

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL
SISTEMA DE FRENOS CON CONTROL ELECTRÓNICO ABS"**

AUTOR: JULIO CÉSAR SUÁREZ GARCÍA.

DIRECTOR: ING. EDWIN PUENTE MOROMENACHO.

GUAYAQUIL, ENERO 2013

CERTIFICACIÓN

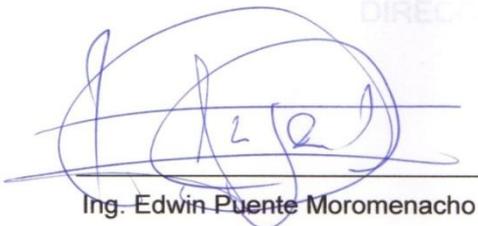
Yo, **Suárez García Julio César**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o certificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamentado y leyes.



Julio César Suárez García

Yo, **Ing. Edwin Puente Moromenacho**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Ing. Edwin Puente Moromenacho

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de graduación a mi difunta madre María Aura García López, quien fue el pilar fundamental en mi vida, quien confió en mí y siempre me brindó su ayuda en todo momento. Contribuyó en mi educación y a ella le debo haber formado la gran persona que soy.

Sé que desde la eternidad me observa y alienta a continuar en este pequeño trayecto de mi vida.

Julio Suárez

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a Dios, por darme la fortaleza para alcanzar mis metas propuestas, a la Universidad Internacional del Ecuador, en especial a mis Profesores de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz que me brindaron su apoyo incondicional y conocimientos para llegar a esta etapa de mi carrera y a todas aquellas personas que contribuyeron en mi desarrollo profesional.

A mi padre Manuel Suárez Meneses, quien estuvo en todo momento brindándome su apoyo y confianza en todos estos años.

A mi tutor del proyecto Ing. Edwin Puente Moromenacho, que con su ayuda y asesoramiento se hizo posible la culminación de mi proyecto de graduación.

Julio Suárez

PRÓLOGO

Este proyecto contribuirá a obtener mayores conocimientos sobre el funcionamiento del sistema de frenos con control electrónico ABS, mediante la realización de pruebas prácticas de mediciones con equipos de comprobación, así como también la verificación del comportamiento del sistema; que ha sido ensamblado en un banco de entrenamiento.

En este documento se muestra el "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS Y ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS Y CONTROL ELECTRÓNICO ABS ", para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil. El cual se ha dividido en cinco capítulos que se detallan a continuación:

- **CAPÍTULO 1**

Se muestran las generalidades y conceptos del sistema de frenos control electrónico ABS; dando a conocer las partes que conforman el banco de pruebas. Además se indican los cálculos y leyes de la física aplicados en el funcionamiento del sistema de frenos.

- **CAPÍTULO 2**

Se describe el diseño que se realizó para obtener la fiabilidad y el buen desempeño del sistema de frenos y control electrónico ABS instalado

en el banco de pruebas, así como también la selección del material de fabricación. Posteriormente se señala la construcción del banco de pruebas y el ensamble de sus partes.

- **CAPÍTULO 3**

Se describe el proceso de construcción y ensamble de las partes que conforman el banco de pruebas.

- **CAPÍTULO 4**

En este capítulo se da a conocer la puesta a punto del sistema de frenos ABS, mencionando el purgado del sistema de frenos mediante la utilización del scanner de diagnóstico. Luego se informa sobre la comprobación del funcionamiento de los sensores principales que conforman el sistema de frenos ABS.

- **CAPÍTULO 5**

Este capítulo se refiere al análisis de resultados obtenidos monitoreando la efectividad del sistema de frenos ABS, mientras éste se encuentre en funcionamiento.

- **CAPÍTULO 6**

Se muestran las Conclusiones y Recomendaciones obtenidas durante la ejecución del proyecto de tesis.

- **ANEXOS**

Se dan a conocer los diagramas eléctricos e hidráulicos que componen el sistema de frenos ABS, el manual de mantenimiento del banco de pruebas y los planos del bastidor del banco de pruebas.

Por esta razón invito a que se conozca el desarrollo de esta tesis, mediante la lectura de los capítulos mencionados anteriormente que detallan la descripción del proceso del diseño, construcción y pruebas de verificación del funcionamiento realizadas al banco de pruebas. Ya que esto logrará que el interesado enriquezca sus conocimientos automotrices.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
PRÓLOGO.....	v
SÍNTESIS	xx
INTRODUCCIÓN	xxi
OBJETIVOS DEL PROYECTO	xxiii
1.1. Sistema de frenos	1
1.2. La energía del movimiento.....	1
1.3. Fuerza de fricción.....	2
1.4. Factores de deslizamiento	2
1.4.1. Deslizamiento negativo	2
1.4.2. Deslizamiento positivo.....	3
1.5. Energía calorífica	3
1.6. Efecto fading	3
1.7. Fluido	4
1.8. Circuito hidráulico.....	5
1.9. Componentes del sistema de frenos hidráulicos	6
1.10. Componentes de activación	6
1.10.1. Pedal de freno.....	6
1.11. Componentes de distribución	7
1.11.1. Cilindro principal.....	7
1.11.2. Conductos del sistema hidráulico	8
1.12. Componentes de frenado	9
1.12.1. Frenos de tambor	9
1.12.2. Frenos de disco.....	10
1.12.3. Cáliper o mordazas	11
1.12.4. Pastillas de freno.....	12
1.13. Ventajas del uso de discos de freno.....	13
1.14. Elementos de fricción	14
1.15. Materiales de fricción	16
1.15.1. Material de fricción de asbesto	16

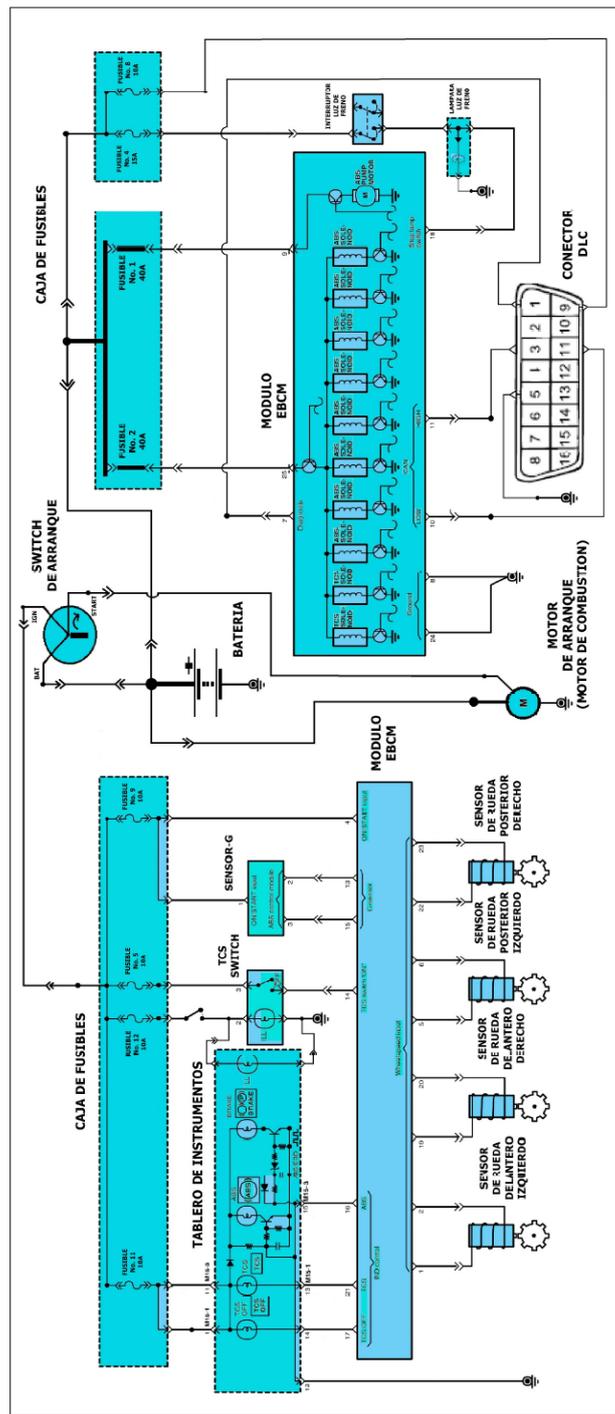
1.15.2. Material de fricción semimetálico.....	17
1.15.3. Material sintético sin asbesto u orgánico sin asbesto	17
1.15.4. Material de fibra de carbono.....	17
1.16. Materiales de fricción del freno en el banco de pruebas.....	18
1.17. Líquido de frenos	18
1.17.1. Propiedades de los líquidos de Freno	20
1.18. Incompresibilidad de los líquidos.....	21
1.19. Ley de Pascal	21
1.20. Ventaja mecánica.....	21
.....	22
1.21. Fundamentos de mando hidráulico	22
1.21.1. Presión y fuerza	22
1.21.2. Transferencia y amplificación de fuerzas.....	23
.....	24
1.21.3. Cálculo de la presión hidráulica.....	24
1.21.4. Cálculo de la distancia de frenado.....	25
1.21.5. Desaceleración de frenado (a)	26
1.21.6. Tiempo de frenado (t)	26
1.21.7. Distancia de frenado (s)	26
1.21.8. Distancia hasta el paro (S total)	26
.....	29
1.22. Palancas de accionamiento manual	29
1.23. Sistema de frenos y control electrónico ABS	30
1.23.1. Estabilidad	31
1.23.2. Dirigibilidad	31
1.23.3. Distancia de parada	31
1.23.4. Funcionamiento.....	31
1.24. Componentes del sistema de frenos ABS	33
1.24.1. Hidrogrupo o unidad hidráulica.....	33
1.24.2. Electroválvulas	34
1.24.3. Conjunto Motor-Bomba	34
1.24.4. Acumulador de baja presión.....	35
1.24.5. Señal del interruptor de luz de freno.....	35

1.24.6. Sensores de rueda	36
1.25. Funcionamiento hidráulico del sistema ABS.....	37
1.25.1. Presión constante	37
1.25.2. Disminución de presión	37
1.25.3. Aumento de presión	38
1.26. Funcionamiento electrónico del sistema ABS.....	39
1.26.1. Unidad de control electrónica ABS (EBCM)	39
1.26.2. Autodiagnóstico.....	41
1.27. Valores de medición del módulo de control ABS (EBCM)	42
1.27.1. Informaciones físicas.....	42
1.27.2. Informaciones calculadas	42
1.28. Función específica de sensores y actuadores	44
1.28.1. Módulo de control del sistema ABS (EBCM)	44
.....	45
1.28.2. Unidad hidráulica (HU)	45
1.28.3. Sensor de velocidad de la rueda	46
.....	46
1.28.4. Rueda fónica.....	46
.....	47
1.28.5. Sensor-G.....	47
1.28.6. Interruptor de la luz de freno	48
.....	48
1.28.7. Luz de advertencia del ABS	48
1.28.8. Sistema EBD.....	49
2.1. Diseño de la estructura del banco de pruebas	50
2.2. Selección de materiales, partes y piezas	50
2.3. Plano 3D	51
2.4. Cálculo de resistencia de la estructura del banco	52
2.4.1. Tensión máxima.....	52
2.4.2. Factor de seguridad	53
.....	53
2.4.3. Resultados	53
2.5. Material de fabricación del bastidor del banco de pruebas.	54

2.5.1. Tubo cuadrado estructural	54
3.1. Corte del tubo cuadrado estructural	56
.....	56
3.2. Soldadura.....	57
3.2.1. Numeración del electrodo	58
3.2.2. Resistencia a la tracción	58
3.2.3. Revestimiento	58
3.3. Ensamble del motor de combustión en el banco de pruebas	58
3.4. Ensamble de diferenciales	60
3.5. Ensamble de las cadenas de transmisión de movimiento	61
3.6. Ensamble del depósito de combustible	63
3.7. Construcción de palancas de accionamiento del frenado.....	64
.....	65
.....	65
3.8. Construcción de la palanca selectora del cambio.....	65
3.9. Ensamble de mordazas de freno.....	66
3.10. Ensamble de sensores de rueda.....	67
3.11. Ensamble y adaptación de ruedas fónicas	68
3.12. Adaptación de ruedas dentadas en los diferenciales.....	69
3.13. Adaptación del mecanismo de pedales	70
3.14. Adaptación del cilindro principal de freno	71
3.15. Adaptación del módulo de control ABS (EBCM).....	72
3.16. Adaptación de los discos de freno.....	73
3.17. Adaptación del tablero de instrumentos e indicadores	74
3.18. Construcción del tablero de control	75
3.19. Modificación del cableado eléctrico	76
3.20. Instalación de manómetros de presión hidráulica.....	77
3.21. Acabado final	78
4.1. Purgado del sistema de frenos con control electrónico ABS	79
4.1.1. Procedimiento de verificación.....	79
4.2. Comprobación gráfica del sensor de velocidad de rueda	89
4.2.1. Especificaciones del sensor de rueda	90
4.2.2. Procedimiento de verificación.....	90

4.3. Comprobación del sensor-G	92
.....	92
4.3.1. Procedimiento de verificación.....	92
5.1. Monitorear la efectividad del sistema de frenos ABS.....	94
5.2. Mediciones reales del sistema (Anti-lock Brake System).....	94
5.3. Posición de instalación.....	95
5.4. Modo de operación	95
5.5. Procesamiento de la señal del sensor de rueda.....	95
5.6. Electroválvula de control	96
5.7. Límites de tensión	96
5.7.1. Sobretensión	96
5.7.2. Baja tensión	96
5.8. Chequeo del motor de la bomba hidráulica	97
5.9. Interfaz de diagnóstico	97
5.10. Luz de advertencia ABS.....	97
.....	98
5.11. Luz de advertencia TCS.....	98
5.12. Interruptor TCS ON/OFF	99
5.13. Interfaz de diagnóstico	99
5.14. Control del sistema ABS	100
5.14.1. Frenado normal sin funcionamiento del ABS.....	100
5.14.2. Frenado normal con funcionamiento del ABS	101
5.15. Función a prueba de fallos	105
5.16. Sistema de control de tracción (TCS).....	105
5.16.1. Características generales del TCS.....	105
6.1. Conclusiones	111
6.2. Recomendaciones	112
Anexo 1. Banco de pruebas del sistema de frenos ABS	115
Anexo 2. Diagrama del sistema hidráulico del módulo ABS	116
Anexo 3. Diagrama eléctrico del sistema de frenos con control electrónico ABS (Fabricante)	117
Anexo 4. Diagrama eléctrico del sistema de frenos con control electrónico ABS en el banco de pruebas	119

Anexo 4. Diagrama eléctrico del sistema de frenos con control electrónico ABS en el banco de pruebas
 FIGURA 80: Diagrama eléctrico banco de pruebas



	FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ	
	DIBUJO: Julio Suarez Garcia	
	DIAGRAMA ELÉCTRICO BANCO DE PRUEBAS	
	ESCALA: 1:1	FECHA: 12/11/12 APROB: Jig.E. PuigIB
SISTEMA DE FRENOS ABS		LAMINA No.: 01

.....	119
Anexo 5. Manual de mantenimiento	120
Anexo 6. Bastidor del banco de pruebas 3D	121
Anexo 7. Bastidor del banco de pruebas 3D (Corte)	122
Anexo 8. Planos del bastidor del banco de pruebas	123
Anexo 9. Hoja de seguimiento de tesis	124

BIBLIOGRAFÍA.....	125
-------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema de frenos hidráulicos	5
FIGURA 2: Cilindro principal de freno	8
FIGURA 3: Cañerías	9
FIGURA 4: Tambor de freno	10
FIGURA 5: Disco de freno.....	11
FIGURA 6: Mordaza de freno.....	12
FIGURA 7: Pastillas de freno	13
FIGURA 8: Ventaja mecánica	22
FIGURA 9: Cálculo fuerza aplicada.....	24
FIGURA 10: Presión hidráulica	29
FIGURA 11: Palancas de accionamiento	30
FIGURA 12: Componentes del sistema de frenos ABS	33
FIGURA 13: Sensor de velocidad de rueda	36
FIGURA 14: Unidad de control EBCM	40
FIGURA 15: Unidad de control hidráulico EBCM	45
FIGURA 16: Sensor de velocidad de rueda	46
FIGURA 17: Rueda fónica.....	47

FIGURA 18: Sensor-G	47
FIGURA 19: Interruptor luz de freno.....	48
FIGURA 20: Luz de advertencia ABS	49
FIGURA 21: Bastidor	51
FIGURA 22: Tensión máxima	52
FIGURA 23: Factor de seguridad	53
FIGURA 24: Tubo cuadrado estructural	56
FIGURA 25: Soldadura	57
FIGURA 26: Motor de combustión	60
FIGURA 27: Diferenciales	61
FIGURA 28: Cadenas eslabonadas	62
FIGURA 29: Depósito de combustible.....	63
FIGURA 30: Palancas de accionamiento	65
FIGURA 31: Palanca de accionamiento del cambio.....	65
FIGURA 32: Mordazas de freno	66
FIGURA 33: Sensor de rueda	67
FIGURA 34: Rueda fónica.....	68
FIGURA 35: Ruedas dentadas.....	69
FIGURA 36: Mecanismos de pedales	70
FIGURA 37: Cilindro principal de freno	71

FIGURA 38: Módulo de control ABS	72
FIGURA 39: Discos de freno	73
FIGURA 40: Tablero de instrumentos	74
FIGURA 41: Tablero de control	75
FIGURA 42: Cableado eléctrico	76
FIGURA 43: Manómetros de presión hidráulica	77
FIGURA 44: Nivel de líquido de frenos.....	79
FIGURA 45: Purgado de frenos	80
FIGURA 46: Interfaz de diagnóstico	81
FIGURA 47: Prueba activa Paso 1	82
FIGURA 48: Prueba activa Paso 2.....	82
FIGURA 49: Prueba activa Paso 3.....	83
FIGURA 50: Prueba activa Paso 4.....	83
FIGURA 51: Prueba activa Paso 5.....	84
FIGURA 52: Prueba activa Paso 6.....	84
FIGURA 53: Prueba activa Paso 7.....	85
FIGURA 54: Prueba activa Paso 8.....	85
FIGURA 55: Prueba activa Paso 9.....	86
FIGURA 56: Prueba activa Paso 10.....	86
FIGURA 57: Prueba activa Paso 11	87

FIGURA 58: Prueba activa Paso 12.....	87
FIGURA 59: Purgado de frenos	88
FIGURA 60: Entrehierro.....	89
FIGURA 61: Verificación sensor de rueda.....	91
FIGURA 62: Señal sensor de rueda.....	91
FIGURA 63: Sensor-G	92
FIGURA 64: Verificación 1 sensor-G.....	93
FIGURA 65: Verificación 2 sensor-G.....	93
FIGURA 66: Tablero de instrumentos	98
FIGURA 67: Interfaz de diagnóstico.....	100
FIGURA 68: Sin sistema ABS	101
FIGURA 69: Modo disminuir	102
FIGURA 70: Modo mantener.....	103
FIGURA 71: Modo incrementar	104
FIGURA 72: Modo normal.....	106
FIGURA 73: Modo aumento.....	108
FIGURA 74: Modo disminuir	109
FIGURA 75: Modo mantener.....	110
FIGURA 76: Banco de pruebas sistema ABS.....	115
FIGURA 77: Diagrama hidráulico ABS	116

FIGURA 78: Diagrama eléctrico 1 ABS	117
FIGURA 79: Diagrama eléctrico 2 ABS	118
FIGURA 80: Diagrama eléctrico banco de pruebas	119
FIGURA 81: Bastidor banco de pruebas 3D.....	121
FIGURA 82: Bastidor banco de pruebas 3D (Corte).....	122
FIGURA 83: Planos bastidor banco de pruebas	123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Comprobación fading	16
TABLA 2: Material de fricción	18
TABLA 3: Propiedades del líquido de frenos	20
TABLA 4: Resultados análisis de esfuerzo.....	53
TABLA 5: Tubo estructural	54
TABLA 6: Motor de combustión	59
TABLA 7: Cadenas de transmisión	62
TABLA 8: Sensor de rueda ABS	90
TABLA 9: Sin sistema ABS	100
TABLA 10: Modo disminuir.....	101
TABLA 11: Modo mantener	102
TABLA 12: Modo incrementar	104
TABLA 13: Modo normal	106

TABLA 14: Modo aumento	107
TABLA 15: Modo disminuir.....	108
TABLA 16: Modo mantener.....	109
TABLA 17: Plan de mantenimiento	120

ÍNDICE DE FÓRMULAS

FÓRMULA 1: Ventaja mecánica	22
FÓRMULA 2: Presión y fuerza	23
FÓRMULA 3: Velocidad inicial	27
FÓRMULA 4: Distancia de frenado	27
FÓRMULA 5: Distancia de frenado 2	27
FÓRMULA 6: Distancia de frenado al paro	27

SÍNTESIS

En este documento presento las consideraciones y actividades desarrolladas para el diseño y construcción de un banco de pruebas del sistema de frenos con control electrónico ABS, para los talleres de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz, en la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil.

La utilización del banco de pruebas es una herramienta fundamental para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz, ya que permite observar físicamente las partes mecánicas y eléctricas, diagramas de los circuitos eléctricos y electrónicos dotados en un sistema de frenos y control electrónico ABS; pudiendo visualizar el funcionamiento y ensamble de diferentes circuitos eléctricos del sistema de control electrónico.

Además, se describen los procesos para operar el banco de pruebas y la realización de diagnósticos en el sistema de frenos con control electrónico ABS, obteniendo un alto nivel de conocimientos para la realización y solución de diagnósticos.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Internacional del Ecuador, con los niveles más altos en excelencia académica a través de la Facultad de Ingeniería Automotriz, forma profesionales capaces de asumir desafíos, cualidades adquiridas a través del aprendizaje, para ello sus profesores instruyen a los estudiantes a ser metódicos, investigativos, responsables, preparados para trabajar de forma autónoma y en equipo; lo que nos permite diferenciarnos del resto de Universidades en el país.

Para llevar a cabo el propósito del “Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas y Entrenamiento del Sistema de Frenos y Control Electrónico ABS “, debí ser ético e investigativo con la finalidad de complementar el conocimiento académico dentro de la universidad; por lo cual estoy seguro que este proyecto fomentará el desarrollo de actividades en el aprendizaje diario de un estudiante la cual es muy importante en su formación profesional.

Por esto decidí construir un banco de pruebas y entrenamiento que permitirá observar físicamente las partes mecánicas, hidráulicas, eléctricas, electrónicas, diagramas de los circuitos eléctricos y electrónicos dotados en un sistema de frenos y control electrónico ABS; pudiendo visualizar su funcionamiento y realizar prácticas de medición de los diferentes circuitos eléctricos del sistema de control electrónico ABS.

Además de contar con seis manómetros de presión hidráulica, los cuales ayudarán a conocer en tiempo real las presiones hidráulicas de trabajo del

sistema de frenos durante la aplicación del frenado y también verificar la presión hidráulica en el sistema, cuando el sistema de frenos con control electrónico ABS, entre en funcionamiento.

Luego de realizar una investigación se pudo observar la necesidad de la implementación de un banco de pruebas y entrenamiento mencionado anteriormente a beneficio de los estudiantes con el fin de que su conocimiento práctico-teórico sea muy provechoso y puedan alcanzar sus metas propuestas en la vida profesional.

Se trabajó en un sistema de frenos con control electrónico ABS con las características detalladas para el desarrollo de este proyecto. También el mencionado proyecto se utilizará para las clases de enseñanza que imparten los docentes de la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil.

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron en cuenta los manuales del fabricante del vehículo para obtener los datos y comprobarlos en el banco de pruebas y entrenamiento realizado; así como para la construcción me basé en teoremas y leyes establecidas tanto en la física y en la estática para la construcción de estructuras, también en el conocimiento adquirido en la Universidad Internacional del Ecuador para el diseño y la implementación del banco de pruebas.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

1. Objetivo general

Se construyó un banco de pruebas y entrenamiento de sistema de frenos y control electrónico ABS que contribuirá en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el desarrollo de nuevos profesionales en la parte Técnica (Teórico – Práctico) en el campo automotriz.

2. Objetivos específicos

- a) Se investigó conceptos y definiciones del funcionamiento del sistema de frenos hidráulicos con control electrónico ABS; así como también las partes que lo conforman.
- b) Se realizó el diseño del banco de pruebas para obtener datos reales acerca de su fiabilidad y buen desempeño durante el funcionamiento del sistema de frenos ABS. Además de la selección del material más idóneo para su construcción.
- c) Se construyó el banco de pruebas en base al diseño y materiales seleccionados, también realizando el ensamble de sus componentes de acuerdo a las dimensiones establecidas en el diseño.
- d) Se realizaron pruebas en las cuales se demostró las condiciones del rendimiento del sistema de frenos con control electrónico ABS al entrar en funcionamiento dicho sistema.

e) Se diagnosticó mediante equipos de comprobación (scanner automotriz), los fallos y mal funcionamiento del sistema de frenos y control electrónico ABS. También se comprobó los diferentes estados generados en el sistema de frenos con control electrónico ABS.

f) Se diseñó diagramas de circuitos eléctricos e hidráulicos modificados de acuerdo a las necesidades requeridas para el funcionamiento del banco de pruebas. Adicionalmente se agregó el plan de mantenimiento requerido en el banco de pruebas y el diseño del bastidor.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DEL SISTEMA DE FRENOS ABS

1.1. Sistema de frenos

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

El freno es el dispositivo que detiene el movimiento del banco de pruebas. Detienen el giro del disco de freno mediante dispositivos de frenado, ya sea de tambor o disco de freno.

El funcionamiento del sistema de frenos se basa en conceptos teóricos como la energía cinética, la fuerza de fricción, el impulso y la inercia, la energía calorífica; que se relacionan entre sí. (Cfr., p.7).

1.2. La energía del movimiento.

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Esta energía cinética o de movimiento, está relacionada directamente con el movimiento de los discos en el banco de pruebas. Se genera a través del impulso proporcionado por el motor. En el momento de frenar, esta energía se transforma en energía calorífica. (Cfr., p.7).

1.3. Fuerza de fricción

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

La fuerza de fricción, que es la resistencia al movimiento que se genera entre una superficie sobre otra, establece que "la proporción de resistencia ejercida para detener el movimiento de un cuerpo". Se utiliza para contrarrestar la energía cinética que se convierte en calorífica. Cuando es aplicada la fuerza de fricción, la energía cinética se convierte en calorífica en el sistema de frenos del banco de pruebas, esta fuerza se representa entre los dispositivos de fricción. (Cfr., p.7).

1.4. Factores de deslizamiento

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

El deslizamiento de uno o más discos del banco de pruebas, pueden ser ocasionados por una insuficiente tracción entre cada uno de ellos.

1.4.1. Deslizamiento negativo

Este efecto se manifiesta cuando, en el intento de interrumpir el movimiento de un cuerpo mediante la acción de una fuerza externa, este se desliza o patina sobre la superficie de rodamiento. En el banco de pruebas con los discos de freno en movimiento si de repente se aplican los frenos, los discos

dejan de girar; pero debido a la inercia y la energía cinética que se adquirió durante su movimiento, existirá un patinaje.

1.4.2. Deslizamiento positivo

Este efecto se manifiesta en cuerpos en reposo, a los que se somete a movimiento rotativo y se les transmite una súbita aceleración. El deslizamiento positivo se presenta en el banco de pruebas cuando se encuentra estático y enseguida el operador acelera a fondo, los discos de freno patinan debido a la pérdida de adherencia sobre el mismo. (Cfr., p.8).

1.5. Energía calorífica

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Cuando al movimiento (energía cinética) se le aplica una fuerza de fricción, se transforma en energía calorífica. Esta se transmite de los cuerpos más calientes a los más fríos, hasta que alcanzan un estado de equilibrio y termina la transmisión de energía. Esto sucede con los componentes de frenado.

El calor que se genera es tan intenso, que en el diseño original de los discos de freno del banco de pruebas requieren entradas de aire como perforaciones para permitir su ventilación y enfriamiento. (Cfr., p.8).

1.6. Efecto fading

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

La característica principal del sistema de frenos, consiste en transformar la energía cinética en calorífica, y en hacerlo de manera más rápida posible. Esto causa altas temperaturas que incluso superan el rango de 600 °C. La temperatura tiene efectos secundarios y ocasiona el efecto fading, que significa “desvanecimiento”.

Cuando se frena en una situación límite de eficacia, fácilmente pueden encontrarse con que el calor acumulado no tiene tiempo de ser cedido al aire y a las piezas próximas. Y si de inmediato se produce una nueva frenada al límite, otra a continuación y otra sucesivamente, el calor acumulado origina una pérdida de capacidad de frenado que exige una mayor fuerza hacia el pedal. Si se insiste en esta situación, llegara un momento en que el material de fricción de las pastillas de freno se cristaliza debido a la alta temperatura. A partir de ese momento, los frenos quedaran prácticamente inutilizados.

Desde el punto de vista del fabricante, la mejor manera de que no exista este fenómenos utilizar frenos capaces de disipar calor lo más rápido posible. Por esto los frenos de disco son mucho más efectivos que los de tambor, puesto que están en contacto directo con el aire, que ayuda inmediatamente a disipar el calor que acumulan. (Cfr., p.9).

1.7. Fluido

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Los fluidos tienen la capacidad de tomar la forma del recipiente que los contiene. Debido a la forma en que reaccionan cuando se les aplica una fuerza; desplazándose en todas direcciones, es decir se expanden si no existe un recipiente solido que los contenga. (Cfr., p.10).

1.8. Circuito hidráulico

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

En el caso de los sistemas de frenos, se utiliza un circuito hidráulico a través del cual se desplaza un fluido líquido. Un circuito es una estructura integrada por diversos componentes interconectados mediante un conducto o cañería, a través del cual fluye un líquido. (Cfr., p.10).

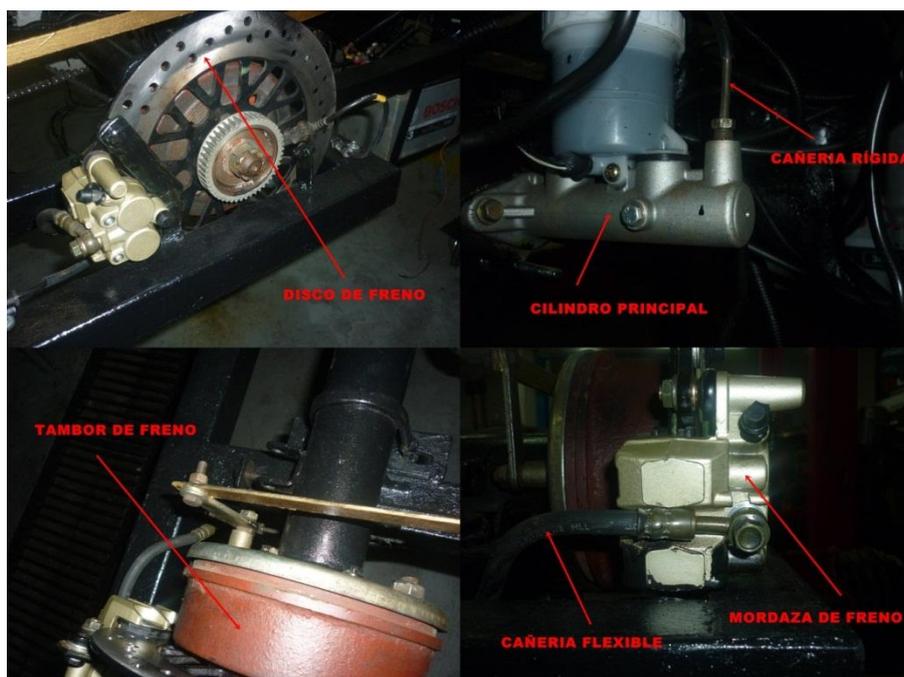


FIGURA 1: Sistema de frenos hidráulicos

FUENTE: Julio Suárez

1.9. Componentes del sistema de frenos hidráulicos

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Los componentes del sistema de frenos hidráulicos se los clasifica en tres categorías, según la función que realizan en el sistema de frenos. (Cfr., p.14).

1.10. Componentes de activación

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Por medio de ellos se inicia el funcionamiento del sistema y se controla la fuerza de frenado. En un sistema de frenos, los componentes de activación son el conjunto del pedal de freno y el líquido hidráulico utilizado por el sistema.

1.10.1. Pedal de freno

Forma parte del conjunto de pedales del banco de pruebas , en donde se sitúan tres pedales de accionamiento individual (freno, acelerador y embrague) que permiten operar el banco de pruebas.

El pedal de freno es solo el principio del proceso de detención del vehículo; se trata de una pieza metálica que transmite al sistema hidráulico la fuerza ejercida por el conductor amplificándola mediante una ventaja mecánica. (Cfr., p.15).

1.11. Componentes de distribución

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Los componentes de distribución, como su nombre lo indica, son aquellos que transmiten la fuerza del conductor hacia las mordazas que frenan los discos de freno.

1.11.1. Cilindro principal

El cilindro principal es aquel que suministra la presión hidráulica y transforma el trabajo mecánico en presión hidráulica. Se trata de una estructura sólida, que incorpora un depósito el cual sirve para almacenar el fluido hidráulico; internamente posee un cilindro por el cual se desliza un pistón, el cual sella los contornos con o-rings de elastómero (caucho). El movimiento de este pistón se debe al empuje que se da al pedal de freno, y a la acción de un resorte interno, que lo impulsa para regresarlo.

El movimiento del pistón dentro del cilindro principal genera una fuerza hidráulica, la cual por medio de cañerías y mangueras flexibles, es conducida hacia las mordazas de freno. El cilindro principal posee dos circuitos, y dos líneas de salida; una transmite la fuerza del fluido hacia los discos traseros, y la otra hacia los discos delanteros.



FIGURA 2: Cilindro principal de freno

FUENTE: Julio Suárez

1.11.2. Conductos del sistema hidráulico

Transmiten la presión generada por el cilindro maestro hacia las mordazas de freno. Son cañerías rígidas y metálicas, pero con secciones flexibles que están situadas en el bastidor del banco de pruebas hasta los elementos receptores de presión.

Las mangueras flexibles de los conductos del sistema hidráulico absorben las oscilaciones de las mordazas durante el funcionamiento del banco de pruebas. (Cfr., p.23).

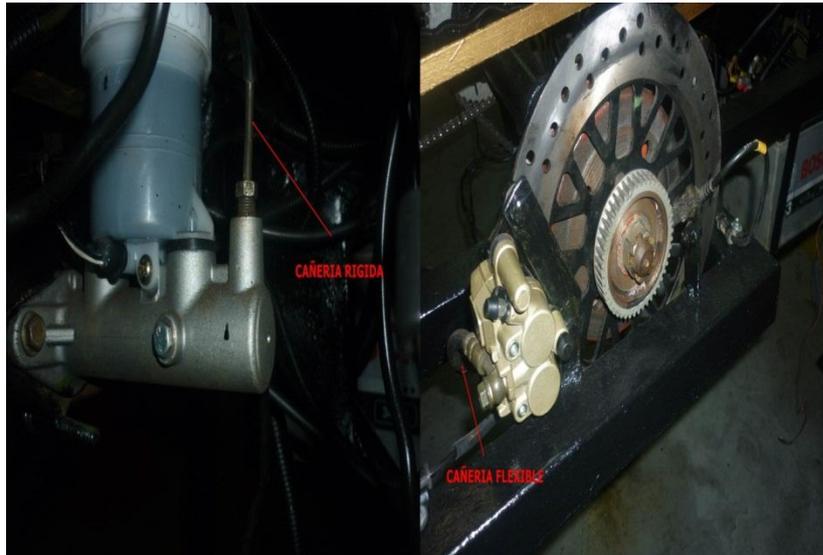


FIGURA 3: Cañerías

FUENTE: Julio Suárez

1.12. Componentes de frenado

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Son los que reducen o detienen el movimiento de los discos en el banco de pruebas.

1.12.1. Frenos de tambor

Proporcionan una superficie de fricción, para convertir la energía cinética en energía calorífica mediante los conjuntos de zapatas de freno. Su misión es oponerse al giro de cada rueda, por medio de la fuerza ejercida desde las palancas de accionamiento de frenado manual.

Los dispositivos de este sistema se ubican dentro de un componente que posee la forma de un tambor y que gira junto con el eje de los diferenciales. El en

interior del tambor se encuentran las zapatas de freno, mismas que al accionar las palancas de frenado manual son presionadas contra la superficie interior del tambor y generan la presión suficiente para detener los discos.

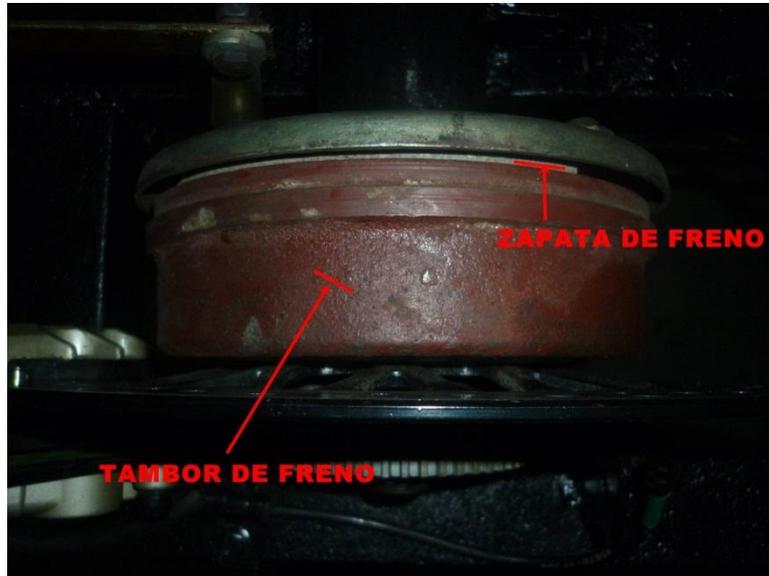


FIGURA 4: Tambor de freno

FUENTE: Julio Suárez

Las zapatas están montadas en un plato de anclaje; y para que esto no gire, se encuentra sujeto a la funda de los diferenciales. En el plato de anclaje existe un ajustador de freno, cuando las zapatas de freno se desgastan, hay que regularlas para mantener la máxima fuerza de frenado.

1.12.2. Frenos de disco

Los frenos de disco son mucho más fiables que los de tambor, debido a su simplicidad mecánica; tienen menos piezas, su ajuste es más sencillo y disipan mejor el calor.

Se componen de un disco montado sobre el extremo del eje del diferencial y una mordaza colocada en la parte externa con pastillas de fricción en su interior. Así al aplicar los frenos, las pastillas presionan ambas caras del disco a causa de la presión ejercida por los pistones deslizantes situados en el interior de la mordaza que posee dos pistones, uno por cada cara del disco.

El disco proporciona una superficie de fricción, para que la energía cinética sea convertida en calorífica por medio del rozamiento con las pastillas de freno. Y de este modo se opone al giro de cada disco y lo detiene.



FIGURA 5: Disco de freno

FUENTE: Julio Suárez

1.12.3. Cáliper o mordazas

Es el soporte de las pastillas y los pistones de freno. Los pistones empujan a las pastillas para que hagan contacto con el disco, las mordazas y las pastillas se desplazan con la presión aplicada en ambos lados del disco para lograr el frenado.

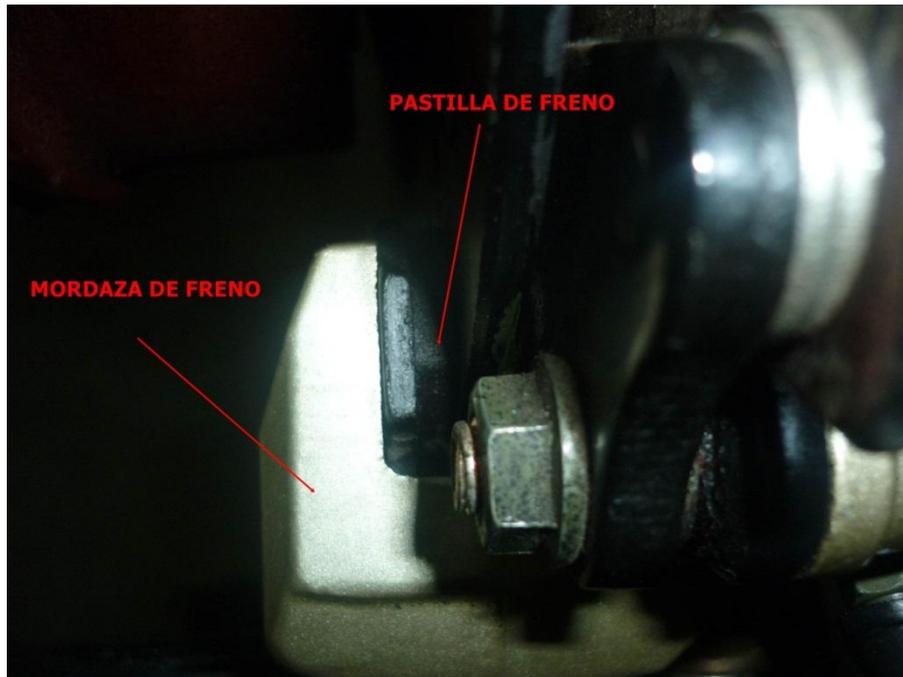


FIGURA 6: Mordaza de freno

FUENTE: Julio Suárez

1.12.4. Pastillas de freno

Son aquellas que generan fricción, se comprimen contra los discos. Están compuestas por material de fricción. Se encuentran alojadas en la parte interior de las mordazas.

La presión hidráulica empuja las dos pastillas de freno contra el disco, para cuando este oprimido por ellas se reduzca o anule su movimiento. (Cfr., p.33).



FIGURA 7: Pastillas de freno

FUENTE: Julio Suárez

1.13. Ventajas del uso de discos de freno

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

Las principales ventajas son:

- Poseer mayor eficiencia en el frenado, aun funcionando a alta temperatura.
- Reducción en la distancia entre las pastillas de frenos y la superficie de rozamiento. Aunque se calienten los componentes, no disminuirá la fuerza que la mordaza o caliper ejerce sobre las pastillas para oprimirlas contra el disco. De este modo, la eficacia y la seguridad no disminuye cuando los componentes operan a temperaturas elevadas.

- El montaje de sus componentes es sencillo. Esto permite reducir el número de piezas, facilita el mantenimiento y disminuye los tiempos de reparación y ajuste.
- Al tener menor número de componentes, se disminuye el peso y se mejora la relación peso-potencia del banco de pruebas.
- El disco de freno se encuentra siempre en contacto con el aire, lo cual disipa el calor y evita las altas temperaturas durante su funcionamiento.
(Cfr., p.30).

1.14. Elementos de fricción

Los materiales de fricción, que están compuestas las pastillas y zapatas de freno poseen una mezcla de materiales como el aglutinante, resina de fraguado térmico, fibras de refuerzo, que son las que proporcionan cohesión y modifican el coeficiente de fricción que se requiera. El material de fricción utilizado, deberá cumplir los siguientes requerimientos:

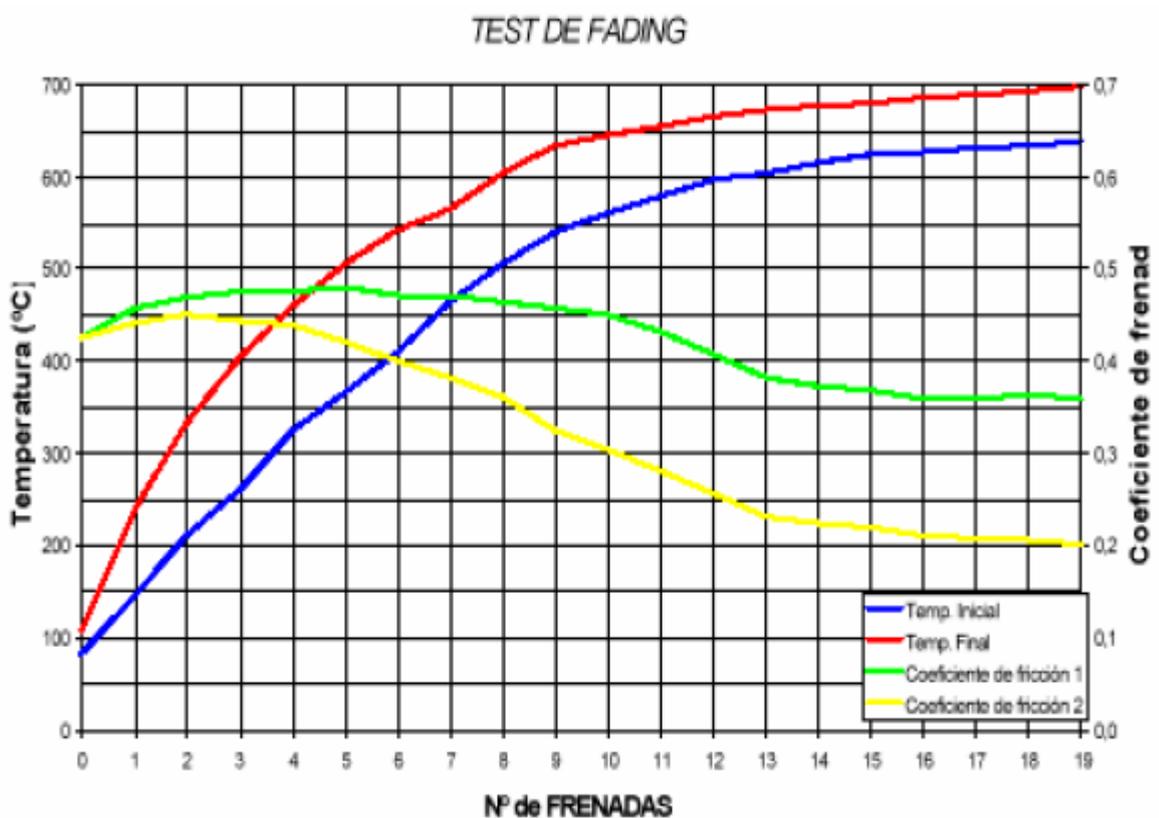
- Seguridad
- Durabilidad
- No emitir ruido al frenar

El material de fricción debe garantizar resistencia mecánica y resistencia a la temperatura. La resistencia mecánica es determinada por el factor de fricción, si este disminuye, el comportamiento de los frenos cambia, debido a la temperatura y la humedad. La fricción húmeda es la variación en el coeficiente de fricción de un material al estar húmedo.

El material de fricción debe poseer buena capacidad de absorción de calor. La alta temperatura alcanzada en los discos y pastillas de freno o “fading” es la pérdida de eficacia en el frenado por el incremento de la temperatura. Los materiales de fricción presentan diversos valores de coeficiente de fricción a diferentes temperaturas. Si el coeficiente disminuye demasiado rápido, cuando la temperatura del sistema es mayor al límite que presenta el material de fricción, se producirá el fenómeno “fading”; por lo que el coeficiente de fricción caerá y la eficacia del frenado disminuirá debido a que el material de fricción tenderá a comprimirse.

También el material de fricción debe tener la capacidad de impedir que las vibraciones ocasionadas entre la pastilla y el disco de freno sean “absorbidas”, para evitar que se produzca el ruido. (Cfr. Recuperado de <http://dobac.com/capac/Sistema%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf>. 19Nov.2012).

TABLA 1: Comprobación fading



AUTOR: Recuperado de <http://dobac.com/capac/Sistema%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf>. 19Nov.2012).

1.15. Materiales de fricción

En cualquier sistema de frenos los materiales de fricción se pueden clasificar como:

1.15.1. Material de fricción de asbesto

Este material está compuesto por crisotilio de asbesto el cual proporciona fortaleza, flexibilidad, resistencia al calor en las pastillas y zapatas de freno, así como buenas propiedades de fricción y desgaste. Este material dejó de usarse

debido al desprendimiento de partículas tóxicas producto de la fricción; que pueden ocasionar cáncer pulmonar.

1.15.2. Material de fricción semimetálico

Está compuesto por resina fenólica, grafito o carbón, fibra de acero, polvo de cerámica, polvos de acero, cobre o latón y hule. Para la utilización de este material, se requiere que el disco de freno posea un acabado muy liso debido a que este material se amolda a la superficie del disco de freno o tambor como ocurre con el asbesto.

1.15.3. Material sintético sin asbesto u orgánico sin asbesto

Para su fabricación se utiliza como material base de fibras de aramida o kevlar. Son más silenciosas y no causan tanto desgaste de los discos de freno como las semimetálicas.

1.15.4. Material de fibra de carbono

Se fabrica con fibras de carbono reforzado con incrustaciones de carbono. Presenta un coeficiente de fricción constante en frío o en caliente, presenta bajas tasas de desgaste y muy baja generación de ruido. (Cfr. Recuperado de <http://dobac.com/capac/Sistema%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf>.19 Nov.2012).

1.16. Materiales de fricción del freno en el banco de pruebas.

El material de fricción de las pastillas y zapatas de freno, que se utilizó en el banco de pruebas fue de formulación; sintético sin asbesto u orgánico sin asbesto.

Se escogió este tipo de material por sus propiedades de alto coeficiente de fricción y resistencia a altas temperaturas; diseñadas especialmente para vehículos livianos. (Cfr. Recuperado de <http://dobac.com/capac/Sistemas%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf>. 19Nov.2012).

TABLA 2: Material de fricción

MATERIAL DE FRICCIÓN PASTILLAS Y ZAPATAS DE FRENO	
MATERIAL	
Sintético sin asbesto	
TIPO	
Formulación Orgánica	
COEFICIENTE DE FRICCIÓN	
EN FRIO	EN CALIENTE
0.45-0.35 μ	0.45-0.35 μ
USO	
Vehículos Livianos	

AUTOR: Julio Suárez

1.17. Líquido de frenos

© 2009 México Digital Comunicación., Ecatepec en "Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS", menciona que:

El líquido de frenos transmite la presión a los componentes de frenado. Cada vez que es accionado el freno, se libera mucha energía calorífica; en casos extremos puede ocasionar que la temperatura en los puntos críticos llegue a 500 °C. El líquido debe absorber parte de este calor, sin llegar a su punto de ebullición; de lo contrario pasara a estado gaseoso y formara burbujas que afectan la efectividad del sistema de frenado.

El líquido de frenos es relativamente higroscópico, es decir con relativa facilidad tiende a absorber humedad. Cuando esto sucede la temperatura de ebullición y la efectividad del líquido de frenos se reducen drásticamente.

Propiedades o funciones que debe cumplir el líquido de frenos:

- Impedir la oxidación y formación de lodos.
- Reducir la formación de espuma.
- Resistir el fuego.
- Ser compatible con los cauchos de estanqueidad

Mantener un índice de viscosidad estable a un rango de temperatura amplio. (*Cfr.*, p. 16)

Nota: No se recomienda la mezcla de los líquidos de frenos DOT3 y DOT4 ya que esto puede generar una reacción química que podría ocasionar daños en los cauchos de los cilindros de freno del sistema.

1.17.1. Propiedades de los líquidos de Freno

Características

- Elevada temperatura de ebullición
- Alta viscosidad

Ventajas

- No producir vapores de agua
- Presión constante del pedal

Aplicaciones

- DOT 3: Para vehículos de años anteriores.
- DOT 4: Para vehículos modernos.
- DOT 5: Para vehículos de alto desempeño

TABLA 3: Propiedades del líquido de frenos

LÍQUIDO DE FRENO	PUNTO DE EBULLICIÓN SECO (°C)	PUNTO DE EBULLICIÓN HÚMEDO (°C)	VISCOSIDAD 40°C (cst)	VISCOSIDAD 100°C (cst)
DOT 3	230	145	1200	1.9
DOT 4	250	170	1200	2.4
DOT 5	270	190	850	2.2

AUTOR: Cfr. Recuperado de
<http://catalogosboschecuador.com/pdf/tecnova/LiquidofrenosBosch.pdf>.
19Nov.2012.

1.18. Incompresibilidad de los líquidos

Significa que los líquidos, aunque sean sometidos a presión no es posible reducir su volumen.

1.19. Ley de Pascal

Blaise Pascal (1623–1662) sostenía que, "La presión ejercida por un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido".

La aplicación de esta ley junto con la propiedad de incompresibilidad de los líquidos es la base para el funcionamiento del sistema de frenos hidráulicos.

1.20. Ventaja mecánica

La Fundación Wikimedia (2012) señala que: "La palanca es una máquina simple que tiene como función transmitir una fuerza y un desplazamiento. Está compuesta por una barra rígida que puede girar libremente alrededor de un punto de apoyo".

En el sistema de frenos hidráulicos se hace necesario amplificar y transmitir la fuerza de la aplicación de freno efectuada por el operador del banco de pruebas.

Para que esta fuerza sea multiplicada en forma mecánica, se utiliza el método de la palanca. Esta palanca la conforma el pedal de freno, este pedal se divide en tres secciones:

- SM = Sección Mayor
- Sm = Sección Menor
- Sección de apoyo (Eje de apoyo del pedal de freno)
- Fa = Fuerza Aplicada
- Fr = Fuerza Resultante

$$Fr = \frac{SM}{Sm} \times Fa$$

FÓRMULA 1: Ventaja mecánica

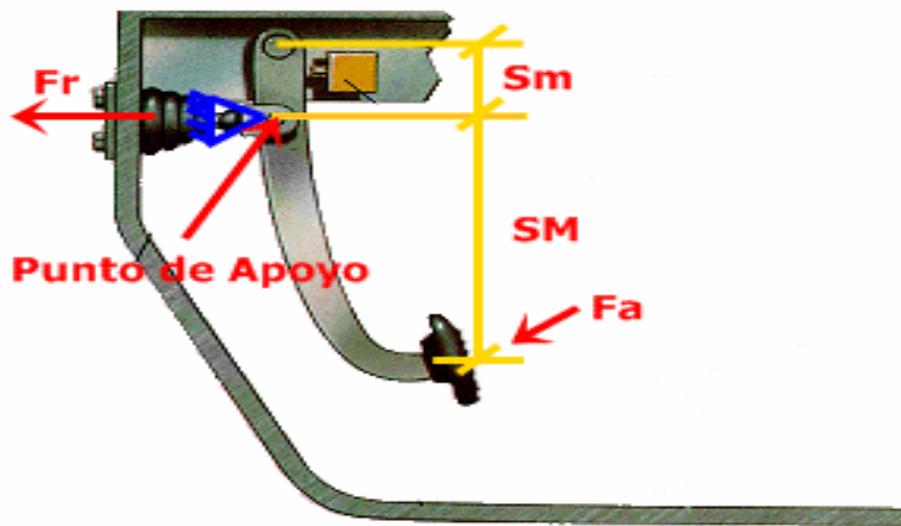


FIGURA 8: Ventaja mecánica

FUENTE: Cfr. Recuperado de http://2.bp.blogspot.com/-Pv2gSGk_JBs/TV7g6Ou5RZI/AAAAAAAAAAS4/LCYjZkjJQvI/s320/pedal.gif.
19Nov.2012

1.21. Fundamentos de mando hidráulico

1.21.1. Presión y fuerza

Una ventaja importante de un sistema hidráulico cerrado, es que la presión es igual en todos los puntos del sistema.

La cantidad de fuerza aplicada a un área específica, significa presión. Dada esta información y aplicada en una fórmula resulta que la “Presión aplicada por el Área es igual a fuerza aplicada” Blaise Pascal (1623–1662).

$$F = P \times A$$

FÓRMULA 2: Presión y fuerza

La aplicación de este principio es fundamental para el funcionamiento correcto del sistema de frenos.

1.21.2. Transferencia y amplificación de fuerzas

Cálculo de la fuerza aplicada por el pedal de freno:

Notaciones

- F_a = Fuerza sobre el pedal de freno.
- F_r = Fuerza resultante hacia el cilindro principal.
- SM = Sección Mayor.
- Sm = Sección menor.
- P = Presión en el sistema hidráulico.
- A_{cp} = Área del cilindro principal de freno.
- F_f = Fuerza final de la mordaza sobre el disco.
- F_{fr} = Fuerza final resultante, mordaza de dos cilindros.
- A_{cm} = Área del cilindro de la mordaza de freno.

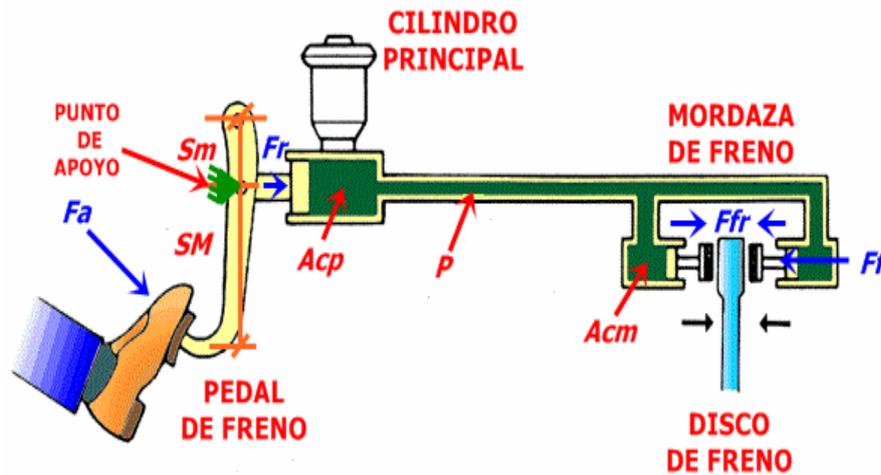


FIGURA 9: Cálculo fuerza aplicada

FUENTE: Cfr. Recuperado de <http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/49/freno-hidraulico.GIF>. 19Nov.2012

1.21.3. Cálculo de la presión hidráulica

Al presionar el pedal de freno se ejerce una presión sobre el fluido hidráulico, el cual transmite a los receptores la presión para luego transformarla en movimiento mecánico. Es este desplazamiento mecánico el que hace rozar sobre los discos a las pastillas de freno, produciéndose la fricción necesaria para desacelerar los discos de freno en el banco de pruebas. El rozamiento ocasionado produce calor, que luego las perforaciones en los discos se encargan de disipar el calor. Se calculó la presión hidráulica en el sistema de frenos, para encontrar la fuerza resultante ejercida sobre la pastilla de freno para lograr el frenado del disco de freno.

Diámetro cilindro principal $\phi = 2,6\text{cm}$

Diámetro cilindro de mordaza $\phi = 2,5\text{cm}$

$$Fr = \frac{SM}{Sm} x Fa$$

$$Fr = \frac{32cm}{5cm} x 50 Kg$$

$$Fr = 520 Kg$$

$$P = \frac{Fr}{Acp}$$

$$Acp = 5,309 cm^2$$

$$P = 97,95 Kg cm^2$$

$$P = 1390,01 Psi$$

$$Ff = P \times Acm$$

$$Acm = 4,901 cm^2$$

$$Ff = 480,93 Kgf$$

$$Ff = 1060,27 lbf$$

$$Ffr = 961,87 Kgf$$

$$Ffr = 2120,54 lbf$$

1.21.4. Cálculo de la distancia de frenado

© 1987 EDITORIAL REVERTÉ, S.A., Barcelona en "Matemática aplicada para la técnica del automóvil", menciona que:

En todo movimiento de un vehículo existe una distancia de frenado o parada que posee los siguientes estados:

1.21.5. Desaceleración de frenado (a)

Es la reducción de la velocidad por unidad de tiempo por efecto de aplicación del freno.

1.21.6. Tiempo de frenado (t)

Es el intervalo (t) de tiempo durante el cual se encuentran los frenos en funcionamiento.

1.21.7. Distancia de frenado (s)

Es el lapso durante el tiempo de frenado que todavía los discos de freno giran una distancia determinada. Esta distancia (s) se denomina distancia de frenado.

1.21.8. Distancia hasta el paro (S total)

Desde que se requiere realizar el frenado, hasta que se para por completo, el banco de pruebas recorre una distancia superior a la del frenado, por dos circunstancias:

- El tiempo que tarda en reaccionar el operador para realizar el frenado en fracción de segundos, que se denomina tiempo de reacción.
- El tiempo de reacción de los frenos desde que se aplican hasta que ejercen toda su acción.

Durante este tiempo (acción y reacción), los discos de freno siguen girando con velocidad inicial. Es por esto que la distancia hasta el paro es mayor que la distancia del frenado.

Notaciones

- S_{total} = Distancia hasta el paro [m]
- s = Distancia de frenado [m]
- S_1 = Distancia recorrida durante la acción y reacción [m]
- V_0 = Velocidad inicial [m seg]
- t = Tiempo de frenado [seg]
- t_1 = Tiempo de acción y reacción [seg]
- a = Desaceleración de frenado [m seg²]

Nota: La aceleración y desaceleración se calculan del mismo modo. Se tomó en consideración para la realización de los cálculos, la desaceleración dada por el fabricante.

$$V_0 = t \times a$$

FÓRMULA 3: Velocidad inicial

$$s = \frac{V_0 \times t}{2}$$

FÓRMULA 4: Distancia de frenado

$$s = \frac{V_0^2}{2a}$$

FÓRMULA 5: Distancia de frenado 2

$$S_{total} = s + V_0 \times t_1$$

FÓRMULA 6: Distancia de frenado al paro

Cálculo de la distancia de frenado

En la siguiente ecuación se calculó la distancia de frenado del banco de pruebas a una velocidad de 40 km/h, con una desaceleración de $a = 20 \text{ m seg}^2$.

$$s = \frac{Vo^2}{2a}$$

$$Vo = 11,11 \text{ m seg}$$

$$s = \frac{(11,11 \text{ m seg})^2}{40 \text{ m seg}^2}$$

$$s = 3,085 \text{ m}$$

En la siguiente ecuación se calculó la desaceleración que se requiere en los discos del banco de pruebas para quedar detenidos al frenar desde una velocidad de 50 Km/h, con una distancia de frenado de 3.085 m. (Crf.,p. 201)

$$Vo = 13,89 \text{ m seg}$$

$$s = 3,085 \text{ m}$$

$$a = \frac{Vo^2}{2s}$$

$$a = \frac{(13,89 \text{ m/seg})^2}{2 (3,085)}$$

$$a = 31,26 \text{ m seg}^2$$



FIGURA 10: Presión hidráulica

FUENTE: Julio Suárez

1.22. Palancas de accionamiento manual

La función de las palancas de frenado, es la de accionar el eje pivote para desplazar las zapatas de freno hasta que estas tengan contacto con el tambor y por efectos de la fricción se logre realizar el frenado por accionamiento manual.

Es una palanca que se encuentra al alcance del operador del banco de pruebas; la palanca va unida por una lámina de acero al eje pivote de accionamiento. Al accionar la palanca el eje desplaza las zapatas ocasionando el frenado.



FIGURA 11: Palancas de accionamiento

FUENTE: Julio Suárez

1.23. Sistema de frenos y control electrónico ABS

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

El sistema ABS es un dispositivo que evita el bloqueo de las ruedas al frenar. Un sensor electrónico de revoluciones, instalado en la rueda, detecta en cada instante el frenado si un disco de freno en el banco de pruebas está a punto de bloquearse. Envía una orden que reduce la presión de frenado sobre esa rueda y evita el bloqueo. El ABS mejora notablemente la seguridad dinámica, ya que reduce la posibilidad de pérdida de control en situaciones extremas y detener los discos de freno en menos distancia. El sistema antibloqueo ABS constituye un elemento de seguridad muy importante. Tiene la función de reducir el riesgo de accidentes mediante el control óptimo del proceso de frenado.

Durante un frenado que presente un riesgo de bloqueo de una o varias ruedas, el ABS tiene como función adaptar el nivel de presión del líquido de freno en cada mordaza de freno con el objetivo de evitar el bloqueo y optimizar el funcionamiento del sistema de frenos. (Cfr., p. 2)

1.23.1. Estabilidad

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

Durante el proceso de frenado debe garantizarse la estabilidad, tanto cuando la presión de frenado aumenta proporcionalmente hasta el límite de bloqueo como cuando lo hace bruscamente, es decir, frenando en una situación de emergencia.

1.23.2. Dirigibilidad

Se puede conducir al frenar en una curva aunque se pierda adherencia.

1.23.3. Distancia de parada

Acortar la distancia de parada lo máximo posible. Para cumplir estas exigencias, el ABS funciona de modo muy rápido y exacto (en décimas de segundo) lo cual se realiza por la electrónica del EBCM. (Cfr., p. 2)

1.23.4. Funcionamiento

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

Sensores ubicados en los discos de freno controlan permanentemente la velocidad. Estos datos que envían cada uno de los sensores, los recibe la unidad de control electrónica EBCM y calcula la velocidad media correspondiente aproximadamente a la velocidad del banco de pruebas. Comparando la velocidad específica de un disco de freno con la media global se puede conocer si un disco de freno puede bloquearse. Si esto sucede el sistema ABS reduce automáticamente la presión de frenado en el disco hasta alcanzar un valor en el cual el disco de freno no llegase a bloquearse.

Cuando el disco de freno gira libremente vuelve a aumentarse al máximo la presión de frenado. Solo un disco que gira puede generar fuerzas laterales y posteriormente cumplir funciones de guiado. El proceso (reducir la presión de frenado / aumentar la presión de frenado) se realiza hasta que el operador del banco de pruebas retira el pie del freno o disminuye la fuerza de activación del mismo. El operador nota un ligero efecto oscilante en el pedal del freno. (*Cfr.*, p. 2)



FIGURA 12: Componentes del sistema de frenos ABS

FUENTE: Julio Suárez

1.24. Componentes del sistema de frenos ABS

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

1.24.1. Hidrogrupo o unidad hidráulica

El Hidrogrupo está constituido por un conjunto de motor-bomba, ocho electroválvulas cuatro de entrada y cuatro de salida, y un acumulador de baja presión.

1.24.2. Electroválvulas

Están conformadas de un solenoide y de un inducido móvil que proporciona las funciones de apertura y cierre de paso del líquido de frenos, la posición de reposo es fijada por la acción de un resorte incorporado, todas las entradas y salidas de las electroválvulas poseen un filtro protector. A fin de reducir en todo momento la presión del frenado, independiente del estado eléctrico de la electroválvula, se ha introducido una válvula anti-retorno a la electroválvula de entrada. La válvula se abre cuando la presión del "cilindro principal de freno" es inferior a la presión del módulo. Esto sucede al dejar de frenar cuando el ABS se encuentra en funcionamiento.

El circuito de frenado está equipado con dos electroválvulas de admisión abiertas en reposo y de dos electroválvulas de escape cerradas en reposo. La acción individual o simultánea de estas electroválvulas permite modular la presión en los circuitos de frenado.

1.24.3. Conjunto Motor-Bomba

Está conformado por un motor eléctrico y de una bomba hidráulica de doble circuito, controlados eléctricamente por la unidad de control electrónico. La función del conjunto es derivar el líquido de frenos durante la fase de regulación desde las válvulas al cilindro principal de freno. Esto es perceptible por el operador, cuando existe movimiento del pedal de freno. El modo de funcionamiento básicamente transforma el giro del motor eléctrico en un movimiento de alternativo de dos pistones por medio de una pieza excéntrica que acciona el eje del motor.

1.24.4. Acumulador de baja presión

Almacena líquido de frenos que se encuentra por la electroválvula de salida, cuando existe una variación importante de adherencia. El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser bajo para no modificar la caída de presión en fase de regulación, pero suficientemente alta para vencer el desplazamiento de la válvula de entrada de la bomba. El caudal medio evacuado por la bomba es inferior al volumen máximo suministrado en el estado de baja presión.

1.24.5. Señal del interruptor de luz de freno

La información del interruptor o conmutador de luces de freno tiene como función permitir anular el modo de funcionamiento del ABS lo más rápido posible cuando es necesario. Si el ABS está funcionando y el operador suelta el pedal de freno para interrumpir el frenado, la señal transmitida por el conmutador de freno permitirá interrumpir la función del sistema ABS.

Nota: En el funcionamiento del ABS se realizan aperturas y cierres de las electroválvulas, por medio del funcionamiento del grupo motor-bomba, así como también a movimientos del líquido en un circuito cerrado, con retorno del líquido hacia al cilindro principal de frenos. Esto genera un ruido durante el funcionamiento, adicionalmente de unos movimientos del pedal de freno. Los ruidos son perceptibles en el banco de pruebas al entrar en funcionamiento el sistema ABS. Estos ruidos y la vibración del pedal de freno dan la ventaja de informar al operador sobre la activación del ABS.

1.24.6. Sensores de rueda

Los sensores de rueda o captadores de rueda miden la velocidad instantánea en cada disco de frenos. El conjunto está compuesto por un captador y una rueda fónica, fijado sobre el eje del diferencial.

Su ubicación es axial en discos delanteros y tangenciales en ruedas posteriores. Para la obtención correcta de la señal, se debe tener un entrehierro u holgura, entre el captador y la rueda fónica.



FIGURA 13: Sensor de velocidad de rueda

AUTOR: Julio Suárez

El captador funciona por el principio de inducción; en el extremo del captador se alojan dos imanes permanentes y una bobina. El flujo magnético se modifica por la interrupción de los dientes de la rueda fónica. La variación constante del campo magnético que atraviesa por la bobina, genera una tensión sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de giro. (Cfr., p. 7).

1.25. Funcionamiento hidráulico del sistema ABS

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

Si la fuerza de frenado es menor que la fuerza de adherencia no existe regulación de frenado, el sistema ABS no se activa. Si la fuerza de frenado es mayor que la fuerza de adherencia (los discos se bloquean), de esta manera si existe frenado con regulación, el sistema ABS se activa.

Existen tres estados de regulación de frenado:

- Presión constante.
- Disminución de presión.
- Aumento de presión.

1.25.1. Presión constante

La electroválvula de entrada se cierra y aísla el cilindro principal de frenos con la mordaza del disco de freno. El aumento de presión de frenado no es posible.

1.25.2. Disminución de presión

Disminución de tendencia al bloqueo de los discos, esta fase entra en operación solo cuando la fase de presión constante no ha sido suficiente. La electroválvula de entrada permanece cerrada. Simultáneamente, la electroválvula de salida se abre y la bomba se pone en funcionamiento. La disminución de presión es efectuada por el acumulador de baja presión, cuya

capacidad es variable. La bomba permite derivar el líquido almacenado en los acumuladores hacia el cilindro principal de frenos.

1.25.3. Aumento de presión

Aumento de presión frenado, en estas circunstancias la electroválvula de salida se cierra y la electroválvula de entrada se abre. El cilindro principal de frenos esta comunicado con la mordaza de freno.

La alimentación hidráulica se realiza desde el cilindro principal de frenos y adicionalmente por medio del motor-bomba (si no se encuentra vacío el acumulador).

La bomba deriva el líquido de freno de los acumuladores de baja presión hacia los circuitos de freno (cilindro principal de frenos o mordaza de freno, dependiendo del ajuste efectuado desde las electroválvulas de admisión).

Según el caudal de la bomba y posición de los pistones del cilindro principal de frenos, además de la posición del pedal se experimenta cierta vibración. Por lo cual, el pedal se encuentra en posición alta durante las presiones bajas y en posición baja durante las presiones altas. El cambio de presiones constantes provoca un movimiento del pedal (pulsación) que indica al operador del banco de pruebas que el sistema ABS se encuentra en funcionamiento. (Cfr., p. 7)

1.26. Funcionamiento electrónico del sistema ABS

El sistema ABS provee al operador, a través de su asistencia electrónica los requerimientos necesarios para efectuar un frenado seguro durante una situación crítica de operación.

1.26.1. Unidad de control electrónica ABS (EBCM)

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

Las informaciones obtenidas por los captadores o sensores de rueda transformadas eléctricamente son procesadas en paralelo mediante dos microprocesadores. En caso de desigualdad en las informaciones recibidas, la unidad de control la reconoce como un fallo y empieza un proceso de regulación del sistema ABS. Tras la amplificación, las señales de salida aseguran la activación de las electroválvulas y el motor-bomba.

El módulo de control opera bajo el principio de la redundancia simétrica; los dos microcomputadores o microprocesadores son diferentes, tratan la misma información y utilizan un mecanismo de cambio de información jerárquica para su comunicación. Cada microcomputador está programado algoritmos de cálculo diferentes.

Si existiera una no conformidad de las señales procesadas, en caso de una avería o fallo en el sistema eléctrico, el EBCM limita el funcionamiento de los sistemas según un proceso correcto. Cuando existe un fallo en el sistema ABS, se

enciende una luz de testigo en el cuadro de instrumentos el cual puede ser analizado mediante un scanner de diagnóstico.



FIGURA 14: Unidad de control EBCM

AUTOR: Julio Suárez

El auto-diagnóstico que realiza el módulo de control ABS se basa en dos aspectos:

- El primero corresponde a acciones que realiza el EBCM de manera autónoma para verificar sus sensores y actuadores, así como su propio funcionamiento; es decir el auto-diagnóstico.
- El otro aspecto del diagnóstico consiste al acceso a informaciones o datos del estado del sistema, memorizados o no, esto se trata de un diagnóstico exterior que se realiza por parte del operador mediante un scanner de diagnóstico.

1.26.2. Autodiagnóstico

El autodiagnóstico es un proceso automático que permite al EBCM:

- Verificar sus sensores y actuadores.
- Memorizar los fallos ocurridos en una memoria permanente con el fin de poder visualizarlos por medio de un scanner de diagnóstico.
- Cualquier fallo que es detectado por el autodiagnóstico permanece grabado en una memoria permanente y es conservada, aun cuando no existe tensión de alimentación.

En la inicialización el EBCM, efectúa una verificación para conocer que el sistema está listo para entrar en funcionamiento.

Estos son:

- Test internos del módulo de control (EBCM).
- Test de sensores y actuadores: Alimentación, captadores de rueda, relés de electroválvulas.
- Interfaz de diagnóstico.

Si estos son correctos, la fase finaliza con el apagado de la luz de testigo de fallo en 3 segundos. Cuando el banco de pruebas está en funcionamiento existen varios tipos de auto-controles: Algunos se efectúan de forma permanente y otros necesitan de condiciones de funcionamiento diferentes (velocidad de los discos de freno superior a un cierto rango); estos test se realizan simultánea y continuamente.

1.27. Valores de medición del módulo de control ABS (EBCM)

1.27.1. Informaciones físicas

- Velocidad de los cuatro discos (las cuatro discos de freno pueden tener velocidades diferentes en función de las fases de aceleración o de deceleración).
- Información del conmutador o interruptor de luz de freno.
- Resultados del test de prueba activa (funcionamiento de la bomba, estado de los captadores o sensores de rueda y estado de las electroválvulas).

1.27.2. Informaciones calculadas

Velocidad de referencia: Por precisión y de seguridad, la lógica calcula la velocidad del banco de pruebas a partir de las velocidades de los cuatro discos de freno. Esta información se denomina velocidad de referencia. Para este cálculo, la lógica tiene en cuenta límites físicos (las aceleraciones y deceleraciones máximas que es posible alcanzar en diferentes adherencias) con el objetivo de verificar la coherencia del resultado y corregir el valor obtenido.

Deslizamiento de los diferentes discos de freno: El deslizamiento de un disco de freno es la diferencia de velocidad entre el disco y la velocidad captada por los demás sensores de rueda. Para esto solo se dispone de la velocidad de referencia como aproximación de la velocidad del banco de pruebas, el deslizamiento es calculado a partir de la velocidad de los discos y de la velocidad de referencia.

Aceleraciones y deceleraciones de los discos: A partir de la velocidad instantánea de un disco de freno (dada por el captador de rueda), es posible calcular la aceleración o la deceleración del disco observando el cambio de la velocidad en el tiempo.

Reconocimiento de la adherencia longitudinal: La lógica calcula la adherencia instantánea exacta a partir del comportamiento de la velocidad de los discos de freno. Por lo cual, cada tipo de adherencia conduce a valores de aceleración y de deceleración propios.

Reconocimiento de las condiciones de rodaje: La lógica sabe adaptarse a un cierto número de condiciones de rodaje que es capaz de reconocer.

Las principales son:

- Viraje: Las curvas se detectan observando las diferencias de velocidades de las ruedas posteriores (la rueda interior gira a menor velocidad que la rueda exterior).
- Transición de adherencia: (Cambio de alta adherencia a baja adherencia o inverso), los deslizamientos de los discos, aceleraciones y deceleraciones se toman en cuenta para reconocer la situación.
- Asimétrica: Dos discos de un mismo lado sobre alta adherencia y los otros discos en baja adherencia, los deslizamientos de los discos de un mismo lado son comparados con los deslizamientos de las ruedas del lado opuesto.

Nota: La baja y alta adherencia, el viraje así como también la diferencia de velocidad de giro de los discos de freno son simulados en el banco de pruebas a través de las palancas de accionamiento para el control del frenado manual. (Cfr., p. 8)

1.28. Función específica de sensores y actuadores

Señales de salida de la unidad de control activan la operación del modulador hidráulico de presión y la luz de advertencia de fallo del sistema.

Señales de entrada que provienen de sensores de velocidad, del interruptor del pedal de freno son recibidas e interpretadas por la unidad de control electrónico EBCM.

1.28.1. Módulo de control del sistema ABS (EBCM)

Ricardo Saavedra Rodríguez en www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml; "Frenos ABS", menciona que:

Calcula y determina las condiciones de los discos de freno en función de sus velocidades, y efectúa una ejecución acorde a la situación actual para controlar la unidad hidráulica.



FIGURA 15: Unidad de control hidráulico EBCM

AUTOR: Julio Suárez

Al girar el interruptor de encendido a la posición ON, el EBCM efectúa un autodiagnóstico, si se detecta alguna condición anormal, se inhibe el funcionamiento del sistema y envía una señal al cuadro de instrumentos para encender la luz del testigo de fallo.

1.28.2. Unidad hidráulica (HU)

En el modo de operación del ABS, la HU cambia los conductos de líquido para controlar la presión del líquido en las mordazas de freno, como respuesta a la información recibida del EBCM.

La HU también forma parte del conducto del líquido de frenos que se extiende desde el cilindro principal de freno a las mordazas, junto con las cañerías.

1.28.3. Sensor de velocidad de la rueda

Detecta la velocidad de la rueda en función de la modificación en la densidad del flujo magnético que pasa a través del sensor, y la convierte en una señal eléctrica que es transmitida al EBCM.



FIGURA 16: Sensor de velocidad de rueda

AUTOR: Julio Suárez

1.28.4. Rueda fónica

El cambio en la densidad del flujo magnético es detectado por los dientes provistos alrededor de la rueda fónica, para de esta manera el sensor de ABS genere una señal eléctrica.

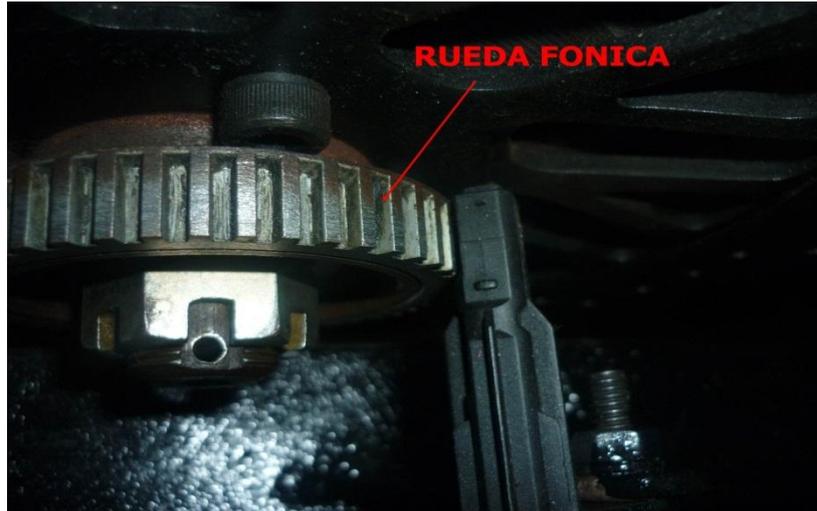


FIGURA 17: Rueda fónica

AUTOR: Julio Suárez

1.28.5. Sensor-G

Detecta un cambio en la dirección longitudinal del banco de pruebas y lo transmite al EBCM en términos de un cambio en el voltaje.

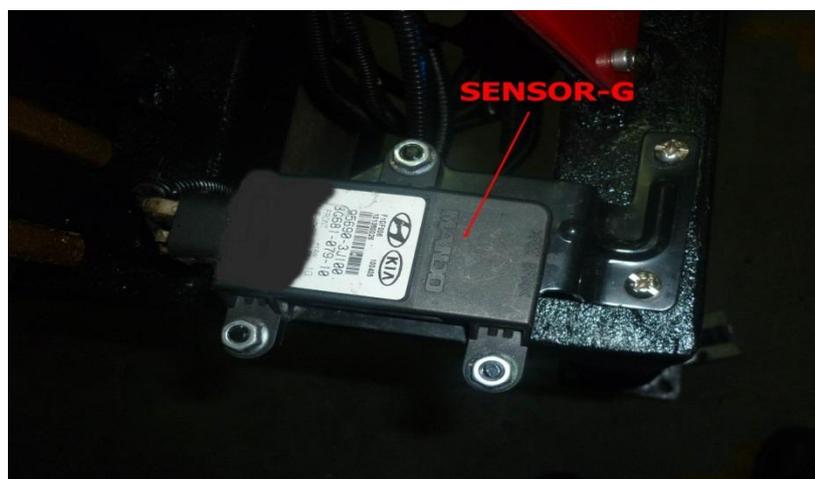


FIGURA 18: Sensor-G

AUTOR: Julio Suárez

1.28.6. Interruptor de la luz de freno

Informa al EBCM si se está accionando o no el pedal del freno como condición para determinar la operación del sistema ABS.

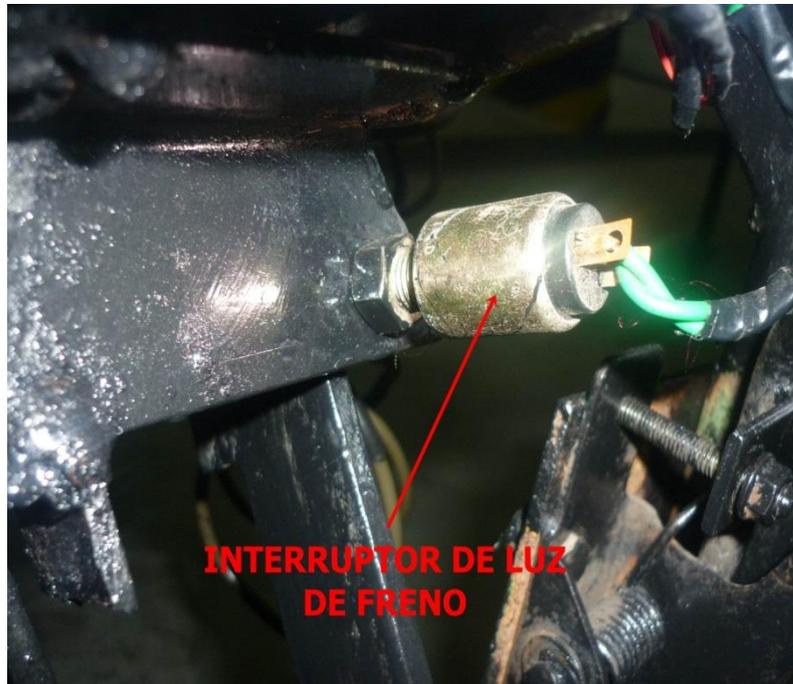


FIGURA 19: Interruptor luz de freno

AUTOR: Julio Suárez

1.28.7. Luz de advertencia del ABS

La luz de advertencia del ABS se enciende cuando existe una anomalía en el sistema ABS, indicando al operador que se debe realizar una revisión en el sistema. Al enlazar el conector de diagnóstico (DLC) y el scanner de diagnóstico, se puede visualizar los códigos de fallo almacenados en la memoria del EBCM. (Cfr., p. 16)



FIGURA 20: Luz de advertencia ABS

AUTOR: Julio Suárez

1.28.8. Sistema EBD

La Fundación Wikimedia (2012) señala que:

Se denomina (Distribución Electrónica de Frenado) a la variación automáticamente la cantidad de fuerza aplicada a cada uno de las mordazas de freno del banco de pruebas, siempre actúa en conjunto con el sistema ABS. El EBD aumenta presión de frenado a cada rueda con el fin de maximizar la potencia de frenado, distribuyendo la presión de frenado a los frenos traseros debido a que en la parte delantera se ejerce el mayor peso. (Cfr. http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_brakeforce_distribution. 19Nov.2012)

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

2.1. Diseño de la estructura del banco de pruebas

El diseño de la estructura del banco de pruebas se ha realizado mediante una herramienta de dibujo digitalizado "AUTOCAD "; debido a la necesidad de obtención de datos reales sobre la fiabilidad y el buen desempeño del sistema de frenos y control electrónico durante su funcionamiento; instalado en el banco de pruebas.

2.2. Selección de materiales, partes y piezas

Se realizó la selección de materiales, partes y piezas escogiendo los más adecuados para la fabricación de banco de pruebas, por sus características de alta resistencia. Los materiales utilizados para la fabricación son los siguientes:

- Un motor de motocicleta de 200 cc.
- Dos diferenciales de motocicleta.
- Cuatro discos de freno de $\Phi 8"$.
- Dos cadenas de acero para la transmisión de movimiento.
- Un sistema de frenos ABS, que consta de un módulo de control ABS, cuatro sensores de rueda con sus respectivas ruedas fónicas, un tablero de instrumentos con luces indicadoras de advertencia, cableado eléctrico y sus respectivos sensores y actuadores.

- Un depósito de combustible.
- Un tablero de control.
- Un tubo estructural para el bastidor del banco de 2".
- Cuatro garruchas (ruedas).
- Mecanismos de pedales de freno, acelerador y embrague.
- Cableado eléctrico.
- Pintura anticorrosiva.
- Seis manómetros de medición de presión hidráulica.

2.3. Plano 3D

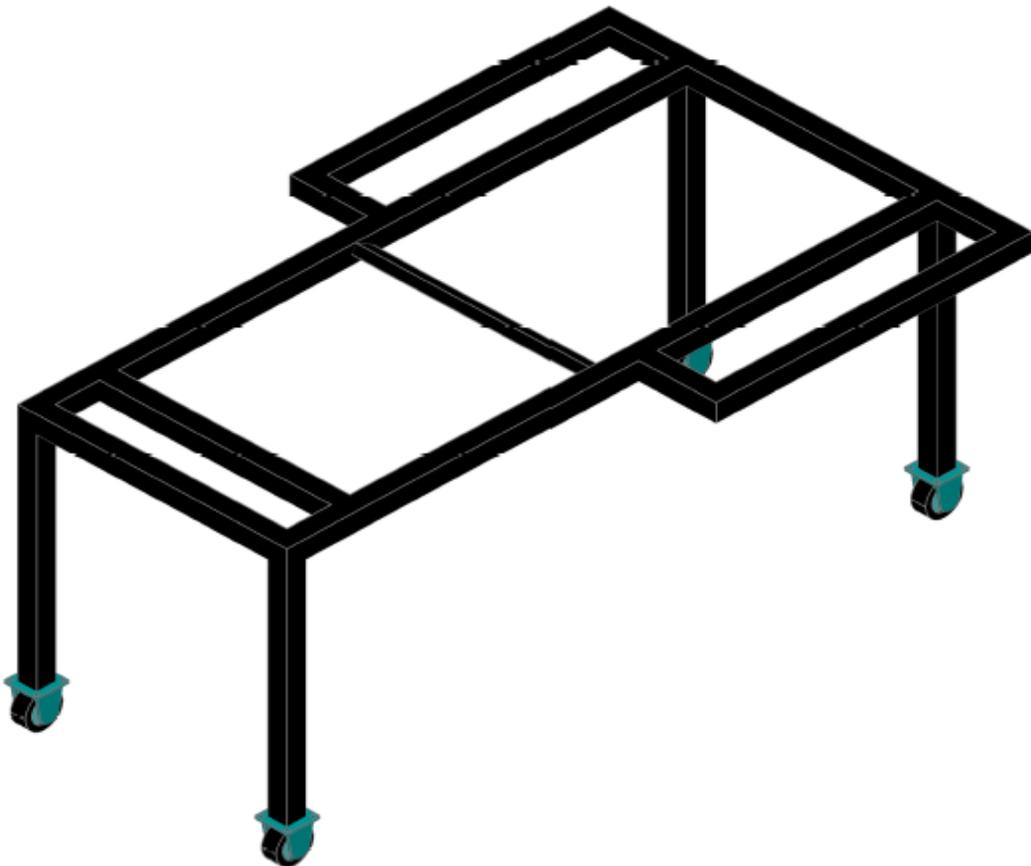


FIGURA 21: Bastidor

FUENTE: Julio Suárez

2.4. Cálculo de resistencia de la estructura del banco

Se realizó el análisis de esfuerzo del bastidor del banco de pruebas del sistema de frenos con control electrónico ABS, mediante el software AUTODESK INVENTOR. Se consideró el punto en cual el bastidor va a recibir la carga máxima de 0.130 Ksi, dado por el peso total de las piezas que conforman el banco de pruebas; como se muestra en la figura 22.

2.4.1. Tensión máxima

Vemos que en el punto de flexión de la zona crítica, el bastidor del banco de pruebas resiste el esfuerzo sin ningún problema debido a las características del bastidor y la resistencia del material.

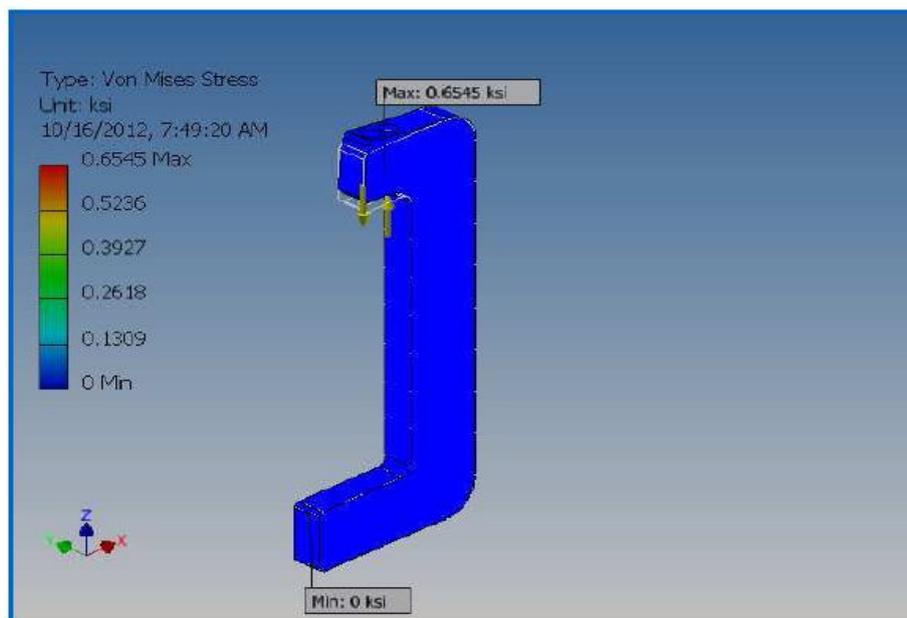


FIGURA 22: Tensión máxima

FUENTE: Julio Suárez

2.4.2. Factor de seguridad

Como se observa en el bastidor, éste no sufre ninguna deformación y está dentro de la tolerancia máxima de esfuerzo en la zona crítica.

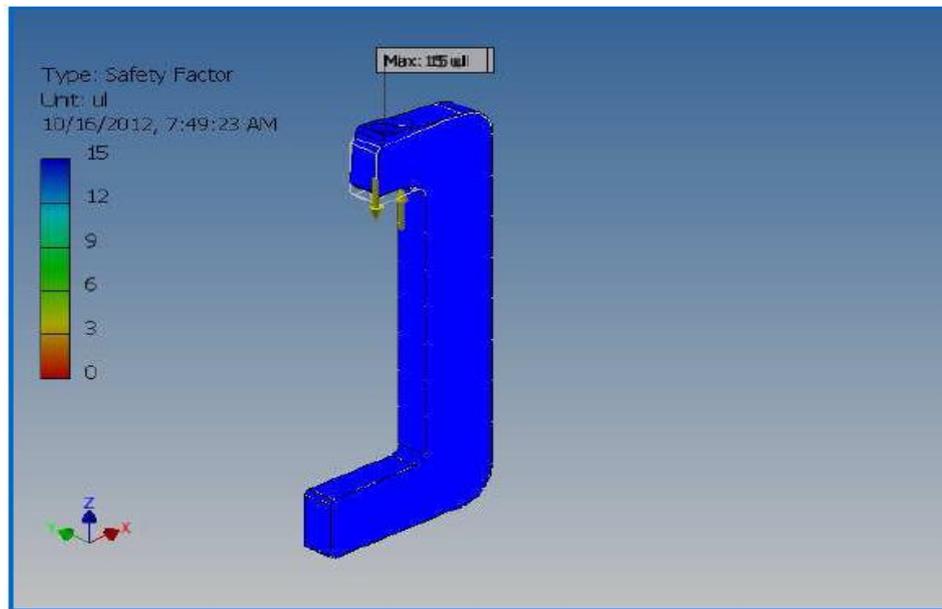


FIGURA 23: Factor de seguridad

FUENTE: Julio Suárez

2.4.3. Resultados

TABLA 4: Resultados análisis de esfuerzo

Name	Minimum	Maximum
Volume	381.826 in ³	
Mass	108.424 lbmass	
Von Mises Stress	0.0000179632 ksi	0.654091 ksi
1st Principal Stress	-0.00587587 ksi	0.149473 ksi
Safety Factor	15 ul	15 ul
Displacement	0 in	0.00000541805 in

FUENTE: JULIO SUAREZ

2.5. Material de fabricación del bastidor del banco de pruebas.

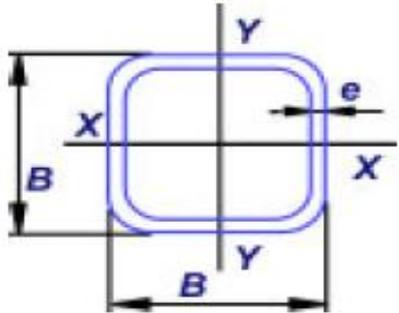
2.5.1. Tubo cuadrado estructural

Ipac Acero, en el "Tubo Estructural: Cuadrado", menciona que:

Especificaciones generales

- Dimensiones: 2"
- Espesor: 3 mm
- Calidad del Acero: JIS G3132 SPHT- ASTM A 569

TABLA 5: Tubo estructural

DIMENSIONES		PESO	ÁREA				
				EJES X-X e Y-Y			
Designación	B	e	P	A	I	W	i
Plg	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
2	50	3.0	4.25	5.41	19.40	7.76	1.89

AUTOR: Julio Suárez

Nomenclatura

A: Área de selección transversal del tubo, cm^2 .

W: Módulo resistente de la sección, cm^3 .

I: Momento de Inercia de la sección, cm^4 .

i: Radio de giro de la sección, cm. (Cfr. Recuperado de <http://www.ipac-acero.com/ipac/tben001.html>. 19 Nov.2012).

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1. Corte del tubo cuadrado estructural

Para la construcción de la estructura del banco de pruebas, se realizó varios cortes en el tubo cuadrado de acuerdo a las medidas establecidas con un disco de corte angular.



FIGURA 24: Tubo cuadrado estructural

FUENTE: Julio Suárez

3.2. Soldadura

Luego de realizar los cortes de toda la estructura, se procedió a realizar la unión de las partes mediante el proceso de soldadura. Se realizó la unión de las partes con electrodos No. E - 6011.

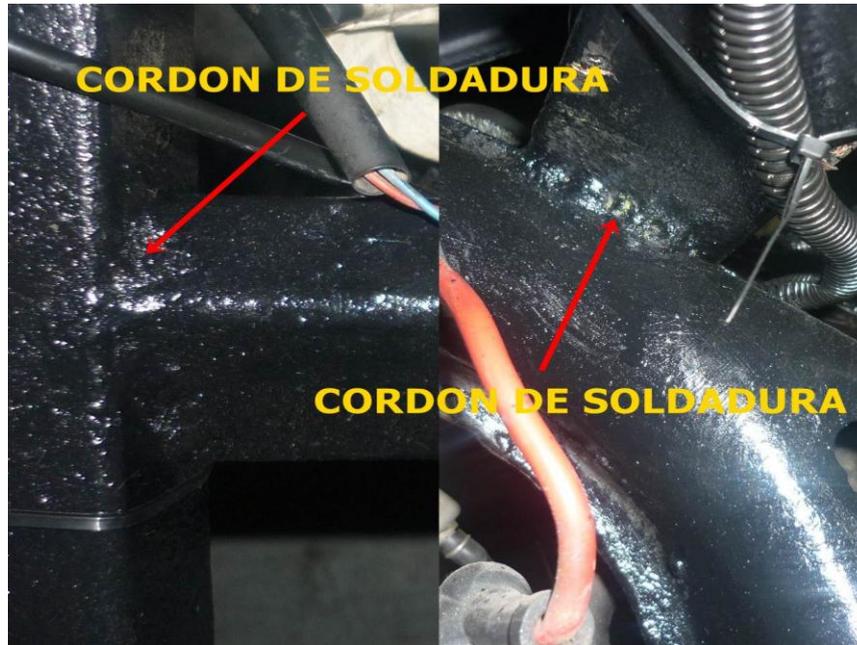


FIGURA 25: Soldadura

FUENTE: Julio Suárez

Ya realizada la estructura del banco de pruebas, se procedió a fijar con soldadura las garruchas en la parte inferior para su movimiento. Posteriormente se colocó una capa de pintura anticorrosiva para proteger de la oxidación.

Se escogió el electrodo E - 6011, por sus características al poseer 25% de carbono, buena resistencia y tenacidad; debido a que la estructura del banco de pruebas va a estar sometida a esfuerzos de vibraciones del motor de combustión.

3.2.1. Numeración del electrodo

Linde Gas AGA, en "Numeración de electrodos", menciona que:

El prefijo "E" significa "electrodo" de soldadura por arco. La penúltima cifra indica la posición para soldar, en este caso por su numeración el electrodo puede usarse en todas la posiciones.

3.2.2. Resistencia a la tracción

Las dos primeras cifras del número de cuatro cifras, definen la resistencia a la tracción del material. Este electrodo posee una resistencia a la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada. (42,2 Kg mm²).

3.2.3. Revestimiento

El electrodo E -6011 posee un revestimiento con alto contenido de materia orgánica (celulosa). (Cfr. Recuperado de: http://www.aga.com.ec/international/web/lg/ec/likekgagaec.nsf/docbyalias/info_welding_electrode. 19Nov.2012).

3.3. Ensamble del motor de combustión en el banco de pruebas

Para el alojamiento del motor en la estructura del banco se requirió de una pluma hidráulica para sujetar el motor y colocarlo en posición central delantera del banco de pruebas.

TABLA 6: Motor de combustión

ESPECIFICACIONES	
Motor	QMC 200-B
Cilindraje	200 cc
Ciclo	4 Tiempos
Tipo	Monocilindrico
Enfriamiento	Por aire
Tracción	Cadena directa
Caja de velocidades	Cinco rotativos
Sistema de embrague	Multidisco

FUENTE: *Cfr. Recuperado de <http://www.qmc.ec/motos/moto23.htm>.19 Nov.2012.*

Posteriormente de haber centrado el motor en el banco de pruebas procedimos a unir las bases del motor de combustión a la estructura del banco mediante el proceso de soldadura. Luego colocamos el tubo de escape fijándolo al motor mediante su respectiva brida o junta y el banco de pruebas con pernos de ajuste. Una vez fijado y centrado el motor verificamos que su posición es correcta.

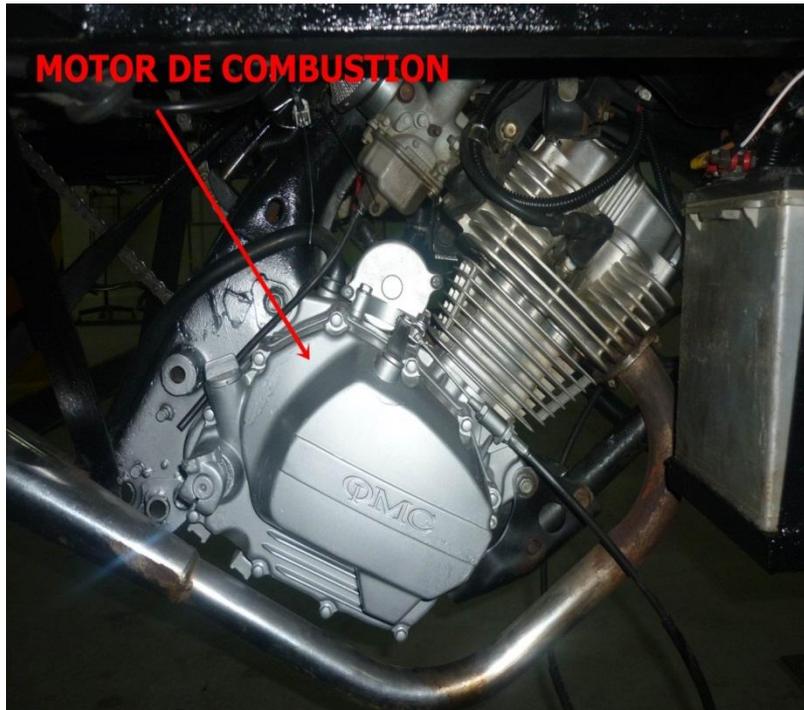


FIGURA 26: Motor de combustión

FUENTE: Julio Suárez

3.4. Ensamble de diferenciales

El propósito de la colocación de diferenciales en el banco de pruebas, es permitir que los discos de freno giren a revoluciones diferentes, cuando se ejerce una tensión sobre las palancas de accionamiento los discos de freno se bloquean para lograr la visualización del diferencial de velocidad de giro de los discos, y activación del sistema ABS.

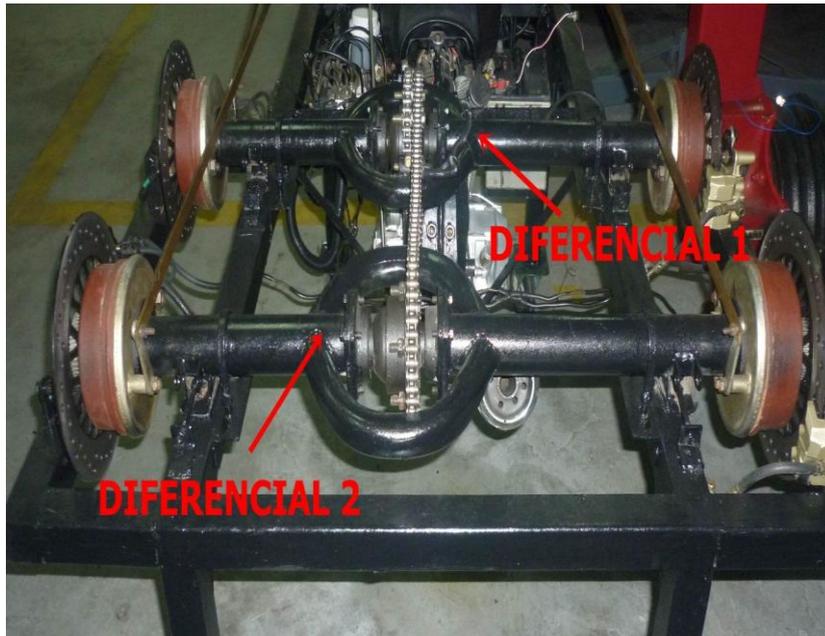


FIGURA 27: Diferenciales

FUENTE: Julio Suárez

Se colocó dos diferenciales para la transmisión del movimiento para la simulación de giro de los cuatro discos de freno. Se realizó la soldadura de cuatro bases para la sujeción de los diferenciales. Se sujetó los diferenciales al banco de pruebas mediante cuatro pernos en forma de "U"; quedando de esta manera fijadas a la estructura con una separación entre ellas de (480 mm.).

3.5. Ensamble de las cadenas de transmisión de movimiento

Se escogió cadenas eslabonadas de acero, para la transmisión del movimiento de fuerza de arrastre entre ruedas dentadas.

Para la colocación de la cadena de transmisión de movimiento se quitó el seguro de la misma logrando su despiece, para colocarla en el contorno de la ruedas dentadas; este procedimiento se lo realizó entre los dos diferenciales.



FIGURA 28: Cadenas eslabonadas

FUENTE: Julio Suárez

Una segunda cadena se la colocó de igual forma, quitando el seguro de la cadena para colocarla entre el diferencial y el piñón de salida del motor para la transmisión de giro. Posteriormente se ajustó las cadenas hasta tener la tensión requerida.

TABLA 7: Cadenas de transmisión

DENOMINACION	PASO	DIAMETRO DEL DIENTE	ANCHO ENTRE PLACAS	DIAMETRO DEL PIN	LONGITUD DEL PIN	DIAMETRO EXTERNO ESLABON	ESPEJOR DE LA PLACA DEL ESLABON	RESISTENCIA A LA TRACCION
	P	d1	b1	d2	L	h2	T	KN
	mm	mm	mm	mm	MM	mm	mm	
428H	12.7	8.51	7.75	4.45	18.7	11.8	2.03	20.8

FUENTE: Cfr. Recuperado de <http://www.npcparts.com/index.php?/View-document/14-Cadena-de-Motos.html>. 19 Nov.2012.

3.6. Ensamble del depósito de combustible

La función del depósito de combustible es almacenar y proveer de gasolina al motor de combustión; el combustible es enviado hacia el carburador por gravedad. El depósito posee una válvula, la cual cierra el flujo de combustible hacia el carburador cuando se requiere desmontar el depósito de combustible.

Además posee un medidor de combustible, el cual nos indica la cantidad de gasolina que tiene el depósito. La capacidad del depósito es de 1.5 Galones.



FIGURA 29: Depósito de combustible

FUENTE: Julio Suárez

Para la colocación del depósito de combustible se requirió la fabricación de las bases para su sujeción, se fijó las bases a la estructura del banco mediante soldadura. Una vez colocadas las bases se procedió a colocar el depósito de combustible, ajustándolo a la estructura mediante pernos de fijación.

También se debió realizar una perforación en el depósito de combustible para la instalación de una boya con un medidor de nivel de combustible, la cual va fijada con cuatro tornillos.

3.7. Construcción de palancas de accionamiento del frenado

Las palancas de accionamiento permiten realizar el frenado mecánico del tambor de freno para disminuir la velocidad o detener completamente los ejes donde van alojados los discos de freno.

Para la fabricación de las cuatro palancas se requirió de un tubo rígido cuadrado de medidas (1" y espesor 2 mm), el cual fue cortado a la medida especificada. Se realizaron perforaciones a las palancas y se fabricó cuatro bases para su alojamiento y sujeción que servirán como pivote para el funcionamiento de las palancas de frenado.

También se cortó cuatro platinas de (1" y espesor 2 mm), las cuales se acoplaron conjuntamente entre las palancas de accionamiento del freno de tambor mecánico y el mecanismo de movimiento de las zapatas de freno en los diferenciales. Posteriormente se colocó los manubrios de las palancas para facilitar el accionamiento del freno mecánico.



FIGURA 30: Palancas de accionamiento

FUENTE: Julio Suárez

3.8. Construcción de la palanca selectora del cambio

La palanca selectora del cambio permite la variación de velocidad de salida de la transmisión del motor de combustión hacia las ruedas.

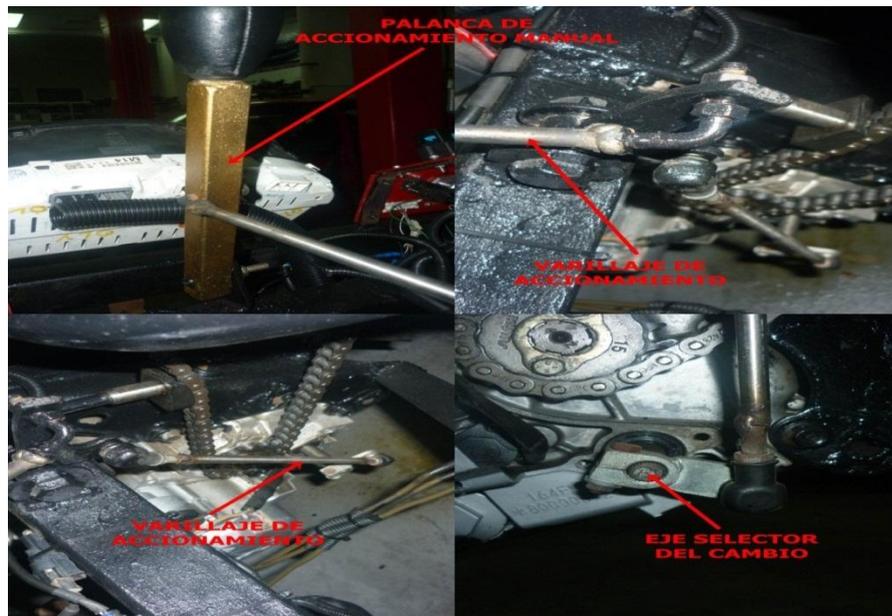


FIGURA 31: Palanca de accionamiento del cambio

FUENTE: Julio Suárez

Para el proceso de fabricación de la palanca selectora del cambio se requirió de un tubo rígido cuadrado de medidas (1" y espesor 2 mm), el cual fue cortado a la medida especificada.

Se realizaron perforaciones en la palanca y se fabricó una base para el alojamiento y sujeción de la palanca que servirá como pivote para la selección del cambio, la cual está unida al selector del cambio mediante un varillaje articulado, el cual realiza el empuje al selector del cambio de acuerdo al movimiento de la palanca.

3.9. Ensamble de mordazas de freno

Las mordazas son soportes en el cual van alojadas las pastillas y los pistones de freno, que ejercen presión sobre las pastillas cuando se presiona el pedal de freno.

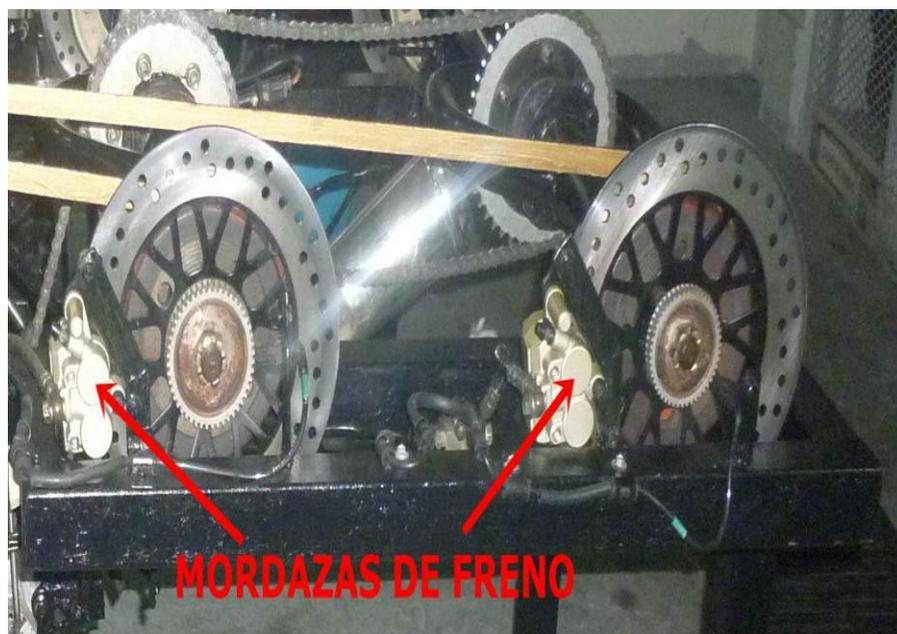


FIGURA 32: Mordazas de freno

FUENTE: Julio Suárez

Para el ensamble de las cuatro mordazas de freno se requirió fabricar cuatro bases para su acoplamiento, las cuales fueron perforadas para la sujeción de las mordazas; estas posteriormente fueron fijadas a la estructura del banco mediante soldadura, quedando éstas acopladas con los discos de freno.

3.10. Ensamble de sensores de rueda

El sensor de rueda capta la velocidad de giro del disco de freno y envía esta señal hacia el módulo EBCM, para activar el sistema ABS si se detecta una diferencia de giro en las ruedas.

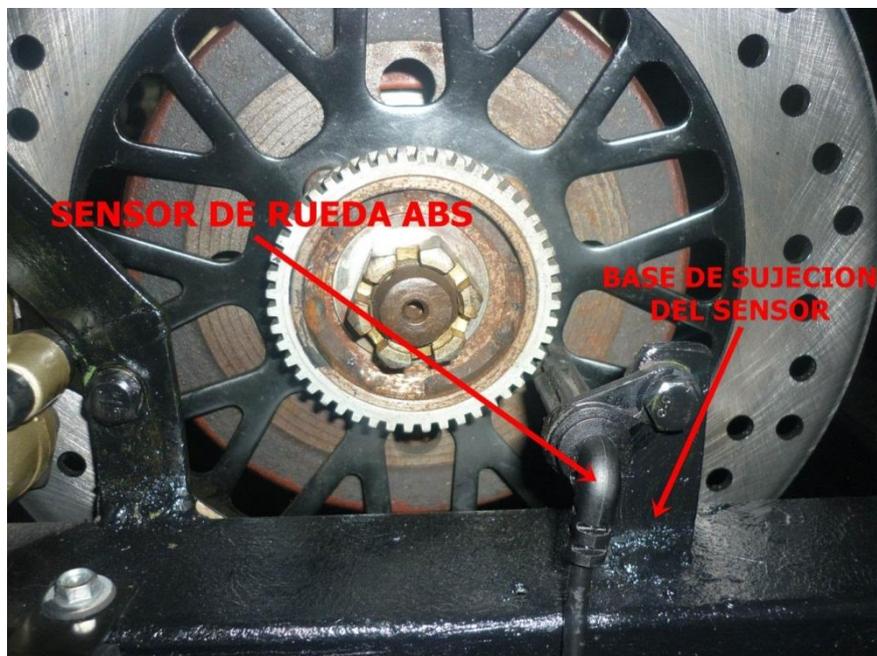


FIGURA 33: Sensor de rueda

FUENTE: Julio Suárez

Para la colocación de los sensores de rueda, se requirió la fabricación de cuatro bases, las cuales fueron perforadas para la sujeción del sensor con la base y posteriormente fue fijado al banco mediante el proceso de soldadura.

3.11. Ensamble y adaptación de ruedas fónicas

La rueda fónica consiste en una rueda metálica la cual posee dientes y agujeros que al girar generan una inducción magnética en el sensor de rueda que lo envía como señal hacia el EBCM.

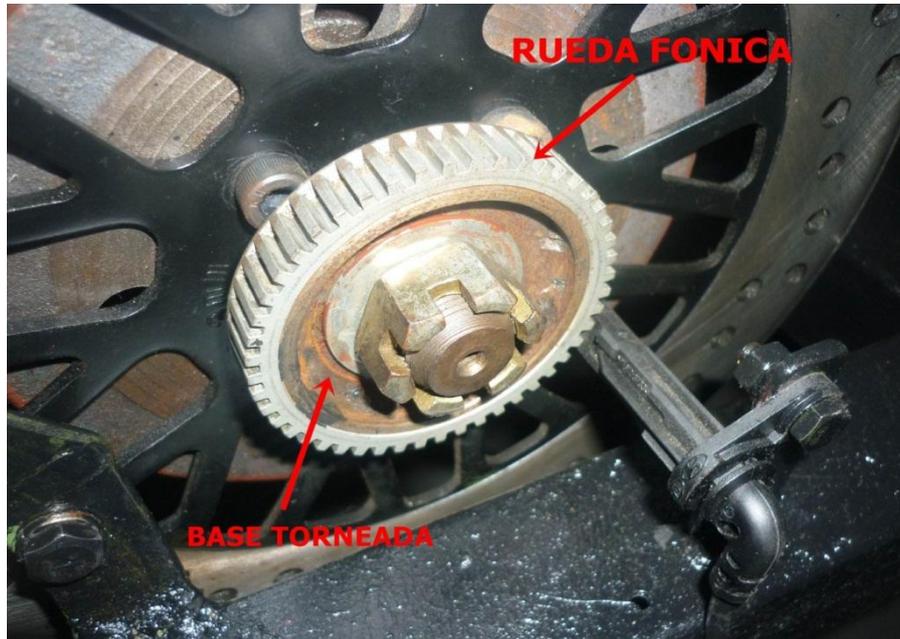


FIGURA 34: Rueda fónica

FUENTE: Julio Suárez

Para la adaptación de las ruedas fónicas se debió realizar una base torneada donde se ajusten las ruedas fónicas, este trabajo se lo realizó en un torno. Se requirió realizar este trabajo con el fin de que las ruedas fónicas puedan ser acopladas perfectamente sobre los diferenciales y ajustada por medio de una tuerca que fija los semiejes.

Para el ensamble de las ruedas fónicas, se las acopló y sujetó mediante las tuercas de los semiejes en los diferenciales.

3.12. Adaptación de ruedas dentadas en los diferenciales

Las ruedas dentadas son un mecanismo que permiten transmitir la potencia de transmisión de giro, desde el motor de combustión hacia los ejes de los diferenciales.

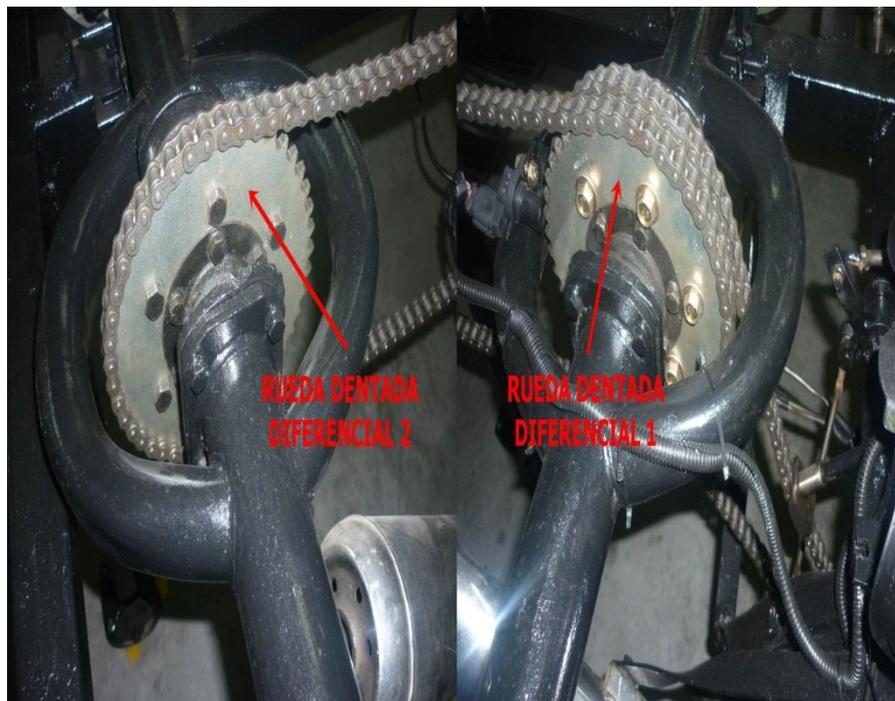


FIGURA 35: Ruedas dentadas

FUENTE: Julio Suárez

Para la adaptación de las ruedas dentadas, se requirió trasladar las ruedas dentadas a un torno, donde se realizó la perforación en las ruedas para lograr adaptar dos ruedas nuevas en un diferencial, ya que los diferenciales originalmente poseían otro tipo de dentado y las cadenas no correspondían a ese tipo de rueda dentada.

3.13. Adaptación del mecanismo de pedales

Los mecanismos de pedales, son un conjunto de palancas que son accionadas cuando se ejerce presión sobre ellos para ejercer un trabajo. El banco de pruebas dispone de tres pedales; el pedal del acelerador, el pedal de freno y el pedal embrague.

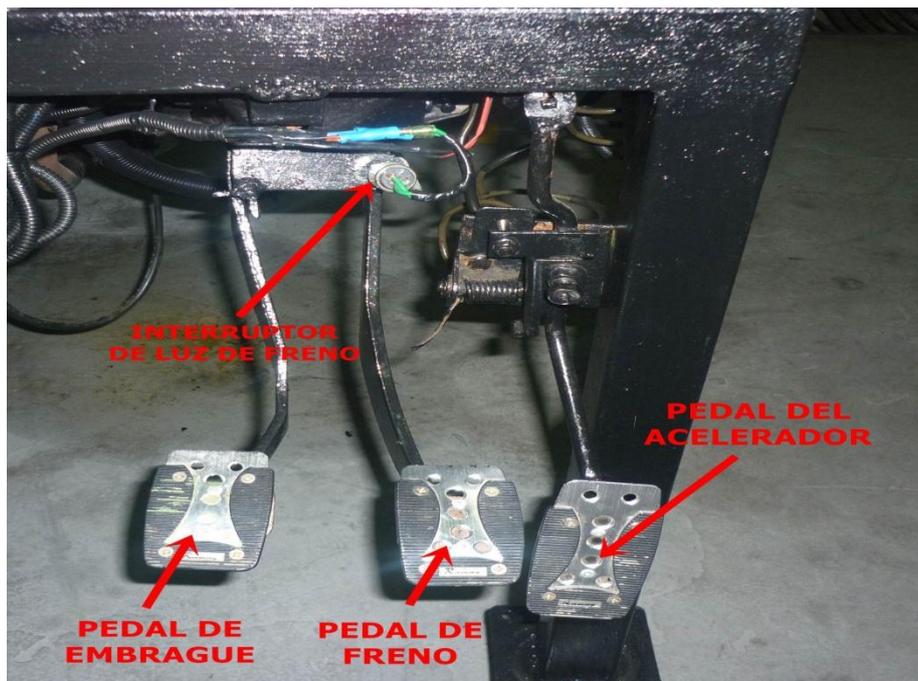


FIGURA 36: Mecanismos de pedales

FUENTE: Julio Suárez

En la adaptación de los pedales de mando del acelerador del motor, el freno y embrague; se debió realizar la sujeción de los mismos mediante soldadura.

Posteriormente se debió realizar los ajustes necesarios para que mediante el accionamiento de un cable se logre la aceleración del motor al presionar el acelerador y al momento de presionar el pedal de embrague se logre desacoplar

la transmisión de potencia desde el motor hacia la transmisión para permitir la selección del cambio.

3.14. Adaptación del cilindro principal de freno

El cilindro principal de freno transforma la fuerza mecánica ejercida por el operador al presionar el pedal de freno en presión hidráulica que es transmitida por las cañerías hacia las mordazas de freno.



FIGURA 37: Cilindro principal de freno

FUENTE: Julio Suárez

En la adaptación del cilindro principal de freno, se debió acoplar al cilindro una varilla de accionamiento del pedal de freno, por lo cual se realizó dos perforaciones en la base de los pedales para la sujeción del cilindro principal de freno.

3.15. Adaptación del módulo de control ABS (EBCM)

El EBCM monitorea la velocidad de las ruedas para regular su giro durante el frenado, obteniendo un incremento en la eficiencia del sistema ABS.

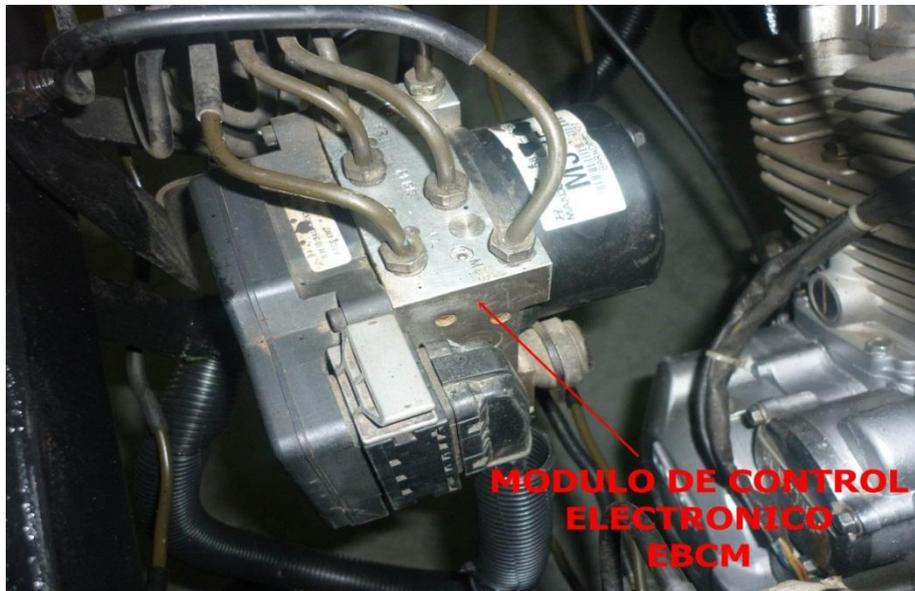


FIGURA 38: Módulo de control ABS

FUENTE: Julio Suárez

Para la adaptación del módulo de control ABS, se requirió fabricar las bases para su sujeción las cuales fueron soldadas a la estructura del banco de pruebas, posteriormente perforadas para la fijación del módulo mediante pernos de M8 x 1.25 mm. Finalmente se realizó las conexiones de las cañerías de freno desde el módulo de control ABS a las cuatro mordazas mediante neplos que conectan las cañerías rígidas con cañerías flexibles y éstas con las mordazas.

También se conectaron dos cañerías que se comunican desde el cilindro de frenos con el módulo de control ABS.

3.16. Adaptación de los discos de freno

El disco de freno es una pieza móvil, que se encuentra montada y gira solidariamente sobre el eje del diferencial. Sobre el disco de freno se ejerce una fuerza de rozamiento mediante la pastilla de freno, que es empujada por el pistón de la mordaza.

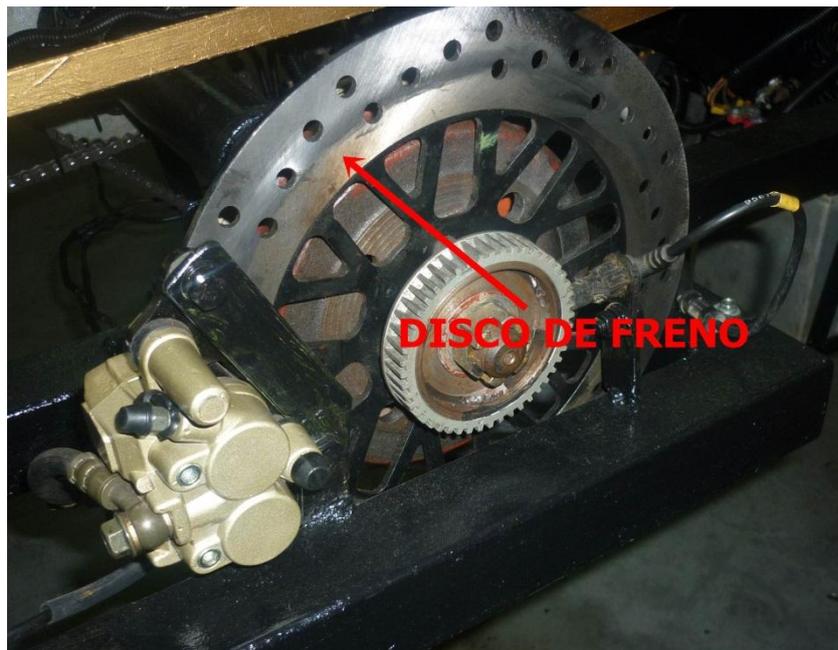


FIGURA 39: Discos de freno

FUENTE: Julio Suárez

Para acoplar los discos de freno en los diferenciales, se debió llevar a cabo un torneado en los tambores de freno para el acoplamiento de los discos de freno, luego se realizó el roscado de tambores de freno para la fijación de los discos de freno mediante pernos que unieron a estos con los tambores de los diferenciales.

3.17. Adaptación del tablero de instrumentos e indicadores

Se denomina tablero de instrumentos e indicadores, al conjunto de indicadores que muestran el funcionamiento del motor y sistema de frenos ABS.



FIGURA 40: Tablero de instrumentos

FUENTE: Julio Suárez

En principio se instaló un tablero de instrumentos para verificación de la luz piloto de funcionamiento del sistema de frenos y control electrónico del ABS, pero se observó que algunos indicadores no se encontraban en funcionamiento y estéticamente no se verían bien durante el funcionamiento del banco de pruebas, por lo cual se llegó a la conclusión de habilitar estos indicadores y poner en funcionamiento todos los indicadores los cuales constan en el tablero de instrumentos.

Para esto se debió realizar un arnés de cableado eléctrico, conectando varios sensores que permitirán enviar señales hacia el tablero de instrumentos, para que se pueda visualizar el funcionamiento del motor.

Éste consta de un sensor de temperatura del motor, un medidor de nivel de combustible adaptado en el depósito y un sensor de velocidad del vehículo; los cuales además de informar mediante el tablero de instrumentos el funcionamiento del sistema de frenos ABS, nos indica los parámetros de funcionamiento del motor de combustión.

3.18. Construcción del tablero de control

El tablero de control se compone de interruptores, switch de encendido, caja de fusibles y el conector DLC para el diagnóstico del sistema ABS; que controlan el funcionamiento del banco de pruebas.



FIGURA 41: Tablero de control

FUENTE: Julio Suárez

Para la construcción del tablero de control, se requirió de una platina de (1/2"), la cual fue doblada hasta llegar a la forma requerida para la base del tablero de control, posteriormente fueron soldadas las platinas a las estructura del banco de pruebas.

Para la superficie donde se encuentran los interruptores, conmutadores de control y su respectiva caja de fusibles, se escogió dos regletas de acrílico las cuales fueron perforadas minuciosamente para posteriormente insertar los elementos que conforman el tablero de control. Luego fueron fijados mediante tornillos Allen M5 x 1.25 mm.

3.19. Modificación del cableado eléctrico

La función del cableado es la de transmitir la corriente eléctrica, mediante un conductor (cable), para el funcionamiento de los sistemas eléctricos en el banco de pruebas.

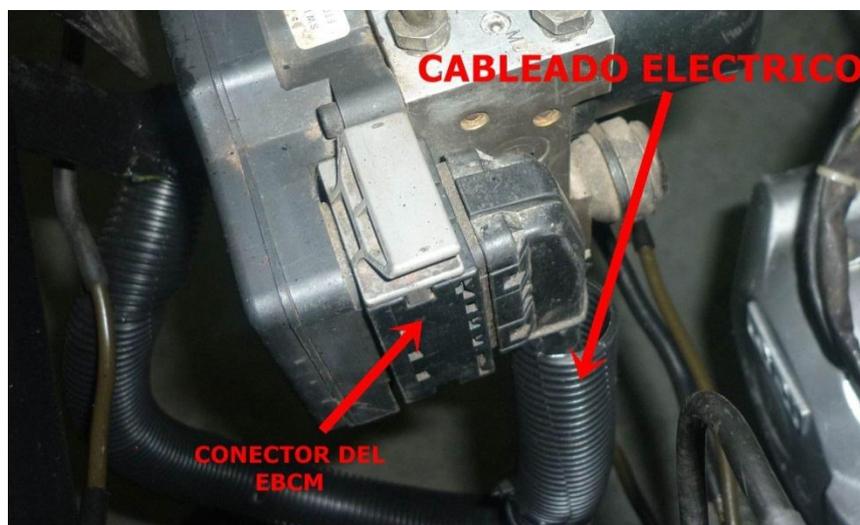


FIGURA 42: Cableado eléctrico

FUENTE: Julio Suárez

Se debió realizar modificaciones en el cableado eléctrico ya que el cableado original estuvo montado en un vehículo y su longitud era mayor, por lo cual se debió acortar la distancia del cableado. Posteriormente se realizó las conexiones eléctricas para el funcionamiento en conjunto del sistema de frenos y control electrónico ABS con el tablero de instrumentos y bus de datos del conector de diagnóstico.

También se debió adaptar una nueva caja de fusibles, por lo que la original poseía varios fusibles y relés que no se iba a requerir puesto que pertenecían a otros sistemas.

3.20. Instalación de manómetros de presión hidráulica

La función de los manómetros hidráulicos, es medir la presión de trabajo del fluido hidráulico cuando se presiona el pedal de freno y también cuando se activa el sistema de frenos ABS.



FIGURA 43: Manómetros de presión hidráulica

FUENTE: Julio Suárez

En la instalación de los manómetros de medición de presión hidráulica, se realizó seis perforaciones de $\phi 52\text{mm}$ para su alojamiento. Se fijaron al acrílico los medidores de presión con el soporte de montaje. Luego se colocó el tornillo de sangrado y la unión en "T" para el ajuste y unión de las cañerías de frenos, que conectan al sistema hidráulico con el medidor de presión hidráulica.

Después se unió mediante ajuste, las cañerías de los circuitos con la unión en "T". Posteriormente se realizó la conexión para la iluminación de los manómetros, conectando el cable blanco con el circuito de iluminación (+) de 12 voltios, y el cable negro a masa del bastidor del banco de pruebas. Finalmente se realizó el sangrado del sistema de frenos mediante el procedimiento de sangrado de frenos.

3.21. Acabado final

Se realizó el acabado final del banco de pruebas mediante el pintado de las partes metálicas para proteger el banco de pruebas de la corrosión. El pintado se lo realizó con pintura anticorrosiva, con diversos colores para identificar de mejor manera las partes del banco de pruebas.

CAPÍTULO 4

PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE FRENOS ABS

4.1. Purgado del sistema de frenos con control electrónico ABS

Este procedimiento se debió llevar a cabo para garantizar que no exista presencia de aire en la unidad de control del ABS, las cañerías de freno y el cilindro principal.

4.1.1. Procedimiento de verificación

1. Se retiró la tapa del depósito del cilindro principal de freno y se llenó el depósito con líquido de frenos. **Nota:** Si el líquido de frenos se derrama sobre cualquier superficie pintada se debe lavar inmediatamente. Cuando sea purgado el sistema de frenos, no se debe soltar el pedal del freno.

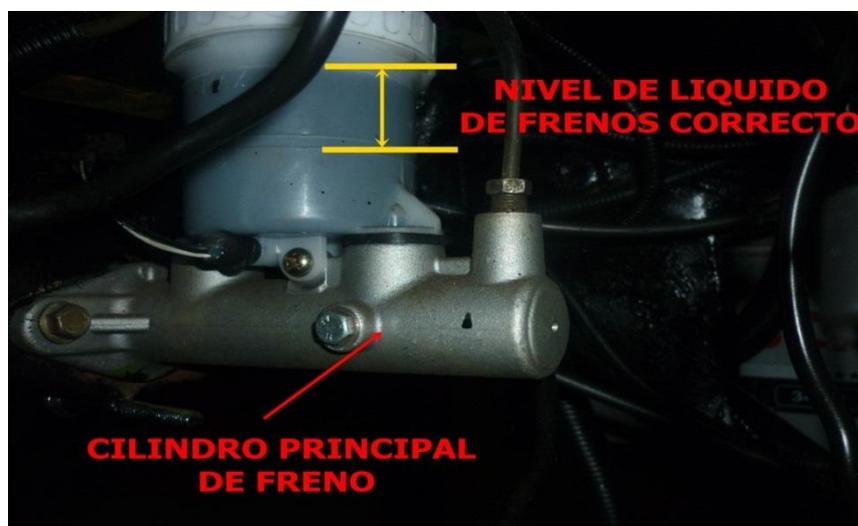


FIGURA 44: Nivel de líquido de frenos

FUENTE: Julio Suárez

Fluido recomendado: DOT3 o DOT4.

2. Se colocó una manguera flexible transparente a la purga de la mordaza de freno y el otro extremo de la manguera en un reservorio transparente con líquido de frenos.



FIGURA 45: Purgado de frenos

FUENTE: Julio Suárez

3. Se conectó el scanner al conector de diagnóstico (DLC), ubicado debajo del tablero de control.



FIGURA 46: Interfaz de diagnóstico

FUENTE: Julio Suárez

4. Se seleccionó la función de purgado de frenos para operar de acuerdo a las instrucciones de la pantalla del scanner.

- Se seleccionó diagnóstico de vehículo Kia.
- Se seleccionó el modelo del vehículo.
- Se seleccionó el sistema ABS.
- Luego seleccionamos el modo de purgado de aire.
- Pulsamos "Sí" para operar la bomba del motor y la válvula de solenoide.

Nota: Nunca se debe sobrepasar el tiempo de funcionamiento máximo del motor ABS con el scanner para evitar que el motor de la bomba hidráulica se queme.

- Selección de marca del vehículo.



FIGURA 47: Prueba activa Paso 1

FUENTE: Julio Suárez

- Selección de versión del software.

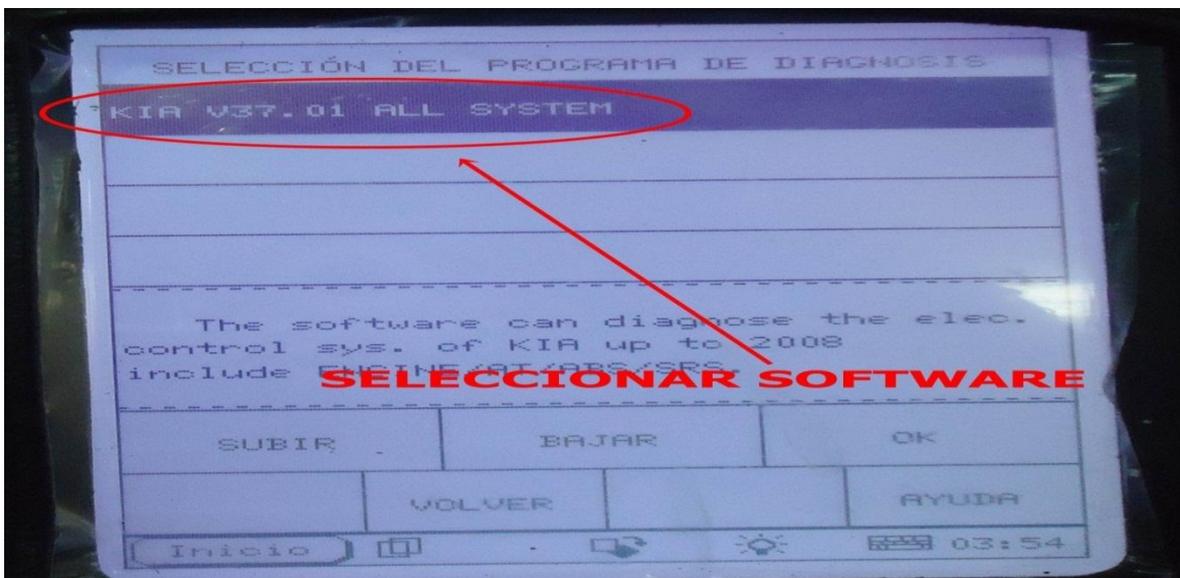


FIGURA 48: Prueba activa Paso 2

FUENTE: Julio Suárez

- Ingresando al programa de diagnóstico.

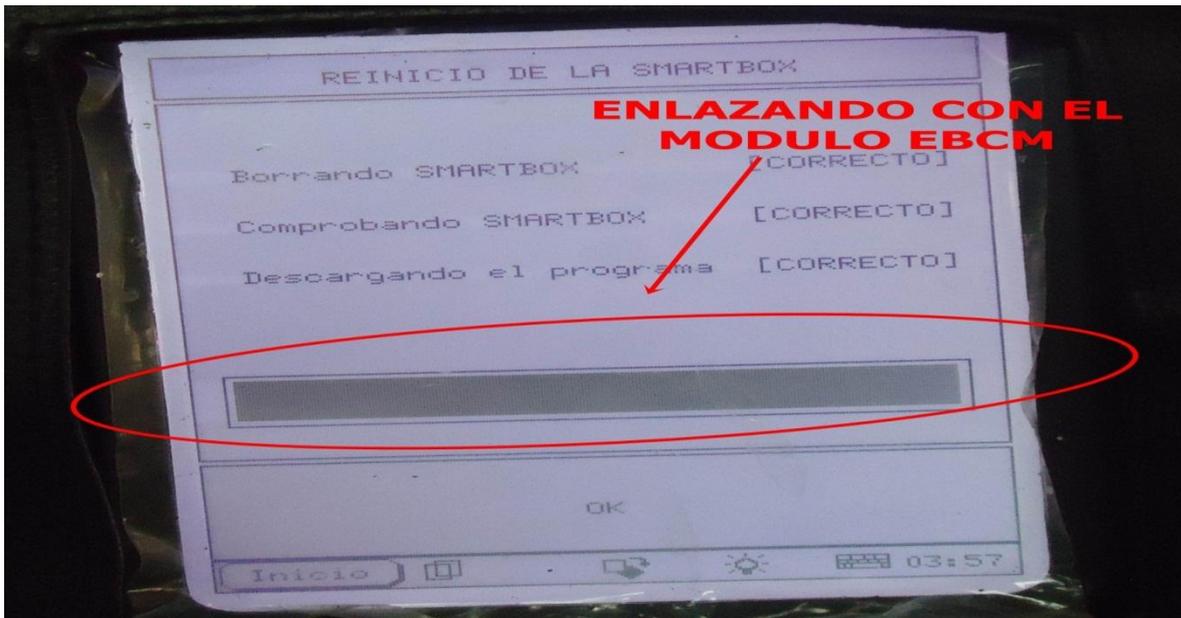


FIGURA 49: Prueba activa Paso 3

FUENTE: Julio Suárez

- Selección 16 Pin (DLC).

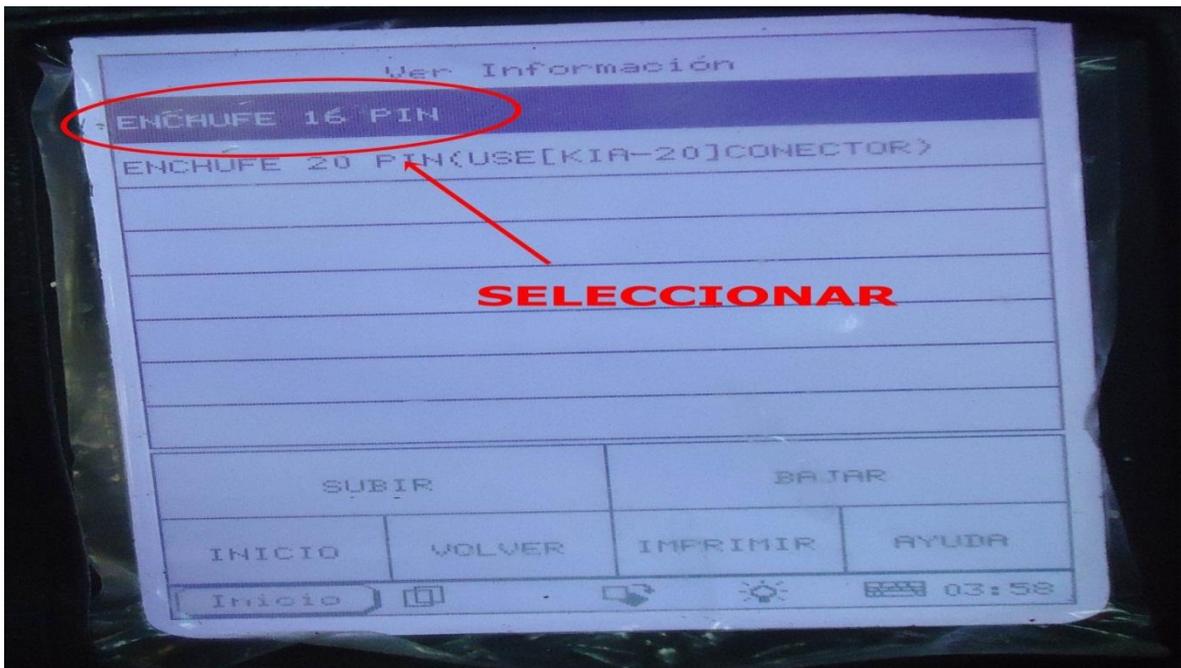


FIGURA 50: Prueba activa Paso 4

FUENTE: Julio Suárez

- Selección del área.

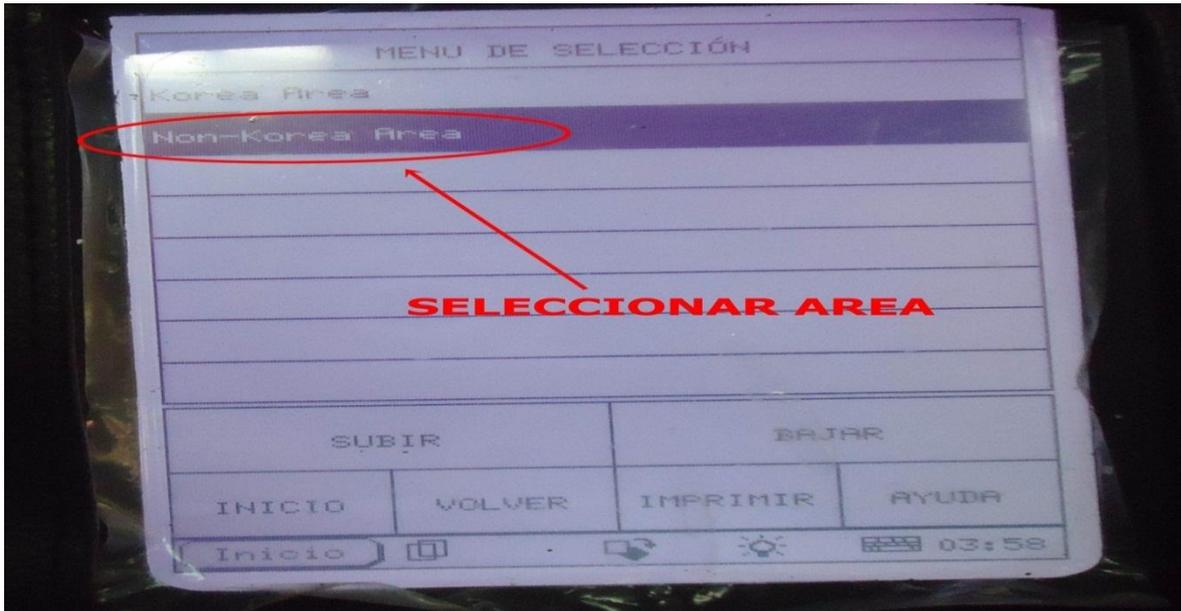


FIGURA 51: Prueba activa Paso 5

FUENTE: Julio Suárez

- Selección modelo del vehículo.

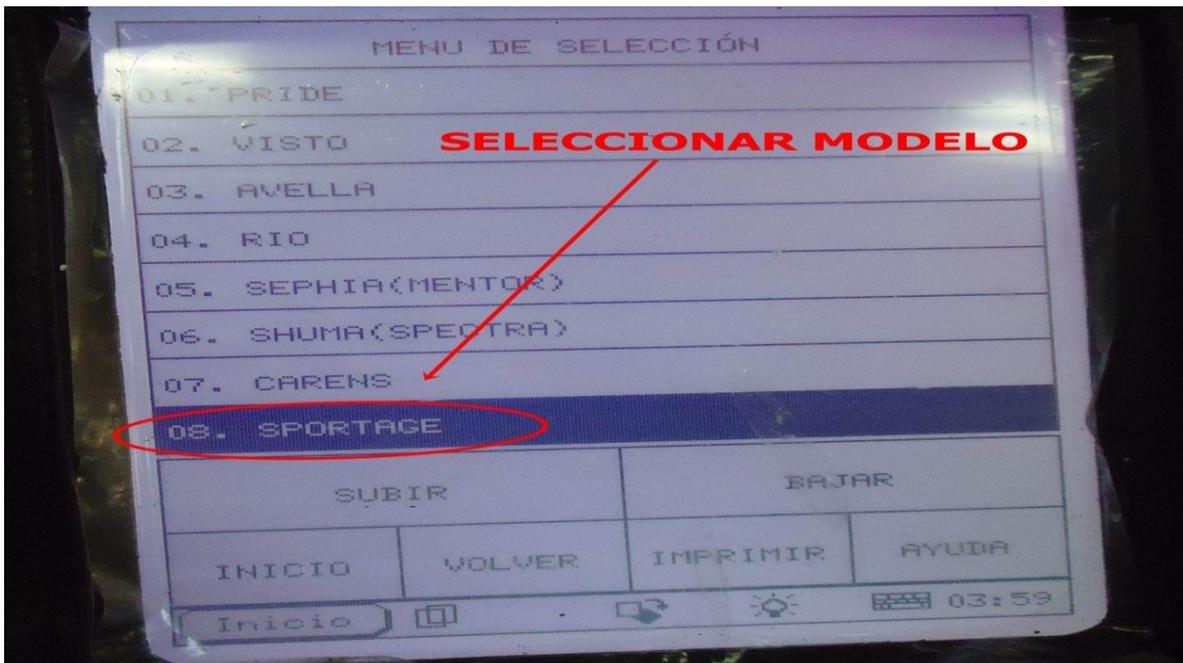


FIGURA 52: Prueba activa Paso 6

FUENTE: Julio Suárez

- Selección año de producción.

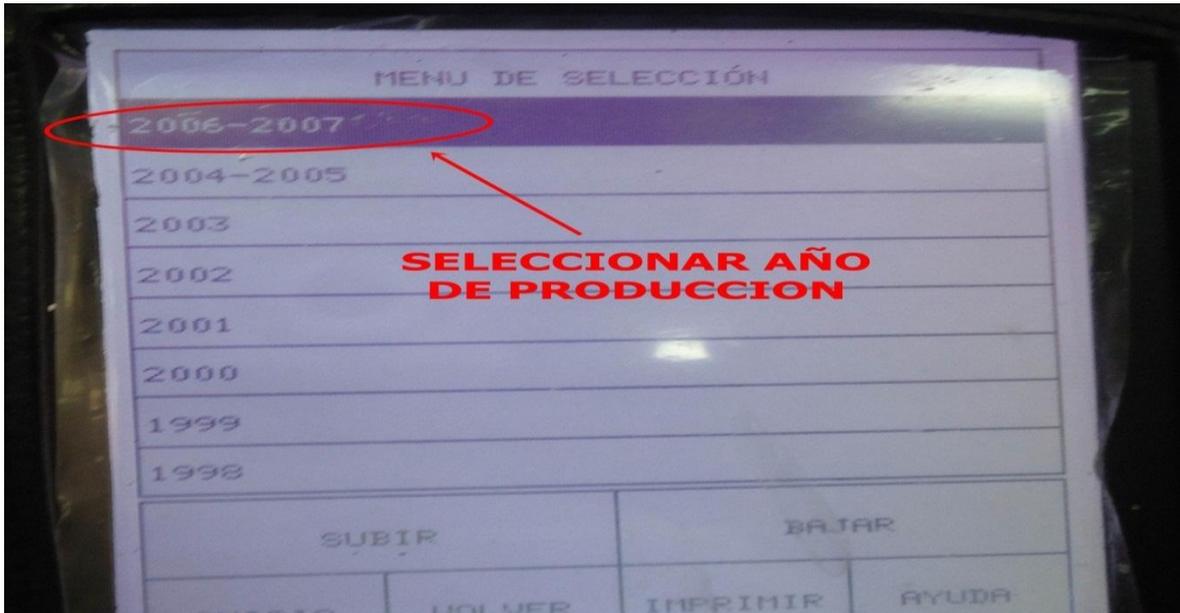


FIGURA 53: Prueba activa Paso 7

FUENTE: Julio Suárez

- Selección del sistema ABS.

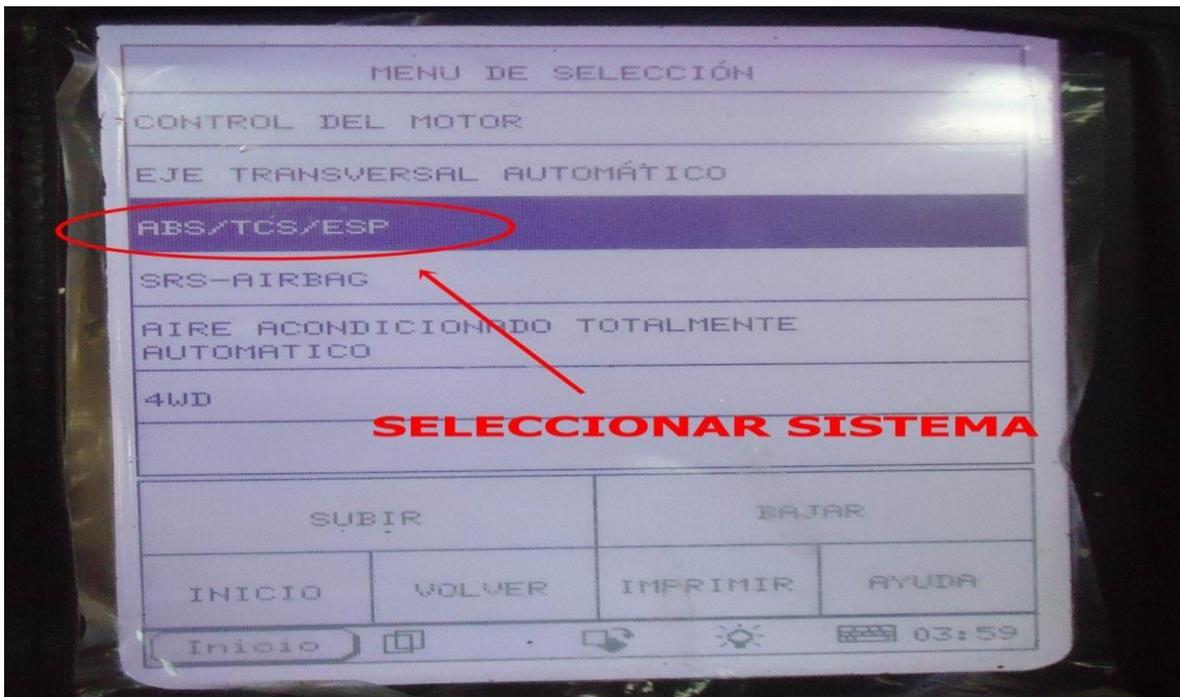


FIGURA 54: Prueba activa Paso 8

FUENTE: Julio Suárez

- Selección de purgado de frenos.

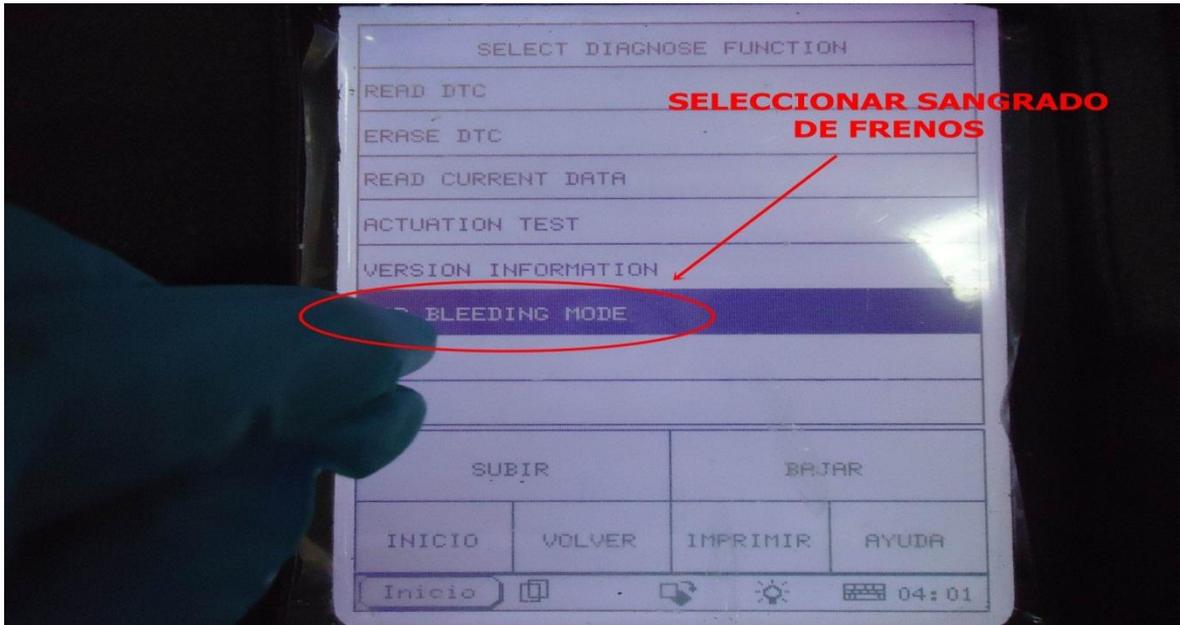


FIGURA 55: Prueba activa Paso 9

FUENTE: Julio Suárez

- Inicio del purgado de frenos.

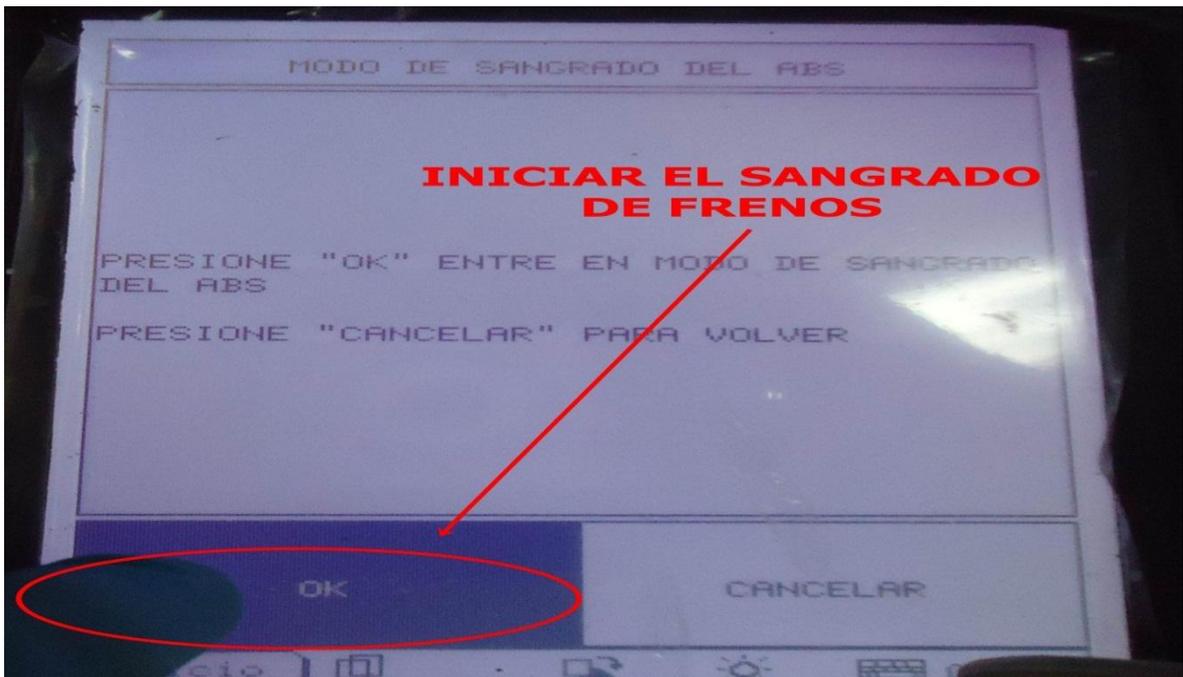


FIGURA 56: Prueba activa Paso 10

FUENTE: Julio Suárez

- Estado de purgado del sistema de frenos.

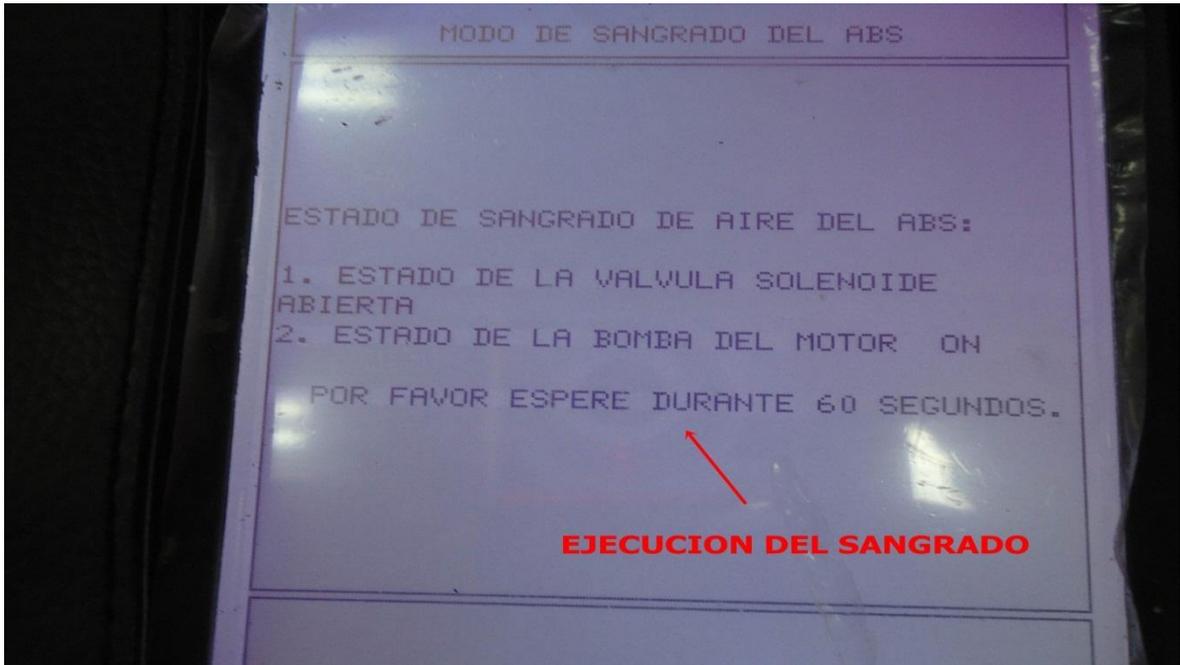


FIGURA 57: Prueba activa Paso 11

FUENTE: Julio Suárez

- Purgado del sistema de frenos completado.

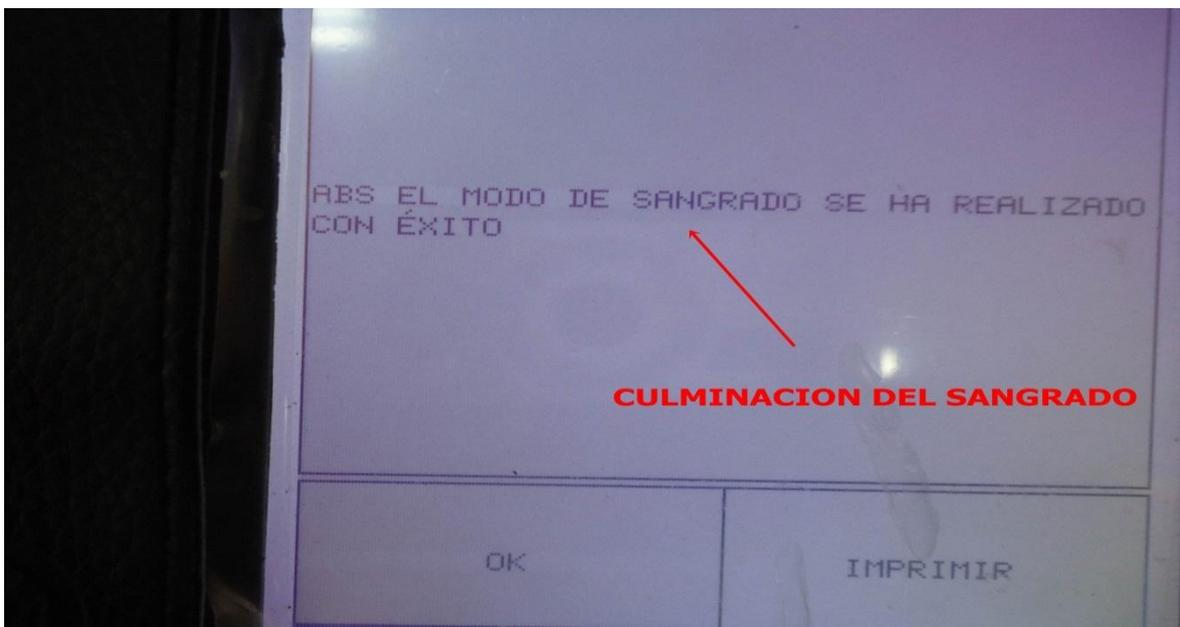


FIGURA 58: Prueba activa Paso 12

FUENTE: Julio Suárez

Se debió esperar 60 segundos. Antes de volver a realizar el purgado, en cada una de las mordazas.

5. Se procedió a bombear el pedal del freno varias veces, y luego aflojar el tornillo de purga hasta que el líquido comience a salir sin burbujas, luego se cerró el tornillo de purga.

6. Se repitió el paso 5 hasta que no existan burbujas en el fluido en cada una de las mordazas.

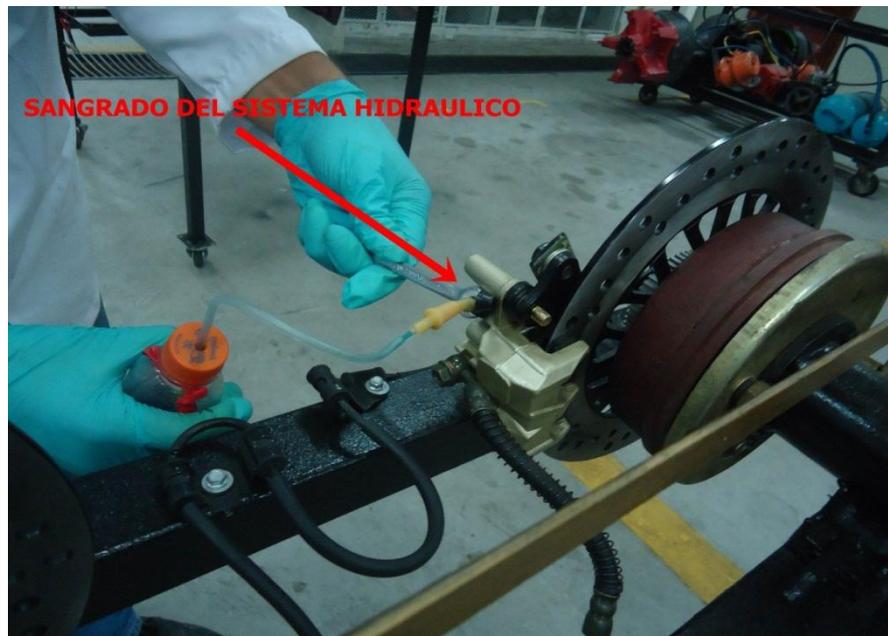


FIGURA 59: Purgado de frenos

FUENTE: Julio Suárez

7. Al finalizar el purgado se procedió a apretar el tornillo de purga.

- Par de apriete del tornillo de purga: 70~130 kg - cm, 5.1~9.5 lb - ft.

4.2. Comprobación gráfica del sensor de velocidad de rueda

Un rotor dentado o rueda fónica, se fija al eje giratorio de los diferenciales del banco de pruebas. A medida que el disco de freno gira los dientes del rotor causan cambios de flujo magnético en el campo magnético del imán permanente.

Los elementos sensores detectan estos cambios. Dependiendo del flujo cambiante del sensor se envía una señal al EBCM. El cambio en el flujo magnético de la señal del sensor está directamente relacionado con la velocidad del disco de freno. Por lo cual el control del monitoreo de la señal del sensor, compara las cuatro señales de velocidad de los discos para iniciar el control del ABS según se requiera.

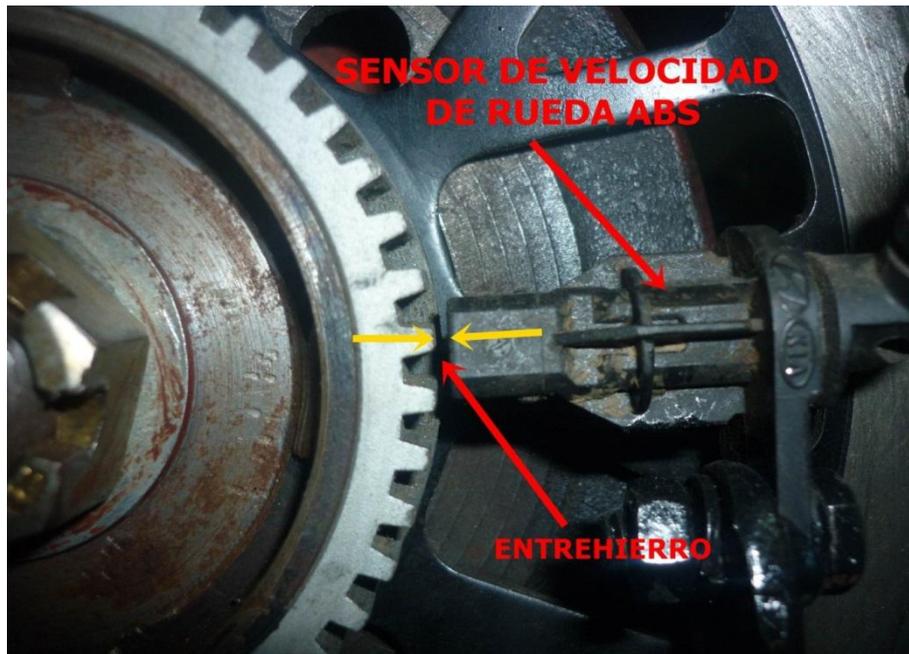


FIGURA 60: Entrehierro

FUENTE: Julio Suárez

4.2.1. Especificaciones del sensor de rueda

En la siguiente tabla se presenta, las condiciones de funcionamiento y valores de medición de los sensores de rueda.

TABLA 8: Sensor de rueda ABS

ÍTEM		VALOR ESTÁNDAR	OBSERVACIÓN	OBSERVACIÓN
Tensión de alimentación		DC 12V		
Temperatura de operación		(-40 ~ 120°C)		R=100Ω
Rango de corriente de salida		Bajo	7 mA (5.9~8.4 mA)	
		Alto	14 mA (11.8~16.8 mA)	
Rango de frecuencia		1 ~ 2000Hz		
Entrehierr o		0.5 ~ 1.5 mm (0.0197~0.0591in.)		
Rueda fónica	Número	48		

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

4.2.2. Procedimiento de verificación

1. Se midió el voltaje de salida entre el terminal del sensor de velocidad de rueda y la masa de la carrocería.

Nota: Se debe utilizar una resistencia de (100Ω), con la finalidad de proteger el sensor de velocidad de la rueda en movimiento, antes de medir la tensión de salida.



FIGURA 61: Verificación sensor de rueda

FUENTE: Julio Suárez

2. Posteriormente se comparó el cambio de la tensión de salida del sensor de velocidad de rueda con la gráfica de la tensión de salida.

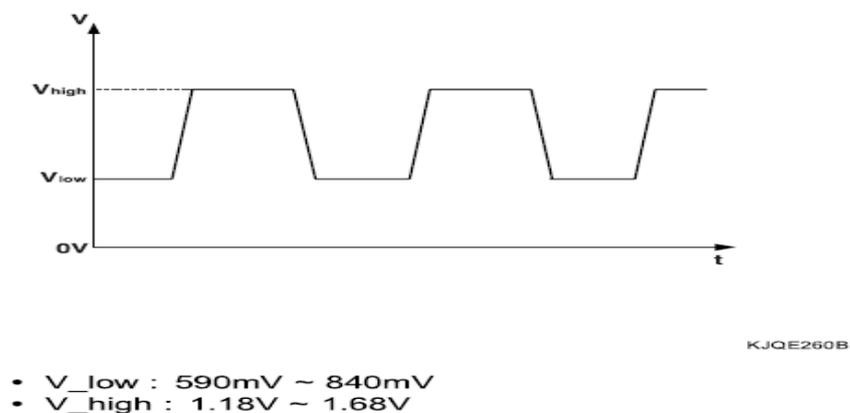


FIGURA 62: Señal sensor de rueda

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

4.3. Comprobación del sensor-G

El sensor-G detecta cambios en la dirección longitudinal del banco de pruebas y lo transmite al EBCM como un cambio de voltaje.

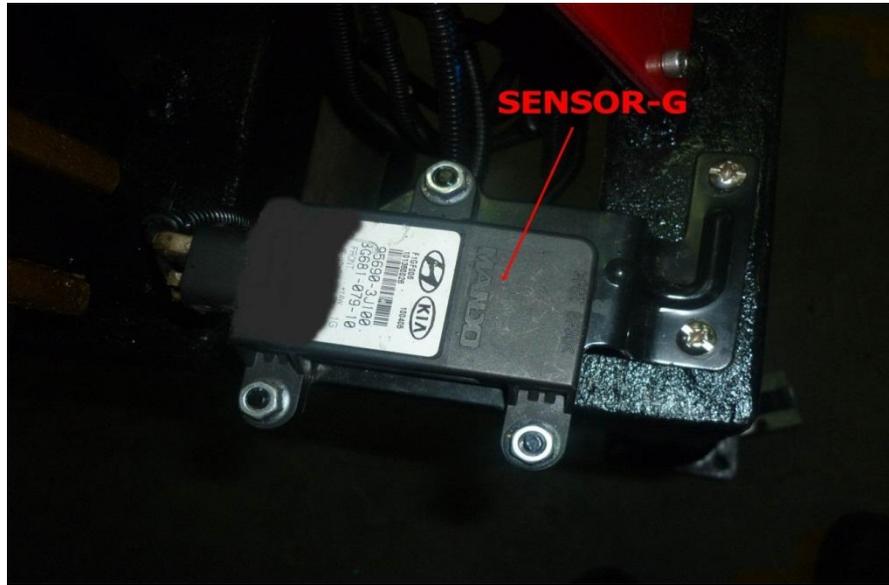


FIGURA 63: Sensor-G

FUENTE: Julio Suárez

4.3.1. Procedimiento de verificación

1. Conectar un probador de tensión a ambos terminales 2 y 3 del sensor-G.
2. Medir el voltaje de salida cuando el interruptor (IGN) está encendido.

Especificaciones: 2.5 Voltios.



FIGURA 64: Verificación 1 sensor-G

FUENTE: Julio Suarez

3. Medir la tensión de salida entre los terminales 2 y 3, con la marca de la flecha del sensor-G hacia abajo. Especificación: 3.5 Voltios.



FIGURA 65: Verificación 2 sensor-G

FUENTE: Julio Suarez

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Monitorear la efectividad del sistema de frenos ABS

Mediante la obtención de la efectividad del banco de pruebas, sabremos que este cumplirá todos los requerimientos mientras esté en funcionamiento el sistema de frenos con control electrónico ABS, así como también lograr visualizar las diferentes presiones hidráulicas que se manejan durante el funcionamiento del sistema mediante los manómetros de presión hidráulica.

5.2. Mediciones reales del sistema (Anti-lock Brake System)

La HCU (Unidad de Control Hidráulico) y la ECU (Electronic Control Unit) son aquellas unidades que en conjunto conforman el módulo de control electrónico ABS ó EBCM (Modulo de Control Electrónico del Freno).

Esta unidad tiene las siguientes funciones:

- Entradas de señal desde el sensor de presión, sensor lateral G, los sensores de velocidad de las ruedas unidas a cada rueda.
- El control de la fuerza de frenado/fuerza de tracción/ momento de derrape.
- Función de prueba de fallos.
- La función de auto diagnóstico.
- Interfaz para el diagnóstico externo con scanner.

5.3. Posición de instalación

Para la instalación del sistema de frenos en el banco de pruebas se debió tomar muy en cuenta, la longitud de la cañería del freno desde el cilindro principal hasta el EBCM; que debe ser como máximo 1 metro.

5.4. Modo de operación

El EBCM se pone en funcionamiento por el cambio en el voltaje de funcionamiento a (IGN). Al término de la fase de inicialización, el EBCM se encuentra listo para funcionar.

En la condición de funcionamiento, el EBCM estará listo, dentro de los límites especificados (voltaje y temperatura), para procesar las señales recibidas por los diversos sensores, actuadores e interruptores de acuerdo con el algoritmo de control definido por el software y para controlar la función hidráulica y actuadores eléctricos.

5.5. Procesamiento de la señal del sensor de rueda

El EBCM recibe la señal de velocidad de los discos de freno desde los cuatro sensores de rueda activos.

Las señales de las ruedas se convierten en señales de tensión por el circuito de acondicionamiento de la señal después de recibir la señal de corriente de los sensores de rueda activos y se dan como entrada al EBCM.

5.6. Electroválvula de control

Cuando un lado de la bobina de la válvula está conectado a la tensión positiva que se proporciona a través del relé de la válvula y el otro lado está conectado a tierra por el circuito de semiconductores, la válvula solenoide entra en funcionamiento.

Las funciones eléctricas de las bobinas están siempre supervisadas por el impulso de prueba de la válvula bajo condiciones normales de operación.

5.7. Límites de tensión

5.7.1. Sobretensión

Cuando la sobretensión es detectada (alrededor de 16,5 V), el EBCM desconecta el relé de la válvula y se apaga el sistema. Cuando el voltaje vuelve al rango de operación, el sistema regresa a la condición normal después de la fase de inicialización.

5.7.2. Baja tensión

En caso de baja tensión (por debajo de 10 V), el control del ABS se inhibe y la lámpara de advertencia estará encendida. Cuando el voltaje vuelve al rango de operación la lámpara de advertencia se apaga y vuelve el EBCM al modo de funcionamiento normal.

5.8. Chequeo del motor de la bomba hidráulica

El EBCM realiza una prueba al motor de la bomba a una velocidad de 12 km/h una vez después que está encendido (IGN).

5.9. Interfaz de diagnóstico

Los fallos detectados por el EBCM se guardan en la memoria, almacenada en una EPROM y leídos por el equipo de diagnóstico cuando el interruptor de encendido está en posición ON.

La interfaz de diagnóstico también se puede utilizar para realizar pruebas activas al EBCM durante su funcionamiento y para accionar el EBCM durante el purgado de los frenos, esto quiere decir quitar el aire del sistema hidráulico.

5.10. Luz de advertencia ABS

La luz de advertencia del ABS indica el auto-diagnóstico y el estado de fallo del ABS. La lámpara de advertencia del ABS puede encenderse cuando:

- Durante la fase de inicialización, después de la ignición en posición ON. (Continuamente 3 segundos).
- En el caso de la inhibición de las funciones de ABS por un fallo generado.
- Durante el modo de diagnóstico.
- Cuando el conector del EBCM se desconecta de la misma.



FIGURA 66: Tablero de instrumentos

FUENTE: Julio Suárez

5.11. Luz de advertencia TCS

La luz de advertencia TCS (SISTEMA DE CONTROL DE TRACCIÓN) indica el auto-diagnostico, el funcionamiento y el estado de fallo del sistema TCS.

La lámpara de advertencia TCS se enciende bajo las siguientes condiciones:

- Durante la fase de inicialización después de la ignición en ON. (Continuamente 3 segundos).
- En el caso de la inhibición de las funciones de TCS por un fallo generado.
- Al operador apagar las funciones de TCS por el interruptor ON/OFF.

- Durante el modo de diagnóstico.
- Cuando el control TCS está funcionando (Intermitente 2-Hz).

5.12. Interruptor TCS ON/OFF

El switch TCS ON/OFF se utiliza para alternar entre la función de TCS de encendido/apagado requerido por el operador. El encendido/apagado será normalmente abierto, es un interruptor de contacto momentáneo.

5.13. Interfaz de diagnóstico

Para la realización del diagnóstico y verificación del estado del EBCM, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Girar el interruptor de encendido en posición OFF.
2. Conectar el Scanner de diagnóstico, al interfaz de diagnóstico de enlace de datos 16P (DLC), que se encuentra el panel de instrumentos del banco de pruebas.
3. Girar el interruptor de encendido en posición ON.
4. Comprobar si existen fallos almacenados en la memoria con el Hi-scan (scanner).
5. Después de completar el diagnóstico de fallos y finalizar la reparación o corrección del problema, borrar los códigos de fallo almacenados.
6. Desconectar el scanner desde el conector de enlace de datos 16P (DLC) cuidadosamente.

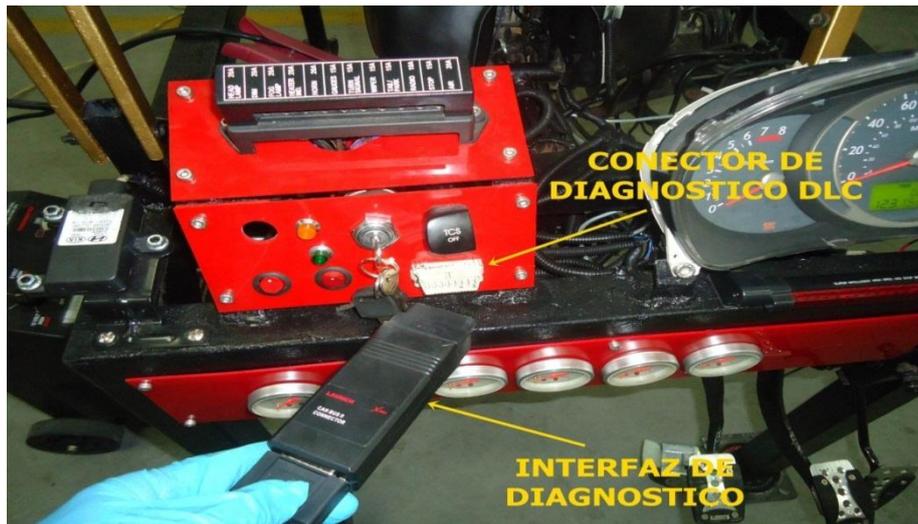


FIGURA 67: Interfaz de diagnóstico

FUENTE: Julio Suárez

5.14. Control del sistema ABS

5.14.1. Frenado normal sin funcionamiento del ABS

Cuando se realiza el frenado, la presión hidráulica en (M/C) se incrementa. La presión alcanzada fluye hacia la mordaza de freno del disco a través de la válvula de entrada inferior abierta (IV). El flujo a través de la válvula de salida (OV) está cerrado.

TABLA 9: Sin sistema ABS

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Pasaje	Motor bomba hidráulica
Válvula de entrada (IV)	ON	ABIERTA	Cilindro maestro ↔ Cilindro de Rueda	OFF
Válvula de salida (OV)	OFF	CERRADA	Cilindro de Rueda ↔ Reservorio	

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

La velocidad de los discos de freno se reduce a medida que se aumenta la presión de freno, hasta que los discos se bloqueen.

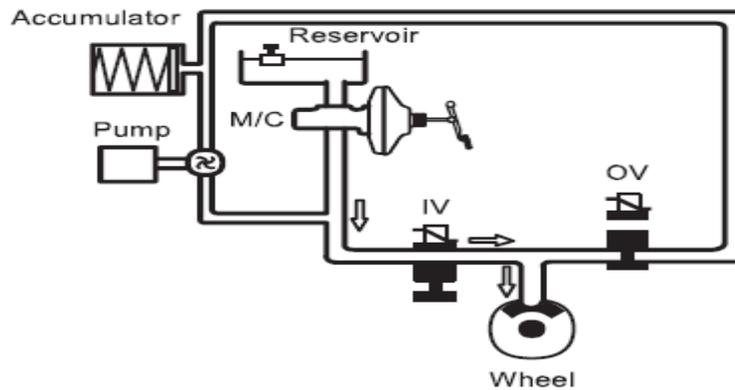


FIGURA 68: Sin sistema ABS

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

5.14.2. Frenado normal con funcionamiento del ABS

1) Modo disminuir

Si la velocidad de los discos disminuye, todavía existe una tendencia a bloquearse; la presión del freno en la mordaza correspondiente deberá reducirse. Para ello, la válvula de salida (OV) es abierta, la válvula de entrada (IV) permanece cerrada.

TABLA 10: Modo disminuir

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Pasaje	Motor bomba hidráulica
Válvula de entrada (IV)	OFF	CERRADA	Cilindro maestro ↔ Cilindro de Rueda	ON
Válvula de salida (OV)	ON	ABIERTA	Cilindro de Rueda ↔ Reservorio	

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

La presión de frenado en el acumulador de baja presión se reduce. El disco en peligro de bloqueo aumenta su velocidad nuevamente.

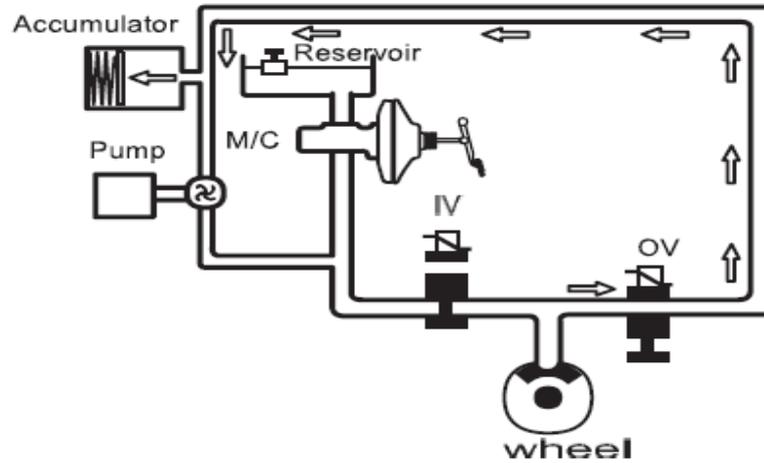


FIGURA 69: Modo disminuir

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

2) Modo mantener

Cuando un disco (o varios) tienden a bloquearse, la válvula de entrada (IV) es la primera en cerrarse, para evitar un incremento adicional de la presión de frenado.

TABLA 11: Modo mantener

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Pasaje	Motor bomba hidráulica
Válvula de entrada (IV)	OFF	CERRADA	Cilindro maestro ↔ Cilindro de Rueda	ON
Válvula de salida (OV)	OFF	CERRADA	Cilindro de Rueda ↔ Reservoirio	

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

La válvula salida (OV) permanece cerrada; la presión de frenado se mantiene constante.

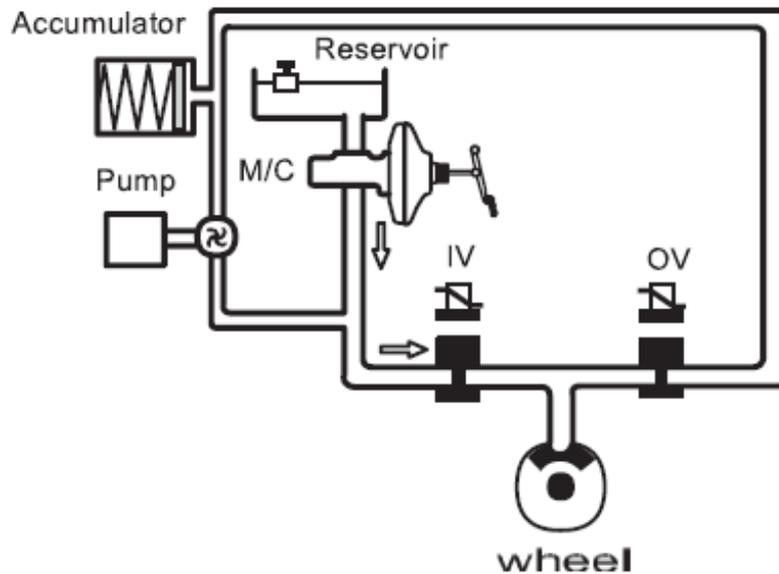


FIGURA 70: Modo mantener

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

3) Modo incrementar

Para un frenado óptimo por cierta aceleración del disco de freno es necesario un aumento de presión de frenado. Para ello, la válvula de entrada (IV) se abre y la válvula salida (OV) se cierra. La bomba de la unidad de control empieza a funcionar y aspira la cantidad necesaria de líquido de frenos desde el acumulador de baja presión; con el fin de producir la presión de frenado necesaria para la fase de aumento de presión en segundos.

TABLA 12: Modo incrementar

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Pasaje	Motor bomba hidráulica
Válvula de entrada (IV)	ON	ABIERTA	Cilindro maestro ↔ Cilindro de Rueda	ON
Válvula de salida (OV)	OFF	CERRADA	Cilindro de Rueda ↔ Reservorio	

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

Con un incremento en la presión de los frenos, la velocidad de los discos se reduce. Estas fases de control se repiten hasta que la unidad de control ABS ya no detecte cualquier tendencia de los discos de bloquearse.

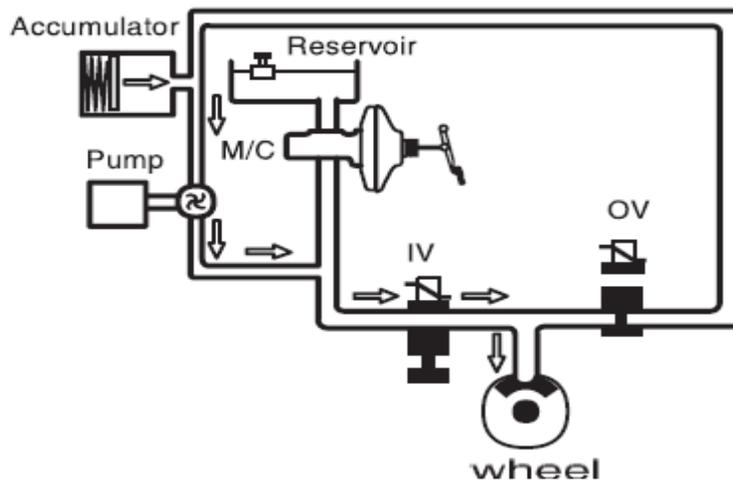


FIGURA 71: Modo incrementar

AUTOR: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

Nota: Durante esta función de control del ABS, el pedal del freno sólo se mueve de acuerdo con el volumen requerido de las ruedas. A causa de un cambio repentino en el coeficiente de fricción este movimiento del pedal puede aumentar ligeramente.

5.15. Función a prueba de fallos

Si hay un problema con el sistema ABS, la función a prueba de fallos opera apagando el relé que suministra la energía para el solenoide la válvula, deteniendo la salida de la señal de control, y encendiendo la luz de advertencia del ABS con el fin de advertir al conductor de un mal funcionamiento del sistema ABS. En ese momento el sistema opera en el modo de funcionamiento de frenos convencionales, el sistema de frenos ABS deja de funcionar.

5.16. Sistema de control de tracción (TCS)

5.16.1. Características generales del TCS

Mejora de la capacidad de operar el banco de pruebas. Disminuye la operación de aceleración si no es necesaria en la maniobrabilidad y la aceleración en superficies resbaladizas.

Más estable en las curvas por la aceleración estable en condiciones de circulación normal. El sistema TCS comparará la velocidad del banco de pruebas recibida por el sensor de velocidad del disco trasero y del sensor de velocidad del disco delantero del lado del conductor en las condiciones de superficie resbaladiza, y proporciona un óptimo porcentaje de deslizamiento de las discos motrices.

Nota: La baja y alta adherencia, el viraje así como también la diferencia de velocidad de giro de los discos de freno son simulados en el banco de pruebas a través de las palancas de accionamiento para el control del frenado manual.

1) Modo normal

TABLA 13: Modo normal

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Motor bomba hidráulica	Válvula TC
Válvula de entrada IV)	ON	ABIERTA	OFF	OFF
Válvula de salida (OV)	OFF	CERRADA		

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

En la condición normal de operación. La válvula (TC) (normalmente abierta) es la comunicación entre el cilindro principal y el cilindro de rueda.

Cuando el pedal del freno se aplica, la presión de frenado se entrega a los cilindros de las mordazas a través de la válvula (TC) y todas las válvulas solenoide dentro de la unidad hidráulica se desactivan. En caso de mal funcionamiento del TCS, este no afecta al funcionamiento del freno.

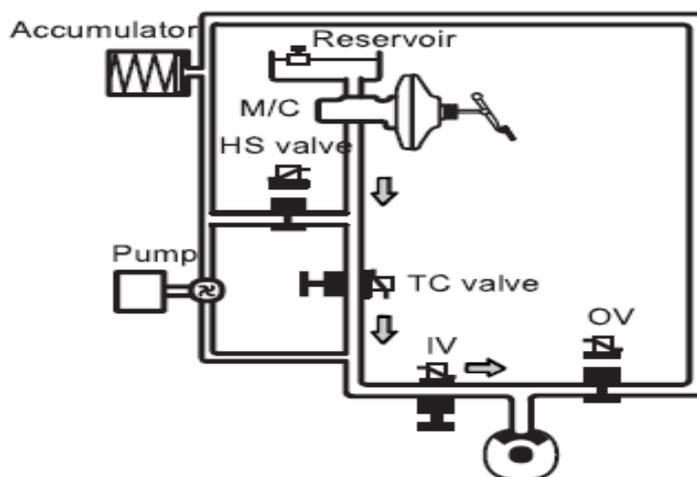


FIGURA 72: Modo normal

AUTOR: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

2) Modo aumento

Si el giro del disco delantero es detectado, el TCS inicia un control de frenado para disminuir el patinaje de los discos. La válvula selectora hidráulica (HSv) se abre.

TABLA 14: Modo aumento

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Motor bomba hidráulica	Válvula TC
Válvula de entrada (IV)	DELANTERA: ON POSTERIOR: OFF	DELANTERA: ABIERTA POSTERIOR: CERRADA	ON	OFF
Válvula de salida (OV)	OFF	CERRADA		

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

El líquido de frenos es suministrado desde el cilindro principal por el funcionamiento del motor hasta el cilindro de la mordaza a través de la (HSv).

La válvula (TC) se cierra. La presión de frenado generada por la bomba del motor sólo se entrega al disco delantero. La válvula de entrada permanece abierta para entregar la presión de frenado generada por la bomba de motor a los discos que giran.

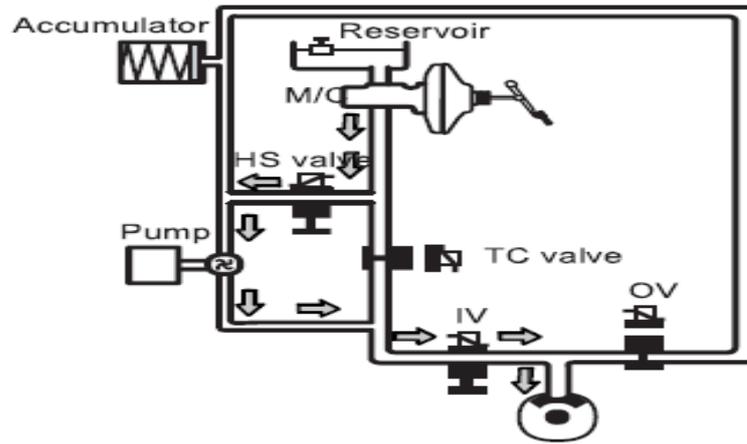


FIGURA 73: Modo aumento

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

3) Modo disminuir

Cuando la deceleración de los discos se encuentra bajo el umbral y el patinaje de los discos se reduce en virtud de un umbral de deslizamiento al aplicar la presión de frenado se conseguirá reducir el patinaje a una fuerza de tracción óptima. La válvula de salida está abierta para liberar la presión del freno y la válvula de entrada está cerrada para bloquear el aumento de la presión de la bomba de motor.

TABLA 15: Modo disminuir

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Motor bomba hidráulica	Válvula TC
Válvula de entrada (IV)	OFF	CERRADA	ON	OFF
Válvula de salida (OV)	DELANTERA: ON POSTERIOR: OFF	DELANTERA: ABIERTA POSTERIOR: CERRADA		

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

La válvula selectora hidráulica (HSv) permanece abierta, la válvula (TC) está cerrada. El motor de la unidad hidráulica está encendido, para liberar el líquido de frenos y salir del bloqueo de los discos de freno.

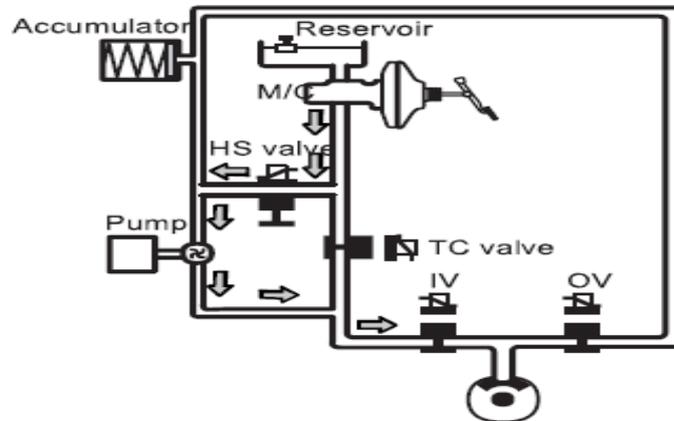


FIGURA 74: Modo disminuir

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

4) Modo mantener

Si la velocidad de los discos disminuye, todavía existe una tendencia a bloquearse; la presión del freno en la mordaza correspondiente deberá reducirse. Para ello, la válvula de salida (OV) es abierta, la válvula de entrada (IV) permanece cerrada.

TABLA 16: Modo mantener

Válvula Solenoide	Estado	Válvula	Motor bomba hidráulica	Válvula TC
Válvula de entrada (IV)	OFF	CERRADA	ON	OFF
Válvula de salida (OV)	ON	ABIERTA		

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

La presión de frenado en el acumulador de baja presión se reduce. El disco en peligro de bloqueo aumenta su velocidad nuevamente.

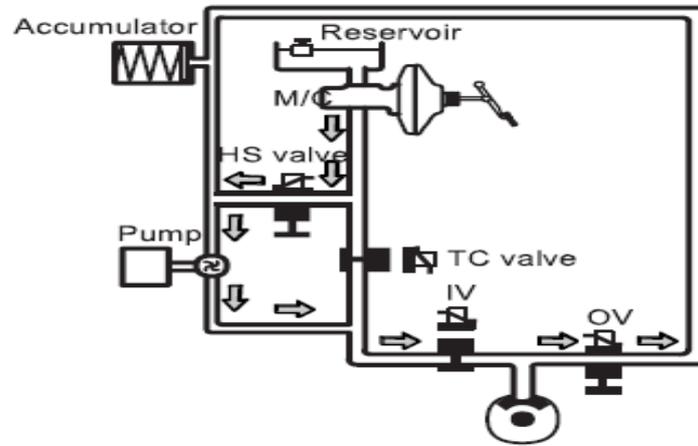


FIGURA 75: Modo mantener

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

a) Durante la investigación se logró notar que el principio de funcionamiento del sistema de frenos se basa en aspectos físicos y químicos. Además de establecer que todos los sistemas de frenos cumplen una misma función la cual es detener las masas en movimiento.

b) El diseño del equipo de entrenamiento es muy importante debido a que se pudo obtener información acerca de la fiabilidad en su construcción, para de esta manera saber si es factible su fabricación. Disminuyendo los costos de fabricación y desperdicio de material.

c) La construcción de un equipo de entrenamiento resulta menos compleja si se realiza un diseño del mismo, debido a que se posee toda la información y disponibilidad de partes, lo que constituye la reducción del tiempo en su elaboración.

d) Las pruebas realizadas en las que se demuestra el funcionamiento del sistema dan a conocer mediante una simulación de cómo es el comportamiento del sistema de frenos ABS equipado en los vehículos.

e) En la realización de diagnósticos y verificación de fallos en el sistema de frenos ABS, es estrictamente necesaria la utilización de un scanner automotriz así como también para realizar el purgado del sistema hidráulico.

f) El diseño de diagramas y circuitos eléctricos e hidráulicos, además de un plan de mantenimiento, permiten al operador obtener información en el caso de una reparación o mantenimiento futuro del banco de pruebas.

6.2. Recomendaciones

a) Se debe realizar una recopilación de información de varios textos y páginas virtuales con el fin de escoger la mejor información y la más actualizada.

b) Para la realización del diseño estructural del banco de entrenamiento resulta muy útil la utilización de varios software como "AUTOCAD" y para calcular la resistencia del bastidor se puede utilizar "AUTODESK INVENTOR", debido a su gran desempeño en análisis de esfuerzo.

c) Para la construcción del banco de entrenamiento, se debe verificar que exista el stock de partes y repuestos en el mercado, así como también los materiales de fabricación; para evitar paros en su desarrollo debido a la dificultad de importación de partes.

d) Durante la realización de pruebas activas, seguir minuciosamente las instrucciones para el purgado de frenos, ya que si se excede el tiempo de funcionamiento del motor eléctrico del EBCM, podría causar averías y fallos en su funcionamiento. Además de realizar las pruebas activas con el motor de combustión interna encendido, para evitar que la batería llegue a descargarse.

e) Seguir los procedimientos de realización de diagnósticos, ayudará a resolver los problemas de diagnóstico en menor tiempo posible.

f) Para una mejor comprensión del funcionamiento de los distintos sistemas que conforman el banco de entrenamiento, los diagramas y manuales de mantenimiento deben ser de fácil manejo para el operador; obteniendo un óptimo funcionamiento del sistema.

ANEXOS

Anexo 1. Banco de pruebas del sistema de frenos ABS



FIGURA 76: Banco de pruebas sistema ABS

FUENTE: Julio Suárez

Anexo 2. Diagrama del sistema hidráulico del módulo ABS

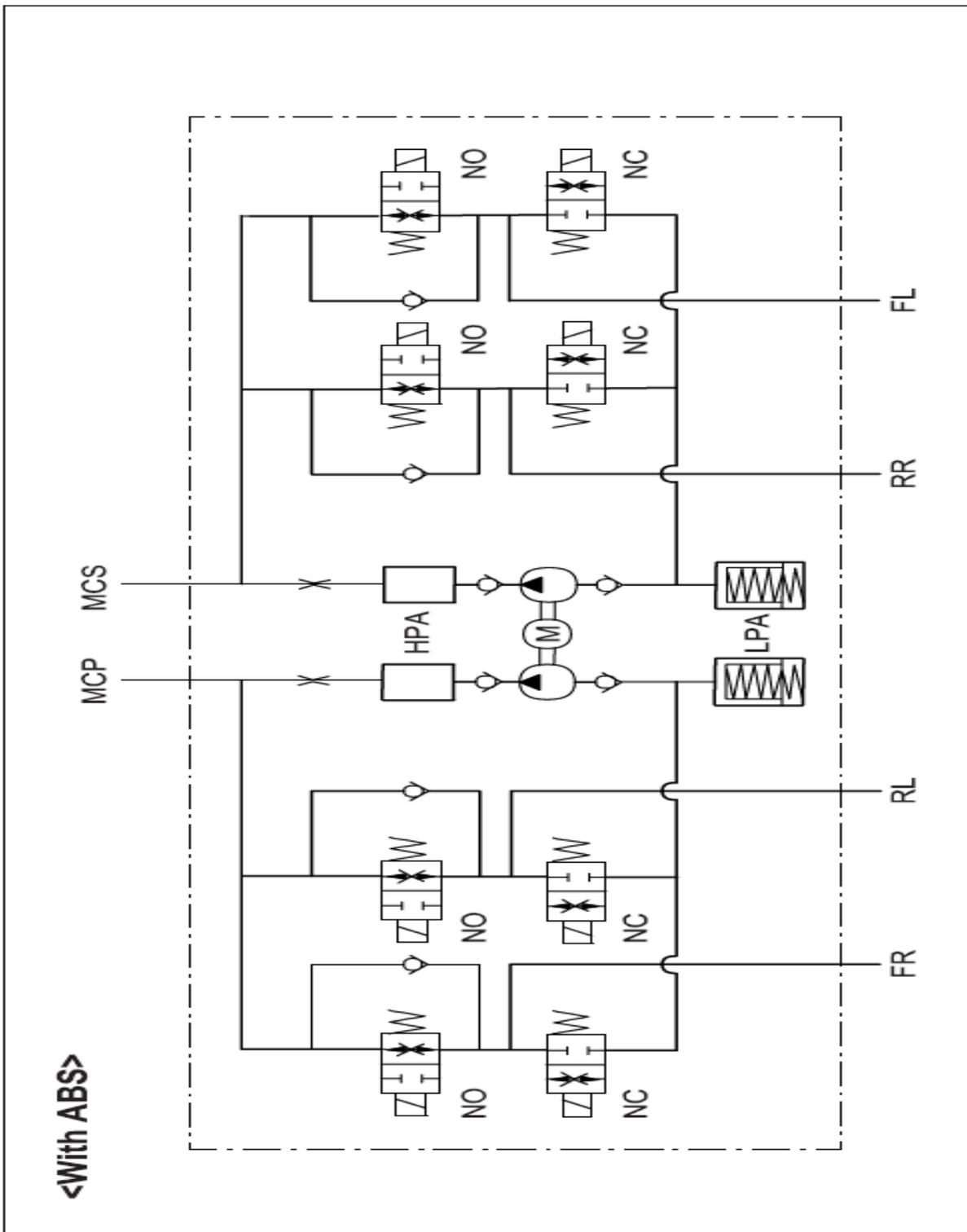


FIGURA 77: Diagrama hidráulico ABS

FUENTE: HYUNDAI MOTOR CO. (2005)

Anexo 4. Diagrama eléctrico del sistema de frenos con control electrónico ABS en el banco de pruebas

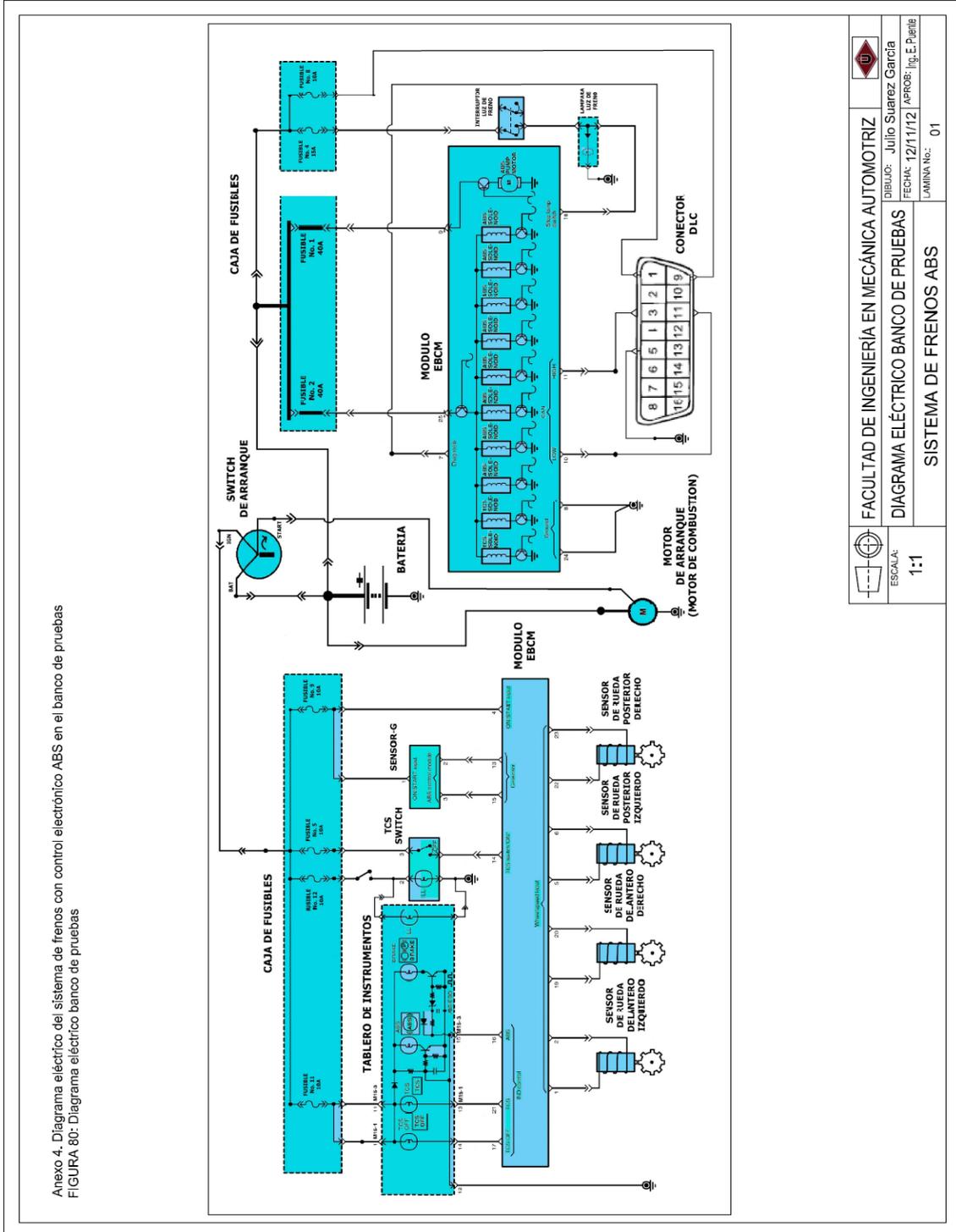


FIGURA 80: Diagrama eléctrico banco de pruebas

FUENTE: Julio Suárez

Anexo 5. Manual de mantenimiento

TABLA 17: Plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO BANCO DE PRUEBAS SISTEMA ABS		INTERVALO DE MANTENIMIENTO																			
		250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4500	4750	5000	
MANTENIMIENTO		h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
Cambio de aceite:																					
Aceite de motor		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cambio de filtros:																					
Filtro de aire de motor					x																
Filtro de combustible		x			x																
Cambio de bujía:																					
Bujía					x																
Cambio de fluido de frenos:																					
Líquido de frenos					x																
Inspecciones:																					
Tensión de cadenas eslabonadas		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nivel de líquido de frenos		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nivel de electrolito de la batería		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificación de fugas de fluidos					x																
Contactos eléctricos		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lubricación:																					
Engrase de cadenas eslabonadas					x																
Lubricación de mecanismo de zapatas					x																
Lubricación mecanismo de pedales					x																
Engrase de diferenciales					x																
Ajustes:																					
Pernos de sujeción de motor					x																
Pernos de sujeción de diferenciales					x																
Tornillos de sujeción de palancas de accionamiento					x																
Pernos de sujeción mordazas de freno					x																
Pernos de sujeción de tubo de escape					x																
Limpieza:																					

Anexo 6. Bastidor del banco de pruebas 3D

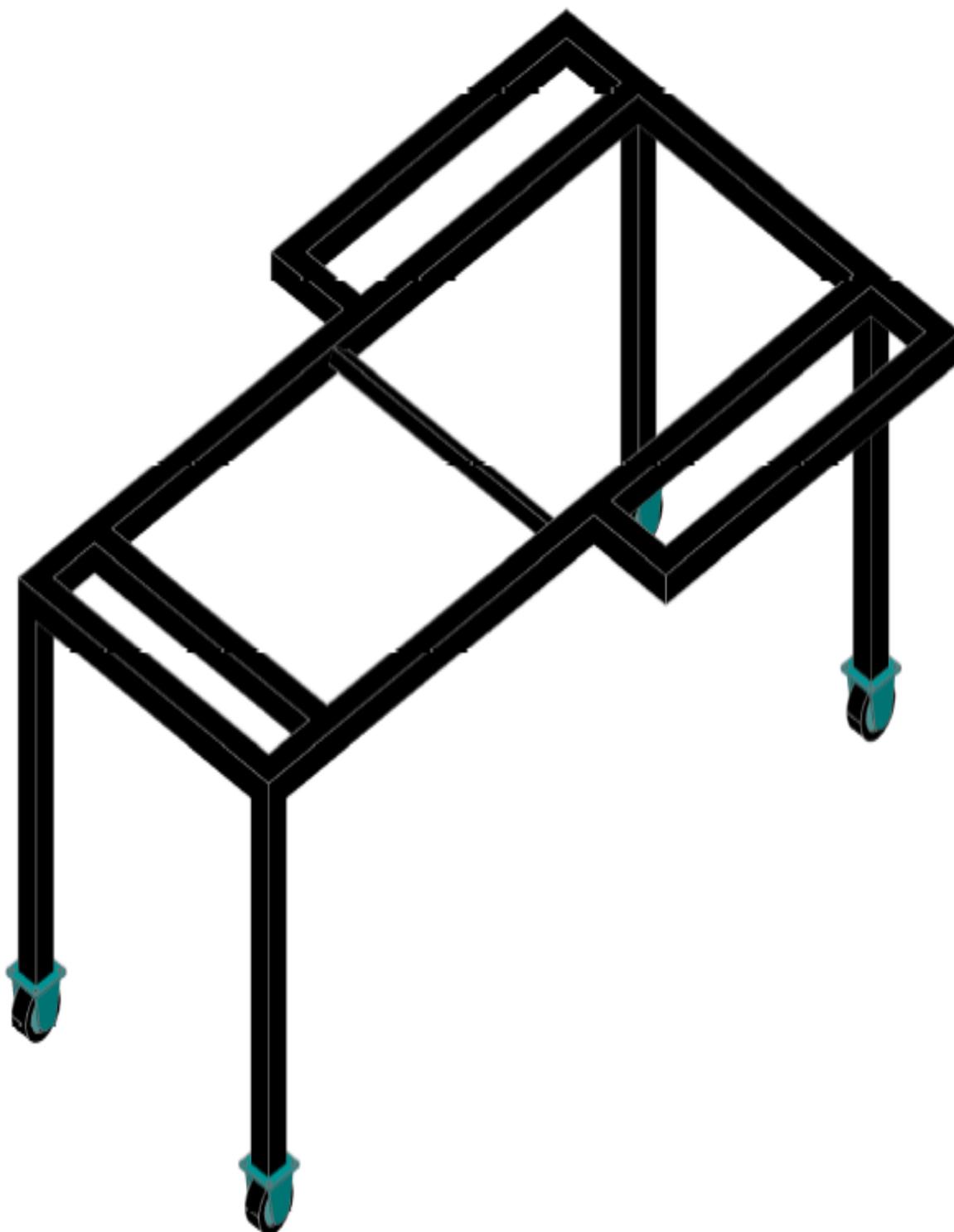


FIGURA 81: Bastidor banco de pruebas 3D

FUENTE: Julio Suárez

Anexo 7. Bastidor del banco de pruebas 3D (Corte)

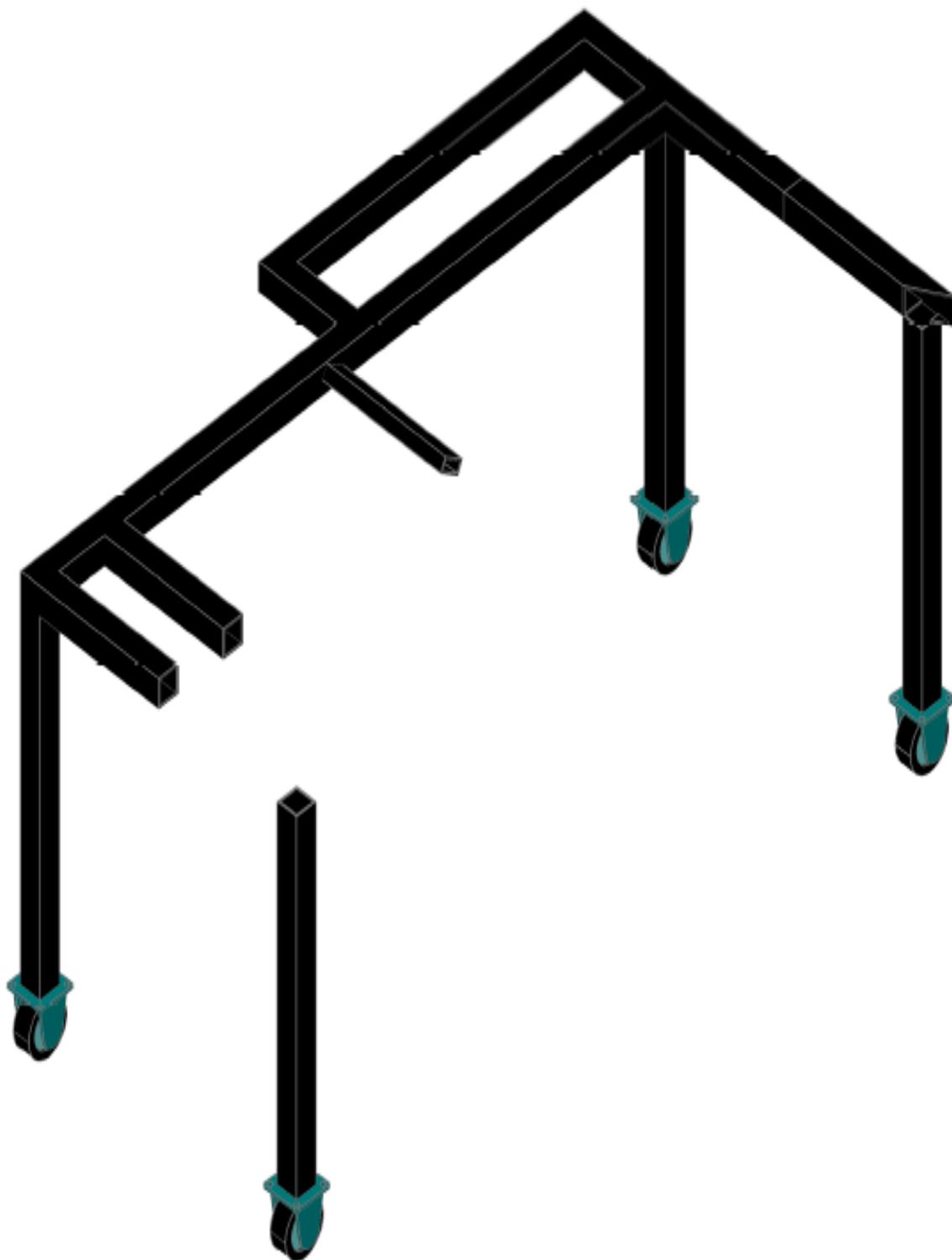


FIGURA 82: Bastidor banco de pruebas 3D (Corte)

FUENTE: Julio Suárez

Anexo 8. Planos del bastidor del banco de pruebas

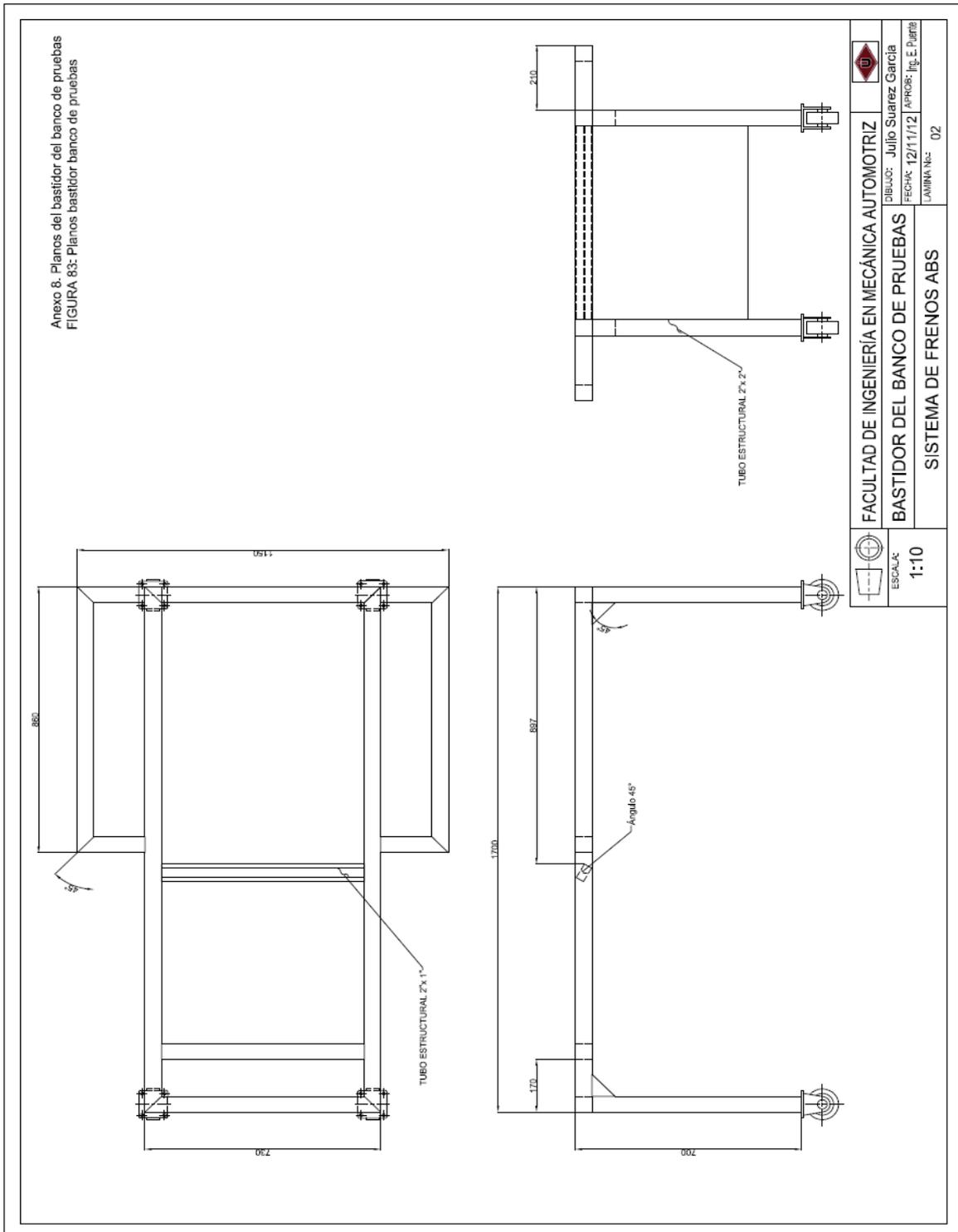


FIGURA 83: Planos bastidor banco de pruebas

FUENTE: Julio Suárez

Anexo 9. Hoja de seguimiento de tesis

Autor: Julio Cesar Suárez García.

Tema de Tesis: Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas y Entrenamiento del Sistema de Frenos y Control Electrónico ABS

Hoja de seguimiento No.: 1

CUADRO DE CONTROL SECUENCIAL DEL SEGUIMIENTO DE TESIS						
No.	FECHA DE REVISION	TEMA TRATADO	SEGUIMIENTO TECNICO		SEGUIMIENTO METODOLOGICO	
			OBSERVACIONES	FIRMA	OBSERVACIONES	FIRMA
1	08/08/2012	Revision parte escrita de certificaciones, acuerdos de confidencialidad, agradecimiento y dedicatoria.				
2	15/08/2012	Revision parte escrita del prologo en el trabajo de titulacion				
3	29/08/2012	Revision parte escrita de la sintesis en el trabajo de titulacion				
4	05/09/2012	Revision parte escrita de la Introduccion en el Trabajo de Titulacion				
5	12/09/2012	Revision parte escrita de los Objetivos del Proyecto en el Trabajo de Titulacion				
6	26/09/2012	Revision parte escrita del Capitulo 1 (Generalidades del sistema de frenos ABS)				
7	10/10/2012	Revision parte escrita del Capitulo 2-3 (Diseño y construccion del banco de pruebas)				
8	17/10/2012	Revision parte escrita del Capitulo 4 (Puesta a punto del sistema de frenos ABS)				
9	31/10/2012	Revision parte escrita del Capitulo 5 (Analisis de esultados)				
10	07/11/2012	Revision parte escrita del Capitulo 6 (Conclusiones y recomendaciones)				
11	14/11/2012	Revision parte escrita de Anexos				
12	21/11/2012	Revision parte escrita de diagramas hidraulicos en el trabajo de titulacion				
13	23/11/2012	Revision parte escrita de diagramas electricos en el trabajo de titulacion				
14	28/11/2012	Revision parte escrita de manual de mantenimiento (Banco de pruebas)				
15	05/12/2012	Revision parte escrita de planos (Banco de pruebas)				

Fecha: 10 Diciembre del año 2012.

Firma del director:

Certificación: Ing. Edwin Puente Moromenacho.

BIBLIOGRAFÍA

- EDITORIAL REVERTÉ, S.A. (1986). Matemática aplicada para la técnica del automóvil. Barcelona. EDIBOSCO.
- EDIBOSCO. (1985). Matemática aplicada para técnica mecánica. Cuenca. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Hyundai Motor Company. (2005). Manual de localización de averías eléctricas. Corea, Manual de reparaciones.
- México Digital Comunicación. (2009). Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS. Ecatepec. Zona Gráfica.
- <http://www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml>
#FUNCIÓN Ricardo Saavedra Rodríguez en Monografias.com; Frenos ABS.14/01/2005.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal Fundación Wikimedia, Inc.19 /11/2012.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca> Fundación Wikimedia, Inc. 15 /11/2012.
- <http://www.ipac-acero.com/ipac/tben001.html> Ipac Acero; Tubo Estructural: Cuadrado.2010.