



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO  
DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO  
DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL CONTROL DE FRENADO”**

**AUTORES:**

**CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO  
CELSO WASHINGTON TAPE REA**

**DIRECTOR: ING. LEÓNIDAS QUIROZ**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL CONTROL DE FRENADO”**, realizado por los señores **CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO Y CELSO WASHINGTON TAIPE REA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti – plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlos y autorizar a los señores **CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO Y CELSO WASHINGTON TAIPE REA** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 16 de diciembre de 2016**

ING. LEÓNIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO

DIRECTOR




**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO** con cédula de ciudadanía N° 1719046193, y **CELSO WASHINGTON TAIPE REA** con cédula de ciudadanía N° 1804787032, declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL CONTROL DE FRENADO”** ha sido desarrollado considerando los métodos de existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 16 de diciembre de 2016**

  
\_\_\_\_\_  
CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO  
C.C.: 1719046193

  
\_\_\_\_\_  
CELSO WASHINGTON TAIPE REA  
C.C.: 1804787032



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO** y **CELSO WASHINGTON TAIPE REA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL CONTROL DE FRENADO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 16 de diciembre de 2016**



---

**CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO**  
C.C.: 1719046193



---

**CELSO WASHINGTON TAIPE REA**  
C.C.: 1804787032

## **DEDICATORIA**

**Este proyecto de investigación se lo dedico a mis amados padres, Gonzalo Guamán y Consuelo Conlago que fueron la motivación más grande, por apoyarme incondicionalmente a levantarme en los momentos más difíciles del transcurso de esta etapa profesional.**

**A mi amada hija Victoria, que en su momento entenderá que para tener grandes logros se necesita hacer grandes esfuerzos, aunque duela en el alma como la distancia, al no estar a tu lado este logro es para ti.**

**A mi hermana Paola, por estar ahí cuando necesitaba de un abrazo sincero, por sus palabras de aliento, al decirme hermano no te rindas tu puedes sigue hasta que culmines tu sueño.**

**Cristian David Guamán Conlago**

## **DEDICATORIA**

**El presente proyecto de investigación dedico a Dios, a mis padres y amigos. A Dios porque gracias tengo a mis padres y gozo de salud y una maravillosa vida, a mis padres, que son las personas que me apoyaron a lo largo de toda mi vida estudiantil, así como en los momentos de conflicto en mi vida. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.**

***Celso Taipe***

## **AGRADECIMIENTO**

**Agradezco principalmente a Dios, por los extraordinarios padres que supo poner a mi lado, por la oportunidad de culminar mi carrera profesional, por guiarme en cada paso que doy y cuidarme desde arriba.**

**A mi padre y madre que siempre estuvieron ahí, a pesar de los altibajos nunca dejaron de creer en mí, gracias por su confianza con mucho amor esta alegría es para ustedes los amo.**

**Al Ingeniero Leónidas Quiroz Director de proyecto, gracias a sus consejos, más que un docente como un amigo, por impartir sus conocimientos en el transcurso del proyecto.**

**Cristian David Guamán Conlago**

## **AGRADECIMIENTO**

**La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.**

***Celso Taipe***



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
INDICE DE ECUACIONES .....	xix
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT .....	xxi

## CAPÍTULO I

1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Descripción resumida del proyecto .....	3
1.4. Justificación e Importancia.....	4
1.5. Objetivos del proyecto .....	5
1.6. Metas .....	5
1.7. Hipótesis .....	6
1.8 Variables de investigación .....	6
1.8.1 Variables Dependientes: .....	6
1.8.2 Variables Independientes:.....	6
1.8.3 Operacionalización de Variables:.....	6
1.9. Metodología .....	7
1.9.1 Método Experimental .....	7
1.9.2 Método Deductivo .....	7

1.9.3 Método Analítico .....	8
1.9.4 Método Matemático .....	8
1.9.5 Método de la medición .....	8

## **CAPÍTULO II**

<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Definiciones.....	9
2.2. Sistemas Mecánicos y fuerzas que interviene en un vehículo .....	9
2.2.1. Neumático.....	9
2.2.2. Torque de ajuste.....	11
2.2.3. Cubo de rueda del vehículo .....	12
2.2.4. Árbol de transmisión .....	12
2.2.5. Fuerzas que intervienen en el vehículo .....	14
2.3. Fuerzas resistivas en el vehicular .....	15
2.3.1. Resistencia de rodadura en trayectos rectos .....	15
2.3.2. Aerodinámica del automóvil .....	15
2.4. Seguridad en el vehículo.....	17
2.4.1. Seguridad Activa .....	17
2.4.2. Seguridad Pasiva .....	17
2.4.3. Subviraje .....	18
2.4.4. Sobreviraje.....	18
2.5. Sistema ESP .....	19
2.5.1. Dinámica del vehículo.....	20
2.5.2. Sensores integrados del control electrónico ESC Unidad (ECU).....	21
2.5.3. Funcionamiento .....	22
2.5.4. Sensor de ángulo del volante de dirección .....	24
2.5.5. Sensor velocidad del vehículo: .....	25
2.5.6. Sensor de aceleración lateral:.....	25
2.5.7. Sensor de velocidad de las ruedas traseras .....	26
2.5.8. Sensor de interruptor del pedal de freno.....	26
2.6. Industrias de producción del Sistema ESP .....	27
2.6.1. DSC - Dynamic Stability management (BMW).....	27

2.6.2.	PSM – Porche Stability Management (PORSCHE) .....	28
2.6.3.	VDC – Vehicle Stability Control (Subaru).....	29
2.7.	Visual basic 6.0.....	29
2.7.1.	Variables globales .....	29
2.7.2.	Variables locales dinámica .....	30
2.8.	Análisis de los tipos nativos de datos .....	30
2.8.1.	Tipo de dato integer.....	30
2.8.2.	Tipo de dato Long.....	30
2.8.3.	Tipo de dato Byte.....	31
2.8.4.	Tipo de dato Single .....	31
2.9.	Controles utilizados.....	32
2.9.1.	Control PictureBox.....	32
2.9.2.	Control Label .....	32
2.9.3.	Control TextBox .....	33
2.9.4.	Control CommandButton .....	33
2.9.5.	Control ComboBox .....	34
2.9.6.	Control VScrollBar .....	34
2.9.7.	Control Timer .....	34
2.9.8.	Control Shape.....	35
2.9.9.	Control Imagen .....	35
2.10.	Protección en los sistemas eléctricos .....	36
2.10.1.	Equipos básicos de protección .....	36
2.11.	Motor Dc en serie.....	37
2.11.1.	Par inducido en un motor Dc en serie.....	37
2.11.2.	Control de velocidad en los motores Dc en serie.....	38
2.12.	Circuitos en paralelo.....	39
2.12.1.	Calculo del consumo de corriente por cada motor .....	39

### **CAPÍTULO III**

3.1.	Características del banco de pruebas ESP.....	40
3.2.	Función de los componentes mecánicos del banco de pruebas.....	40
3.2.1.	Estructura.....	40

3.2.2.	Cubo de rueda.....	41
3.2.3.	Perfil de soporte.....	41
3.2.4.	Placa de fijación.....	41
3.2.5.	Conjunto de transmisión.....	41
3.3.	Selección y análisis de los elementos del Banco de Pruebas .....	42
3.3.1.	Selección del cubo de rueda. ....	42
3.3.2.	Parámetros en el diseño de la estructura. ....	42
3.3.3.	Modelado de la estructura. ....	43
3.3.4.	Análisis del factor de seguridad en SolidWorks.....	43
3.3.5.	Dimensionamiento del perfil de soporte.....	44
3.3.6.	Análisis del factor de seguridad del perfil de soporte en Solidworks	45
3.3.7.	Selección del motor eléctrico.....	45
3.3.8.	Dimensionamiento del árbol de transmisión.....	46
3.3.9.	Análisis del factor de seguridad en el árbol de transmisión .....	47
3.3.10.	Dimensionamiento de la placa de fijación .....	47
3.3.11.	Torque de apriete para los pernos.....	48
3.4.	Diseño eléctrico. ....	48
3.4.1.	Parámetros eléctricos .....	48
3.4.2.	Selección del convertidor AC – DC.....	48
3.5.	Diseño electrónico.....	49
3.5.1.	Características del diseño electrónico. ....	49
3.5.2.	Tipo de conexión de la fuente de voltaje a las placas.....	50
3.5.3.	Ubicación y conexión de los sensores de velocidad.....	50
3.5.4.	Conexión del sensor de ángulo de volante .....	51
3.5.5.	Conexión del interruptor de freno. ....	51
3.5.6.	Placas de control – potencia.....	52
3.6.	Diseño de Interface.....	57
3.6.1.	Hardware .....	58
3.6.2.	Software.....	59
3.6.3.	Método de comunicación .....	61

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL BANCO PARA EL SISTEMA DE CONTROL ELECTRONICO DE ESTABILIDAD ..... 62**

4.1	Características del banco de pruebas .....	62
4.2	Procedimientos de uso del banco de pruebas .....	63
4.2.1	Elementos del Software de control .....	63
4.2.2	Procedimiento de encendido.....	66
4.3	Desarrollo de la Etapa 1 " Pruebas de funcionamiento " .....	67
4.4	Desarrollo de la Etapa 2 " Simulación de fallas " .....	74
4.5	Desarrollo de la Etapa 3 " Sistema de evaluación " .....	89
4.6	Interpretación de fallas en los elementos del banco de pruebas .....	90
4.7	Uso de instrumentos de medición.....	91
4.8	Medición de amperaje.....	94
4.9	Análisis de resultados de la variación de amperaje .....	95
4.10	Diagramas de las señales graficas del tiempo de trabajo.....	96
4.11	Análisis de resultados en la variación de tiempo de trabajo .....	97

## **CAPÍTULO V RECURSOS**

5.	Marco Administrativo.....	99
5.1.	Recursos humanos .....	99
5.2.	Recursos tecnológicos .....	99
5.3.	Recursos materiales .....	100
5.4.	Presupuesto.....	101
5.5.	Cronograma de actividades .....	101

### **CONCLUSIONES ..... 102**

### **RECOMENDACIONES..... 103**

### **BIBLIOGRAFÍA.....104**

### **LINKOGRAFÍA..... 105**

### **ANEXOS..... 106**

#### **ANEXO A: DISEÑO DE PLACA DE CONTROL PRINCIPAL**

#### **ANEXO B: PROGRAMACIÓN- SOFTWARE DE CONTROL**

#### **ANEXO C: PROGRAMACIÓN-BASCOM-PLACAS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama Causa - Efecto.....	3
Figura 2	Esquemática del control dinámico de conducción .....	9
Figura 3	Constitución de la rueda .....	10
Figura 4	Efectos de la banda de rodadura.....	10
Figura 5	Fuerzas que intervienen en el auto.....	15
Figura 6	Vehículo y el flujo de aire sobre la carrocería.....	16
Figura 7	Trayectoria subviraje.....	18
Figura 8	Trayectoria del sobreviraje.....	19
Figura 9	Estructura del sistema ESP .....	20
Figura 10	Modelo dinámico ESP.....	20
Figura 11	Grados de movilidad en un vehículo.....	22
Figura 12	Despiece del sensor de ángulo del volante .....	24
Figura 13	Sensor velocidad del vehículo .....	25
Figura 14	Sensor de aceleración lateral .....	26
Figura 15	Sensor de velocidad de las ruedas.....	26
Figura 16	Interruptor del pedal de freno.....	27
Figura 17	PictureBox .....	32
Figura 18	Label .....	32
Figura 19	Control TextBox .....	33
Figura 20	CommandButton .....	33
Figura 21	ComboBox .....	34
Figura 22	VScrollBar .....	34
Figura 23	Timer.....	35
Figura 24	Shape .....	35
Figura 25	Imagen.....	35
Figura 26	Conexión en paralelo .....	39
Figura 27	Conjunto de Transmisión .....	41
Figura 28	Manzana Grand Vitara SZ .....	42
Figura 29	Estructura en Solid Work .....	43
Figura 30	Factor de seguridad en la estructura .....	44
Figura 31	Perfil de Soporte .....	44

Figura 32	Factor de seguridad el perfil de soporte.....	45
Figura 33	Factor de seguridad del árbol de transmisión .....	47
Figura 34	Placa de fijación.....	48
Figura 35	Diagrama de conexión de las placas de control .....	50
Figura 36	Diagrama de conexión de los sensores VSS.....	51
Figura 37	Diagrama de conexión sensor de volante.....	51
Figura 38	Diagrama de conexión interruptor del freno .....	52
Figura 39	2N75176BP .....	54
Figura 40	Capacitor .....	55
Figura 41	Microcontrolador .....	55
Figura 42	Resistencias .....	55
Figura 43	Diodos (Led y Rectificadores).....	55
Figura 44	Transistor de potencia baja.....	56
Figura 45	Optoacoplador .....	56
Figura 46	Reles.....	56
Figura 47	Transistor.....	57
Figura 48	Diodo de potencia .....	57
Figura 49	Placas de control .....	58
Figura 50	Placa de control numero 1 .....	58
Figura 51	Funcionamiento en las ruedas.....	59
Figura 52	Panel de control principal.....	59
Figura 53	Panel de control y evaluador .....	60
Figura 54	Panel de control y entrenador .....	60
Figura 55	Panel de control con fallas activadas.....	60
Figura 56	Panel de control y funcionamientos activados .....	61
Figura 57	Módulo de interfaz FT232RL .....	61
Figura 58	Banco de pruebas para sistema ESP .....	62
Figura 59	Posición del acelerador.....	63
Figura 60	Etapas de pruebas.....	63
Figura 61	Etapas de fallas .....	64
Figura 62	Simulación de fallas(CHECK ENGINE ACTIVO) .....	64
Figura 63	Detalles del diagnóstico de falla .....	64

Figura 64	Funcionamiento del volante .....	65
Figura 65	Osciloscopio en la pantalla de control.....	65
Figura 66	Diagrama de flujo del sistema de encendido .....	66
Figura 67	Prueba numero 1 .....	68
Figura 68	Prueba numero 2 .....	69
Figura 69	Prueba numero 3 .....	70
Figura 70	Prueba numero 4 .....	71
Figura 71	Primera fase prueba numero 5 .....	72
Figura 72	Fase 2 prueba número 5.....	72
Figura 73	Fase 1 prueba numero 6.....	73
Figura 74	Fase 2 Prueba numero 6 .....	74
Figura 75	Diagnostico falla 1.....	76
Figura 76	Falla número 2.....	77
Figura 77	Falla número 3.....	78
Figura 78	Falla número 4.....	79
Figura 79	Falla numero 5.....	79
Figura 80	Falla número 6.....	80
Figura 81	Falla numero 7 .....	81
Figura 82	Falla numero 8.....	82
Figura 83	Falla numero 9.....	83
Figura 84	Falla numero 10.....	84
Figura 85	Falla numero 11 .....	85
Figura 86	Falla numero 12.....	86
Figura 87	Falla numero 13.....	87
Figura 88	Falla numero 14.....	88
Figura 89	Falla numero 15.....	89
Figura 90	Sistema de evaluación.....	90
Figura 91	Voltaje de la placa N.1 de R1 .....	91
Figura 92	Voltaje de la placa n.2 de r2 .....	92
figura 93	Voltaje de la placa n.3 de r3.....	92
figura 94	Voltaje de la placa n.4 de r4.....	92
figura 95	Voltaje de r1.....	93



Figura 96	Voltaje de R2 .....	93
Figura 97	Voltaje de R3 .....	93
Figura 98	Voltaje de R4 .....	94
Figura 99	Amperaje de R1 .....	94
Figura 100	Amperaje de R2.....	95
Figura 101	Amperaje de R3.....	95
Figura 102	Amperaje de R4.....	95
Figura 103	Tiempo de trabajo de R1(rueda posterior derecha) .....	96
Figura 104	Tiempo de trabajo de R2(rueda posterior izquierda).....	96
Figura 105	Tiempo de trabajo de R3(rueda delantera izquierda).....	97
Figura 106	Tiempo de trabajo de R4(rueda delantera derecha) .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de la variable Dependiente .....	6
Tabla 2	Operacionalización de la variable Independiente.....	7
Tabla 3.	Calculo de los parámetros del motor.....	45
Tabla 4.	Características de motores .....	46
Tabla 5.	Calculo del eje de transmisión .....	46
Tabla 6.	Calculo de torque de apriete para los pernos de sujeción .....	48
Tabla 7.	Matriz de selección de la fuente de voltaje .....	49
Tabla 8.	Calculo de corriente y dimisión del fisible. ....	53
Tabla 9	Ficha de operación del banco .....	62
Tabla 10	Descripción Etapa de Pruebas.....	67
Tabla 11	Descripción de Simulación de Fallas .....	75
Tabla 12	Tabla de valores de voltaje .....	91
Tabla 13	Tabla de valor de amperaje .....	94
Tabla 14	Análisis de la variación de amperaje.....	95
Tabla 15	Variación del tiempo de trabajo.....	98
Tabla 16	Colaboradores del proyecto .....	99
Tabla 17	Recursos tecnológicos .....	99
Tabla 18	Materiales mecánicos .....	100
Tabla 19	Materiales eléctricos .....	100
Tabla 20	Materiales electrónicos .....	100
Tabla 21	Presupuesto para la realización del proyecto .....	101

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Velocidad angular.....	11
Ecuación 2. Torque de ajuste .....	11
Ecuación 3. Momento motor .....	12
Ecuación 4. Diámetro mínimo del eje .....	13
Ecuación 5. Esfuerzo cortante máximo.....	13
Ecuación 6. Resistencia a la fatiga estimada real.....	13
Ecuación 7. Fuerza generada en el eje X .....	21
Ecuación 8. Fuerza generada en el eje y.....	21
Ecuación 9. Momento generado en las ruedas.....	21
Ecuación 10. Dimensionamiento de fusible. ....	37
Ecuación 11. Potencia requerida para un motor .....	38
Ecuación 12. Para obtener el par de giro.....	38
Ecuación 13. Corriente consumida por el motor eléctrico.....	39

## RESUMEN

El avance tecnológico y los requisitos de rendimiento de seguridad, la estabilidad de conducción y el rendimiento de seguridad de los vehículos de ahí surge la necesidad de conocer el funcionamiento, componentes, diagnóstico y mantenimiento al sistema electrónico de estabilidad (ESP) método eficaz de la seguridad activa del vehículo. ESP integrado en vehículos de cuarta y quinta generación, es un sistema de control electrónico en conducción dinámico que interactúa con el conductor en situaciones críticas de conducción como derrape, sobreviraje y subviraje, ayuda para el frenado, mantener la dirección y estabilidad del automóvil en carretera. El banco de pruebas es un medio didáctico que permite conocer el funcionamiento, diagnóstico y mantenimiento del sistema de control electrónico de estabilidad ESP, considerado en tres etapas: pruebas de funcionamiento en condiciones normales, simulación de fallas en el sistema y una fase de evaluación a partir de la solución del mal funcionamiento de los componentes electrónicos como sensores, actuadores y módulos de control. A partir de la interfaz de comunicación visual entre el banco – PC, en la cual se observa señales de los sensores como: velocidad de rueda, ángulo de giro del volante de dirección e interruptor del pedal de freno, para activar el frenado individual en cada rueda según sea la condición que se establezca de acuerdo a una característica propia de conducción en carretera.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AUTOMÓVILES - SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO**
- **AUTOMÓVILES - SEGURIDAD**
- **AUTOMÓVILES - ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**
- **BANCOS DE PRUEBAS - PEDAGOGÍA**

## **ABSTRACT**

Technological advancement and safety performance requirements, driving stability and safety performance of vehicles there arises the need to know the functioning, components, diagnosis and maintenance to the electronic stability system (ESP) effective method of Safety of the vehicle. ESP integrated in fourth and fifth generation vehicles, is an electronic control system in dynamic driving that interacts with the driver in critical driving situations such as skidding, oversteer and understeer, braking assistance, maintaining the direction and stability of the car on the road. The test bench is a didactic means to know the operation, diagnosis and maintenance of the electronic stability control system ESP, considered in three stages: tests of operation under normal conditions, simulation of failures in the system and an evaluation phase a from the solution of the malfunction of the electronic components like sensors, actuators and control modules. From the visual communication interface between the PC-bench, in which signals from the sensors are observed such as: wheel speed, steering wheel steering angle and brake pedal switch, to activate individual braking in each Wheel according to the condition that is set according to a characteristic of driving on the road.

### **KEYWORDS:**

- **AUTOMOBILE - ELECTRONIC CONTROL SYSTEM**
- **AUTOMOBILE - SAFETY**
- **AUTOMOBILES - STABILITY ANALYSIS**
- **TEST BANKS - PEDAGOGY**

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN “BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL CONTROL DE FRENADO”**

#### **1. Antecedentes**

El sistema de control electrónico del ESP consta de un circuito interno de control de realimentación, que ejecuta tareas típicas de control de conducción y estabilidad del vehículo en situaciones extremas. (Fannel, ABSplus und ESP—Ein Konzept zur Beherrschung der Fahrdynamik. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 1998)

La electrónica aplicada al bienestar de la humanidad, intervine en varios ámbitos, siendo el área automotriz uno de los ramales más importantes, ya que actúa en el desempeño de un vehículo y hace posible el excelente funcionamiento del mismo, controlando no solamente los procesos de seguridad activa y pasiva, por lo que representa un papel fundamental en la industria automotriz moderna y con un amplio desarrollo en el futuro. La seguridad en un vehículo es de vital importancia para salvaguardar vidas humanas, tanto como para las personas que están dentro del vehículo como las que están fuera del mismo.

El sistema electrónico de estabilidad en un vehículo, se encuentra en la clasificación de los sistemas de seguridad activa, durante el funcionamiento de la operación de frenado en diferentes condiciones de operación: frenado normal y frenado brusco o de emergencia, a partir de estas condiciones, el sistema electrónico de estabilidad se encarga de minimizar el riesgo de que el vehículo pierda el control, disminuyendo en gran medida la posibilidad de un accidente.

El sistema electrónico de estabilidad basa su funcionamiento mediante un sistema de control y sensores como el ESP y la ECM del automóvil para

informar las condiciones a las que se encuentra el vehículo de acuerdo a las circunstancias que esté presente, de esta manera la ECM envía una señal a los actuadores para que trabajen realizando un cálculo de las cargas de frenado de manera individual a las ruedas del vehículo manteniendo la estabilidad del mismo en diferentes situaciones.

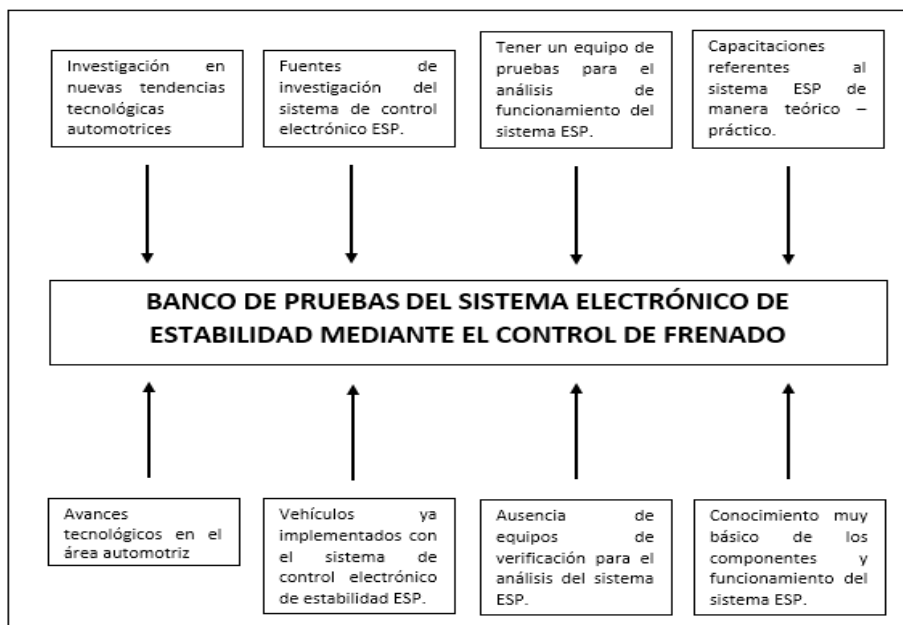
El sistema de estabilidad se comunica a través de protocolos tanto para el módulo de control como para los sensores y actuadores, en el que se determina los valores característicos de operación de todos los componentes, datos importantes para conocer su correcto funcionamiento y diagnóstico de ser el caso.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El campo de la industria automotriz ha ido evolucionando a grandes pasos, creando sistemas que contribuyan a una mejor precisión en el funcionamiento del vehículo, por tal razón en vehículos requieren mejores prestaciones en cuanto a economía – eficiencia. Los avances tecnológicos son innumerables en el campo automotriz y los sistemas de seguridad es un punto importante ya que se incorpora al vehículo el control electrónico, asistidos por una microcomputadora que continuamente evalúa o procesa las señales de entrada del sistema y determina la mejor secuencia de operación mediante órdenes de salida hacia sus actuadores.

Los avances en lo referente al sistema electrónico de estabilidad en un vehículo, van en desarrollo, se implementó un banco didáctico para pruebas del sistema electrónico de estabilidad mediante el control de frenado, mejorando y optimizando los procesos de enseñanza – aprendizaje en el área de sistemas automotrices y medios de transporte, de acuerdo a las competencias genéricas y específicas de los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz.

En el banco didáctico del sistema electrónico de estabilidad mediante el control de frenado, muestra de una manera práctica el funcionamiento, componentes y relación mecánica – electrónica del sistema de estabilidad, así permite al estudiante tener conocimientos significativos para el diagnóstico y mantenimiento.



**Figura 1 Diagrama Causa - Efecto**

### 1.3. Descripción resumida del proyecto

El presente proyecto de investigación interpreta el funcionamiento mecánico - electrónico de estabilidad mediante el control de frenado, donde se dota de un sistema de accionamiento por pedal generando una señal para el sistema electrónico de control, que se identifica mediante una interface visual a un computador donde se aprecia los valores de operación y señales gráficas del funcionamiento integral del sistema de estabilidad, así también se realiza mediciones mediante instrumentos.

El sistema trabaja mediante un programa electrónico de estabilidad, el cual toma la señal de dirección de acuerdo a lo que el conductor desee y también la dirección del vehículo, calcula su diferencia y corrige la trayectoria



deseada; actuando también este sistema cuando el neumático está en condiciones de mínima adherencia, o cuando las fuerzas laterales en el vehículo son máximas debido a curvas bruscas.

#### **1.4. Justificación e Importancia**

Hacer obligatorio el sistema electrónico de estabilidad mediante el control de frenado es parte de una estrategia global de la Comisión Europea para mejorar la seguridad vial. Es el sistema de seguridad de los vehículos más importante después del cinturón de seguridad”, dice el Dr. Werner Struth, presidente de la división encargada de Bosch. La marca, desarrolló el ESP y en 1995, fue la primera empresa del mundo en comenzar la producción en serie.

Alrededor del 63% de todos los coches y vehículos comerciales fabricados en Europa tenían sistema electrónico de estabilidad. Desde 1995, Bosch ha desempeñado un papel clave para garantizar el uso generalizado del sistema mediante la entrega de más de 50 millones de packs en todo el mundo.

El éxito mundial del sistema electrónico de estabilidad se ha logrado en parte gracias a la meta de la “Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020” de las Naciones Unidas (ONU), la cual tiene como objetivo reducir a la mitad el número de muertes en carretera para el 2020. Según encuestas recientes, alrededor de 1,3 millones de personas mueren en las carreteras del mundo cada año.

El programa electrónico de estabilidad utiliza sensores inteligentes para revisar alrededor de 25 veces por segundo si la posición del volante coincide con la dirección real del vehículo. Si el sistema detecta alguna discrepancia, e identifica que el vehículo es probable que se vuelva inestable, interviene

mediante la reducción del par motor con el fin de restaurar la estabilidad. Si eso no es suficiente, el sistema actúa en las ruedas con los frenos.

El alto costo de los bancos de prueba en Ecuador; la demanda de los técnicos automotrices en el diagnóstico del sistema electrónico de estabilidad encamina al análisis del desarrollo de un banco didáctico para pruebas, con el fin de abaratar costos de producción en algunos elementos sustituibles en él, esto partiendo de teorías de su funcionamiento y trabajo.

## **1.5. Objetivos del proyecto**

### **Objetivo general**

- Diseñar y construir un banco didáctico para pruebas del sistema electrónico de estabilidad mediante el control de frenado.

### **Objetivos específicos**

- Levantar información sobre los diferentes sistemas y elementos a utilizar en el presente banco didáctico.
- Diseñar y construir la estructura para los diferentes componentes del banco de pruebas.
- Seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos del sistema de control y potencia necesarios para el funcionamiento del sistema.
- Incorporar los diferentes sistemas eléctricos y mecánicos del banco didáctico.
- Realizar pruebas de funcionalidad del sistema de acuerdo a diferentes condiciones de operación.
- Realizar guías de práctica para utilizar el banco de pruebas del sistema de control de estabilidad

## **1.6. Metas**

- Implementar un banco didáctico del sistema de control electrónico de estabilidad ESP, mediante un software de control interactivo

para el manejo del equipo para la realización de pruebas en condiciones normales, fallo y evaluación.

- Desarrollar un manual de uso del banco didáctico con guías de práctica para el docente y alumno.

## 1.7. Hipótesis

Con la implementación del banco didáctico se dotará de una equipo de aprendizaje sobre el diagnóstico electrónico de estabilidad ESP que se enfocará a la medición de valores y gráficas de operación en condiciones habituales de conducción en carretera.

## 1.8 Variables de investigación

### 1.8.1 Variables Dependientes:

Sistemas de control e interface.

### 1.8.2 Variables Independientes:

Banco de pruebas de control de estabilidad.

### 1.8.3 Operacionalización de Variables:

#### a. Variable Dependiente

Tabla 1

#### Operacionalización de la variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
<i>Sistemas de control e interface</i>	<b>ACADÉMICA</b>	<p><i>Presenta un parámetro de variación de 0 – 100 km/h</i></p> <p><i>En una tolerancia de velocidad de + - 0,1%</i></p>	<p><i>¿Cuánto es el parámetro de variación de la velocidad en las ruedas?</i></p> <p><i>¿Cuánta es la variación con respecto a la velocidad entre las ruedas ?</i></p>
	<b>TÉCNICA</b>	<p><i>Representa un consumo máximo de 4,5 Amperios</i></p> <p><i>Tiende a oscilar en un rango de 2,7 – 7,42 Amperios</i></p>	<p><i>¿De cuánto es el consumo máximo de amperaje en las placas?</i></p> <p><i>¿De cuánto es la variación de amperaje en el consumo de las ruedas?</i></p>

## b. Variable Independiente

**Tabla 2**

### Operacionalización de la variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Banco de pruebas de control de estabilidad	ACADÉMICA	<i>Cuatro placas para la activación del módulo del sistema ESP</i>	<i>¿Cuántas placas para la activación del módulo se utilizan?</i>
		<i>Señales de entrada para el funcionamiento de las ruedas = 4</i>	<i>¿Cuántas señales de entrada se utilizan para el control de las ruedas?</i>
	TÉCNICA	<i>Numero de Fallas programadas para el sistema de estabilidad =15</i>	<i>¿Cuántas fallas programadas existen en el sistema de estabilidad?</i>
		<i>Número de pruebas programadas para el sistema de estabilidad=6</i>	<i>¿Cuántas pruebas programadas existen para el sistema de estabilidad?</i>

## 1.9. Metodología

El proyecto de investigación se utilizó métodos de investigación acorde a las necesidades del mismo tales como: experimental, analítico, matemático, de inducción – deducción, y de medición.

### 1.9.1 Método Experimental

Método eficiente que permitió experimentar valores de operación de voltaje – corriente y señales graficas con respecto a los sensores, actuadores del sistema de estabilidad.

### 1.9.2 Método Deductivo

Para establecer datos generales válidos para llegar y su variación respecto de cada una de las condiciones de funcionamiento y trabajo, y su relación grafica para el diagnóstico.

### **1.9.3 Método Analítico**

Indispensable para determinar el comportamiento de la electrónica aplicada al automóvil y las estrategias que se emplean para ayudar a la conducción desde el punto de vista de la seguridad activa.

### **1.9.4 Método Matemático**

Permitió fundamentar el desarrollo técnico – científico de la presente investigación considerando ecuaciones, leyes y principios de la ingeniería necesarios para el dimensionamiento e implementación del banco didáctico.

### **1.9.5 Método de la medición**

Determinante para el desarrollo de la parte práctica considerando valores de operación con instrumentos y equipos de medición y diagnóstico de tecnología actual.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. Definiciones

El circuito de control electrónico (ESP), los sensores proporcionan a los controladores la información necesaria sobre el estado actual del sistema y la dinámica del vehículo, con lo cual los controladores determinan las condiciones de operación de una manera que el vehículo se mantiene estable en situaciones extremas. En el sistema ESP, se utiliza principalmente para detectar cambios en los sensores que lo conforman tan pronto como sea posible para que la estabilidad del vehículo pueda ser prevenido. (Ding, 1999)

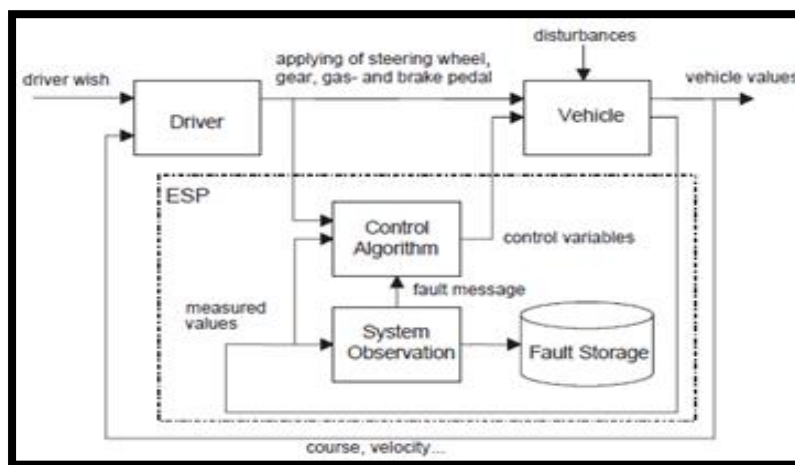


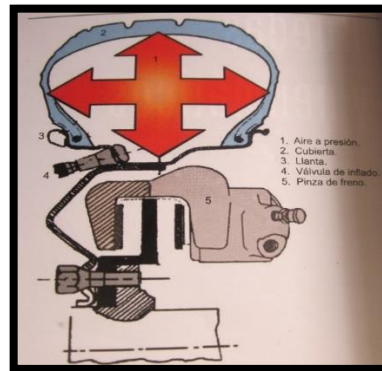
Figura 2. Esquemática del control dinámico de conducción

#### 2.2. Sistemas Mecánicos y fuerzas que interviene en un vehículo

##### 2.2.1. Neumático

Elemento de seguridad y confortabilidad, único lazo de unión entre la calzada y el vehículo. Por estas condiciones en las que un neumático debe funcionar, son fabricados utilizando varias capas de diferentes

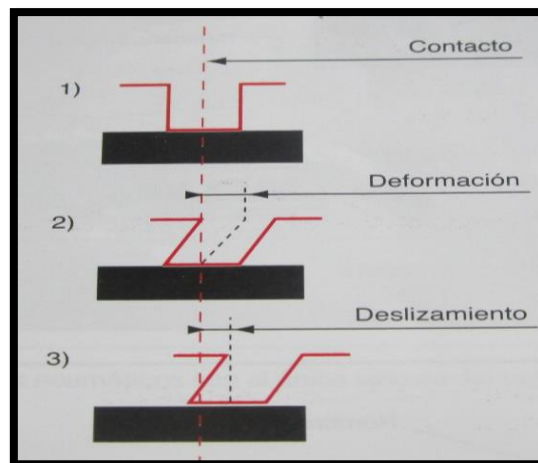
materiales en su mayoría elastómeros, considerando que en su interior alberga una gran presión de aire como se muestra en la Figura 3 . (Águeda , Navarro, & Morales , 2012, pág. 564)



**Figura 3.** Constitución de la rueda

**Fuente:** (Águeda , Navarro, & Morales , 2012)

Diferentes fuerzas (frenado, peso del vehículo, aceleración brusca) que intervienen en el ancho de banda de rodadura, sometidos a esfuerzos que hacen que se deforman.



**Figura 4.** Efectos de la banda de rodadura.

**Fuente:** (Águeda , Navarro, & Morales , 2012).

La parte neumáticos cumple una función importante que es el diámetro total de la rueda este diámetro depende del alto de la cámara del

neumático, lo cual afecta directamente en potencia transmitida por el tren motriz al asfalto.

Con la determinación del diámetro total de la rueda se puede convertir la velocidad lineal en velocidad angular mediante la siguiente ecuación.

**Ecuación 1. Velocidad angular**

$$W = \frac{V}{r * 2\pi}$$

**Donde:**

**W= Revoluciones por minuto (prm).**

**V= velocidad lineal.**

**r= Radio de giro del motor.**

### **2.2.2. Torque de ajuste.**

La carga de afianzamiento es generada en el perno o tornillo al ejercer un torque para apretar la tuerca, o bien al ejercer sobre la cabeza de tornillo. Una relación aproximada entre el torque y la fuerza de tracción axial en el perno o tornillo (La fuerza de afianzamiento). (Mott, 1995)

**Ecuación 2. Torque de ajuste**

$$T = K * D * P$$

**Donde**

**T= Torque en lb - inch**

**K= Constante que depende de la lubricación presente.**

**D= Diámetro exterior nominal de la rosca**

**P= Carga de sujeción lb.**

Para condiciones comerciales promedio el valor de K = 0.15. (Mott, 1995)



### 2.2.3. Cubo de rueda del vehículo

Se denomina de diferentes maneras cubo de rueda, bujes (Águeda , Navarro, & Morales , 2012) o manzana de rueda, transmite la fuerza entregada por los ejes motrices al conjunto de la rueda, sirve como sistema de fijación para los tambores de freno y discos de freno, además es el componente donde se alojan varios elementos esenciales del tren de rodaje como son: rodamientos, espárragos y el elemento que permite la lectura por parte de los sensores de velocidad (VSS) de las ruedas estos elementos pueden ser de sección dentada o disco perforado.

### 2.2.4. Árbol de transmisión

Elemento giratorio que tiene como propósito transmitir potencia, dicha potencia reciben de una maquina motriz y transmite a maquinas conectadas mediante los diferentes modelos de unión estos pueden ser: Por medio de cadenas, correas, engranes o directamente fijadas a otro eje de mayor dimensión. (Faires , 1990)

Un árbol de transmisión recibe y transmite potencia, sometido a diversas fuerzas, las cuales al ser excesivas pueden provocar la ruptura del eje, motivo por el cual deben ser dimensionados de acuerdo a las cargas, fuerzas y funcionamiento que deben soportar, para lo cual existen diversas ecuaciones que relacionan dichos parámetros.

**Ecuación 3. Momento motor**

**P= Potencia mínima del motor (Kw).**

**T= Torque generado por motor**

$$T = \frac{P}{W2} * 9550$$

## W2= Velocidad angular a bajas revoluciones

Para el dimensionamiento de diámetro del eje de transmisión se utiliza las siguientes ecuaciones.

### Ecuación 4. Diámetro mínimo del eje

$$r_e = \sqrt[3]{\frac{2 * T}{\pi * \mathcal{T}_{max}}}$$

#### Donde

$\mathcal{T}_{max}$ = esfuerzo cortante máximo

$r_e$ = Radio exterior del eje

### Ecuación 5. Esfuerzo cortante máximo

$$\mathcal{T}_{max} = 0.557 * \frac{S'_n}{N}$$

#### Donde

$S'_n$ = Resistencia a la fatiga estimada real

$N$ = factor de seguridad

### Ecuación 6. Resistencia a la fatiga estimada real

$$S'_n = S_n(C_m)(C_r)(C_s)$$

#### Donde

$S_n$ = Resistencia a la fatiga.

$C_m$ = (1.0) Factor del material Acero forjado.

$C_r$ = (0.9) Factor de confiabilidad.

$C_s$ =(1) Factor de tamaño.

### 2.2.5. Fuerzas que intervienen en el vehículo

#### **MOMENTOS:**

Debido a que el movimiento giratorio de los cuerpos están influenciados por el momento, así por ejemplo el movimiento giratorio de las ruedas es alterado por el momento de frenado y acelerado ocasionado por el par motor. (Kost, Principio de la física de marcha, 2004, pág. 17)

Pero no solo en los neumáticos se puede apreciar el momento, el vehículo completo se ve influenciado por el momento, por ejemplo si las ruedas de lado derecho del vehículo se encuentran sobre una superficie de poca adherencia mientras que las ruedas del lado izquierdo se encuentra sobre una superficie de adherencia normal, al momento de frenar se produce un movimiento giratorio por lo cual se encuentra sometido al momento. (Kost, Principio de la física de marcha, 2004, pág. 17)

**Clasificación de las fuerzas:** Independientemente del estado de marcha de un vehículo, actúan sobre éste, a de más de su peso (causado por la fuerza de gravedad), fuerzas de tipo muy diverso por un lado se trata de:

- Fuerzas en sentido longitudinal (fuerza motriz, resistencia al aire.)
- Fuerza en sentido transversal (fuerza de dirección, fuerza centrífuga en curva o con viento lateral).
- Las fuerzas de los neumáticos en sentido transversal se denominan también fuerza de conducción lateral.

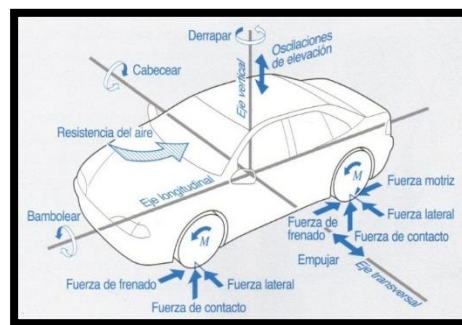
Las fuerzas en sentido longitudinal y transversal se transmiten a los neumáticos y finalmente a la calzada, y sea “por arriba” o “lateralmente”.

Esto sucede a través.

- Del chasis (fuerza del viento)
- De la dirección (fuerza de dirección)

- Del motor y del cambio (fuerza motriz)
- Del sistema de frenado (Fuerza de frenado).

En las demás direcciones las fuerzas, provenientes de la calzada, actúan “por debajo” en las ruedas y así en el vehículo. Esto se debe a que todas las fuerzas generan una fuerza opuesta. (Kost, Principio de la física de marcha, 2004, pág. 17)



**Figura 5. Fuerzas que intervienen en el auto**

**Fuente:** (Kost, Principio de la física de marcha, 2004)

### 2.3. Fuerzas resistivas en el vehicular

#### 2.3.1. Resistencia de rodadura en trayectos rectos

Se produce por el trabajo de deformación en la rueda y la calzada. Este es el producto de la fuerza del peso y el coeficiente de resistencia de rodadura, siendo mayor este último ya que depende de diversos factores como es la calidad de la calzada, presión en los neumáticos, el radio del neumático, el labrado del neumático y varía también según la velocidad y la carga del vehículo. (Kost, Principios de la física de marcha, 2004, pág. 24)

#### 2.3.2. Aerodinámica del automóvil

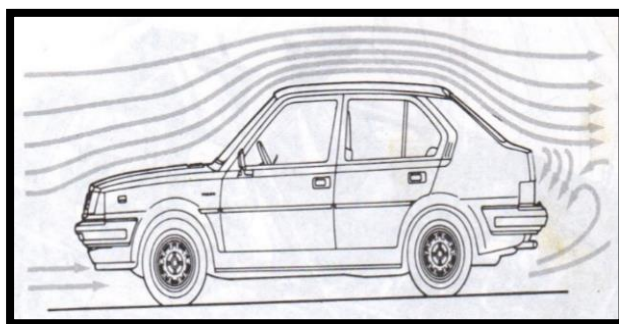
Estudia la resistencia que presenta el viento al movimiento de un objeto con respecto a su forma, en los automóviles una buena aerodinámica

representa un bajo consumo de combustible y el aumento de prestaciones en el motor, así como la estabilidad del vehículo.

Las resistencias a vencer en la marcha de un vehículo, son la suma de:

- Una resistencia de rozamiento debido a la propia viscosidad del aire, el cual tiende a adherirse a la superficie externa del vehículo, dificultando su circulación a lo largo de esta superficie. Una delgada 0capa de aire se adhiere en la marcha a estas paredes en movimiento, mientras que las sucesivas capas se frenan mutuamente sobre un pequeño espesor. (Alonso, 2000)
- Una resistencia de forma, que resulta del aumento de la presión del aire en presencia del obstáculo en movimiento que supone la carrocería del vehículo, la rugosidad de la superficie y las formas de ella (aristas vivas, curvas, etc.). (Alonso, 2000).

Así pues las carrocerías se diseñan y construyen de manera que el vehículo ofrezca la mínima resistencia al avance, resultando ideal la forma de “gota”; pero como este modelo resulta antiestético en alto grado, actualmente se tiene a reducir la altura de los automóviles en la Figura 6 se muestra un vehículo y el flujo de aire sobre la carrocería. (Alonso, 2000)



**Figura 6. Vehículo y el flujo de aire sobre la carrocería.**

**Fuente: (Alonso, 2000)**

## **2.4. Seguridad en el vehículo**

### **2.4.1. Seguridad Activa**

La seguridad activa es aquella que se encuentra en funcionamiento para evitar que ocurran accidentes. Sistema de información y Transmisión, los reglamentos pertenecientes a este grupo se refieren a la capacidad de visión del conductor, a la visibilidad del vehículo desde el exterior y a los efectos de deslumbramiento. En la prevención de accidentes es importante asegurar que el campo de visibilidad sea suficiente, tanto en la dirección de marcha, como lateralmente o hacia atrás, y todo ello en condiciones climáticas más desfavorables. (Cascajosa, INGENIERÍA DE VEHÍCULOS, 2005, pág. 524)

### **2.4.2. Seguridad Pasiva**

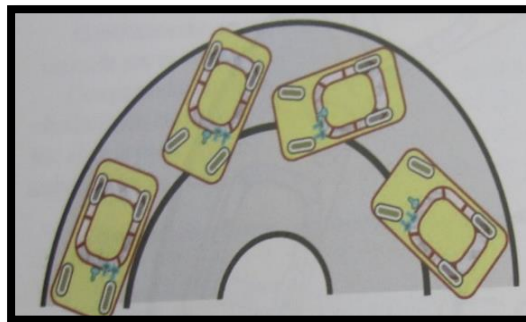
Estos sistemas sirven para proteger a los pasajeros contra lesiones graves en caso de accidentes. Las causas principales generadoras de accidentes pueden derivarse del propio vehículo o de agentes externos, las condiciones de seguridad pasiva no solo deben atenuar las consecuencias del accidente ya producido sino también las que derivarían de determinadas situaciones anormales o de emergencia (frenado brusco, riesgo de incendio, ect). (Cascajosa, INGENIERÍA DE VEHÍCULOS, 2005, pág. 536).

Las medidas de seguridad externa establecen restricciones en la carrocería, parachoques, guardabarros de ruedas y otros accesorios para evitar o aminorar a accidentes peatones o ciclista. (Cascajosa, INGENIERÍA DE VEHÍCULOS, 2005, pág. 537)

### 2.4.3. Subviraje

En este caso pierde adherencia las ruedas delanteras (ruedas motrices), del automóvil tiende a abrir la curva, es decir seguir recto. La corrección del subviraje se logra desacelerando, pues la transferencia de peso al eje delantero ayuda a recuperar parte de la adherencia perdida. Es conveniente girar menos el volante para reducir el subviraje aunque instantáneamente el conductor tiene a girar más. (Orovio, Estabilidad , 2010, pág. 22)

El desacelerar al apreciar el subviraje, e incluso frenar, son reflejos automáticos que no requieren experiencias ni técnicas elaboradas de conducción, es por esto que el comportamiento preferente en una curva al límite de adherencia que buscan los diseñadores en los autos de turismo figura 6 se muestra la trayectoria de un vehículo que presenta subviraje. (Orovio, Estabilidad , 2010, pág. 22)



**Figura 7.** Trayectoria subviraje

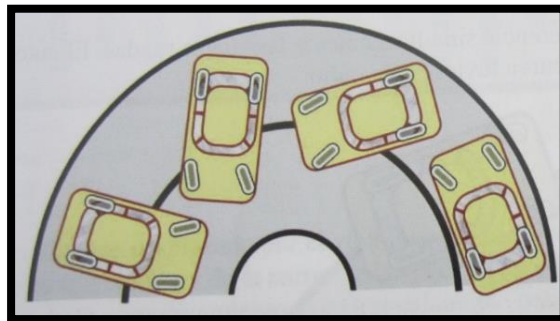
**Fuente:** (Orovio, Estabilidad , 2010)

### 2.4.4. Sobreviraje

Se denomina así al comportamiento del automóvil cuando pierde adherencia las ruedas traseras, teniendo a girar el coche sobre sí mismo. Para corregir el sobreviraje el conductor ha de girar el volante en sentido contrario a la curva, y decelerar/acelerar según aprecie la evolución de la

adherencia de las ruedas traseras, estas acciones exigen precisión, experiencia y técnicas de conducción que no están al alcance de cualquier conductor, incluso para un experto si aparece de improviso el sobreviraje con tráfico alrededor supone una situación de riesgo. (Orovio, Estabilidad , 2010, pág. 21).

En la Figura 8 se aprecia el comportamiento de un auto que presenta el sobre viraje en una curva izquierda.



**Figura 8.** Trayectoria del sobreviraje.

**Fuente:** (Orovio, Estabilidad , 2010)

## 2.5. Sistema ESP

La estructura del sistema ESP que consiste principalmente en el sistema antibloqueo (ABS), sistema de control de tracción (TCS) y el control de par de giro (AYC). En este circuito de control de estabilidad dinámica vehicular está integrado por sensor de velocidad de guiñada, sensor de aceleración lateral, sensor de ángulo de dirección, un sensor de presión y sensores de velocidad en las cuatro ruedas. (Fannel & Ding, A Model-Based Failsafe System for the Continental TEVES Electronic-Stability-Program (ESP), 2000)



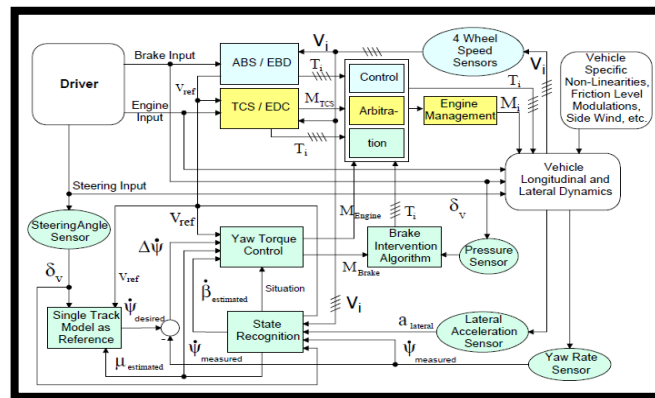


Figura 9. Estructura del sistema ESP

### 2.5.1. Dinámica del vehículo

El modelo dinámico del vehículo mostrado en la Figura incluye el movimiento longitudinal de la carrocería, movimiento lateral, movimiento de guiñada y movimiento de rotación de las cuatro ruedas giran alrededor de su eje.  $XOy$  es el sistema de coordenadas del centro de masa del vehículo,  $x$  está en la dirección longitudinal del vehículo, la dirección positiva es la dirección de marcha del vehículo; y  $y$  está en la dirección lateral del vehículo, la izquierda es la dirección positiva.  $\delta_1$  y  $\delta_2$  son los ángulos de dirección de las ruedas delanteras interior y exterior respectivamente, Rad  $\alpha_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) son ángulos de deslizamiento de neumáticos, rad;  $\beta$  es el ángulo de deslizamiento del centro de masa del vehículo, rad;  $F_{xi}$  y  $F_{yi}$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) son las fuerzas de frenado longitudinales y las fuerzas laterales de los neumáticos, N.

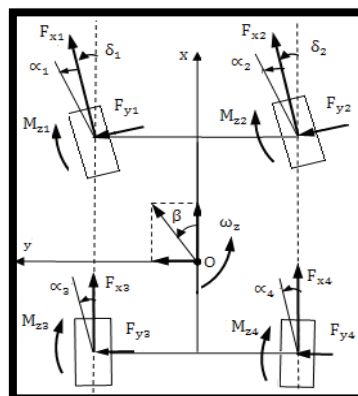


Figura 10, Modelo dinámico ESP

Las ecuaciones de movimiento del vehículo en el sistema de coordenadas xOy son:

**Ecuación 7. Fuerza generada en el eje X**

$$F_x = m(\ddot{x} - \dot{y}\omega_z)$$

**Ecuación 8. Fuerza generada en el eje y**

$$F_y = m(\ddot{y} - \dot{x}\omega_z)$$

**Ecuación 9. Momento generado en las ruedas.**

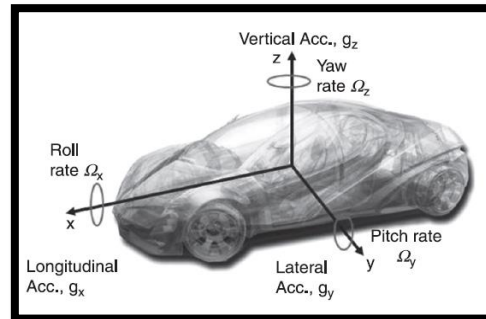
$$M_z = I_z \dot{\omega}_z$$

Donde  $F_x$ ,  $F_y$  son las fuerzas resultantes del centro de masa del vehículo en sistema de coordenadas xOy, N;  $M_z$  es El par resultante de guiñada, Nm;  $M$  es la masa total del vehículo, kg;  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{y}$  y  $\omega_z$  son la aceleración en coordenadas del sistema xOy, rad ms<sup>-2</sup>;  $\dot{y}$  es la velocidad en el sistema de coordenadas xOy, ms<sup>-1</sup>;  $\dot{x}$  es la velocidad en el sistema de coordenadas xOy, ms<sup>-1</sup>;  $\dot{\omega}_z$  es la aceleración de guiñada del vehículo, rad ms<sup>-2</sup>;  $\omega_z$  es la velocidad de guiñada del vehículo, rad ms<sup>-1</sup>;  $I_z$  es la inercia del momento de guiñada del vehículo, Kgm<sup>2</sup>. Donde,  $M_{z_i}$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) es el par de alineación de las ruedas, Nm. (Wang, Zhang, Fen, & Zhang, 2012).

### **2.5.2. Sensores integrados del control electrónico ESC Unidad (ECU)**

Una ECU central, las señales para una variedad de ECU del sistema (ESC, Control automático de velocidad, control de estabilidad del rodillo, airbag, etc.) juntos. De esta manera, el comportamiento dinámico del vehículo puede medirse y procesar utilizando algoritmos basados en modelos. Las señales requeridas pueden ser suministradas a todos los

chasis de seguridad activos y pasivos y sistemas de retención. (Reze & Osajda, 2013)



**Figura 11. Grados de movilidad en un vehículo**

Fuente: (Reze & Osajda, 2013)

### 2.5.3. Funcionamiento

El sistema ESP (**E**lectronic **S**tability **P**rogram), es un sistema de seguridad activa que se encuentran en automóviles actuales, mantiene el vehículo estable con un frenado selectivo en e individual en las ruedas, esto lo consigue con la intervención de algunos sensores que forman parte del sistema ABS, más los sensores propios del sistema ESP, como son el sensor de ángulo del volante y el sensor de aceleración transversal, con las señales enviadas por estos sensores el módulo principal sabe con exactitud el comportamiento anormal del vehículo en una curva, ya sea que este experimente sobreviraje, subviraje o una maniobra evasiva.

#### a) Subviraje

Los diferentes sensores envían datos continuamente, en una curva cerrada a la izquierda el conductor gira el volante a la izquierda sensor de ángulo de volante envía la señal hacia donde tiene que ir el vehículo, mientras que el sensor de aceleración transversal indica que el vehículo no cambia de dirección y los sensores de velocidad delanteros indican un reducción considerable de velocidad con respecto a las ruedas posteriores, entonces el módulo ESP determina que se trata de un subviraje a la

derecha, y procede a frenar instantáneamente la rueda posterior izquierda para mantener al vehículo dentro del carril.

Cuando se trata de subviraje a la derecha realiza los mismos procedimientos lo único que varía es que en vez de frenar la rueda posterior derecha frenaría la derecha.

#### **b) Sobreviraje.**

Se trata de cuando el vehículo tiende a derrapar en una curva, en este caso tomará una curva ala izquierda, de igual manera que el subviraje el sensor de giro del volante indica el auto debe irse a la izquierda mientras que el sensor de aceleración transversal indica que el vehículo no sigue la trayectoria señalada, mientras que los sensores de velocidad de las ruedas posteriores indican una diferencia de velocidad con respecto a las delanteras, lo cual indica al módulo ESP que se trata de un sobreviraje a la izquierda, por consiguiente el modulo indica que debe frenarse momentáneamente la rueda frontal derecha para estabilizar el vehículo. Cuando se trata de sobreviraje a la derecha realiza los mismos procedimientos lo único que varía es que en vez de frenar la llanta delantera derecha frenaría la izquierda.

Funcionamiento en maniobra evasiva. En este caso considera que el primer giro del volante sea a la izquierda y el segundo a la derecha, al presentarse un obstáculo imprevisto en la carretera el conducto gira el volante hacia la izquierda para evadir el obstáculo el sensor de giro del volante envía esa señal, pero como el vehículo se mueve a una velocidad considerable no gira en la dirección del volante, si no mantiene su trayectoria inicial, mientras que el sensor de aceleración transversal indica que le vehículo no cambia de dirección, el módulo ESP envía la orden de frenar momentáneamente la rueda posterior izquierda por consiguiente el vehículo cambia de carril. Ahora tiene que regresar al carril y gira el volante a la derecha, esto es indicado por el sensor de giro del volante, pero el vehículo

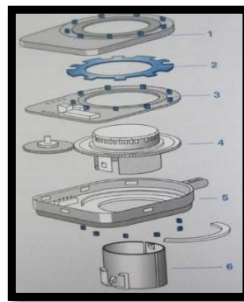
no cambia de dirección esto es indicado por el sensor de aceleración transversal, con estas señales el ESP indica que debe frenarse la rueda delantera derecha para estabilizar el vehículo, de esta manera el vehículo se mantiene estable en todo momento.

#### 2.5.4. Sensor de ángulo del volante de dirección

##### a) Sensor Hall de ángulo de giro del volante LWS.

Detecta mediante 14 barreras Hall la posición angular y el número de vueltas del volante. El funcionamiento de una barrera Hall es semejante al de una barrera de luz: un elemento Hall mide el campo generado por un imán vecino, campo que puede ser fuertemente debilitado o tapado por un disco metálico de codificación. La utilización de nueve circuitos integrados Hall permite obtener una información digital sobre el ángulo del volante. Los otros cinco sensores Hall registran el número de vueltas, que es transmitido por medio de un engranaje en relación 4:1 dentro del campo unívoco de 360 grados. (Post , Schmidt, Kant, & Behrens, 2003)

En la figura 8 se evalúa el despiece de un sensor de volante LWS1, en el cual (1) Es la tapa con nueve imanes permanentes equidistantes, (2) Disco de codificación de material magnético dulce, (3) Placa de circuitos impresos con 9 interruptores Hall y micro procesadores, (4) Engranaje, (5) Otras cinco barreras Hall y (6) Casquillo de fijación para columna de dirección.



**Figura 12.** Despiece del sensor de ángulo del volante

**Fuente:** (Post , Schmidt, Kant, & Behrens, 2003)

### 2.5.5. Sensor velocidad del vehículo:

Es de tipo inductivo o generador, su función es monitorear la transmisión, y obtiene datos de velocidad del vehículo, suministra esta información al módulo del ABS, si se trata de un sensor análogo, emite señal sinodal de corriente alterna. Si es un sensor digital, emite una señal de onda cuadrada, en automóviles con tracción delantera; específicamente, se aloja en el conjunto del diferencial de la transmisión. Cuando se trata de tracción trasera se encuentra en la flecha de salida de la transmisión, sus señales son utilizadas especialmente por el sistema de control electrónico de inyección de combustible y el sistema de transmisión electrónica. Por su parte, el sistema ABS las utiliza como indicio de refuerzo para calcular la velocidad del automóvil. (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012, págs. 7-14)



**Figura 13.** Sensor velocidad del vehículo

**Fuente:** (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012)

### 2.5.6. Sensor de aceleración lateral:

Es de efecto Hall, la información que envía determina la aplicación de frenos traseros en caso de que el vehículo haga un brusco viraje a 45km/h o más, la señal emitida es de efecto Hall, se encuentra oculto en el centro de panel de instrumentos, o en la parte central posterior del bastidor es utilizado por el control de tracción ASR o TCS integrada al sistema de gestión electrónica ABS. (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012, págs. 7-14)



**Figura 14.** Sensor de aceleración lateral

**Fuente:** (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012)

### **2.5.7. Sensor de velocidad de las ruedas traseras**

Es de tipo inductivo, generador o de imán permanente, proporciona datos de velocidad de las ruedas traseras del vehículo la señal generada es senoidal de corriente alterna, se ubica en el diferencial, se dedicado únicamente para el sistema ABS. (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012, págs. 7-15)



**Figura 15.** Sensor de velocidad de las ruedas.

**Fuente:** (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012)

### **2.5.8. Sensor de interruptor del pedal de freno:**

Es de tipo interruptor, avisa al módulo de control del ABS si el conductor ha accionado el pedal de freno, esta señal es esencial ya que es que da la orden par que el ABS se ponga en funcionamiento, la señal generada es una línea de tensión constante de 10 o 0 voltios de corriente directa, se ubica en el conjunto de pedal de freno, trabaja con el sistema ABS, SRS, ESP y para activar las luces de freno en el Vehículo. (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012, págs. 7-14)



**Figura 16.** Interruptor del pedal de freno

**Fuente:** (Orozco, Cómo funciona los frenos ABS, 2012)

## **2.6. Industrias de producción del Sistema ESP**

### **2.6.1. DSC - Dynamic Stability management (BMW)**

Control dinámico de estabilidad (DSC) se suma a la seguridad, facilitando el control del vehículo incluso en condiciones adversas de manejo o en superficies duras. Control dinámico de estabilidad (DSC) es el núcleo de los sistemas de control del chasis en vehículos BMW. Se asegura los más altos niveles posibles de la estabilidad durante la conducción, y maximiza la tracción de todas las ruedas al arrancar o acelerar. Es capaz de detectar los primeros signos de sobreviraje o subviraje y ayuda a mantener el vehículo con seguridad en curso, incluso si los neumáticos tienen diferentes niveles de agarre. (BMW, BMW , 2014)

Sofisticados sensores comprobar permanentemente cómo el vehículo en marcha. Información viene una gama de monitoreo sensores de rotación de la rueda, ángulo de dirección, las fuerzas laterales, la presión y de guiñada (grado de rotación alrededor del eje vertical). Un modelo de simulación almacenada en la unidad de control para asegurar la estabilidad DSC (modelo de uno / dos-pista) y se puede comparar la información procedente de la rueda de dirección y acelerador: si hay una diferencia demasiado grande entre el modelo y cómo el vehículo está viajando actualmente, DSC actúa para aumentar la estabilidad o tracción. (BMW, BMW , 2014)



Los sistemas de gestión del motor y los frenos están destinados específicamente; xDrive también se incluye en todos los vehículos con tracción total. Reducir o aumentar el par motor de frenado o las ruedas individuales pueden mejorar la estabilidad y la tracción. Sistema de regulación de orientación integrado de dirección activa puede incluso ayudar a reducir significativamente el esfuerzo de dirección y la magnitud de la contribución de DSC para la estabilidad. (BMW, BMW , 2014)

### **2.6.2. PSM – Porsche Stability Management (PORSCHE)**

Porsche Stability Management (PSM) es de serie. Este sistema mantiene automáticamente la estabilidad y la tracción incluso en los límites de la dinámica de conducción. Los sensores monitorean continuamente la dirección, la velocidad, la velocidad de guiñada y la aceleración lateral del coche. Usando esta información, PSM es capaz de calcular la dirección real de desplazamiento en cualquier momento dado. Si el vehículo empieza a sobreviraje o subviraje, el PSM inicia procesos de frenado selectivos sobre ruedas individuales con el fin de restablecer la estabilidad. (PORSCHE, 2015)

Al acelerar en superficies de baja adherencia en húmedo o PSM mejora la tracción -, así como la agilidad, control y seguridad - usando el diferencial automático de freno (ABD) y el control automático de tracción (ASR). ABS integrado está diseñado para minimizar la distancia de frenado. (PORSCHE, 2015)

También se incluye con PSM son motor de control de par de arrastre (EDTC), el llenado previo del circuito de frenos y asistencia de frenado. Si de repente se suelta el pedal del acelerador, el PSM se prepara automáticamente para su siguiente acción: el sistema de frenado está precargado de manera que las pastillas de freno ya están en ligero contacto con los discos de freno. Por lo tanto, se consigue la máxima potencia de frenado mucho antes. Asistencia de frenado detecta una situación de

frenada de emergencia y genera la presión de frenado necesaria para obtener la máxima deceleración. En pocas palabras: PSM aumenta la estabilidad y la seguridad, así como la agilidad que han llegado a esperar de un Porsche conducción. (PORCHE, 2015)

### **2.6.3. VDC – Vehicle Stability Control (Subaru).**

En tres palabras, VDC evita derrapes. Cuando usted está conduciendo alrededor de una curva, ya sabe dónde quiere que su coche para ir. Su Subaru hace, también, porque tiene una gran cantidad de sensores que supervisan, donde su coche es y dónde está apuntando. Si las ruedas comienzan a moverse lateralmente, el envío de su coche por la zanja, VDC reducirá la potencia del motor y / o aplicar los frenos para reducir la velocidad de las ruedas individuales, tirando de su coche nuevo en su línea que va a través de la curva. Presentado por primera vez como una opción en el año 2001. (SUBARO, 2014)

## **2.7. Visual basic 6.0.**

Es un lenguaje de programación que ha diseñado para facilitar el desarrollo d aplicaciones en un entorno grafico GUI (Graphical User Interface) como Windows 98, Windows NT o superiores. Con este lenguaje es posible escribir aplicaciones con elementos gráficos, como ventanas, cuadros de dialogo, menús, barras de herramientas, botones de opción, cuadros de lista, informes y páginas Web, entre otros. (Tizanado, Aspectos Fundamentales , 2000, pág. 3)

### **2.7.1. Variables globales**

Son aquellas variables que se han declarado utilizando la palabra clave Public en el módulo BAS. Conceptualmente, estas variables son las más simples del grupo por que sobreviven durante todo el tiempo de vida de

las aplicaciones y su ámbito es toda ella, en otras palabras se podrá modificar y leer desde cualquier parte del programa. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 136)

### **2.7.2. Variables locales dinámica**

Se definen dentro de un procedimiento, y se determina por la palabra clave **Dim**; su ámbito es el propio procedimiento y su tiempo de vida coincide con el de este procedimiento, Cada vez que se ejecute el procedimiento, se volverá a crear una nueva variable local dinámica y se le asignará su valor predeterminado 0, una cadena vacía o nada. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 139)

## **2.8. Análisis de los tipos nativos de datos**

Visual Basic para aplicaciones permite el manejo de varios tipos de datos nativos, incluyendo números enteros y en punto flotante, cadenas. Fechas y horas. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 139)

### **2.8.1. Tipo de dato integer**

Las variables enteras pueden almacenar valores enteros números completos incluidos en el rango de -32.768 a 32.768 (observe que, en este caso, se utiliza el punto como separador de las unidades de millar). Estas variables también reciben el nombre de enteros de 16 bits porque cada valor de este tipo ocupa 2 bytes de memoria. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 139)

### **2.8.2. Tipo de dato Long**

Conocidos como enteros de 32 bits, porque cada valor ocupa 4 bytes, se les puede dar valores desde -2.147.823.648 hasta 2.147.483.647, las variables **Long** son tan rápidas como las variables Integer y, en la mayoría

de los casos, evitan que el programa falle cuando se encuentran con números mayores o menores de los esperados. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 140)

### **2.8.3. Tipo de dato Byte**

Pueden almacenar un valor numérico entero comprendido entre el rango 0 a 255. Ocupa únicamente un 1 Byte (8 bits) y, por tanto, son el tipo de dato más pequeño admitido en el Visual Basic. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 141)

### **2.8.4. Tipo de dato Single**

Puede almacenar valores decimales comprendidos en el rango - 3,402823E38 a -1,401298E-45 para valores negativos y 1,401298E-45 a 3,402823E38 para valores positivos (Observe que el carácter coma se utiliza aquí como separador decimal), Este tipo de dato tiene una longitud de 4 Bytes y es de tipo de dato flotante más sencillo (y menos preciso) de los permitidos en Visual Basic, la variable Single no muy rápida como el resto de las variables utilizadas en Visual Basic. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 141)

Todas versiones de 32 bits de visual Basic (Visual Basic 4 para plataformas de 32 bits y las versiones 5 y 6) almacenan los caracteres en el formato Unicode, mientras que las versiones anteriores utilizaban en formato ANS. La diferencia está en que el Unicode utiliza dos Bytes para cada carácter, por lo que, teóricamente un carácter Unicode puede asumir uno de los 65.536 valores posibles. Este hecho convierte a las cadenas Unicode en instrumento ideal para escribir código que muestra sus mensajes en alfabeto no latino, tales como el chino, japonés y hebreo. (Cascajosa, INGENIERÍA DE VEHÍCULOS, 2005, pág. 142)

## 2.9. Controles utilizados

### 2.9.1. Control PictureBox

Los controles PictureBox cuentan con todas las propiedades relacionadas con la salida gráfica, incluyendo *AutoRedraw*, *ClipControl*, *HasDC*, *FontTransparent*, *CurrentX*, *CurrentY* y todas las propiedades *Drawxxx*, *Fillxxx* *Scalexxx*. Los controles PictureBox, también soportan todos los métodos gráficos, y los métodos de conversión, En otras palabras, todas las técnicas que en su momento describí para los formularios también pueden utilizarse con los controles PictureBox. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 112)



Figura 17. PictureBox

Fuente: Visual Basic 6.0

### 2.9.2. Control Label

Label para insertar un título descriptivo, y posiblemente, una tecla de acceso directo a otros controles, tales como *TextBox*, *ListBox* y *ComboBox*, que no se encuentran con la propiedad *Caption*. En la mayoría de los casos, tan solo tendrá que introducir un control Label donde lo necesite, a una propiedad *Caption* la cadena de texto deseada (Introduciendo un carácter ampersand delante de la letra que desee definir como acceso directo) y nada más. *Caption* es la propiedad predeterminada de los controles Label. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 95)

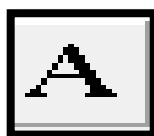
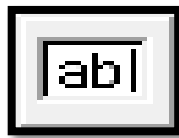


Figura 18. Label

Fuente: Visual Basic 6.0

### 2.9.3. Control TextBox

Crea controles TextBox multilínea asignando el valor True a la propiedad *MultiLine* y los valores 2-Vertical ó 3- Both a la propiedad *ScrollBars*. La barra vertical de desplazamiento hará que el contenido del control se divida automáticamente cuando una línea sea demasiado larga para caber en la anchura del control, por lo que este valor es más útil cuando genera campos memos o programas sencillos similares a los procesadores de texto. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 94)

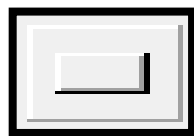


**Figura 19.** Control TextBox

**Fuente: Visual Basic 6.0**

### 2.9.4. Control CommandButton

Operación trivial. En la mayoría de los casos, tanto sólo tendrá que dibujar el control en la superficie del formulario, definir su propiedad *Caption* asignándole el título adecuado y habrá terminado, al menos en lo que respecta a la interfaz de usuario. Para que el botón funcione tendrá que escribir código en su procedimiento de suceso *Click*. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 98)



**Figura 20.** CommandButton

**Fuente: Visual Basic 6.0**

### 2.9.5. Control ComboBox

Crea controles ComboBox, que automáticamente ordenen sus elementos utilizando su propiedad *Sorted*, podrá agregar elementos en tiempo de diseño utilizando el elemento *List*, en la ventana de propiedades y podrá definir la propiedad *IntegralHeight*, del control ComboBox según sea la necesidad de la interfaz de usuario. (Cascajosa, INGENIERÍA DE VEHÍCULOS, 2005, pág. 110)

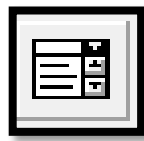


Figura 21. ComboBox

Fuente: Visual Basic 6.0

### 2.9.6. Control VScrollBar

Cuando introduzca una instancia de estos controles en un formulario solo tendrá que preocuparse de una cuantas propiedades: *Min* y *Max* representada en el rango valido de los valores, *SmallChange* es la variación en el valor que obtiene cuando pulsa sobre las flechas de la barra de desplazamiento y *LargeChange* es la variación que obtiene cuando el usuario pulse a cada lado del indicador de la barra de desplazamiento. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, págs. 116-117)



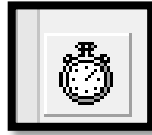
Figura 22. VScrollBar

Fuente: Visual Basic 6.0

### 2.9.7. Control Timer

Los controles Timer son invisibles en el tiempo de ejecución y su propósito es enviar un pulso periódico a la aplicación actual. Podrá manejar este pulso escribiendo código en el procedimiento de suceso *Timer* del

control Timer y sacarle todo el partido al ejecutar una tarea en segundo plano o al supervisar las acciones realizadas por el usuario. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, págs. 122-123)

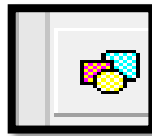


**Figura 23.** Timer

**Fuente:** Visual Basic 6.0

### **2.9.8. Control Shape**

Es una prolongación del control *Line*. Puede mostrar seis formas básicas: Rectángulos, Cuadrados, Óvalos, Círculos, Rectángulos redondeados y Cuadrados redondeados. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 124)



**Figura 24.** Shape

**Fuente:** Visual Basic 6.0

### **2.9.9. Control Imagen**

Los controles imagen son bastante menos complejos que los controles *PictureBox*. No cuentan con los métodos gráficos ni con las propiedades *AutoRedraw* y *ClipControls*, ni tampoco puede trabajar como contenedores, se utiliza este control por que se carga con mayor rapidez y consume menos memoria y recursos del sistema. (Belena, Variables y Procedimientos , 1999, pág. 116)



**Figura 25.** Imagen

**Fuente:** Visual Basic 6.0



## **2.10. Protección en los sistemas eléctricos**

Los sistemas eléctricos están sujetos a funcionamientos continuos, por consiguiente, se debe proteger de una sobrecarga y cortocircuito.

El cortocircuito puede tener su origen en distintas formas, por ejemplo, fallas de aislamiento fallas mecánicas en el equipo, fallas en el equipo por sobrecargas excesivas y repetitivas, etc. (Harper, Conceptos Básicos de Protección e Instalaciones Eléctricas Industriales , 2003, pág. 18)

Las sobrecargas se pueden presentar también por causas muy simples, como pueden ser instalaciones inapropiadas, operaciones incorrectas del equipo, arranques frecuentes de motores, ventilación deficiente, periodos largos de arranque de motores. (Harper, Conceptos Básicos de Protección e Instalaciones Eléctricas Industriales , 2003, pág. 18)

### **2.10.1. Equipos básicos de protección**

En algunas cosas, el elemento sensor y el dispositivo de interruptor son elementos completamente separados e interconectados solo por los cables de control; en otros, los sensores y dispositivos de interrupción se encuentran en un mismo dispositivo. Un fusible cumple con ambas funciones, es un elemento sensor e interruptor, se conecta en serio en un circuito y responde a los efectos térmicos producidos por la circulación de corriente a través del mismo. (Harper, Conceptos Básicos de Protección e Instalaciones Eléctricas Industriales , 2003, pág. 19)

Los interruptores son elementos de interrupción que se deben usar necesariamente con elementos sensores (relevadores). (Harper, Conceptos Básicos de Protección e Instalaciones Eléctricas Industriales , 2003, pág. 19)

Un fusible puede ser dimensionado correctamente, al obtener el valor de la corriente consumida por un determinado componente eléctrico, la ecuación para el cálculo del fusible es la siguiente.

**Ecuación 10. Dimensionamiento de fusible.**

$$I_p = k * I_n.$$

- a)  $I_p$  = Corriente de seguridad.
- b) K = Constante de seguridad en % en el rango de 10 a 25.
- c)  $I_n$  = Corriente consumida por el elemento.

**2.11. Motor Dc en serie**

Un motor Dc en serie es aquel cuyos devanados de campo constan de relativamente pocas vueltas conectadas en serie con el circuito del inducido, en un motor de este tipo, la corriente del inducido, la corriente de campo y la corriente de línea son iguales. (Chapman, Motores y Generadores de Corriente Directa, 2012)

**2.11.1. Par inducido en un motor Dc en serie**

El comportamiento de un motor Dc en serie se debe al hecho de que el flujo es directamente proporcional a la corriente del inducido, por lo menos hasta antes de llegar al punto de saturación. Conforme se incrementa la carga en el motor, también se incrementa su flujo. Un incremento de flujo del motor causa una disminución de su velocidad. El resultado es que un motor en serie tiene una característica par-velocidad con una caída muy pronunciada. (Chapman, Motores y Generadores de Corriente Directa, 2012, pág. 366).

Para la selección de un motor dc, se debe tener en cuenta una serie de parámetros tales como; corriente máxima a suministrar, voltaje que, de

funcionamiento, dimensiones de la carcasa del motor, puntos de fijación del motor, el torque que debe entregar el motor y las RPM a las que debe funcionar, para lo cual es necesario una serie de ecuaciones que permiten calcular específicamente el torque que debe entregar el motor.

**Ecuación 11.** Potencia requerida para un motor

$$P = M * \frac{W}{9.55n}$$

**Ecuación 12.** Para obtener el par de giro

$$M = r * F$$

**Donde:**

**P= Potencia mínima del motor (Kw).**

**M= Par de giro en (Nm).**

**W= Revoluciones por minuto (prm).**

**n= Rendimiento mecánico.**

**r= Radio de giro del motor.**

### **2.11.2. Control de velocidad en los motores Dc en serie**

Solo hay una manera eficiente de cambiar la velocidad de un motor Dc en serie. Este método consiste en cambiar en voltaje en las terminales del motor. Si se incrementa el voltaje en las terminales, provoca una mayor velocidad con cualquier par. (Chapman, Motores y Generadores de Corriente Directa, 2012, pág. 370)

La velocidad de los motores Dc en serie también se puede controlar por medio de la inserción de un resistor en serie en el circuito del motor, pero esta técnica provoca un gran desperdicio de potencia y solo se utiliza en

periodos intermitentes durante el arranque de algunos motores. (Chapman, Motores y Generadores de Corriente Directa, 2012, pág. 371).

## 2.12. Circuitos en paralelo

La Figura 26 muestra un circuito básico en paralelo con tres elementos y una fuente de voltaje. La fuente suministra un determinado voltaje este es el mismo en los tres componentes, pero la corriente suministrada se divide para los tres componentes, de tal forma que si uno de ellos tiene algún defecto los otros siguen funcionando normalmente.

Otra de las características es que la suma de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de las corrientes que sale de él.

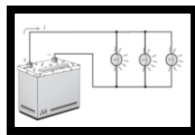


Figura 26. Conexión en paralelo

### 2.12.1. Cálculo del consumo de corriente por cada motor

Para el cálculo de la corriente consumida por cada motor se considera los parámetros de las especificaciones técnicas del motor y las especificaciones técnicas de la fuente de voltaje Ecuación 13.

Ecuación 13. Corriente consumida por el motor eléctrico.

$$I_n = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

**Donde**

**I<sub>n</sub>**= intensidad en Am.

**P**=Potencia del motor (HP).

**V**= voltaje suministrado (V).

**osφ**= eficiencia mecánica del motor (%).

## **CAPÍTULO III**

### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL CONTROL DE FRENADO.”**

#### **3.1. Características del banco de pruebas ESP**

Para cumplir los parámetros de funcionamiento establecidos debe cumplir ciertas características, las cuales se detallan a continuación:

- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema ESP, por medio de una interfaz, desde la computadora hacia los módulos de control.
- Simulación de fallas frecuentes aplicadas a los diferentes dispositivos eléctricos del sistema como son: sensores de velocidad, sensor de ángulo del volante, sensor de aceleración transversal, módulo ESP e interruptor del ESP.
- Un panel de control versátil para el usuario, con la visualización de los diferentes parámetros, valores y rangos de funcionamiento del sistema ESP.
- Evaluación de conocimientos para el estudiante con las diferentes fallas de la simulación.
- Facilidad para la obtención de valores en voltaje, señales (ONDAS), de los diferentes componentes que conforma el banco de pruebas.
- Eficiencia de las placas de control y los motores eléctricos en largos periodos de operación.

#### **3.2. Función de los componentes mecánicos del banco de pruebas**

##### **3.2.1. Estructura**

Es soportar las cargas del sistema eléctrico, electrónico, carrocería y sistemas mecánicos complementarios, la estructura es resistente a fuerzas externas.

### 3.2.2. Cubo de rueda

Conjuntamente con dos rodamientos internos y un disco metálico con 53 perforaciones, permite al sensor de velocidad de la rueda que realice su función correctamente enviando la señal respectiva, también permite la transmisión de velocidad y la fijación de las ruedas al sistema.

### 3.2.3. Perfil de soporte

Es un perfil circular y se encuentra empotrado a la estructura y fijo a las pistas de los rodamientos del cubo de rueda, sirve como soporte de fijación entre el cubo de rueda y la estructura, soporta únicamente el peso del cubo de rueda y peso suspendido suspendidas.

### 3.2.4. Placa de fijación

Los orificios de la placa deben coincidir con los del motor eléctrico para evitar vibraciones excesivas. Se encarga de mantener fijo e inmóvil la carcasa del motor eléctrico fijada a la estructura.

### 3.2.5. Conjunto de transmisión

Consta de un disco circular que se encuentra fijado en su parte central a un eje circular sólido mediante soldadura, dicho eje tiene una perforación circular en el cual se incrusta el eje principal de motor eléctrico. La función principal es de transmitir la fuerza producida por el eje de motor hacia el cubo de rueda.

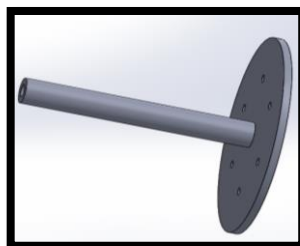


Figura 27. Conjunto de Transmisión

### 3.3. Selección y análisis de los elementos del Banco de Pruebas

#### 3.3.1. Selección del cubo de rueda.

El criterio es a partir del vehículo que posee el sistema ESP, comercializado y vendido en el mercado Ecuatoriano, también debe constar de un componente que permita la lectura de un sensor óptico de velocidad.

Se determina el vehículo a utilizar el Grand Vitara SZ año 2013, por consiguiente los cubos de rueda seleccionados son las de este vehículo en particular, en este caso se utiliza el mismo tipo de cubo de rueda para los cuatro ejes, sin importar que tipo de tracción posea (posterior o delantera) la apariencia de la manzana se puede apreciar en la Figura 28.

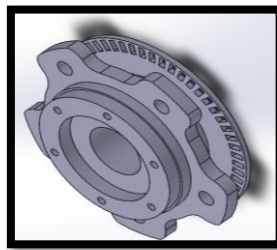


Figura 28. Manzana Grand Vitara SZ

#### 3.3.2. Parámetros en el diseño de la estructura.

- Dimensión. Para que todos los componentes se adapten de una manera correcta e idónea respecto de su ubicación.
- Resistencia. Que soporte el peso todos los componentes mecánicos, carrocería y eléctricos que conforman el sistema ESP.
- Distorsión. Que no sufra deformaciones en los lugares donde hay mayor concentración de peso de los componentes mecánicos y eléctricos.
- Costo. De acuerdo a lo presupuestado, sin que se vea afectado el funcionamiento y la seguridad del sistema.
- Diseño aplicando la ingeniería asistida por computador que permita la selección de material y análisis de esfuerzos de la estructura.

### 3.3.3. Modelado de la estructura.

El diseño de la estructura se realizó con perfil cuadrado, de  $1\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{4}$  pulgadas, para los lugares donde no existe exceso de vibraciones y soporta el peso del recubrimiento de la estructura, en el lugar donde van fijados los motores debido a las dimensiones de los motores se utiliza perfil en C  $3\frac{1}{4}$  x  $1\frac{1}{2}$  de pulgada y espesor  $\frac{1}{4}$  de pulgada. El material utilizado es un ASTM A 36, el cual posee un límite de fluencia mínima de 250 MPA o su equivalencia 36Ksi.



Figura 29. Estructura en Solid Work

### 3.3.4. Análisis del factor de seguridad en SolidWorks

Para establecerse los valores en el software CAD, es considerado dos tipos de cargas puntuales y distribuidas utilizadas en la sección del conjunto de transmisión y juntas de la estructura.

El sobredimensionamiento de los componentes con un factor de seguridad igual 6, es debido a las vigas de perfil en C, las cuales deben ser de medidas convenientes para la fijación de los motores eléctricos y los elementos de transmisión.



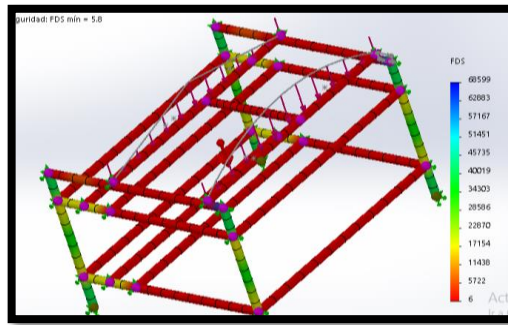


Figura 30. Factor de seguridad en la estructura

### 3.3.5. Dimensionamiento del perfil de soporte.

No está sometido a torsión, sin transmisión de potencia. Debido a la sección interna de los rodamientos de la manzana (diámetro interno de los rodamientos), el tipo de perfil ya está delimitado con la forma y dimensión externa del perfil; en este caso perfil tubular con un diámetro externo de 42.1 mm. La longitud total mínima del perfil está delimitado por: el espesor de la manzana que es de 54 mm, la longitud de la base del sensor velocidad hasta la estructura que es de 33 mm, la distancia entre la abrazadera y la estructura que es de 52 mm. Obteniendo una longitud de 139 mm para el perfil.

Debido a que este eje ya tiene un diámetro exterior predeterminado, y sirve únicamente de soporte, no le afecta directamente el torque producido por el motor, por su fijación a los rodamientos de la manzana.

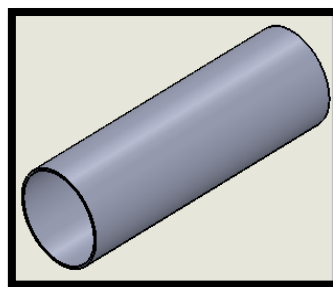


Figura 31. Perfil de Soporte

### 3.3.6. Análisis del factor de seguridad del perfil de soporte en Solidworks

El factor de seguridad de 37.8, el sobre dimensionamiento se debe a la selección previa del cubo de rueda, ya que esta predeterminado el diámetro externo del eje de soporte, incluso después de seleccionar un eje con espesor mínimo proporciona un factor de seguridad elevado.

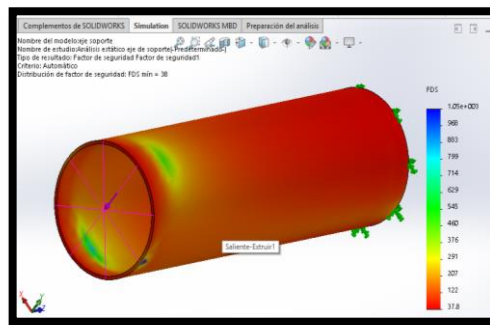


Figura 32. Factor de seguridad el perfil de soporte

### 3.3.7. Selección del motor eléctrico.

Tabla 3.

Calculo de los parámetros del motor

EC	W (RPM)	V (m/min)	R (m)	R (m)	M (Nm)	F (N)	n (%)	P (KW)	Variable	Unidades
1		1666.67		0.12					W1	2210.5 RPM
		166.667		0.12					W2	221.05 RPM
12			0.005			4			M	0.0125 (Nm)
11	221.05				0.0125		0.85		P	0.34 KW 0.46 HP
								0.34	T	14.69 Nm

Se determina las características técnicas del motor eléctrico mediante el cálculo de potencia máxima y el régimen de RPM mínima, dichos valores son representados en la Tabla 3, así como también el valor de voltaje a ser suministrado.

En base a la Ecuación 11 con un valor de 0.46 HP o 0.3409 KW se establece la potencia mínima que debe entregar el motor, con la Ecuación 1 con una valor de 2210.48 RPM se determina el régimen de giro mínimo que debe entregar el motor y la Ecuación 3 indica cual es el torque mínimo que debe entregar el motor, para el valor del voltaje de alimentación se considera el suministrado por la batería de un automóvil que es de 12 V -14 V DC.

**Tabla 4**  
**Características de motores**

Marca	Modelo	Voltaje (DC)	Corriente (A)	Potencia máxima	Torque máximo	PRM de motor	Costo
DONGZHAN	5D90-24A-15S	12-24 V	12.8	0.35 KW	55 Nm	3000	48\$
King Right motor	SF7152	12-24 V	12	0.370 KW	55 Nm	3000	45

En el mercado ecuatoriano existen dos modelos que cumplen las condiciones principales; potencia, RPM y voltaje necesarios para el presente proyecto, se opta por seleccionar el motor King Right modelo SF7152 en base al valor de adquisición.

### 3.3.8. Dimensionamiento del árbol de transmisión

Con la selección del motor, el eje de salida del motor está delimitado con un diámetro de 10 mm, debido a esta condición el diámetro del eje de transmisión no debe ser menor o igual a 10 mm, ya que el mecanismo de rotación consiste en una perforación en el árbol de transmisión, el cual es de la misma medida del eje de salida del motor.

**Tabla 5.**  
**Calculo del eje de transmisión**

EC	Sn MPas	Sm AD	Cr %	Cs AD	$S'_n$	N AD	T Nm	$T_{max}$	Valor calculado
6	206.84	1	0.9	1					$S'_n$ 186.156 MPas
5					186.156	2			$T_{max}$ 51.844 MPas
4							55	51840000 Pas	re 8.77 mm

El árbol de transmisión recibe un torque de 55 Nm por parte del motor, el torque que debe vencer es de 0.0125 Nm según la Ecuación 12. Debido a que el eje no mueve una fuerza excesiva, no se considerará el torque de salida, se considera la potencia máxima entregado por el motor de 0.5Hp.

De la Ecuación 4 se obtiene un valor de 8.77 mm para el radio se mínimo que debe poseer el eje de transmisión el cual debe ser capaz de soportar el toque entregado por el motor, de esta manera se selecciona un eje ASTM A36 con un radio de 10 mm.

### 3.3.9. Análisis del factor de seguridad en el árbol de transmisión en solidworks

En este elemento se obtiene un factor de seguridad de 3.42 este sobredimensionamiento es debido a la diferencia entre el valor del radio y el eje requerido, se analiza el torque en la entrada del eje ya que el motor entrega el máximo torque al sistema transmisión, tomando en cuenta que las ruedas se encuentran suspendidas.

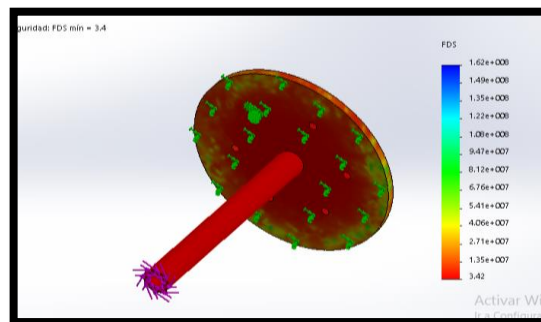


Figura 33. Factor de seguridad del árbol de transmisión

### 3.3.10. Dimensionamiento de la placa de fijación

Por condiciones predeterminadas que dependen de la carcasa del motor seleccionado, la placa consta de cuatro orificios de 8 mm de diámetro cada uno, adicional a ello consta de un orificio en el centro con un diámetro 21

mm, para que el eje del motor atravesase y gire sin ninguna restricción ni esfuerzo de rozamiento en las paredes de la palca de fijación.

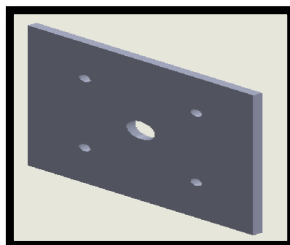


Figura 34. Placa de fijación

### 3.3.11. Torque de apriete para los pernos

Tabla 6

Calculo de torque de apriete para los pernos de sujeción

EC	K AD	D Pulg	P Lb.Ft	Valor	
2	0.15	5/16	0.5	T apriete	0.023 Lb. Pulg

Se considera que el peso total de motor 2 lb se dividen para sus cuatro pernos de sujeción lo cual indica que para cada perno se tiene 0.5 lb, con la ayuda de la Ecuación 2 se determinó un valor de apriete igual a 0.023lb. Pulg

## 3.4. Diseño eléctrico.

### 3.4.1. Parámetros eléctricos

Es necesario optar por un suministro de voltaje continuo, motivo por el cual no se puede utilizar una batería por tendencia a la descarga, razón por la cual se ha considerado el uso de un convertidor de voltaje que cumpla los requerimientos necesarios para activar las placas de control de potencia, de manera que no existan sobrecargas, pero suministre la corriente necesaria para el funcionamiento en largos periodos de tiempo.

### 3.4.2. Selección del convertidor AC – DC

En la Tabla 7 se presenta una serie de opciones para la selección de la fuente de alimentación para el banco de pruebas del sistema ESP.

**Tabla 7**  
**Matriz de selección de la fuente de voltaje**

Marca	Modelo	Voltaje mínimo (V)	Voltaje máximo (V)	Corriente en voltaje mínima(A)	Corriente en voltaje máxima(A)	Costo
Xcase	900w-ATX	5	12	22	34	25\$
StarTech	APL-580X(A/PFC	3.3	12	24	16	18\$
ZALMAN	ZM460B-APS	5	12	30	16	15\$
ANERA	AE-PSUM2065	5	12	29	34	20\$

De acuerdo a los requerimientos del banco de pruebas existen dos fuentes que cumplen las características necesarias, la ANERA modelo AE-PSUM2065 y la Xcase modelo 900w-ATX, la condiciones son: voltaje máximo que es de 12 V y un amperaje mínimo de 20 Am, debido a que los motores consumen solamente 20 Am en conjunto. Entre los dos modelos que cumplen las características se opta por utilizar ANERA modelo AE-PSUM2065, considerando el precio de adquisición.

### 3.5. Diseño electrónico

Debido a las características técnicas de los motores se optó por energizar el banco de pruebas con una fue de alimentación de 12 voltios y corriente mínimo de 20A. Para la parte de control se energizó con los 5V disponibles en la conexión USB de comunicación con la HMI a la PC.

#### 3.5.1. Características del diseño electrónico.

- Las pistas de las placas de control deben soportan largos periodos de funcionamiento.
- Que las entras y salidas de señales posean socket de fácil acople.
- Que contengan disipadores de calor, para el funcionamiento en largos periodos de tiempo.

- Que en las placas existen indicadores lumínicos, para la alimentación de voltaje y la activación del sistema.
- Que el sistema eléctrico conste de fusibles de seguridad.

### 3.5.2. Tipo de conexión de la fuente de voltaje a las placas.

Es considerado la conexión en paralelo, ya que brinda mayores prestaciones para este tipo de circuito eléctrico, porque su estructura posee una característica que permite conservar el mismo valor de voltaje suministrado por la fuente en las placas, mientras que la corriente total suministrada por la fuente de voltaje se divide para las cuatro placas según el requerimiento de la placa.

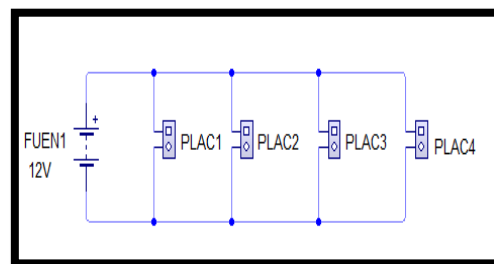


Figura 35. Diagrama de conexión de las placas de control

### 3.5.3. Ubicación y conexión de los sensores de velocidad

El banco de pruebas consta de 4 sensores de velocidad uno para cada rueda, dichos sensores se encuentran fijados en la estructura en la parte interna de las ruedas, y correctamente posesionados al disco perforado del cubo de rueda, estos sensores constan de tres cables, uno de tierra, uno de voltaje y uno de señal, los tres cables van conectados directamente a la placa de control correspondiente.

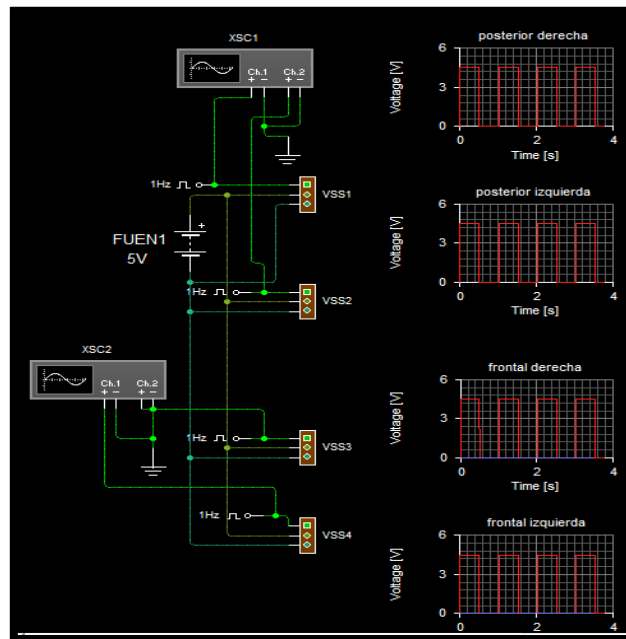


Figura 36. Diagrama de conexión de los sensores VSS

### 3.5.4. Conexión del sensor de ángulo de volante

Este sensor es de tipo encoder, consta de tres cables, uno de tierra, uno de voltaje de entrada, uno de señal, este sensor es capaz de medir de 30 en 30 grados, y se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda de la estructura, fijado a la columna de dirección.

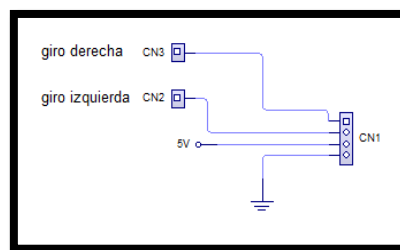


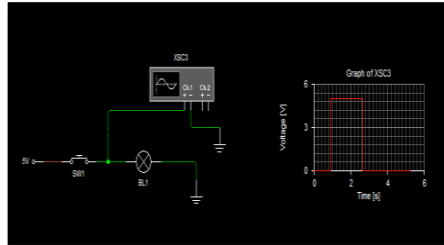
Figura 37. Diagrama de conexión sensor de volante

### 3.5.5. Conexión del interruptor de freno.

Es un interruptor normalmente abierto de tipo pulsador, consta de dos cables, al estar sin activar el freno este interrumpe el paso de señal, al activar el pedal de freno el pulsador cierra el circuito enviando una señal al



módulo de control, el interruptor se encuentra ubicado en la parte inferior izquierda de la estructura.



**Figura 38. Diagrama de conexión interruptor del freno**

### **3.5.6. Placas de control – potencia.**

Para el funcionamiento requerido es fundamental un control de velocidad para los motores, lo que implica una señal de control PWM (proveniente del microcontrolador) la cual deberá ser amplificada por medio de los transistores para la etapa de potencia que activará los motores.

Para la etapa de control se maneja TTL, es decir un nivel de 5 V. Para la etapa de potencia todos los elementos se eligieron tomando en cuenta una corriente máxima de 15 Amperios

### **3.5.7. Dimensionamiento de las placas de control**

El diseño de las placas se lo hizo a través del Software Proteus a una sola capa, en fibra de especificación FR4 y se realizó de forma manual.

FR4 se utilizó por la resistencia ya que otros materiales podrían sufrir daños o mal funcionamiento con la corriente de trabajo.

### **3.5.8. Dimensionamiento de los fusibles**

Es necesario calcular la corriente máxima que consume el elemento a ser protegido por el fusible, para lo cual se debe considerar la Tabla 8.

**Tabla 8**  
**Calculo de corriente y dimisión del fusible.**

EC	P (w)	$\cos\phi$	V (V Ac)	K	In	Valor
13	367.75	0.9	110			In 3.93 A
10				0.25	3.93	Ip 0.98 A

Según la Ecuación 13, se determina que el consumo de corriente es de 3.93 A, mientras tanto que la Ecuación 10 proporciona un valor de 0.98 A, esta corriente es la de seguridad, entonces el amperaje total consumido es de 4.91 A.

El fusible seleccionado en función de los existentes en el mercado es el de tipo uña color rojo, que corresponde al a una capacidad de 10 A.

### 3.5.9. Dimensionamiento de cables de conexión

La selección de los cables es fundamental en este proyecto, ya que al seleccionar los cables inadecuados puede provocar sobrecalentamientos en el circuito, alterando el material aislante por consiguiente provocar cortocircuitos en el sistema.

Para la selección de cables se toma en cuenta varios criterios:

- a. **Tipos de Aislante:** El recubrimiento o aislante cumple dos funciones esenciales recubre el material conductor de los factores externos que pueden dañar el material conductor y permite la conexión agrupada de los cables. Por otra parte, es importante el tipo de recubrimiento ya que de este depende si el cable es flexible - sólido, además juega un papel importante en la temperatura la cual puede soportar el cable para el óptimo funcionamiento.

- b. Nivel de Tensión:** Es la corriente que va a soportar el material conductor, a las palcas no es la misma que suministra a los motores.
- c. Temperatura del Ambiente:** La temperatura del ambiente es la que se encuentra en contacto directo con el material aislante, al incrementarse la temperatura del material conductor, este a su vez aumenta la resistividad.
- d. Distancia de carga.** Se refiere a cuanto cable se utiliza en el circuito y la geometría a la cual es sometido el cable, la resistencia presentada por el cable depende de la longitud del cable, esta longitud se toma en cuenta sin ningún tipo de unión o componente intermedio en el circuito.

Tomando en cuenta los parámetros mencionados anteriormente se opta por seleccionar un cable número 14 de recubrimiento flexible debido a la geometría de la instalación.

### 3.5.10 Selección de los elementos de la placa.

Para el funcionamiento requerido se necesitó una placa la cual consta de tres fases: fase de control, fase intermedia y la fase de potencia.

- a. Para la fase de control.** Se utiliza TTI, es decir un nivel de 5 V, dentro de esta fase se encuentran incluidos varios.



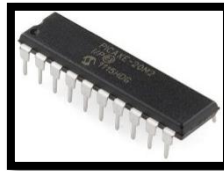
Figura 39. 2N75176BP

EL integrado SN75176BP, permite controlar los motores Dc en tres estados, desde una misma fuente del voltaje.



**Figura 40. Capacitor**

El capacitor seleccionado es de 25 V, 22  $\mu$ F y 5 grados centígrados, este capacitor fue seleccionado por su capacidad de carga y descarga la cual es fundamental por la rapidez con la que trabaja el circuito.



**Figura 41. Microcontrolador**

El microcontrolador es el que controla el resto de los componentes de la fase de control ya que contiene la programación que permite el control de los sensores que conforman el sistema ESP, dicha programación se realizó en BASCOM.



**Figura 42. Resistencias**

Se utilizaron resistencias con diversos valores de resistividad como: 1 k, 3.3 k, 10 k las cuales son requeridas según el diseño del circuito.



**Figura 43. Diodos (Led y Rectificadores)**

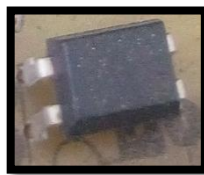
Se ha optado por seleccionar dos tipos de diodos, los diodos led y diodos rectificadores. Los diodos led se utilizan como indicadores de activación y encendido del circuito, mientras que los diodos rectificadores evitan una recirculación de corriente.



**Figura 44. Transistor de potencia baja**

El Transistor (2N3504F24 NPN) de baja potencia para controlar los optoacopladores que sirven de conexión entre el circuito de control con el circuito de potencia.

- b. Fase intermedia.** Esta fase consta prácticamente de un solo componente que es el optoacoplador. Que permite la comunicación entre el circuito de potencia y el circuito de control sin ser necesario la conexión eléctrica entre ambas partes. Se utiliza el Pc 817 por su alimentación inicial que es de 5V.



**Figura 45. Optoacoplador**

- c. Circuito de potencia.** Consta esencialmente de tres componentes, los cuales por medio de las señales PWM proveniente de la fase de control permiten la manipulación de la velocidad de los motores.



**Figura 46. Reles**

Se opta por utilizar este tipo de relés debido a la fuente de alimentación que proporciona 12 V, también se toma en cuenta el consumo de corriente de los motores que es un máximo de 7.5 Am.



**Figura 47. Transistor**

Para la selección del transistor se tomó en cuenta el voltaje de operación y la corriente máxima de trabajo en este modelo el voltaje de operación es de 60 V y 12 Am, lo cual se encuentra dentro del rango de uso para estos motores.



**Figura 48. Diodo de potencia**

Se opta por usar un diodo de potencia ETX1506 para evitar el redireccionamiento de la corriente hacia el transistor.

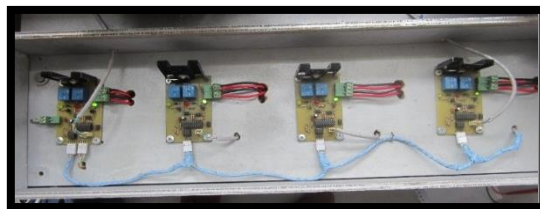
### **3.6. Diseño de Interface**

El diseño de la interfaz se realizó bajo la plataforma de Windows Forms con el programa Visual Basic 6.0, en lenguaje BASIC. La interfaz es una HMI (Interfaz humano - máquina), de software gráfica, de control y monitoreo; porque está desarrollada completamente en una aplicación para PC, es decir la interacción completa es a través del programa y no presenta elementos físicos como paneles con botones, selectores o interruptores.

- Es gráfica porque presenta la información del proceso a través de imágenes (que rueda frena, si hay una falla, las gráficas de PWM, etc.) aunque también hay que mencionar la presencia de información alfanumérica como las velocidades de las ruedas y en tipo de falla.
- De control, porque permite interactuar con el proceso (activar y desactivar fallas y funcionamientos, cambiar la velocidad, etc.)
- De monitoreo, porque presenta la información en tiempo real.

### 3.6.1. Hardware

Se refiere a todos los elementos físicos con los cuales constan las placas de control - potencia. Para la comunicación serial y el método de control se realizó placas individuales para cada rueda, así se controla la velocidad en cada rueda y permite la simulación de pruebas y fallas de acuerdo a la selección que realice el software de control.



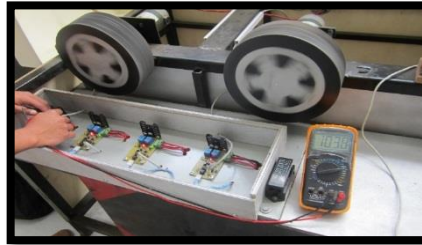
**Figura 49 Placas de control**

La placa número 1 contiene más señales de entrada que las demás placas, ya que esta placa recibe las señales del sensor de ángulo de volante y el interruptor de freno.



**Figura 50 Placa de control numero 1**

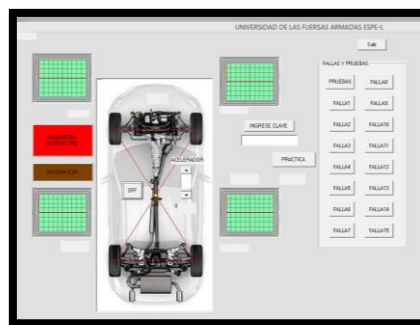
El funcionamiento de las ruedas inicia al activar el banco de pruebas en donde se nota la velocidad de cada rueda en su respectivo osciloscopio, activar las pruebas de funcionamiento o simulación de falla.



**Figura 51** Funcionamiento en las ruedas

### 3.6.2. Software

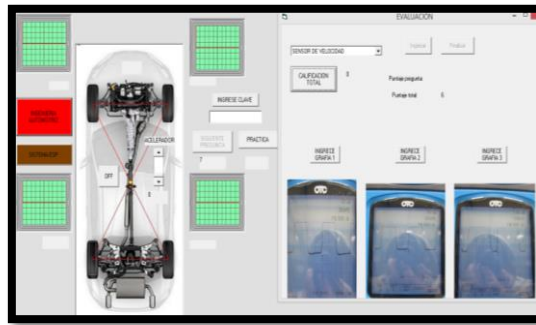
La programación del software se lo hizo en la plataforma de Visual Basic 6.0 ya que es un programa que permite interactuar al usuario con la pc (Interfaz gráfica) de manera directa, en la cual se puede colocar funciones (iconos) para la selección de pruebas y fallas de acuerdo al requerimiento del usuario. Además permite la visualización de valores en tiempo real como son: valores de onda generada por el sensor de velocidad y la velocidad en Km/h.



**Figura 52.** Panel de control principal

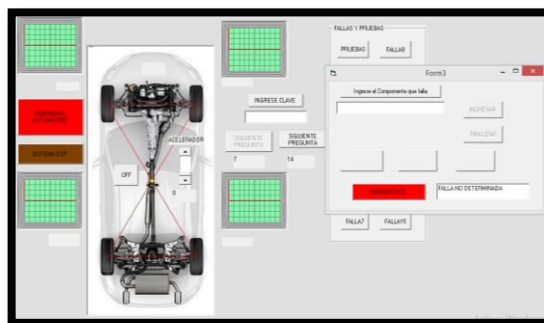
El comando de evaluación se encuentra dentro de la misma interfaz gráfica, a la cual se accede con una contraseña, consta de una programación diferente ya que se desactiva ciertos campos de la programación son deshabilitan con el fin de evaluar la fiabilidad del sistema en condiciones de fallo.





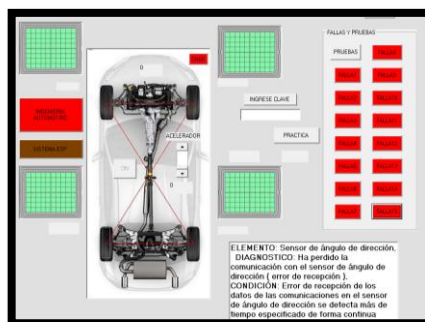
**Figura 53. Panel de control y evaluador**

Dentro de la misma interfaz gráfica existe una segunda pestaña que permite el entrenamiento con respecto a las fallas ocasionadas en el sistema ESP, con la particularidad que en la programación no se presenta una calificación al finalizar el programa.



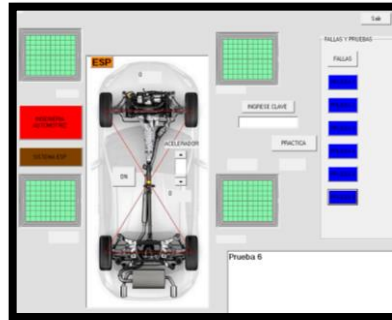
**Figura 54. Panel de control y entrenador**

Dentro de la interfaz gráfica se programa iconos, que permiten la activación de fallas, las cuales bloquean ciertas condiciones de funcionamiento en los sistemas mecánicas y eléctricas. Pero también está en el mismo icono la parte de la desactivación de fallas.



**Figura 55. Panel de control con fallas activadas**

Existe otro apartado dentro de la interfaz gráfica que simula las condiciones de funcionamiento normal del ESP, en la parte interna de la programación consta las condiciones de frenado (bloqueo de las ruedas) con la información enviada por los diferentes sensores que posee este sistema.

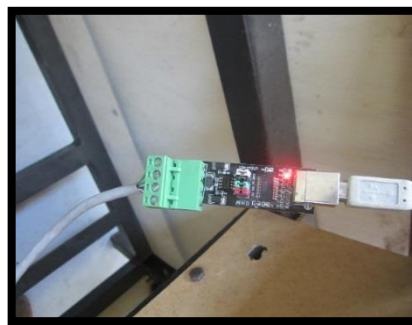


**Figura 56. Panel de control y funcionamientos activados**

### 3.6.3. Método de comunicación

En la comunicación se utiliza una interfaz HMI FT232RL (Interfaz humano-máquina), de software gráfica, de control y monitoreo.

La cual permite realizar la interfaz maestro – esclavo (es decir entre el computador y el banco de pruebas) mediante un cable USB 2.0, se optó por utilizar este modelo de interfaz, debido a que la fase control de las placas funcionan con 5V DC, este módulo brinda esta característica de suministrar corriente a la fase de control de las placas. Además, es compatible con las versiones de Windows.



**Figura 57. Módulo de interfaz FT232RL**

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL BANCO PARA EL SISTEMA DE CONTROL ELECTRONICO DE ESTABILIDAD



**Figura 58 Banco de pruebas para sistema ESP**

El banco de pruebas está constituido por una interfaz gráfica de conexión entre banco – software, sensores de velocidad en cada rueda y un sistema de control electrónico que recibe y procesa las señales de velocidad de las ruedas, la señal de giro del volante de dirección y la señal del pulso de freno, para cada etapa: funcionamiento a condiciones normales, simulación de fallas del sistema y la etapa de evaluación al estudiante.

#### **4.1 Características del banco de pruebas**

**Tabla 9**

**Ficha de operación del banco**

Características de operación
• Alimentación de 110 V AC para energizar el banco
• Voltaje para energizar las placas de 5V
• Voltaje para energizar los motores eléctricos de 12V
• Conector USB para el interfaz de comunicación.
• Conectores para realizar mediciones de valores reales.
Características de funcionamiento
• Interfaz de comunicación banco de pruebas – software de control
• Sensores de velocidad en cada rueda
• Un sensor de ángulo de giro del volante de dirección.
• Un sensor de pulso de freno
• Interfaz gráfica para el módulo de control
• Sistema de evaluación para el usuario.
• Simulación del funcionamiento y fallas del sistema ESP
• Control de velocidad.
Características generales
• Dimensiones: 1.6m de largo x 1m de ancho x 1,4m de alto
• Peso: 92kg

## 4.2 Procedimientos de uso del banco de pruebas

### 4.2.1 Elementos del Software de control

- 1) En la parte central se encontrará un icono de encendido ON - OFF para la comunicación con los sensores de velocidad.
- 2) El mando del acelerador se controla al variar su nivel, y empieza a acelerar a los motores con un tope máximo de 45 grados a una velocidad máxima de 100Km/h, como se muestra en la fig. 71

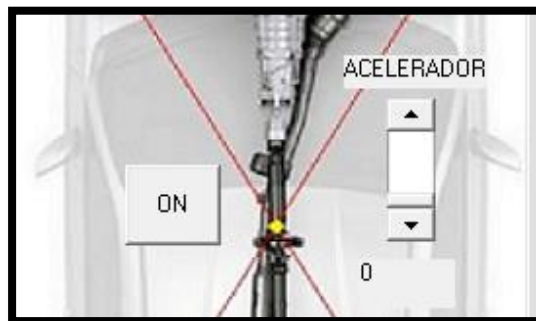


Figura 59 Posición del acelerador

- 3) Consta de una etapa de pruebas donde, en cada una se observa el funcionamiento del banco de pruebas, como se muestra en la fig.72

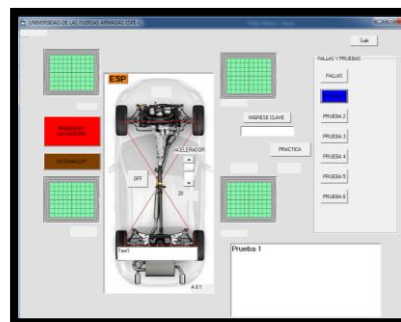


Figura 60 Etapa de pruebas

- 4) La etapa de fallas que presenta el mando de control despliega 15 tipos de fallas que afecta el sistema ESP.

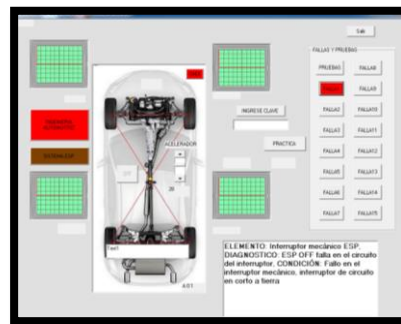


Figura 61 Etapa de fallas

- 5) En el lado superior derecho se encuentra un indicador de fallas, check el cual se activa para indicar la presencia de una falla en el sistema.

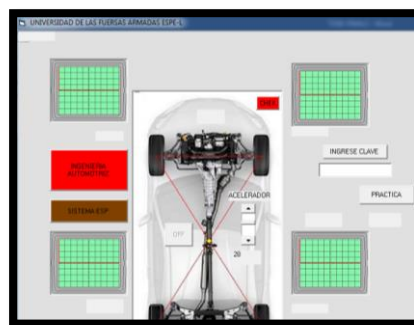


Figura 62 Simulación de fallas(CHECK ENGINE ACTIVO)

- 6) Consta de un cuadro informativo, donde explica el elemento que sufre la falla, su diagnóstico y condiciones de cual sea la falla seleccionada.

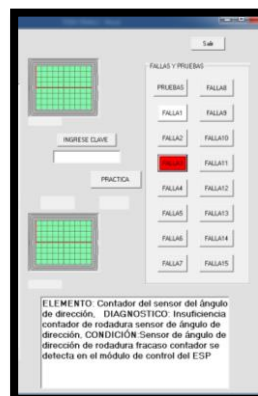
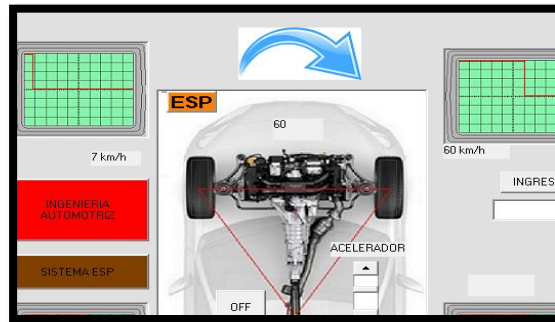


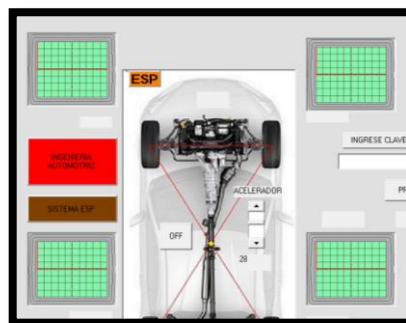
Figura 63 Detalles del diagnóstico de falla

- 7) En la parte superior de la pantalla de control se encuentra un indicador con flechas que muestra hacia qué lado se encuentra el giro el volante de dirección, indicando sus respectivos grados de giro.



**Figura 64 Funcionamiento del volante**

- 8) En los cuatro extremos del vehículo junto a cada rueda se encuentra un osciloscopio, los cuales indican la curva característica de cada sensor de revoluciones, así como también a la velocidad a la que se encuentran las ruedas.



**Figura 65 Osciloscopio en la pantalla de control**

- 9) La etapa de evaluación es de manejo exclusivo del Docente encargado de impartir la asignatura, para evaluar a los estudiantes y obtener una calificación sobre puntos.

#### 4.2.2 Procedimiento de encendido

Se desarrolló el procedimiento del banco de pruebas, en un diagrama de flujos donde se detalla la forma correcta para encender el banco de pruebas, y evitar daños en el circuito electrónico, placas de control y potencia.

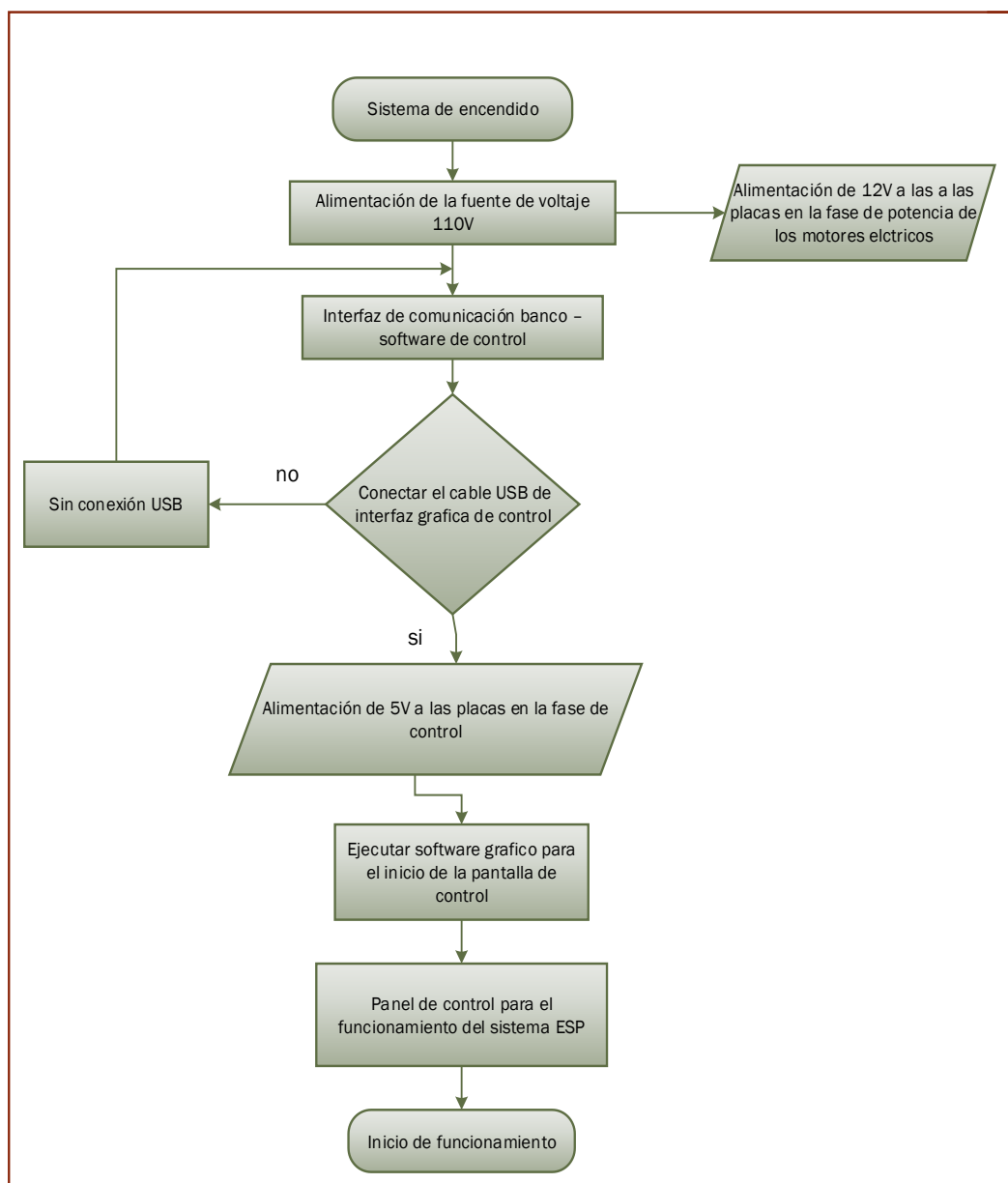


Figura 66 Diagrama de flujo del sistema de encendido

### 4.3 Desarrollo de la Etapa 1 " Pruebas de funcionamiento "

Para desarrollar la etapa 1 es necesario encender el banco de pruebas como se muestra en el diagrama de flujo, fig. 69

En la pantalla de control seleccionar el icono Pruebas donde se desplegará seis ítems de pruebas, para mostrar en cada uno la simulación del funcionamiento del sistema ESP.

**Tabla 10**

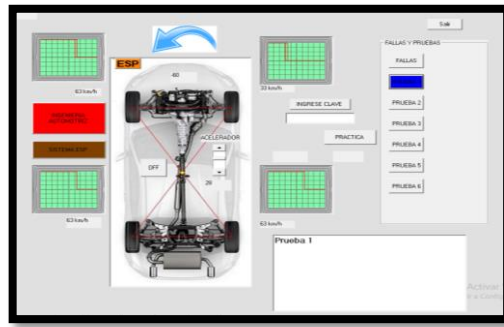
**Descripción Etapa de Pruebas**

Descripción de Etapa de Pruebas	
Prueba 1	Subviraje a la izquierda
Prueba 2	Subviraje a la derecha
Prueba 3	Sobreviraje a la izquierda
Prueba 4	Sobreviraje a la derecha
Prueba 5	Maniobra evasiva ruedas delanteras
Prueba 6	Maniobra evasiva ruedas traseras

#### Operación de la prueba de funcionamiento número 1

- 1) Seleccionar la **Prueba número 1** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Para activar la prueba es necesario girar el volante hacia la izquierda
- 4) A continuación, presionar el freno
- 5) Verificar que esté en funcionamiento el sistema ESP en el banco, observar que se aplica el freno en la rueda delantera derecha por un estimado tiempo lo que se notara en la pantalla de control.





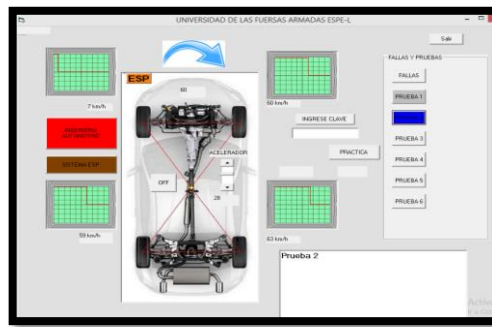
**Figura 67 Prueba numero 1**

**ANALISIS:** Al girar el volante de manera inesperada hacia la izquierda, el módulo de control procesa esta señal para activar el sistema ESP y frenar de manera individual la rueda delantera derecha en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos hasta que el vehículo regrese a su posición inicial obteniendo una óptima estabilidad en el vehículo.

- 6) Desactivar el icono de Prueba 1 para poder continuar a la siguiente prueba
- 7) Antes de activar la siguiente prueba es necesario dejar que se estabilice el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de la prueba de funcionamiento número 2**

- 1) Seleccionar la **Prueba número 2** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Para activar la prueba es necesario girar el volante hacia la derecha
- 4) Presionar el freno
- 5) Verificar que esté en funcionamiento el sistema ESP en el banco, observar que se aplica el freno en la rueda delantera izquierda por un estimado tiempo lo que se notara en la pantalla de control.



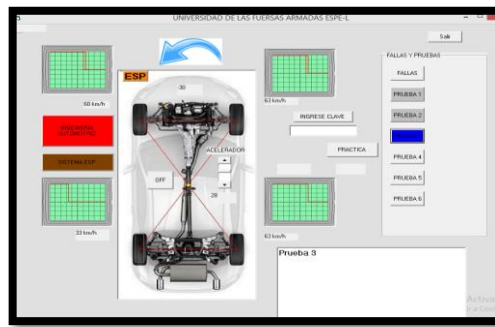
**Figura 68 Prueba numero 2**

**ANALISIS:** Al girar el volante de manera inesperada hacia la derecha, el módulo de control procesa esta señal para activar el sistema ESP y frenar de manera individual la rueda delantera izquierda en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos hasta que el vehículo regrese a su posición inicial obteniendo una óptima estabilidad en el vehículo.

- 6) Desactivar el icono de Prueba 2 para poder continuar a la siguiente prueba
- 7) Antes de activar la siguiente prueba es necesario dejar que se estabilice el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de la prueba de funcionamiento número 3**

- 1) Seleccionar la **Prueba número 3** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Para activar la prueba es necesario girar el volante hacia la izquierda
- 4) Presionar el freno
- 5) Verificar que esté en funcionamiento el sistema ESP en el banco, observar que se aplica el freno en la rueda posterior izquierda por un estimado tiempo lo que se notara en la pantalla de control.



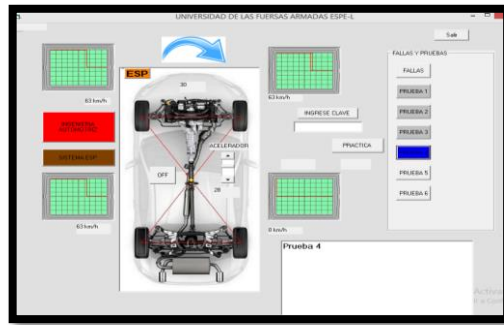
**Figura 69 Prueba numero 3**

**ANALISIS:** Al girar el volante de manera inesperada hacia la izquierda, el módulo de control procesa esta señal para activar el sistema ESP y frenar de manera individual la rueda posterior izquierda en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos hasta que el vehículo regrese a su posición inicial obteniendo una óptima estabilidad en el vehículo.

- 6) Desactivar el icono de Prueba 3 para poder continuar a la siguiente prueba
- 7) Antes de activar la siguiente prueba es necesario dejar que se estabilice el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

#### **Operación de la prueba de funcionamiento número 4**

- 1) Seleccionar la **Prueba número 4** en la pantalla de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Para activar la prueba es necesario girar el volante hacia la derecha
- 4) Presionar el freno
- 5) Verificar que esté en funcionamiento el sistema ESP en el banco, observar que se aplica el freno en la rueda posterior derecha por un estimado tiempo lo que se notara en la pantalla de control.



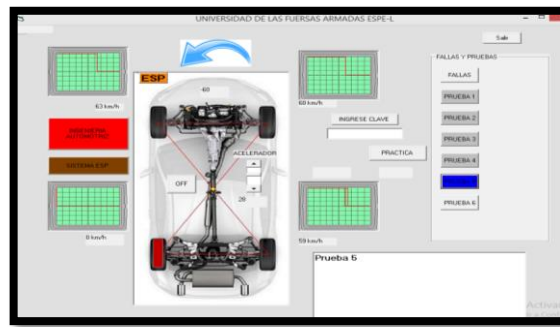
**Figura 70 Prueba numero 4**

**ANALISIS:** Al girar el volante de manera inesperada hacia la derecha, el módulo de control procesa esta señal para activar el sistema ESP y frenar de manera individual la rueda posterior derecha en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos hasta que el vehículo regrese a su posición inicial obteniendo una óptima estabilidad en el vehículo.

- 6) Desactivar el icono de Prueba 4 para poder continuar a la siguiente prueba
- 7) Antes de activar la siguiente prueba es necesario dejar que se estabilice el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

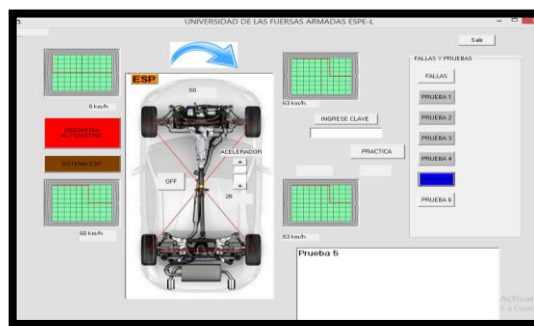
### **Operación de la prueba de funcionamiento número 5**

- 1) Activar la **Prueba número 5** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Esta prueba de funcionamiento tendrá una variación ya que en la misma situación de conducción interviene un doble giro del volante de dirección.
- 4) Girar el volante de dirección hacia la izquierda



**Figura 71 Primera fase prueba numero 5**

- 5) Verificar que se disminuye la velocidad en la rueda posterior izquierda luego se regresa el volante a la posición inicial
- 6) Entonces ahora girar el volante de dirección hacia la derecha, verificar que la velocidad de la rueda delantera Izquierda disminuya comprobándolo en la pantalla de control y visualmente.



**Figura 72 Fase 2 prueba número 5**

**ANALISIS:** En la simulación de esta prueba, existe un doble giro del volante de dirección debido a la maniobra del conductor, girar el volante de manera inesperada hacia la izquierda, para frenar de manera individual la rueda posterior izquierda en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos.

De manera inmediata gira el volante de dirección hacia la derecha para frenar individualmente la rueda delantera izquierda en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos, tomando en cuenta que no existe la intervención del pedal de freno, permitiendo mantener la estabilidad del vehículo.

- 7) Desactivar el icono de Prueba 5 para poder continuar a la siguiente prueba
- 8) Antes de activar la siguiente prueba es necesario dejar que se estabilice el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### Operación de la prueba de funcionamiento número 6

- 1) Activar la **Prueba numero 6** e iniciar el funcionamiento.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Interviene un doble giro del volante de dirección debido a una maniobra brusca por parte del conductor.
- 4) Girar el volante de dirección hacia la derecha
- 5) Verificar que se disminuye la velocidad en la rueda posterior derecha luego se regresa el volante a la posición inicial

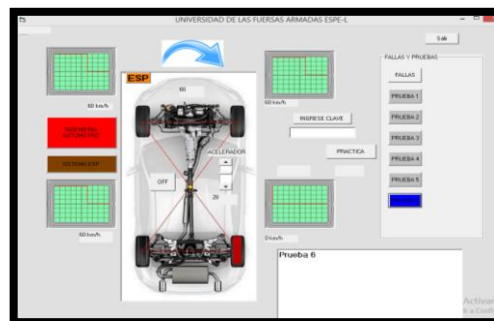
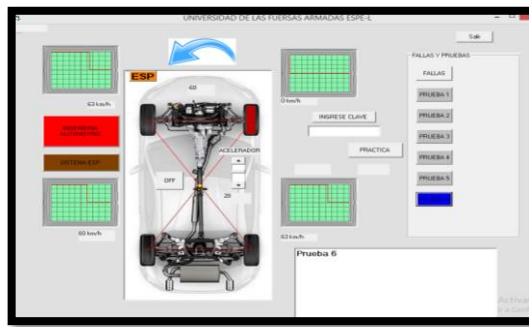


Figura 73 Fase 1 prueba numero 6

- 6) Girar el volante de dirección hacia la izquierda
- 7) Verificar que la velocidad de la rueda delantera derecha disminuya comprobándolo en la pantalla de control y visualmente.



**Figura 74 Fase 2 Prueba numero 6**

**ANALISIS:** En la simulación de esta prueba, existe un doble giro del volante de dirección debido a la maniobra del conductor, girar el volante de manera inesperada hacia la derecha, para frenar de manera individual la rueda posterior derecha en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos. De manera inmediata gira el volante de dirección hacia la izquierda para frenar individualmente la rueda delantera derecha en un 100% por un intervalo de tiempo de 2 segundos, tomando en cuenta que no existe la intervención del pedal de freno, permitiendo mantener la estabilidad del vehículo.

- 8) Desactivar el icono de Prueba número 6 para poder continuar a la siguiente etapa del banco de pruebas ya sea referente a las fallas o a la etapa de evaluación.

#### **4.4 Desarrollo de la Etapa 2 " Simulación de fallas "**

Para iniciar la etapa 2 es necesario encender el banco de pruebas como se muestra en el diagrama de flujo, fig. 69. Y se selecciona en la pantalla de control el icono Fallas donde se desplegará quince ítems de fallas que simula el banco de pruebas.

Tabla 11

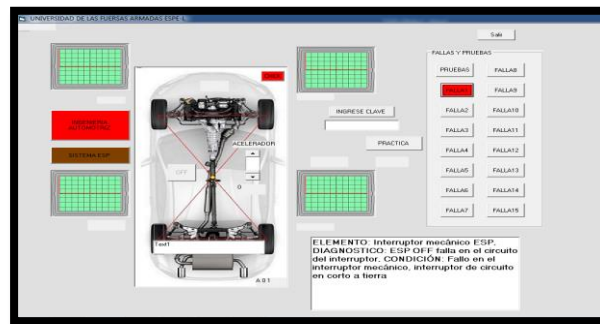
## Descripción de Simulación de Fallas

Descripción de fallas del banco didáctico.	
<b>Falla 1</b>	Interruptor mecánico ESP
<b>Falla 2</b>	Sensor de ángulo de dirección
<b>Falla 3</b>	Contador del sensor de ángulo de dirección
<b>Falla 4</b>	Control del sistema de estabilidad
<b>Falla 5</b>	Circuito interno del sensor de ángulo de dirección
<b>Falla 6</b>	Sensor de ángulo de dirección fuera de rango especificado
<b>Falla 7</b>	Sensor de velocidad en rueda delantera derecha
<b>Falla 8</b>	Sensor de velocidad en rueda delantera izquierda
<b>Falla 9</b>	Sensor de velocidad en rueda posterior derecha
<b>Falla 10</b>	Sensor de velocidad en rueda posterior izquierda
<b>Falla 11</b>	Codificador del sensor de velocidad en la rueda delantera derecha
<b>Falla 12</b>	Codificador del sensor de velocidad en la rueda delantera izquierda
<b>Falla 13</b>	Codificador del sensor de velocidad en la rueda posterior derecha
<b>Falla 14</b>	Codificador del sensor de velocidad en la rueda posterior izquierda.
<b>Falla 15</b>	Perdida de comunicación del sensor de ángulo de dirección

## Operación de simulación de Falla número 1

- 1) Activar la **Falla número 1** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla uno se observar que el interruptor de ON OFF se deshabilita.





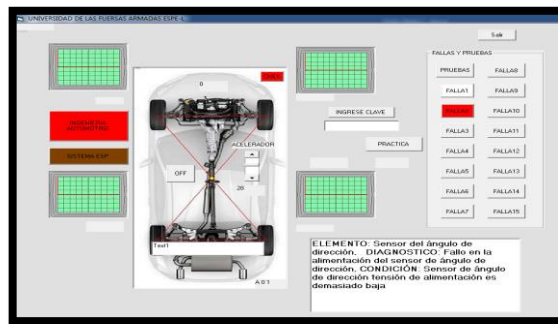
**Figura 75 Diagnostico falla 1**

**ANALISIS:** En la simulación de la Falla 1, el elemento defectuoso es el Interruptor mecánico ESP, se diagnostica un fallo en el circuito del interruptor que se encuentra en corto, por lo que se bloquea el interruptor ON – OFF del banco de pruebas.

- 4) Desactivar el icono de Falla 1 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 2**

- 1) Activar la **Falla número 2** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla dos si se gira el volante no marca el ángulo de giro.



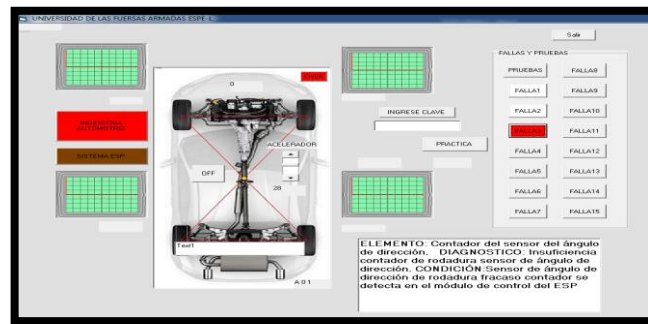
**Figura 76 Falla número 2**

**ANALISIS:** En la Falla 2, el elemento defectuoso es el Sensor de ángulo de dirección, se diagnostica un fallo en la tensión de alimentación del sensor demasiado baja, por lo que no marca el ángulo de giro del volante de dirección y envía una señal errónea al módulo de control.

- 4) Desactivar el icono de Falla 2 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 3**

- 1) Activar la **Falla número 3** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla tres, se gira el volante de dirección en ambas direcciones envía una señal de 45 grados fijos.



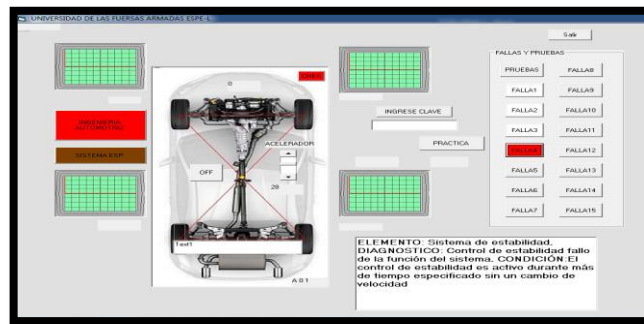
**Figura 77 Falla número 3**

**ANALISIS:** En la Falla 3, el elemento defectuoso es el Contador del sensor de ángulo de dirección, se diagnostica un fallo en tener una insuficiencia del contador de ranura del sensor, por lo que el ángulo de giro del volante de dirección solo envía una señal de giro única de 45 grados en las dos direcciones al módulo de control.

- 4) Desactivar el icono de Falla 3 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

#### **Operación de simulación de Falla número 4**

- 1) Activar la **Falla número 4** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla cuatro, si el volante de dirección gira hacia la izquierda se frena la rueda delantera izquierda.



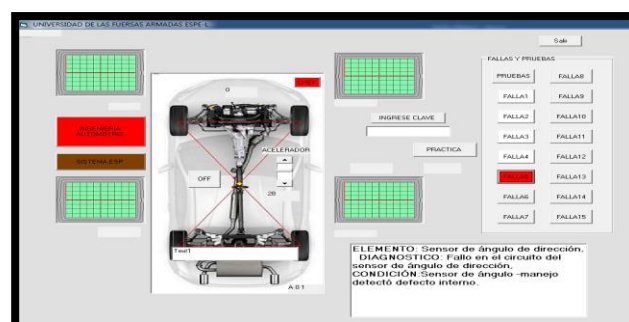
**Figura 78 Falla número 4**

**ANALISIS:** En la Falla 4, el elemento defectuoso es el sistema de estabilidad, se diagnostica un fallo en el sistema ESP al mantener frenada la rueda en un mayor tiempo de lo especificado, por lo que la rueda delantera izquierda se frena durante 4 segundos provocando la perdida de estabilidad del vehículo.

- 4) Desactivar el icono de Falla 4 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### Operación de simulación de Falla número 5

- 1) Activar la **Falla número 5** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Activar la falla cinco, se gira el volante de dirección hacia la derecha y la señal de giro es a la izquierda.



**Figura 79 Falla numero 5**

**ANALISIS:** En la Falla 5, el elemento defectuoso es el Sensor de ángulo de dirección, se diagnostica un fallo en circuito interno de sensor, por lo que al girar el volante de dirección hacia la derecha el sensor envía una señal de giro es a la izquierda que es totalmente errónea.

- 4) Desactivar el icono de Falla 5 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### Operación de simulación de Falla número 6

- 1) Activar la **Falla número 6** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla seis al girar el volante de dirección a cualquiera de los dos lados marca un valor fuera de rango que es de 500 grados.

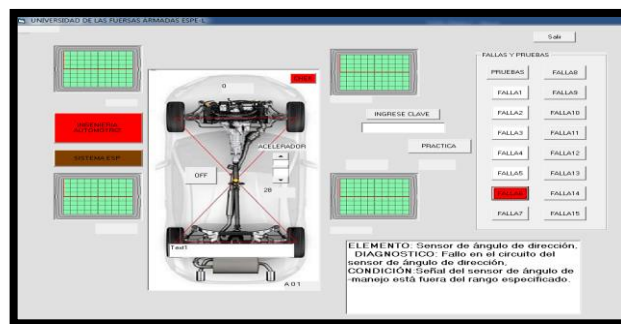


Figura 80 Falla número 6

**ANALISIS:** En la Falla 6, el elemento defectuoso es el Sensor de ángulo de dirección, se diagnostica un fallo en circuito del sensor, por lo que al girar el volante de dirección hacia en ambas direcciones fuera de rango especificado que es de 500 grados.

- 4) Desactivar el icono de Falla 6 para poder continuar a la siguiente Falla

- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### Operación de simulación de Falla número 7

- 1) Activar la **Falla número 7** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla siete, se puede apreciar como la velocidad de la rueda frontal derecha disminuye, pero el ancho de pulso no cambia.

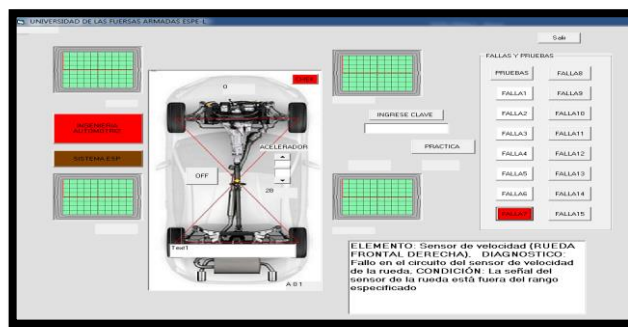


Figura 81 Falla numero 7

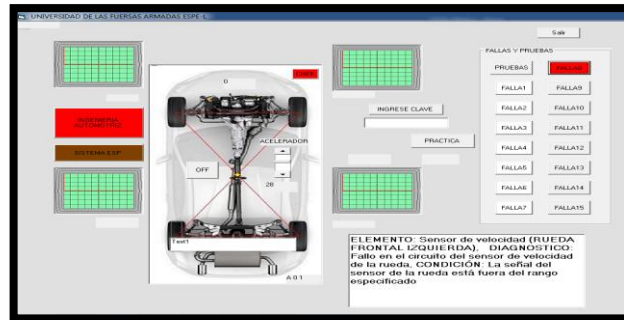
**ANÁLISIS:** En la Falla 7, el elemento defectuoso es el Sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito interno del sensor de velocidad, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda frontal derecha está fuera de rango y su velocidad disminuye en un 10%, referente a la velocidad normal de las demás ruedas.

- 4) Desactivar el icono de Falla 7 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### Operación de simulación de Falla número 8

- 1) Activar la **Falla número 8** en el panel de control.

- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla ocho, se puede apreciar como la velocidad de la rueda frontal izquierda disminuye, pero el ancho de pulso no cambia.



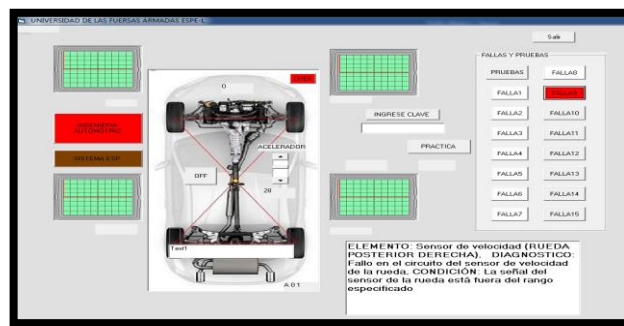
**Figura 82 Falla numero 8**

**ANALISIS:** En la Falla 8, el elemento defectuoso es el Sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito interno del sensor de velocidad, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda frontal izquierda está fuera de rango y su velocidad disminuye en un 10%, referente a la velocidad normal de las demás ruedas.

- 4) Desactivar el icono de Falla 8 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 9**

- 1) Activar la **Falla número 9** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla nueve, se puede apreciar como la velocidad de la rueda posterior derecha disminuye, pero el ancho de pulso no cambia.



**Figura 83 Falla numero 9**

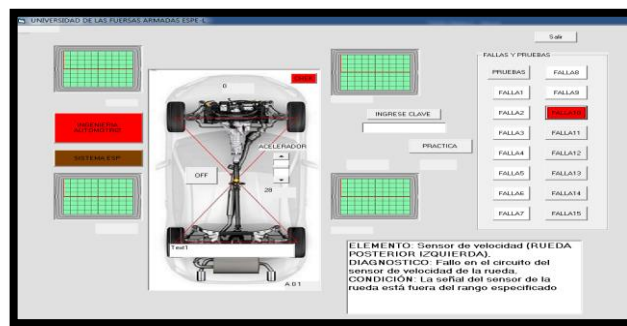
**ANALISIS:** En la Falla 9, el elemento defectuoso es el Sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito interno del sensor de velocidad, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda posterior derecha está fuera de rango y su velocidad disminuye en un 10%, referente a la velocidad normal de las demás ruedas.

- 4) Desactivar el icono de Falla 9 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 10**

- 1) Activar la **Falla número 10** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla diez, se puede apreciar como la velocidad de la rueda posterior izquierda disminuye, pero el ancho de pulso no cambia.





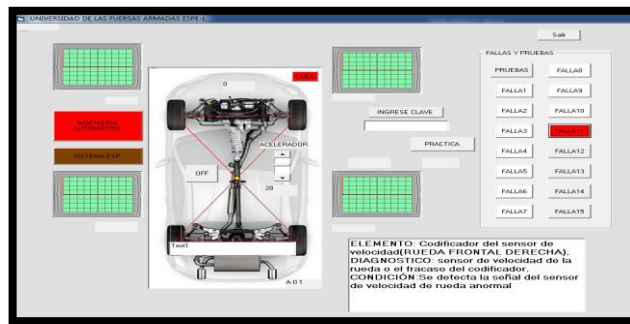
**Figura 84 Falla numero 10**

**ANALISIS:** En la Falla 10, el elemento defectuoso es el Sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito interno del sensor de velocidad, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda posterior izquierda está fuera de rango y su velocidad disminuye en un 10%, referente a la velocidad normal de las demás ruedas.

- 4) Desactivar el icono de Falla 10 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 11**

- 1) Activar la **Falla número 11** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla once, girar el volante a la izquierda y observar que aumenta la velocidad en la rueda frontal derecha.



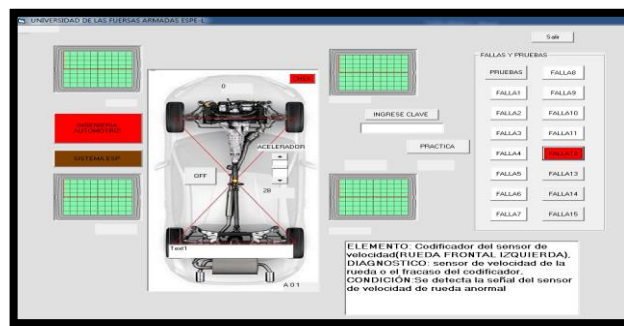
**Figura 85 Falla numero 11**

**ANALISIS:** En la Falla 11, el elemento defectuoso es el Codificador del sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito del codificador del sensor, tomando en cuenta la señal de giro del volante de dirección es hacia la izquierda, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda frontal derecha es anormal y su velocidad aumenta en un 20% con respecto a las condiciones normales de funcionamiento.

- 4) Desactivar el icono de Falla 11 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 12**

- 1) Activar la **Falla número 12** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla doce al girar el volante a la derecha, aumenta la velocidad de la rueda frontal izquierda.



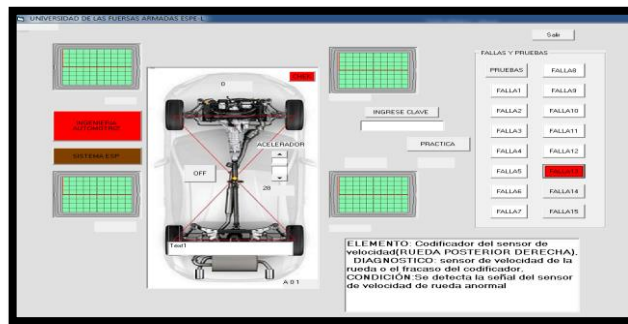
**Figura 86 Falla numero 12**

**ANALISIS:** En la Falla 12, el elemento defectuoso es el Codificador del sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito del codificador del sensor, la señal de giro del volante de dirección es hacia la derecha, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda frontal izquierda es anormal y su velocidad aumenta en un 20% con respecto a las condiciones normales de funcionamiento.

- 4) Desactivar el icono de Falla 12 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 13**

- 1) Activar la **Falla número 13** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla trece se gira el volante a la derecha y aumenta la velocidad de la rueda de la rueda posterior derecha.



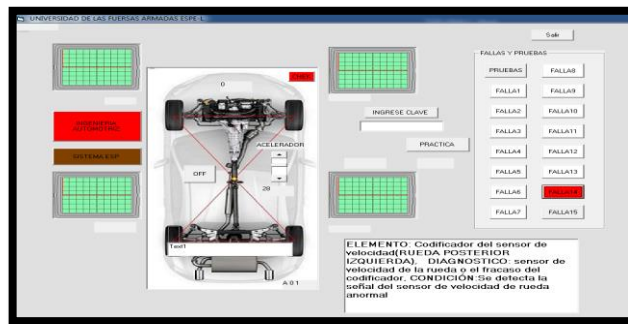
**Figura 87 Falla numero 13**

**ANALISIS:** En la Falla 13, el elemento defectuoso es el Codificador del sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito del codificador del sensor, la señal de giro del volante de dirección es hacia la derecha, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda posterior derecha es anormal y su velocidad aumenta en un 20% con respecto a las condiciones normales de funcionamiento.

- 4) Desactivar el icono de Falla 13 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 14**

- 1) Activar la **Falla número 14** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla catorce se gira el volante a la izquierda y aumenta la velocidad la rueda posterior izquierda.



**Figura 88 Falla numero 14**

**ANALISIS:** En la Falla 14, el elemento defectuoso es el Codificador del sensor de velocidad, se diagnostica un fallo en circuito del codificador del sensor, la señal de giro del volante de dirección es hacia la izquierda, por lo que la señal del sensor de velocidad de la rueda posterior izquierda es anormal y su velocidad aumenta en un 20% con respecto a las condiciones normales de funcionamiento.

- 4) Desactivar el icono de Falla 14 para poder continuar a la siguiente Falla
- 5) Antes de activar la siguiente falla es necesario dejar que se establezca el sistema a sus condiciones normales de funcionamiento.

### **Operación de simulación de Falla número 15**

- 1) Activar la **Falla número 15** en el panel de control.
- 2) Colocar el banco en condiciones normales de funcionamiento: velocidad a 70 KM/H, volante de dirección en posición cero grados.
- 3) Al activar la falla quince, girar el volante de dirección a la izquierda o derecha y marca cero grados en la señal de giro.

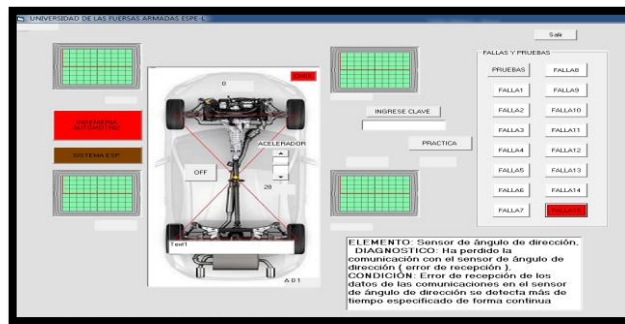


Figura 89 Falla numero 15

**ANALISIS:** En la Falla 15, el elemento defectuoso es el Sensor de ángulo de dirección, se diagnostica un error de recepción de datos de las comunicaciones en el sensor por más del tiempo especificado de forma continua, por lo que la señal del sensor del ángulo de dirección envía cero grados al módulo de control.

- 4) Desactivar el icono de Falla 15 para poder continuar a la siguiente etapa del banco de pruebas el sistema de evaluación.

#### 4.5 Desarrollo de la Etapa 3 " Sistema de evaluación "

La etapa de evaluación, se basa en diagnosticar al usuario del banco de pruebas el nivel aprendizaje sobre el sistema ESP, que obtuvo durante la operación del mismo.

Este sistema puede ser programada únicamente por el docente a cargo del banco de pruebas, ya que es necesario ingresar con una clave de acceso en la pantalla de control para acceder al sistema y esta se dotará al encargado directo.

El sistema de evaluación selecciona cuatro fallas al azar, y las programa en el banco, las cuales el usuario tiene que resolver, responder, realizar el diagnóstico, hacer mediciones e ingresar valores en la pantalla de control y

el software al finalizar la evaluación genera una ponderación sobre 20 puntos.

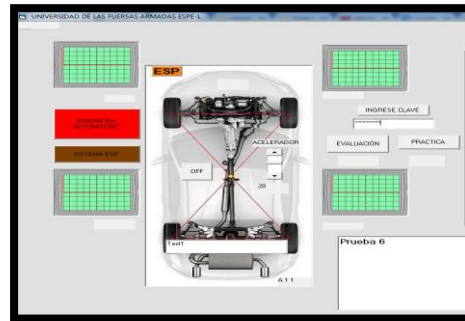


Figura 90 Sistema de evaluación

#### 4.6 Interpretación de fallas en los elementos del banco de pruebas

##### a. Averías en sensores.

- La falla tres corresponde a una avería en sensor de ángulo de dirección, cual presenta un daño en su parte mecánica en contador de rodadura de ángulo de dirección.
- La falla cinco corresponde al sensor de ángulo de dirección, el cual presenta una avería en sus circuitos internos.
- La falla seis corresponde a una avería en el circuito interno del sensor del ángulo de dirección el cual presenta valores fuera del rango especificado.

##### b. Averías en sistema Eléctrico.

- La falla uno es la que indica que existe una avería en sistema eléctrico del interruptor ESP, el mismo que puede ser un circuito en corto o a tierra.
- La falla dos corresponde a una falla eléctrica en la alimentación al sensor de ángulo de giro por lo cual este a su vez no envía señal al módulo ESP, este asume que el volante no se mueve.

##### c. Falla en módulo de control ESP

- La falla cuatro corresponde al módulo de control ESP, el cual tiene una avería interna, que evita que el sistema funcione correctamente.

#### 4.7 Uso de instrumentos de medición

Es necesario utilizar el multímetro automotriz para poder realizar medidas de voltaje y amperaje, de consumo de cada rueda y su placa de control.

**Tabla 12**

**Tabla de valores de voltaje**

VALORES NOMINALES DE VOLTAJE			
	Voltaje de la placa	Voltaje del motor	Velocidad de operación
<b>R1</b>	10.20 - 10.42	4,44 - 4,65	70 Km/h
<b>R2</b>	10.40 - 10.60	6,75 - 6,96	70 Km/h
<b>R3</b>	10.30 - 10.50	4,95 - 5,27	70 Km/h
<b>R4</b>	10.12 - 10.40	4,85 - 5,05	70 Km/h

Dónde:

- R1 rueda posterior derecha
- R2 rueda posterior izquierda
- R3 rueda delantera izquierda
- R4 rueda delantera derecha

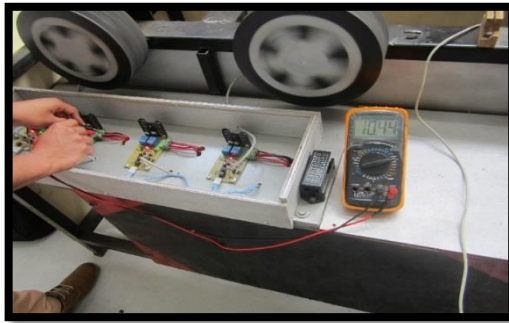
Con el uso del multímetro se realiza la toma de valores de voltaje en cada una de las placas de control, para la rueda posterior izquierda pertenece la placa número 1 y es de 10,37 voltios.



**Figura 91 Voltaje de la placa N.1 de R1**

- Valores de la placa número 2 que pertenece a la rueda posterior derecha es de 10,44 voltios.





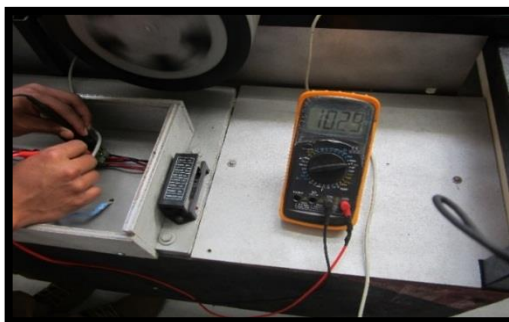
**Figura 92 Voltaje de la placa N.2 de R2**

- Valores de la placa número 3 que pertenece a la rueda delantera izquierda es de 10,37 voltios.



**Figura 93 Voltaje de la placa N.3 de R3**

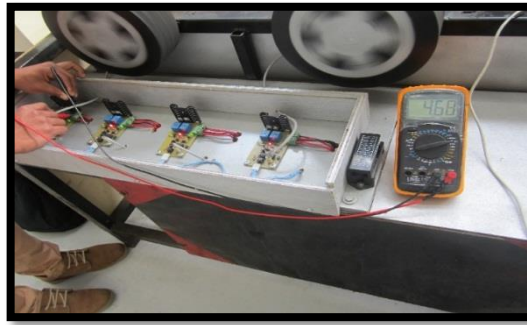
- Valores de la placa número 4 que pertenece a la rueda delantera derecha es de 10,29 voltios.



**Figura 94 Voltaje de la placa N.4 de R4**

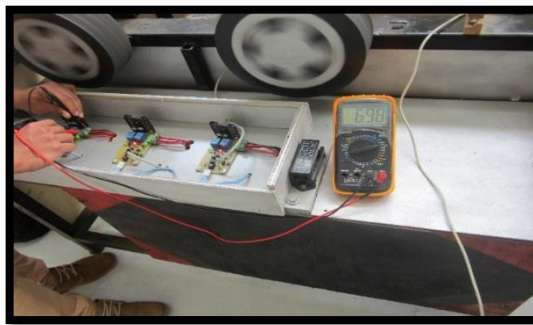
Ahora se procede a realizar la medición del voltaje de las ruedas tomando en cuenta que está al 100% de su funcionamiento.

- Se obtiene para R1 (rueda posterior derecha) un valor de 4,68 voltios.



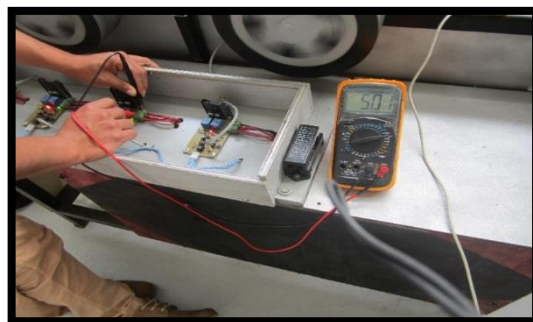
**Figura 95 Voltaje de R1**

- Para R2(rueda posterior izquierda) un valor de 6,98 voltios



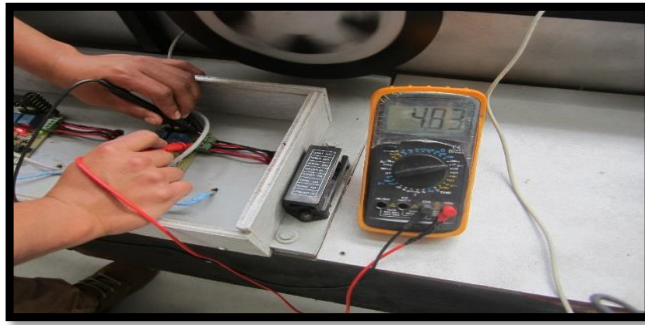
**Figura 96 Voltaje de R2**

- Para R3(rueda delantera izquierda) un valor de 5,01 voltios



**Figura 97 Voltaje de R3**

- Para R4(rueda delantera derecha) un valor de 4,83 voltios



**Figura 98 Voltaje de R4**

Estos valores de voltaje son los que consumen las ruedas y las placas en la máxima velocidad 100KM/H alcanzada por las ruedas.

#### **4.8 Medición de amperaje.**

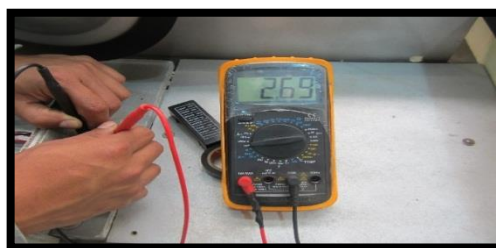
Los valores de amperaje que presenta cada rueda en su máxima velocidad de funcionamiento del banco, permite dimensionar los fusibles de protección del circuito eléctrico.

**Tabla 13**

**Tabla de valor de amperaje**

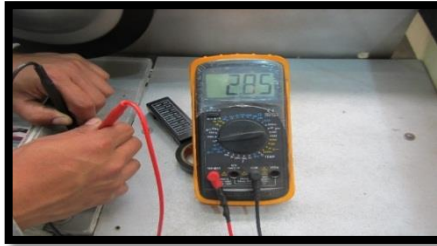
VALORES NOMINALES DE AMPERAJE		
	RPM	AMPERAJE DE LAS RUEDAS
<b>R1</b>	100 KM/h	2,7
<b>R2</b>	100 KM/h	2,93
<b>R3</b>	100 KM/h	6,3
<b>R4</b>	100 KM/h	7,42

- Para R1(rueda posterior derecha) se tiene una corriente de 2,69 amperios.



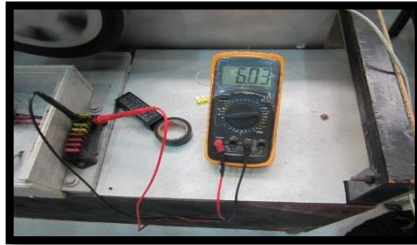
**Figura 99 Amperaje de R1**

- Para R2 (rueda posterior izquierda) tiene un amperaje de 2,9 amperios.



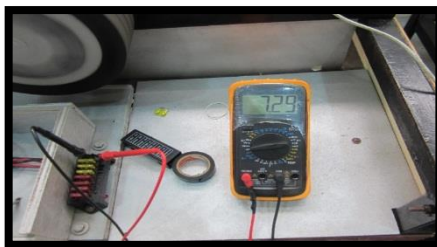
**Figura 100 Amperaje de R2**

Para R3 (rueda delantera izquierda) posee una corriente de 6,3 amperios.



**Figura 101 Amperaje de R3**

Para R4 (rueda delantera derecha) se obtiene una corriente de 7,42 amperios.



**Figura 102 Amperaje de R4**

#### 4.9 Análisis de resultados de la variación de amperaje

**Tabla 14**

##### **Análisis de la variación de amperaje**

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE AMPERAJE.			
Amperaje R1	Amperaje R2	Amperaje R3	Amperaje R4
2,7 A	2,93 A	6,3 A	7,42 A
Se tiene un consumo de 7,42 amperios en R4 (rueda delantera derecha) debido a su mayor resistencia de fricción en dicha rueda.			

#### 4.10 Diagramas de las señales graficas del tiempo de trabajo

Los anchos de pulso que emiten las ruedas de acuerdo a la velocidad, se analiza en el osciloscopio con una escala en milisegundos respecto al voltaje de trabajo.

Para R1(rueda posterior derecha) se toma el diagrama en el osciloscopio con un ancho de pulso de 1,2 ms(milisegundos) vs 8 V(voltios), y una velocidad de funcionamiento normal a 70 KM/H

- **Interpretación:** El tiempo de trabajo en R1 es de 1,2 ms al tener el banco de pruebas en condiciones de funcionamiento normal.

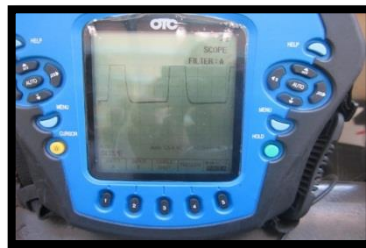


Figura 103 Tiempo de trabajo de R1(rueda posterior derecha)

Para R2(rueda posterior izquierda) se toma el diagrama en el osciloscopio con un ancho de pulso de 2,5 ms(milisegundos) vs 8 V(voltios), y una velocidad de funcionamiento normal a 70 KM/H

- **Interpretación:** El tiempo de trabajo en R2 es de 2,5 ms al tener el banco de pruebas en condiciones de funcionamiento normal.

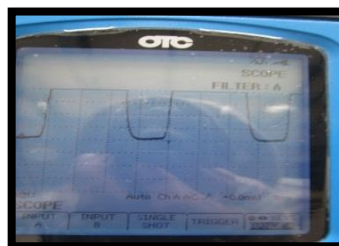
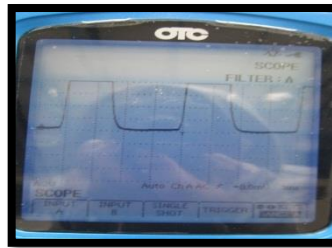


Figura 104 Tiempo de trabajo de R2(rueda posterior izquierda)

Para R3(rueda delantera izquierda) se toma el diagrama en el osciloscopio con un ancho de pulso de 1,6 ms(milisegundos) vs 8 V(voltios), y una velocidad de funcionamiento normal a 70 KM/H

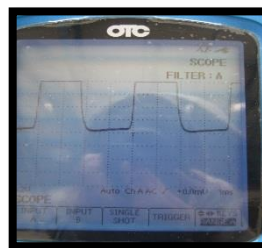
- **Interpretación:** El tiempo de trabajo en R3 es de 1,6 ms al tener el banco de pruebas en condiciones de funcionamiento normal.



**Figura 105 Tiempo de trabajo de R3(rueda delantera izquierda)**

Para R4(rueda delantera derecha) se toma el diagrama en el osciloscopio con un ancho de pulso de 1,9 ms(milisegundos) vs 8 V(voltios), y una velocidad de funcionamiento normal a 70 KM/H

- **Interpretación:** El tiempo de trabajo en R4 es de 1,9 ms al tener el banco de pruebas en condiciones de funcionamiento normal.



**Figura 106 Tiempo de trabajo de R4(rueda delantera derecha)**

#### **4.11 Análisis de resultados en la variación de tiempo de trabajo**

A una velocidad normal de funcionamiento para las cuatro ruedas se toma en consideración una variación en el tiempo de trabajo.

**Tabla 15****Variación del tiempo de trabajo**

---

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO.

Tiempo de trabajo	Tiempo de trabajo	Tiempo de trabajo	Tiempo de trabajo
R1	R2	R3	R4
1,2 ms	2,5 ms	1,6 ms	1,9 ms

R2(rueda posterior izquierda) con 2,5ms presenta el mayor tiempo de trabajo, debido a que esta rueda tiene mayor fricción y resistencia a condiciones normales de funcionamiento.

## CAPÍTULO V RECURSOS

### 5. Marco Administrativo

Para la realización del presente proyecto de graduación en forma sistemática y ordenada se detalla los tipos de recursos utilizados, tanto como son: humanos, tecnológicos y materiales.

#### 5.1. Recursos humanos

Son los colaboradores que intervienen en la realización de este proyecto de graduación.

**Tabla 16**

**Colaboradores del proyecto**

Nombres	Función
Ing. Leónidas Quiroz.	Director del proyecto
Ing. Danilo Zambrano.	Director de la Carrera
Ing. Henry Iza	Oponente
Sr. David Guamán.	Autor del proyecto
Sr. Celso Taípe.	Autor del proyecto

#### 5.2. Recursos tecnológicos

Como elementos necesarios para el análisis y elaboración del proyecto se tiene:

**Tabla 17**

**Recursos tecnológicos**

Núm.	Función
1	Scanner Automotriz
2	Multímetro
3	Computador
4	Interfaz HMI
5	Internet
6	Visual Basic 6.0



### 5.3. Recursos materiales

Se detalla la cantidad de elementos mecánicos y eléctricos que son necesarios para la elaboración del proyecto de graduación.

- Materiales mecánicos

**Tabla 18**

#### Materiales mecánicos

Núm. De elementos	Detalle
4	Rodamientos para ejes
4	Manzanas de ruedas del Grand vitara SZ.
4	Ejes de conexión Motor – rueda.
4	Abrazaderas metálicas
-	Perfiles metálicos
-	Proceso de torno.
4	Placas de acero para el motor
-	Proceso de solda.

- Materiales eléctricos

**Tabla 19**

#### Materiales eléctricos

Núm. De elementos	Detalle
4	Motores eléctricos de 300HP
-	Cableado eléctrico para conexiones
-	Borneras eléctricas
1	Baterías de 12 voltios
-	Fusibles

- Materiales electrónicos

**Tabla 20**

#### Materiales electrónicos

Núm. De elementos	Detalle
4	Placas para cada motor
1	Placa para el control de dirección
1	Placa para control de freno
1	Interfaz USB de comunicación
-	Módulo de control diseñado



## CONCLUSIONES

- El diseño del banco didáctico simula en un 99%, el funcionamiento del sistema ESP con respecto a condiciones reales de un vehículo que posee este sistema.
- Para las pruebas de funcionamiento del banco didáctico, se usan las condiciones reales en carretera, permitiendo visualizar el frenado selectivo de la rueda proporcionando la estabilidad del vehículo.
- La simulación de averías del banco didáctico se basa en el código de diagnóstico de fallas, que se presentan en el sistema ESP de un vehículo real.
- Se utilizó una interfaz HMI, de software, gráfica, control y monitoreo puesto que no presenta elementos físicos como selectores.
- EL sistema de alimentación eléctrica se diseñó para soportar una carga de 110 – 120 V AC – 60 Hz
- Para la programación del software de control se usó la plataforma Visual Basic 6.0, puesto a que permite usar una interfaz COM y comandos de control.

## RECOMENDACIONES

- Investigar las nuevas tecnologías (Sensor de aceleración lateral, Sensor de ángulo de dirección del volante) se emplean en el automóvil, así como el sistema de control de estabilidad ESP.
- Antes del uso del banco de pruebas, leer las instrucciones y guías de utilización para no afectar el funcionamiento o dañar algún circuito electrónico.
- Antes de realizar la practica leer detenidamente la guía de funcionamiento para evitar la obtención de valores erróneos, así como el mal uso del banco de pruebas.
- Para el funcionamiento del banco de pruebas, es necesario que después de cada falla la posición del volante se encuentre en la posición central indicadas en cero grados.
- Al momento de activar un icono de funcionamiento normal del sistema se bloquea (Frenar) una de las 4 ruedas, se debe espera que la llanta bloqueada recupere su velocidad normal para activar otro icono de funcionamiento.
- Para las mediciones el osciloscopio debe estar calibrado en 2 ms para el eje horizontal y 10 V para el eje vertical para la coincidencia de las hondas obtenidas con las ondas de referencia.
- En la evaluación es necesario seleccionar bien el componente ya que no se puede volver a seleccionar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Águeda , E., Navarro, M., & Morales , T. (2012). Sistemas de transmisión de fuerzas y tren de rodaje . En E. Águeda, M. Navarro, & T. Morales, *Ruedas y Neumáticos* (págs. 564-565). Madrid : Paraninfo .
- Alonso, J. (2000). Estabilidad de marcha y seguridad en los vehículos. Madrid: Paraninfo.
- Belena, F. (1999). Programación Avanzada con Microsoft Visual Basic 6.0. Madrid: ISBN.
- Belena, F. (1999). Variables y Procedimientos . En F. Belena, *Programación Avanzada con Microsoft Visual Basic 6.0*. Madrid : ISBN.
- Cascajosa, M. (2005). INGENIERÍA DE VEHÍCULOS. En M. Cascajosa, *Sistemas y Cálculos* (págs. 189-199). México, D.F.: Alfaomega.
- Cascajosa, M. (2005). Sistemas y Cálculos. México, D.F.: Alfaomega.
- Chapman, S. (2012). Máquinas Eléctricas. México, D.F.: McGraWHill.
- Chapman, S. (2012). Motores y Generadores de Corriente Directa. En S. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. México, D.F.: McGraWHill.
- Ding, E. (1999). Sensor.uberwachung f .ur ein ESP-System. 32-42.
- Encalada Milton, R. M. (2012). Implementacion de un tablero de frenos ABS para el laboratorio de la Escuela de Ingenieria Automotriz. *Tablero de freno ABS*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Politécnica de Chimborazo.
- Fannel, H. (1998). ABSplus und ESP—Ein Konzept zur Beherrschung der Fahrdynamik. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift. *ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift*, 302-308.
- Fannel, H., & Ding, E. (2000). A Model-Based Failsafe System for the Continental TEVES Electronic-Stability-Program (ESP). *journal articles*, 15-17.
- Harper, E. (2003). Conceptos Básicos de Protección e Instalaciones Eléctricas Industriales. En E. Harper, *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México, D.F.: LIMUSA.
- Harper, E. (2003). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México, D.F.: LIMUSA.
- Kost, F. (16 de Noviembre de 2004). Principio de la física de marcha. En F. Kost, *Sistema para la estabilización de vehículo* (pág. 17). Germany, Ecuador: Robert Bosch GmbdH.
- Kost, F. (2004). Principios de la física de marcha. En F. Kost, *Sistemas para estabilización del vehículo* (págs. 24-26). Germany: Robert Bosch GmbH.
- Luque , P., Álvares , D., & Vera , C. (2004). Sistemas y Comportamientos Dinámicos. Madrid: Montitexto.
- Mott, R. (1995). TORNILLOS DE POTENCIA, DE CABEZA REDONDA Y AFIANZADORES. En R. Mott, *Diseño de elemntos de Maquinas* (págs. 748-749). México, D.F.
- Orovio, M. (2010). Estabilidad . En M. Orovio, *Tecnología del Automóvil* (pág. 21). Madrid : Paraninfo.
- Orovio, M. (2010). Tecnología del Automóvil. Madrid: Paraninfo.

- Orozco, J. (2012). Cómo funciona los frenos ABS. En J. Orozco, *Frenos ABS*. México, D.F.: México Digital Comunicación.
- Orozco, J. (2012). Frenos ABS. México, D.F.: México Digital Comunicación.
- Parera, A. (2003). Componentes y Funcionamiento del SFA(ABS). Barcelona: Alfaomega Marcombo.
- Post, W., Schmidt, G., Kant, B., & Behrens, H. (2003). Sensores de ángulo del volante de dirección. En W. Post, G. Schmidt, B. Kant, & H. Behrens, *Sistemas de frenado convencionales y electrónicos*. Alemania: Robert Bosch.
- Reze, M., & Osajda, M. (2013). MEMS sensors for automotive vehicle. Germany.
- Tizanado, M. (2000). Aspectos Fundamentales. En M. Tizanado, *Enter Plus Visual Basic 6.0*. Bogotá: Luz m. Rodriguez A.
- Tizanado, M. (2000). Enter Plus Visual Basic 6.0. Bogotá: Luz m. Rodriguez A.
- Wang, G., Zhang, J., Fen, Y., & Zhang, Y. (2012). Estudio sobre el principio de control ESP del vehículo todoterreno ligero. *Physics Procedia*, 834-841.

## LINKOGRAFÍA

- BMW. (10 de ENERO de 2014). *BMW*. Recuperado el 15 de FEBRERO de 2016, de BMW :  
[http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology\\_guide/articles/mm\\_dynamic\\_stability\\_control.html](http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/mm_dynamic_stability_control.html)
- Faires, V. (20 de DICIEMBRE de 1990). CALCULO DE ÁRBOLES Y EJES. En V. M. Faires, *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. MEXICO : UTEHA. Recuperado el 15 de FEBRERO de 2016, de AFICIONADOS A LA MECANICA:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>
- Gooprojet. (20 de Enero de 2016). *BFGoodrich*. Obtenido de BFGoodrich:  
<http://www.bfgoodrich.es/es/consejos/Guia-de-conduccion/Definiciones>
- Porche. (20 de Febrero de 2015). *Porsche Stability Management (PSM)*. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de Porsche Stability Management (PSM):  
<http://www.porsche.com/usa/models/cayman/cayman/safety/porsche-stability-management-psm/>

SUBARO. (20 de AGOTO de 2014). *SUBARO*. Recuperado el 11 de ABRIL de 2016, de SUBARO: <http://www.planetsubaru.com/subaru-vehicle-dynamics-control-vdc.htm>

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores,  
**CRISTIAN DAVID GUAMÁN CONLAGO** y **CELSO WASHINGTON TAPE  
REA**

En la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de diciembre del 2016

Ing. Leónidas Quiroz

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Aprobado por:**

Ing. Danilo Zambrano

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

Dr. Juan Carlos Díaz

**SECRETARIO ACADÉMICO**