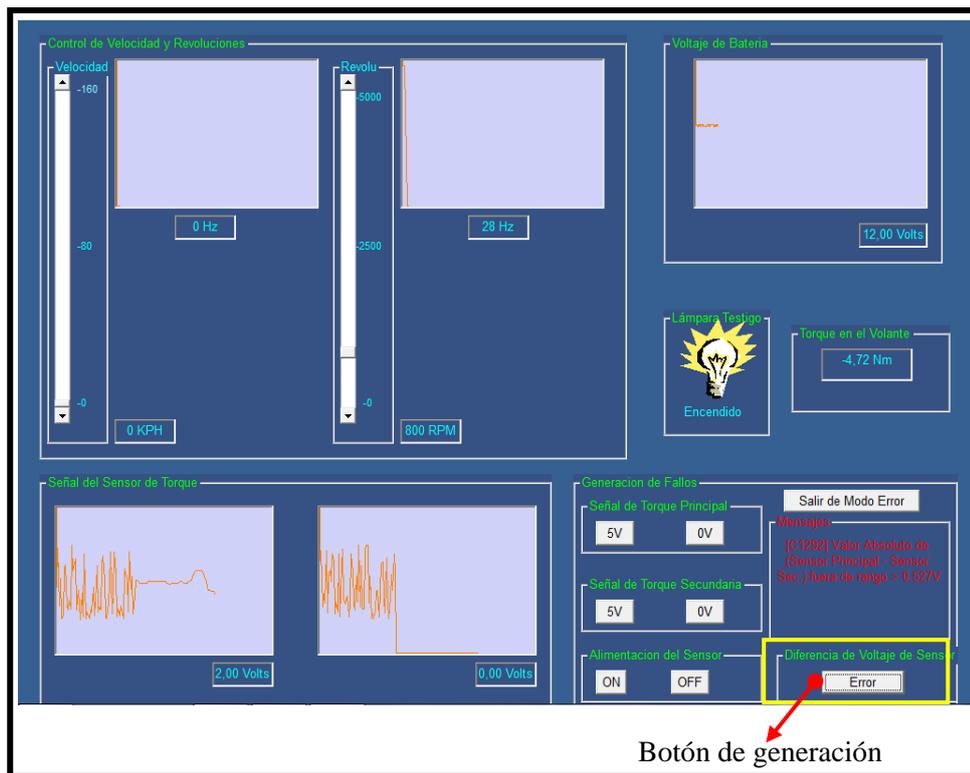
**Figura 4.19.** Fallo de señal principal de torque.

- C1291.- En la sección de generación de fallos del software del control del banco, en la parte de señal de torque secundaria existen dos viñetas las cuales sirven para generar el fallo. Mediante un clic en la viñeta de 5V o 0V se simula las dos posibilidades de fallo de esta señal, visualizando en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.20).



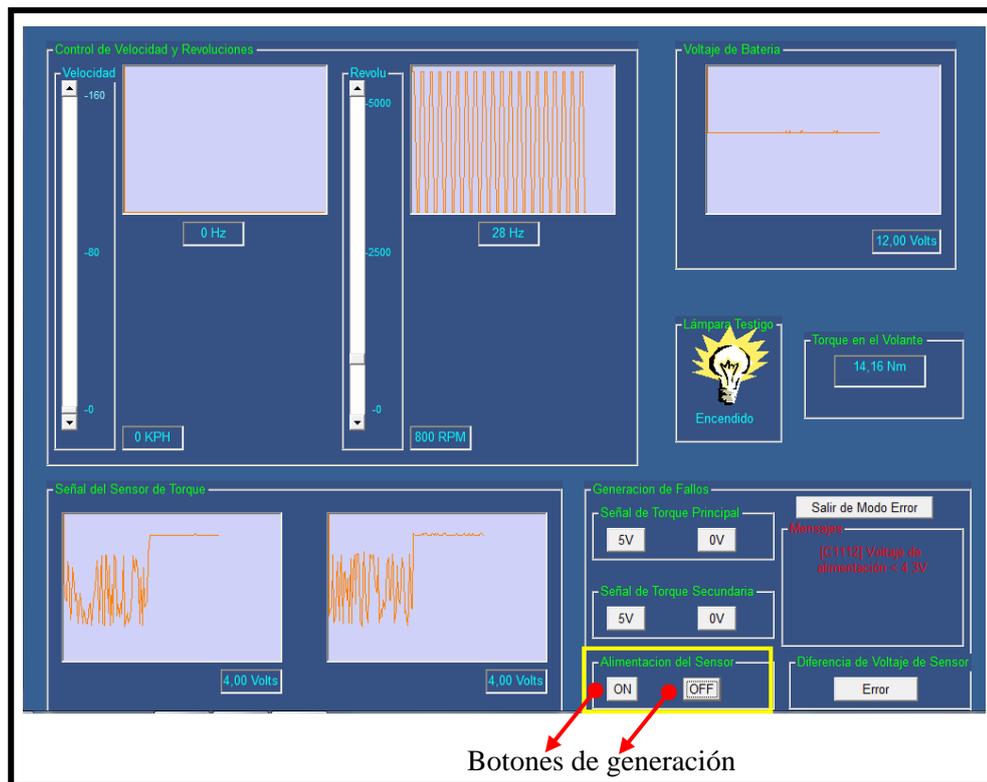
**Figura 4.20.** Fallo de señal secundaria de torque.

- C1292.-En la sección de generación de fallos del software del control del banco, en la parte de diferencia de voltaje del sensor existe una viñeta la cual sirve para generar el fallo. Mediante un clic en la viñeta de error se realiza el fallo del sensor creando una diferencia de tensión entre la señal principal y secundaria, visualizando en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.21).



**Figura 4.21.** Fallo de valor absoluto del sensor de torque.

- C1112.- En la sección de generación de fallos del software del control del banco, en la parte de alimentación del sensor existen dos viñetas las cuales sirven activar (on) y desactivar (off) la tensión y generar el fallo mediante un clic, visualizando en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.22).



**Figura 4.22.** Fallo de alimentación del sensor de torque.

- C1212.- Este se realiza en la sección de control de velocidad y revoluciones del software de control del banco. Existen dos posibilidades, la primera cuando el sistema acaba de iniciar se moviliza la barra de velocidad hasta un valor de 0 km/h y la barra de revoluciones hasta sobrepasar las 4 000 rpm por 5 minutos y la segunda cuando el sistema está en funcionamiento se moviliza la barra de velocidad hasta un valor de 0 km/h y la barra de revoluciones hasta sobrepasar las 2 500 rpm por 20 segundos. Generándose por cualquiera de estas dos opciones el fallo, visualizando en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.23).

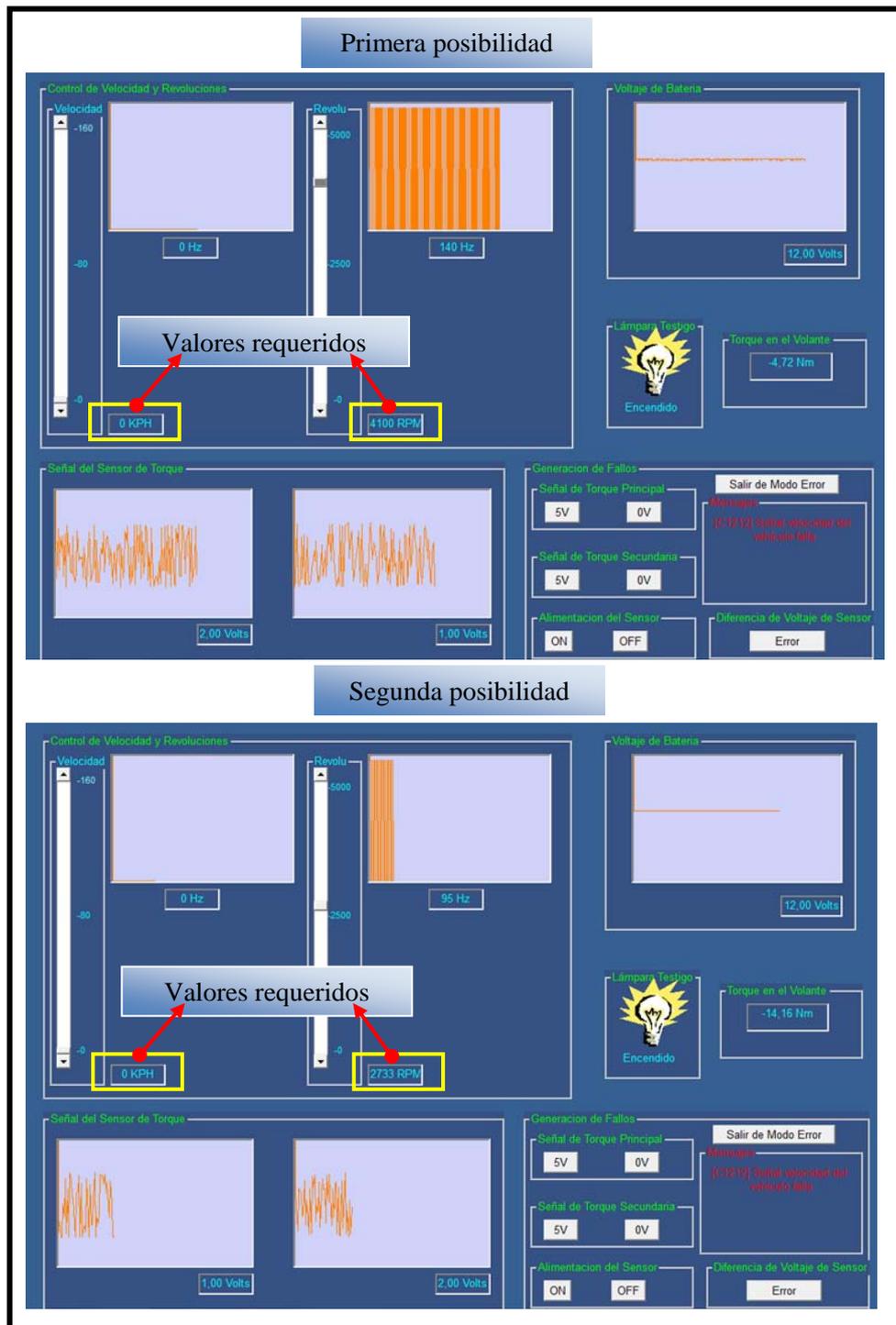
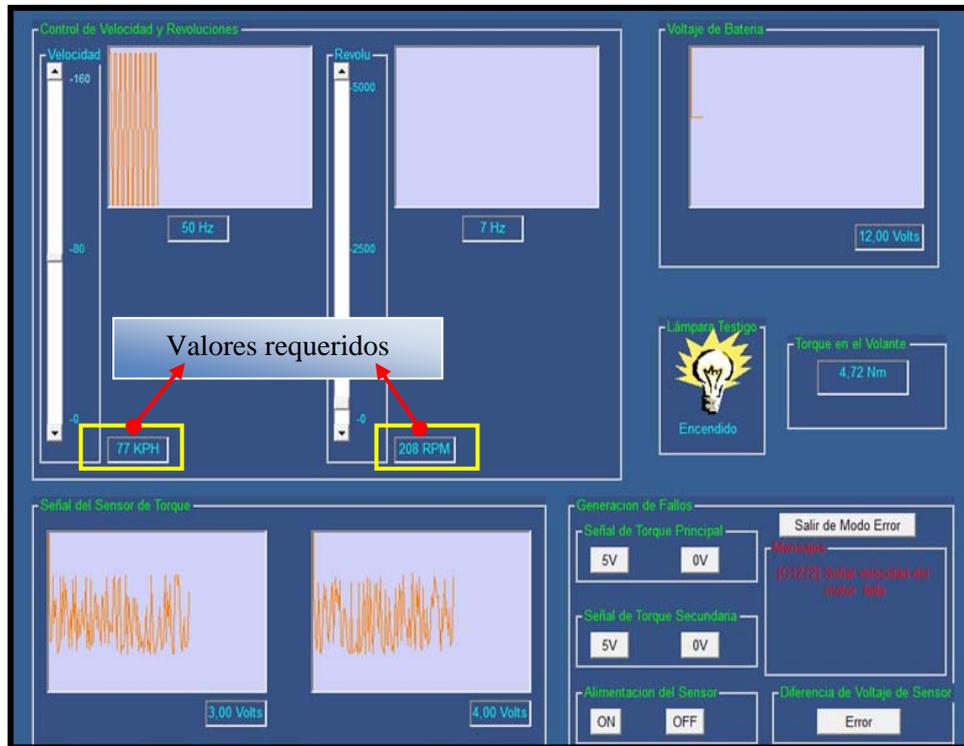


Figura 4.23. Fallo de velocidad del vehículo.

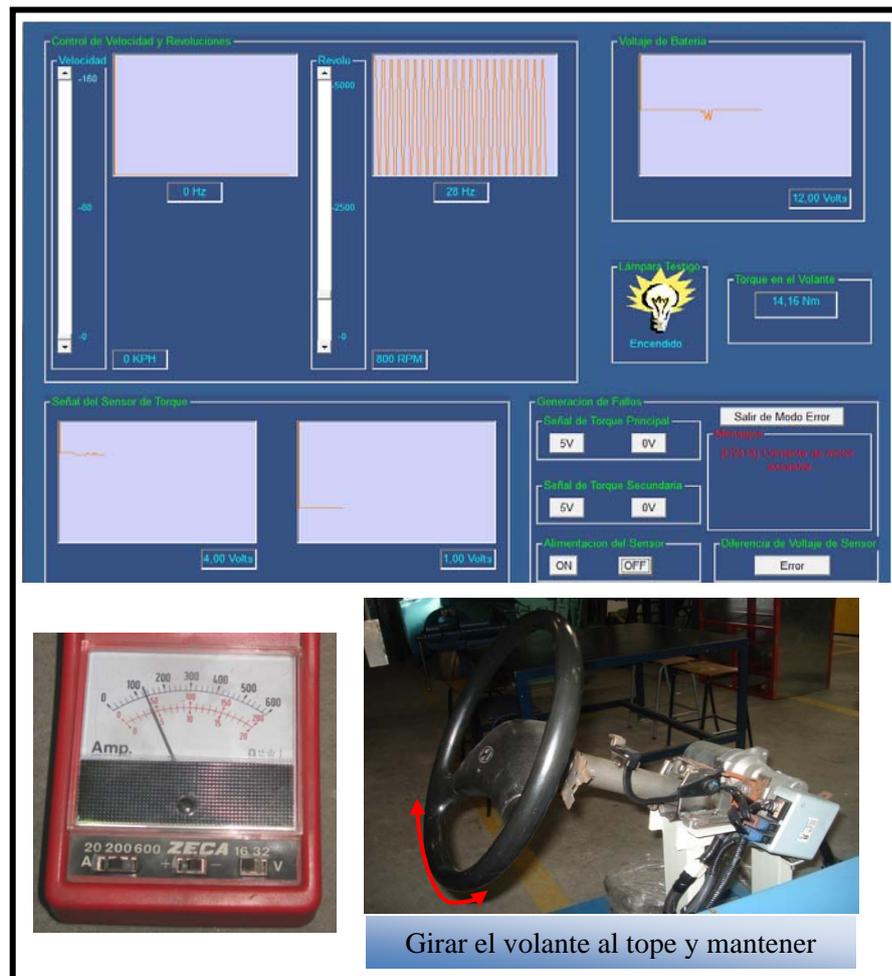
- C1272.- Este se realiza en la sección de control de velocidad y revoluciones del software de control del banco. Al moviliza la barra de revoluciones por debajo de las 330 rpm y la barra de velocidad hasta sobrepasar los 50 km/h por 20 segundos se genera el fallo, visualizando en

la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.24).



**Figura 4.24.** Fallo de revoluciones del motor.

- C2414.- Se manipula manualmente forzando el volante de dirección hacia el tope de cualquier extremo para que suba la corriente, al llegar a los 73A se genera el fallo, visualizando en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema al generarse este código, (figura 4.25).



**Figura 4.25.** Fallo corriente de motor excesiva.

- C1101.- Se manipula manualmente colocando una tensión de alimentación entre 17,5V y 20V por medio de baterías en serie, generándose el fallo y visualizándose en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema.
- C1102.- Se manipula manualmente colocando una tensión de alimentación por debajo de 9V, por medio de una batería descargada, por 5 segundos, generándose el fallo y visualizándose en la pantalla y sintiendo en el volante los efectos que ocurre en el sistema (figura 4.26).



Figura 4.26. Fallo tensión de alimentación baja.

#### **4.4 Conclusiones**

El funcionamiento operativo del banco es fundamental para el operador ya que al tener una guía práctica de la manipulación se evita cometer errores que puedan ocasionar daños irreversibles a la placa electrónica, software de control, freno mecánico, columna y módulo del sistema de electro dirección.

La realización de las comprobaciones de los sensores verifica que los mismos cumplen con los parámetros establecidos en el diseño y por ende con las características técnicas de funcionamiento.

Por medio de la generación de fallos se comprueba que el sistema de electro dirección, software y tarjeta electrónica diseñada funcionan, cumpliendo con los objetivos planteados inicialmente en la construcción del mismo.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El análisis de la información acerca de la tecnología de la electro dirección asistida y también la obtenida de forma práctica, nos ayudo a entender este sistema, su funcionamiento, su rendimiento, su aplicación para la reducción del impacto ambiental y su ayuda en la seguridad activa del vehículo para tener el punto de partida en la construcción del banco.

El diseño de la estructura del banco y del conjunto que simula la resistencia del viraje creada por las ruedas al realizarla mediante cálculos matemáticos y utilizando un software de elementos finitos permite seleccionar las dimensiones y materiales adecuados para obtener la resistencia, seguridad y economía adecuada conforme a las exigencias de funcionamiento.

En el diseño y la construcción de la tarjeta electrónica que controla las funciones del banco se realizó un estudio de las características eléctricas con las que funciona el sistema de electro dirección para llegara a la utilización del microcontrolador Pic 18F2550 el cual facilita cumplir con las especificaciones técnicas para la programación de las funciones del banco y conectividad vía USB con el computador.

El funcionamiento y manipulación de los distintos componentes montados del banco es fundamental en las comprobaciones que se realiza en los sensores y los fallos que se generan en el sistema de electro dirección asistida para que su utilización no llegue a causar daños al trabajar en el banco.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias bibliográficas

- PICABEA, Zubia, Alfonso; ORTEGA, Olivia, José; *Mantenimiento Mecánico Preventivo del Vehículo*; Editorial Aran S.L.; España; 2010.
- ARIAS, Paz, *Manual de Automóviles*, Editorial Dossat, 56ª Edición, 2006
- HORMOGENES, Gil, *Manual CEAC del Automóvil*, Grupo Editorial Ceac, Barcelona, 2003.
- Manual Hyundai Accent MDPS (Motor Driven Power Steering), *Chonan Technical Service Training Center*, 2006.
- VOLKSWAGEN; *Servodirección Electromecánica*; 2008.
- MOTT, Robert L., *Diseño de Elementos de Maquina*, Editorial Pearson Educación, pagina 777, México 2006.
- SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.
- REYES Carlos; *Microcontroladores PIC Programación en Basic*. Segunda edición. Rispergraf. Quito, Ecuador; 2006.
- LAJARA, José; PELEGRI, José, *LabVIEW Entorno Grafico de Programación*, Editorial Alfaomega, Mexico, 2007.
- MANDADO, Enrique; MANDADO Yago, *Sistemas Electrónicos Digitales*, 9ª Edición, Editorial Marcombo, España, 2008.
- WALKER, John, *Autodesk Inventor Profesional programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D*; 2011.
- SWANSON, Analysis Systems, *Ansys Profesional programa de computadora para análisis comportamiento y simulación de estructuras y materiales*, 2010.

### Referencias electrónicas

- Evolución del sistema de dirección; MORT, Schultz, *100 Años de Dirección*, [www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=123](http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=123); Abril 2011
- Evolución del sistema de dirección; MUAMER, Hodzic, *Carl Benz and his double-pivot steering*, [www.benzinsider.com/2008/02/day-in-history-carl-benz-and-his-double-pivot-steering/](http://www.benzinsider.com/2008/02/day-in-history-carl-benz-and-his-double-pivot-steering/); Abril 2011
- Principio de funcionamiento de la electro dirección asistida; ROBERTO, González, Martínez, *Sistema de Dirección en Vehículos*, Pdf, Pag. 24, 2009, [www.esnips.com/doc/6abdf9ac-9edf-4bc5-a4cc-1e1f1d791f8b/Sistemas%20de%20Direccion%20-%20trabajo%20de%20Rober](http://www.esnips.com/doc/6abdf9ac-9edf-4bc5-a4cc-1e1f1d791f8b/Sistemas%20de%20Direccion%20-%20trabajo%20de%20Rober); Abril 2011
- Normativa para los DTC del sistema OBDII; [www.tradervar.com/OBD%20II%20AutoScanner%20CP9135\\_spanish.pdf](http://www.tradervar.com/OBD%20II%20AutoScanner%20CP9135_spanish.pdf); Septiembre 2011

- Estructura de un microcontrolador; TORRES Labrada, Reinier, *El Microcontrolador*, [www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=El\\_microcontrolador](http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=El_microcontrolador); Diciembre 2011
- Características del PIC 18F2520; MICROCHIP Technology Incorporate, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>; Diciembre 2011

**Anexos:****[Anexo 1: Planos de construcción del banco](#)****[Anexo 2: Planos de construcción de freno mecánico](#)****Anexo 3: Líneas de programación del microcontrolador**

```

DEFINE OSC 20
DEFINE LOADER_USED 1
*****
'CONFIGURACION DEL CONVERTOR ANALOGICO DIGITAL *
*****
DEFINE ADC_BITS 10 'RESOLUCIÓN DE 10 BITS (0-5V = 0-1023)
DEFINE ADC_CLOCK 3 'OSCILADOR INTERNO PARA LAS MUESTRAS
DEFINE ADC_SAMPLEUS 100 'CARGA DEL ADC CADA 100uS

*****
'CONFIGURACION DEL BUFFER USB *
*****
USBBufferSizeMax con 8 'TAMAÑO MAXIMO DEL BUFFER
USBBufferSizeTX con 8 'ENTRADA
USBBufferSizeRX con 8 'SALIDA
USBBufferIn Var Byte[USBBufferSizeMax]
USBBufferOut var byte[USBBufferSizeMax]
USBBufferCount Var Byte

*****
'BANDERAS DEL SISTEMA *
*****
PP0 VAR BYTE SYSTEM 'ESTADO DE LA ENCUESTA DEL USB
SYMBOL CARRY_FLAG = STATUS.0 'ALTO CUANDO EL PIC NO TIENE
CONTROL SOBRE EL BUFFER
SYMBOL ATTACHED_STATE = 6 'CUANDO SE CONECTA EL BUS USB

*****
'DEFINICION DE VARIABLES *
*****
TENSION VAR WORD 'VARIABLES PARA EL CONVERTOR ADC
VALOR VAR WORD
ENTERO VAR BYTE
DECIMAL VAR BYTE
DATOIN VAR byte
ENTRADA VAR BYTE
CUENTA1 VAR WORD
CUENTA2 VAR WORD
PERIODO1 var word
PERIODO2 var word

```

```

ESTADO VAR BIT
A VAR BYTE          'VARIABLE PARA ACUMULAR MEDICIONES Y
PROMEDIAR
B VAR BYTE          'VARIABLE PARA CONTAR ENVÍOS
C VAR BYTE
D VAR BYTE
E VAR BYTE          'VARIABLE PARA CONTAR ENTRADAS ANALOGICAS
FREC1 VAR WORD
FREC2 VAR WORD
FREC1 = 0
FREC2 = 0
PERIODO1=0
PERIODO2=0
DATOIN = 0
LOW PORTB.0
CUENTA1 = 0
CUENTA2 = 0

E=0

```

```

*****
'SETEO DEL PUERTO A          *
*****
ADCON1 = %10000101          'PUERTO A ANALÓGICA
ADCON2 = %10000000          'RESULTADO DEL ADC JUSTIFICADO A LA DERECHA
*****
'CONFIGURACION DE INTERRUPCION          *
*****
On Interrupt Goto myint ' Define interrupt handler
  INTCON = $A0
  T0CON = %11000100
  TMR0L = $63 'Precarga del timer0 para lograr 1ms
' *****
' * PROGRAMA PRINCIPAL          *
' *****

usbinit          'INICIALIZA LA CONEXION USB
'INTCON = $A0
ProgramStart:
  IF PORTC.2 = 1 THEN
    ESTADO = 1
  ENDIF
  IF PORTC.2 = 0 THEN
    ESTADO = 0
  ENDIF

  FOR E = 1 TO 7
    if e < 6 then
      D = E
    ENDIF
    IF e = 6 THEN
      D = 9
    ENDIF
    IF e = 7 THEN
      D = 10
    ENDIF
  
```

```

FOR A = 1 TO 2          'ARMO UN CONTADOR DE 10 EVENTOS PARA
OBTENER
    ADCIN (D-1), TENSION      'MUCHAS MEDICIONES Y PROMEDIARLAS
    VALOR = VALOR + TENSION   'PARA OBTENER UN VALOR MÁS
ESTABLE
    USBService                'ADEMÁS SE COLOCA EN EL HARD UN
CAPACITOR DE 10uF
    NEXT                      'EN LA ENTRADA AN0 (A ENE CERO)
    VALOR = VALOR / 2
    VALOR = 489 * (TENSION / 10) 'ARMO EL RESULTADO PARA QUE 1023 SEA
= A 5
    ENTERO = VALOR / 10000     'SEPARO LOS ENTEROS
    DECIMAL = (VALOR // 10000) / 100 'SEPARO LOS DECIMALES
    USBBufferOut[0] = 0       'EL PRIMER BYTE ES DE REPORTE DE CONEXIÓN
    USBBufferOut[1] = ENTERO   'COLOCO LOS ENTEROS EN EL BUFFER
    USBBufferOut[2] = DECIMAL  'COLOCO LOS DECIMALES EN EL
BUFFER
    USBBufferOut[3] = E       'NUMERO DEL CANAL
    USBBufferOut[5] = ESTADO
    USBBufferOut[6] = FREC1
    USBBufferOut[7] = FREC2
    gosub DoUSBOut
    Pause 1
    NEXT

gosub DoUSBIn
pause 1
DATOIN = USBBufferIn[6]
FREC1 = USBBufferIn[5]
FREC2 = USBBufferIn[4]

if FREC1 != 0 OR FREC2 != 0 THEN
INTCON.5 = 1
ENDIF

if FREC1 != PERIODO1 THEN
CUENTA1 = 0
ENDIF

if FREC2 != PERIODO2 THEN
CUENTA2 = 0
ENDIF

PERIODO1 = FREC1
IF DATOIN = 0 THEN          'SI NO HAY DATO INGRESADO
GOTO ProgramStart
ENDIF                      'CIERRO EL LAZO DE ESPERA

' *****
' * SEÑAL DE SENSOR PRINCIPAL A 5 V *
' *****

IF DATOIN = 100 THEN
HIGH PORTB.0

```

```

LOW PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * SEÑAL DE SENSOR PRINCIPAL A 0 V *
' *****

IF DATOIN = 101 THEN
HIGH PORTB.0
LOW PORTB.1
HIGH PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * SEÑAL DE SENSOR SECUNDARIA A 5 V *
' *****

IF DATOIN = 102 THEN
LOW PORTB.0
HIGH PORTB.1
LOW PORTB.4
HIGH PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * SEÑAL DE SENSOR SECUNDARIA A 0 V *
' *****

IF DATOIN = 103 THEN
LOW PORTB.0
HIGH PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * SEÑAL DE SENSOR SECUNDARIA A VALOR CONSTANTE *
' *****

IF DATOIN = 104 THEN
LOW PORTB.0
HIGH PORTB.1
LOW PORTB.4
HIGH PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
HIGH PORTC.0

```

```

ENDIF
' *****
' * ENCENDIDO DE ALIMENTACION DE SENSOR *
' *****

IF DATOIN = 105 THEN
LOW PORTB.0
LOW PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * APAGADO DE ALIMENTACION DE SENSOR *
' *****

IF DATOIN = 106 THEN
LOW PORTB.0
LOW PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
HIGH PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * ENCENDIDO DE RELE PRINCIPAL *
' *****

IF DATOIN = 107 THEN
LOW PORTB.0
LOW PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * APAGADO DE RELE PRINCIPAL *
' *****

IF DATOIN = 108 THEN
LOW PORTB.0
LOW PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
HIGH PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * SALIR DE MODO DE FALLOS *
' *****

IF DATOIN = 109 THEN
LOW PORTB.0

```

```

LOW PORTB.1
LOW PORTB.4
LOW PORTB.5
LOW PORTB.6
LOW PORTB.7
LOW PORTC.0
ENDIF
' *****
' * DESCONEXION DE DISPOSITIVO          *
' *****

if DATOIN = 9 then
low PORTB.0
low PORTB.1
low PORTB.4
low PORTB.5
low PORTB.6
low PORTB.7
LOW PORTC.0
INTCON.5 = 0
endif
USBSERVICE
goto ProgramStart

' *****
' * receive data from the USB bus      *
' *****

DoUSBIn:
USBBufferCount = USBBufferSizeRX      ' RX buffer size
USBSERVICE      ' keep connection alive
USBIn 1, USBBufferIN, USBBufferCount, DoUSBIn ' read data, if available
return

' *****
' * wait for USB interface to attach  *
' *****

DoUSBOut:
USBBufferCount = USBBufferSizeTX      ' TX buffer size
USBSERVICE      ' keep connection alive
USBOut 1, USBBufferOUT, USBBufferCount, DoUSBOut ' if bus available, transmit data
return

' *****
' * Interruption                       *
' *****

Disable      ' No interrupts past this point
myint:
IF INTCON.2 = 1 THEN
CUENTA1 = CUENTA1 + 1
CUENTA2 = CUENTA2 + 1
IF FREC1 = 255 THEN
'INTCON.5 = 0
LOW PORTC.6
CUENTA1 = 0

ELSE

```

```
if CUENTA1 = FREC1 AND FREC1 !=255 then
toggle PORTC.6
CUENTA1 = 0
endif
ENDIF
IF FREC2 = 128 THEN
'INTCON.5 = 0
LOW PORTC.7
CUENTA2 = 0
ELSE
  if CUENTA2 = FREC2 AND FREC2 !=128 then
toggle PORTC.7
CUENTA2 = 0
endif
ENDIF
INTCON.2 = 0      ' Clear interrupt flag
TMR0L = $63

ENDIF

Resume          ' Return to main program
Enable
```

**Anexo 4: Líneas de programación del software de control del sistema**

```

*****
' Numeros de Vendor y de Producto
*****
Private Const VendorID = 6017
Private Const ProductID = 2000

*****
' Definicion de buffers para la comunicacion USB
*****
Private Const BufferInSize = 8
Private Const BufferOutSize = 8
Dim BufferIn(0 To BufferInSize) As Byte
Dim BufferOut(0 To BufferOutSize) As Byte
Dim estado As Boolean

Private Sub Command1_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 100
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 1

End Sub

Private Sub Command10_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 108
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 9
End Sub

Private Sub Command2_Click()

BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 109
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 0
Label8.Caption = ""
End Sub

Private Sub Command3_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 101
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 2
End Sub

Private Sub Command4_Click()
BufferOut(0) = 0

```

```

BufferOut(7) = 102
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 3
End Sub

```

```

Private Sub Command5_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 103
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 4
End Sub

```

```

Private Sub Command6_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 104
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 5
End Sub

```

```

Private Sub Command7_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 105
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 6
End Sub

```

```

Private Sub Command8_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 106
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 7
End Sub

```

```

Private Sub Command9_Click()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 107
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
cual = 8
End Sub

```

```

' *****
' Cuando la plantilla carga se conecta al controlador HID
' luego se pasa a la forma en la que se puede recibir notificaciones y eventos
' *****
Private Sub Form_Load()
' *****
' No quitar la siguiente linea para que haya conexion USB
' *****
ConnectToHID (Me.hwnd)
Picture1.Cls
Picture2.Cls
Picture3.Cls
Picture4.Cls
Picture5.Cls

```

```

Timer2.Enabled = True
Timer4.Enabled = False
Fondo1 = Picture1.ScaleWidth 'guardo el tamaño en la escala de x de el cuadro para
dibujar
Fondo2 = Picture2.ScaleWidth
Fondo3 = Picture3.ScaleWidth
Fondo4 = Picture4.ScaleWidth
Fondo5 = Picture5.ScaleWidth

I1 = 0 'comienzo del dibujo en el cuadro (box)
I2 = 0
I3 = 0
I4 = 0
I5 = 0
I6 = 0
I7 = 0

Timer2.Enabled = False
Vel.Value = 160
Velocidad = 160 - Vel.Value
Text1.Text = Velocidad

Rev.Value = 4200
Revoluciones = 5000 - Rev.Value
Text3.Text = Revoluciones
Timer2.Enabled = True
cuenta = 0

Revoluciones = 5000 - Rev.Value
Text6.Text = Revoluciones & " RPM"
Frec2 = (-0.000000387 * Revoluciones ^ 2) + (0.0358 * Revoluciones)
Text7.Text = Frec2 & " Hz"
Frec2 = Int(Frec2)
Text10.Text = Int(Frec1) & " " & Int(Frec2)
If Frec2 = 0 Then
per2 = 256
Else
per2 = Int(1 / Frec2 * 1000)
End If
BufferOut(0) = 0
If per2 > 256 Then
BufferOut(5) = 255 / 2
Else
BufferOut(5) = Int(per2 / 2)
End If
If per1 > 510 Then
BufferOut(6) = 255
Else
BufferOut(6) = Int(per1 / 2)
End If
Text4.Text = Format(Frec2, "##,##0.00")

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

```

```

End Sub
Private Sub Form_Terminate()
Timer4.Enabled = False
BufferOut(0) = 0
    BufferOut(7) = 9
    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
    DisconnectFromHID
    Unload Me
End Sub

Private Sub Rev_Change()
Revoluciones = 5000 - Rev.Value
Text6.Text = Revoluciones & " RPM"
Frec2 = (-0.000000387 * Revoluciones ^ 2) + (0.0358 * Revoluciones)
Text7.Text = Frec2 & " Hz"
Frec2 = Int(Frec2)
Text10.Text = Int(Frec1) & " " & Int(Frec2)
    If Frec2 = 0 Then
        per2 = 256
    Else
        per2 = Int(1 / Frec2 * 1000)
    End If
    BufferOut(0) = 0
    If per2 > 256 Then
        BufferOut(5) = 255 / 2
    Else
        BufferOut(5) = Int(per2 / 2)
    End If
    If per1 > 510 Then
        BufferOut(6) = 255
    Else
        BufferOut(6) = Int(per1 / 2)
    End If
    Text4.Text = Format(Frec2, "##,##0.00")

    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()

contar = contar + 1
Text12.Text = contar & test & cual

If cual = 1 Then
Label8.Caption = "[C1290] Salida de Sensor Principal > 4.6V"
End If
If cual = 2 Then
Label8.Caption = "[C1290] Salida de Sensor Principal < 0.4V"
End If
If cual = 3 Then
Label8.Caption = "[C1291] Salida Sensor Secundario < 0.4V"

```

```

End If
If cual = 4 Then
Label8.Caption = "[C1291] Salida Sensor Secundario > 4.6V"
End If
If cual = 5 Then
Label8.Caption = "[C1292] Valor Absoluto de (Sensor Principal - Sensor Sec.) fuera de
rango > 0.527V "
End If
If cual = 6 Then
Label8.Caption = ""
End If
If cual = 7 Then
Label8.Caption = "[C1112] Voltaje de alimentación < 4.3V"
End If
If cual = 8 Then
Label8.Caption = ""
End If
If cual = 9 Then
Label8.Caption = "[C1704] Rele atascado"
End If
If DATOS5 > 17.5 Then
Label8.Caption = "[C1101] Potencia de batería excesiva > 17.5V"
End If
If DATOS5 < 10 Then
Label8.Caption = "[C1102] Potencia de batería bajo < 10V"
End If
If Revoluciones < 330 And Velocidad > 50 And contar > 20 Then
Label8.Caption = "[C1272] Señal velocidad del motor falla"
End If
If Revoluciones > 2500 And Velocidad = 0 And contar > 20 Then
Label8.Caption = "[C1212] Señal velocidad del vehículo falla"
End If

'If DATOS3 > 8.5 And DATOS4 > 8.5 Then
'Label8.Caption = "[C2412] Voltaje en ambos lados del Motor > 8.5V"
'End If
'If DATOS3 < 0.2 And DATOS4 < 0.2 Then
'Label8.Caption = "[C2412] Voltaje en ambos lados del Motor < 0.2"
'End If
If DATOS1 > 3.9 And DATOS2 < 1.1 Or DATOS1 < 1.1 And DATOS2 > 3.9 Then
Label8.Caption = "[C2414] Corriente de motor excesiva"
End If
End Sub

Private Sub Vel_Change()
Velocidad = 160 - Vel.Value
Text8.Text = Velocidad & " KPH"
Frec1 = (-0.000058 * Velocidad ^ 2) + (0.656 * Velocidad)
Text9.Text = Frec1 & " Hz"
Frec1 = Int(Frec1)
'enviar dato de velocidad al micro
Text10.Text = Int(Frec1) & " " & Int(Frec2)
If Frec1 = 0 Then
per1 = 512
Else

```

```

per1 = Int(1 / Frec1 * 1000)
End If
BufferOut(0) = 0
If per1 > 510 Then
BufferOut(6) = 255
Else
BufferOut(6) = Int(per1 / 2)
End If
If per2 > 255 Then
BufferOut(5) = 128
Else
BufferOut(5) = Int(per2 / 2)
End If
'Text2.Text = Format(Frec1, "##,##0.00")

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub

'*****
' Cuando cerramos la plantilla se desconecta del controlador HID
'*****
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 9
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

DisconnectFromHID
End Sub

'*****
' Cuando un dispositivo HID se ha conectado
'*****
Public Sub OnPlugged(ByVal pHandle As Long)
If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID
Then

Vel.Enabled = True
Rev.Enabled = True
Timer1.Enabled = True
Timer2.Enabled = True
I1 = 0
I2 = 0
I3 = 0
I4 = 0
I5 = 0
I6 = 0
I7 = 0
Picture1.Cls
Picture2.Cls
Picture3.Cls
Picture4.Cls
Picture5.Cls
End If
End Sub

```

```

*****
' Cuando un dispositivo HID se ha desconectado
*****
Public Sub OnUnplugged(ByVal pHandle As Long)
If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID
Then
    BufferOut(7) = 0
    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
    Vel.Enabled = False
    Rev.Enabled = False
    I1 = 0
    I2 = 0
    I3 = 0
    I4 = 0
    I5 = 0
    I6 = 0
    I7 = 0

    Picture1.Cls
    Picture2.Cls
    Picture3.Cls
    Picture4.Cls
    Picture5.Cls

    Timer2.Enabled = False
    Timer1.Enabled = False

End If
End Sub

*****
' El controlador cambia la notificacion cuando todos los
' dispositivos HID han sido conectados o desconectados
*****
Public Sub OnChanged()
    Dim DeviceHandle As Long

    'obtener el identificador del dispositivo que nos interesa,
    'se establece notificacion con una bandera activada en estado alto
    'esto asegura que se recibira un mensaje de notificación de lectura
    'cuando hay algunos datos para leer ...

    DeviceHandle = hidGetHandle(VendorID, ProductID)
    hidSetReadNotify DeviceHandle, True
End Sub

*****
' En un evento de lectura
*****
Public Sub OnRead(ByVal pHandle As Long)

    ' Leer el dato no olvidar pasar por todo el array
    If hidRead(pHandle, BufferIn(0)) Then

```

```

ENTERO = BufferIn(2)
DECIM = BufferIn(3)           'carga los datos que vienen por usb
CANAL = BufferIn(4)
TESTIGO = BufferIn(6)
FRECUENCIA1 = BufferIn(7)
FRECUENCIA2 = BufferIn(8)
Text10.Text = Val(FRECUENCIA1) & " " & Val(FRECUENCIA2)
If TESTIGO = 1 Then
Label1.Caption = "Apagado"
Image2.Visible = True
Image1.Visible = False
Timer4.Enabled = False
contar = 0
test = False
Label8.Caption = ""
End If
If TESTIGO = 0 Then
Label1.Caption = "Encendido"
Image1.Visible = True
Image2.Visible = False
Timer4.Enabled = True
test = True

End If

If CANAL = 1 Then
'Label1.Caption = Val(ENTERO)
If DECIM < 10 Then
'Label2.Caption = 0 & Val(DECIM)
Else
'Label2.Caption = Val(DECIM)
End If
DATOS1 = (ENTERO + (DECIM / 100))
Text1.Text = Format(DATOS1, "##,##0.00") & " Volts"
Ent1 = ENTERO * 100
Total1 = Ent1 + DECIM
If Not I1 > Fondo1 Then
Picture1.Line -(I1, (Picture1.ScaleHeight - 10 + (Total1 * -4.4)))
I1 = I1 + 20
Else
Picture1.Cls
I1 = 0
End If
Text11.Text = Format((9.44 * DATOS1 - 23.6), "##,##0.00") & " Nm"
End If

If CANAL = 2 Then
'Label4.Caption = Val(ENTERO)
'If DECIM < 10 Then
'Label5.Caption = 0 & Val(DECIM)
'Else
'Label5.Caption = Val(DECIM)
'End If
DATOS2 = (ENTERO + (DECIM / 100))
Text2.Text = Format(DATOS2, "##,##0.00") & " Volts"

```

```

Ent2 = ENTERO * 100
Total2 = Ent2 + DECIM
If Not I2 > Fondo2 Then
Picture2.Line -(I2, (Picture2.ScaleHeight - 10 + (Total2 * -4.4)))
I2 = I2 + 20
Else
Picture2.Cls
I2 = 0
End If
'Text12.Text = Format((9.44 * DATOS2 - 23.6), "##,##0.00") & " Nm"
End If

```

```

If CANAL = 3 Then
'Label4.Caption = Val(ENTERO)
'If DECIM < 10 Then
'Label5.Caption = 0 & Val(DECIM)
'Else
'Label5.Caption = Val(DECIM)
'End If
DATOS3 = (ENTERO + (DECIM / 100))
DATOS3 = (DATOS3 * 43) / (10 * 1.075)
Text3.Text = Format(DATOS3, "##,##0.00")
'Ent3 = ENTERO * 100
'Total3 = Ent3 + DECIM
'If Not I1 > Fondo1 Then
'Picture3.Line -(I3, (Picture3.ScaleHeight - 10 + (Total3 * -4.4)))
'I3 = I3 + 10
'Else
'Picture3.Cls
'I3 = 0
'End If
End If

```

```

If CANAL = 4 Then
'Label4.Caption = Val(ENTERO)
'If DECIM < 10 Then
'Label5.Caption = 0 & Val(DECIM)
'Else
'Label5.Caption = Val(DECIM)
'End If
DATOS4 = (ENTERO + (DECIM / 100))
DATOS4 = (DATOS4 * 43) / (10 * 1.075)
Text4.Text = Format(DATOS4, "##,##0.00")
'Ent4 = ENTERO * 100
'Total4 = Ent4 + DECIM
'If Not I1 > Fondo1 Then
'Picture3.Line -(I4, (Picture3.ScaleHeight - 10 + (Total4 * -4.4)))
'I4 = I4 + 10
'Else
'Picture3.Cls
'I4 = 0
'End If
End If

```

```

If CANAL = 5 Then
'Label1.Caption = Val(ENTERO)
'If DECIM < 10 Then
'Label2.Caption = 0 & Val(DECIM)
'Else
'Label2.Caption = Val(DECIM)
'End If
DATOS5 = (ENTERO + (DECIM / 100))
DATOS5 = (DATOS5 * 43) / (10 * 1.075)
Text5.Text = Format(DATOS5, "##,##0.00") & " Volts"
Ent5 = ENTERO * 100
Total5 = Ent5 + DECIM
If Not I5 > Fondo3 Then
Picture3.Line -(I5, (Picture3.ScaleHeight - 10 + (Total5 * -4.4)))
I5 = I5 + 10
Else
Picture3.Cls
I5 = 0
End If
End If

```

```

If CANAL = 7 Then
'Label1.Caption = Val(ENTERO)
'If DECIM < 10 Then
'Label2.Caption = 0 & Val(DECIM)
'Else
'Label2.Caption = Val(DECIM)
'End If
DATOS6 = (ENTERO + (DECIM / 100))
'Text5.Text = Format(DATOS1, "##,##0.00") & " Volts"
Ent6 = ENTERO * 100
Total6 = Ent6 + DECIM
If Not I6 > Fondo4 Then
If FRECUENCIA2 = 128 Then
Picture4.Line -(I6, (Picture4.ScaleHeight - 10 + (0 * -4.4)))
I6 = I6 + 20
GoTo salto2
End If
j = j + 1
If j = 1 Then
For i = 1 To 2
Picture4.Line -(I6, (Picture4.ScaleHeight - 10 + (490 * -4.4)))
I6 = I6 + per2
Next
j = j + 1
End If
If j = 2 Then
For i = 1 To 2
Picture4.Line -(I6, (Picture4.ScaleHeight - 10 + (0 * -4.4)))
I6 = I6 + per2
Next
End If

```

salto2:

```
Else
```

```

Picture4.Cls
I6 = 0
End If
End If

If CANAL = 6 Then
'Label1.Caption = Val(ENTERO)
'If DECIM < 10 Then
'Label2.Caption = 0 & Val(DECIM)
'Else
'Label2.Caption = Val(DECIM)
'End If
DATOS7 = (ENTERO + (DECIM / 100))
'Text5.Text = Format(DATOS1, "##,##0.00") & " Volts"
Ent7 = ENTERO * 100
Total7 = Ent7 + DECIM
If Not I7 > Fondo5 Then
If FRECUENCIA1 = 255 Then
Picture5.Line -(I7, (Picture5.ScaleHeight - 10 + (0 * -4.4)))
I7 = I7 + 20
GoTo salto1
End If
j = j + 1
If j = 1 Then
For i = 1 To 2
Picture5.Line -(I7, (Picture5.ScaleHeight - 10 + (490 * -4.4)))
I7 = I7 + per1
Next
j = j + 1
End If
If j = 2 Then
For i = 1 To 2
Picture5.Line -(I7, (Picture5.ScaleHeight - 10 + (0 * -4.4)))
I7 = I7 + per1
Next
End If
salto1:
Else
Picture5.Cls
I7 = 0
End If
End If

End If

End Sub

'*****
' En un evento de escritura
'*****
Public Sub WriteSomeData()

BufferOut(0) = 0 ' Primer bit siempre es el reporte de transmision
BufferOut(1) = 1 ' Primer item

```

```
    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 27 Then ' Tecla Escape
        BufferOut(0) = 0
        BufferOut(7) = 9
        hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
        DisconnectFromHID
        Unload Me
    End If
End Sub
Private Sub Picture1_DblClick()
    I1 = 0          'si hay doble click en el gráfico lo limpia
    Picture1.Cls
End Sub
Private Sub Picture2_DblClick()
    I2 = 0          'si hay doble click en el gráfico lo limpia
    Picture2.Cls
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
    On Error GoTo A
A:
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    BufferOut(7) = 0
    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub
```