

**ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN EN EL PROYECTO
“FACTIBILIDAD DE LA CONVERSIÓN DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN
A ELÉCTRICO”- PROTOCOLOS DE PRUEBA PARA SUBSISTEMAS DE UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO**

JUAN FERNANDO PELÁEZ VALLEJO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2014**

**ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN EN EL PROYECTO
“FACTIBILIDAD DE LA CONVERSIÓN DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN
A ELÉCTRICO”- PROTOCOLOS DE PRUEBA PARA SUBSISTEMAS DE UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO**

JUAN FERNANDO PELÁEZ VALLEJO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

**JUAN MIGUEL VÁSQUEZ CIFUENTES
Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2014**

DEDICATORIA

Inicialmente deseo dedicarles este trabajo de grado, culminado con mucho esfuerzo, pero también con mucho amor y dedicación, especialmente a mis padres Luis Fernando Peláez y Claudia Patricia Vallejo, ya que son mi apoyo, mi guía y quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí la persona que soy en este momento. Finalmente a todas las personas que siempre creyeron en mi capacidad, es grato saber que tenemos las ganas y la determinación para alcanzar algo que queremos.

JUAN FERNANDO PELÁEZ VALLEJO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, que hoy se materializa en este trabajo de grado, por permitirme el uso de sus instalaciones, herramientas y equipos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a todo el Grupo de Automática y Diseño (A+D) y al Grupo de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (T&D), también a personas que de una u otra manera aportaron información valiosa para el buen desarrollo de este trabajo de grado

Finalmente un agradecimiento muy especial al director del trabajo de grado Juan Miguel Vásquez Cifuentes, por su constante dedicación y acompañamiento durante el desarrollo del presente trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Identificación de la necesidad.....	3
1.2. Marco teórico.....	5
1.2.1. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	5
1.2.1.1. Componentes principales de un vehículo eléctrico.....	5
1.2.1.2. Conversión de vehículos de combustión a eléctricos.....	6
1.2.1.3. Evaluación del rendimiento en los vehículos eléctricos.....	6
1.2.1.4. Evaluación del consumo de energía.....	7
1.2.2. SISTEMA DE FRENOS RENAULT LOGAN.....	8
1.2.2.1. Subsistema bomba de vacío.....	10
1.2.2.2. Pruebas que se realizan al sistema de frenos.....	11
1.2.2.3. Revisión de elementos que proveen de vacío al <i>booster</i>	12
1.2.2.4. Prueba en bomba de vacío.....	12
1.2.2.5. Purga de aire.....	12
1.2.2.6. Distancia de frenado.....	13
1.2.3. SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.....	14
1.2.3.1. Subsistema bomba electro-hidráulica para columna de dirección.....	14
1.2.3.2. Pruebas en el sistema de dirección.....	16
1.2.3.3. Nivel de aceite.....	16
1.2.3.4. Prueba de presión de la bomba de dirección asistida.....	17
1.2.3.5. Prueba de caudal de la bomba de dirección asistida.....	18
1.2.3.6. Prueba de fugas internas en el mecanismo de dirección.....	18
1.2.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	19
1.2.4.1. Sistema de refrigeración de un motor eléctrico de imán permanente.....	19
1.2.4.2. Pruebas en sistema de refrigeración.....	20
1.2.4.3. Prueba de fugas.....	21
1.2.5. SISTEMA DE MOTOR-CONTROLADOR.....	21
1.2.5.1. Motor eléctrico.....	21
1.2.5.2. Controlador.....	22
1.3. Estado del arte.....	23
1.3.1. DISEÑO DE UN MONTAJE EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA RENTABILIDAD TÉCNICA DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO ELÉCTRICO.....	23
1.3.2. EVALUACIÓN DE VEHÍCULOS EN CARRETERA.....	23

1.3.3. ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS (ITV) PARA VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS.....	24
1.3.4. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y DE COMBUSTIÓN TRANSFORMADOS A ELÉCTRICOS.....	25
1.4. Planteamiento del problema.....	27
2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PRUEBAS PARA EL RENAULT LOGAN ELÉCTRICO.....	28
2.1. DISEÑO PRELIMINAR.....	28
2.2. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL SISTEMA DE FRENOS....	29
2.2.1. BOMBA DE VACÍO.....	31
2.2.1.1. Desinstalar bomba de vacío.....	32
2.2.1.2. Instalar bomba de vacío.....	32
2.2.1.3. Pruebas en bomba de vacío.....	34
2.2.2. BOMBA DE FRENOS.....	35
2.2.2.1. Desinstalar bomba de frenos.....	35
2.2.2.2. Instalar bomba de frenos.....	36
2.2.2.3. Pruebas en bomba de frenos.....	36
2.2.3. AMPLIFICADOR DE FRENADO (<i>BOOSTER</i>).....	37
2.2.3.1. Desinstalar el amplificador de frenado (<i>booster</i>).....	38
2.2.3.2. Instalar amplificador de frenado.....	39
2.3. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	41
2.3.1. BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA.....	43
2.3.2. DESINSTALAR BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA.....	43
2.3.3. INSTALAR BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA.....	44
2.3.4. PRUEBAS EN BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA.....	44
2.4. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	47
2.4.1. BOMBAS DE AGUA.....	48
2.4.1.1. Desinstalar bombas de agua.....	49
2.4.1.2. Instalar bombas de agua.....	49
2.4.2. RADIADOR.....	50
2.4.2.1. Desinstalar radiador.....	50
2.4.2.2. Instalar radiador.....	53
2.4.2.3. Pruebas en bombas de agua.....	54
2.5. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS DE RENDIMIENTO EN EL LOGAN ELÉCTRICO.....	60
2.5.1. ACELERACIÓN DEL VEHÍCULO A LA VELOCIDAD MÁXIMA ALCANZABLE.....	61
2.5.2. PRUEBA DE PENDIENTE MÁXIMA SUPERABLE.....	61

2.5.3.	PENDIENTE MÁXIMA SUPERABLE MEDIANTE ANÁLISIS	62
2.5.4.	VELOCIDAD MÁXIMA EN UNA PENDIENTE.	63
3.	DIARIO DE CAMPO.....	64
3.1.	MODALIDAD	64
3.2.	TEMA	64
3.3.	ALCANCE.....	65
3.4.	BITÁCORAS.....	65
4.	IMPACTO DE LA ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN	93
4.1.	IMPACTO AL DESARROLLO DEL PROYECTO	93
4.2.	IMPACTO A LA FORMACIÓN PROFESIONAL	93
5.	CONCLUSIONES.....	95
6.	RECOMENDACIONES	96
7.	BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	100

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	SISTEMA DE FRENOS (<i>BOOSTER</i> Y BOMBA DE FRENO).	4
FIGURA 2.	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ACOPLADO AL SISTEMA MOTOR-CONTROLADOR.	4
FIGURA 3.	BOMBA DE DIRECCIÓN.	4
FIGURA 4.	SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.	6
FIGURA 5.	RESUMEN PROCESO DE POST-CONVERSIÓN DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA A ELÉCTRICO.	7
FIGURA 6.	CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE EFICIENCIA EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS.	7
FIGURA 7.	ESQUEMA DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO.	8
FIGURA 8.	ESQUEMA SISTEMA ABS DE UN AUTOMÓVIL.	9
FIGURA 9.	ESQUEMA CIRCUITO BOMBA DE VACÍO.	10
FIGURA 10.	BOMBA DE VACÍO SELECCIONADA.	10
FIGURA 11.	PRUEBAS QUE SE LE REALIZAN AL SISTEMA DE FRENOS.	11
FIGURA 12.	COLUMNA DE DIRECCIÓN CON BOMBA HIDRÁULICA.	14
FIGURA 13.	COLUMBA DE DIRECCIÓN CON BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA.	15
FIGURA 14.	BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA <i>RENAULT LOGAN</i> 1.5 DCI.	15
FIGURA 15.	TAPÓN Y DEPÓSITO DE ACEITE SISTEMA DE DIRECCIÓN.	17
FIGURA 16.	DEPOSITO DE ACEITE BOMBA ELECTROHIDRÁULICA DEL PROYECTO.	17
FIGURA 17.	ESQUEMA PARA PRUEBAS HIDRÁULICAS.	18
FIGURA 18.	BLOQUE SEPARADOR DE ACERO ENTRE EL TOPE DEL EJE Y LA RUEDA.	19
FIGURA 19.	ESQUEMA SISTEMA DE REFRIGERACIÓN USADO EN MOTOR Y CONTROLADOR SELECCIONADOS PARA LA CONVERSIÓN).	20

FIGURA 20. MOTOR DE IMANES PERMANENTES GLMP25L0 DEL FABRICANTE GLELEC	21
FIGURA 21. ESQUEMA CONTROLADOR MOTOR ELÉCTRICO DE IMANES PERMANENTES.....	22
FIGURA 22. DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE FRENADO RENAULT LOGAN ELÉCTRICO.....	30
FIGURA 23. DIAGRAMA DE BLOQUES BOMBA DE VACÍO, BOMBA DE FRENOS Y <i>BOOSTER</i>	31
FIGURA 24. VÁLVULA DE RETENCIÓN EN EL <i>BOOSTER</i>	32
FIGURA 25. PRESOSTATO.....	33
FIGURA 26. VÁLVULA DE RETENCIÓN.....	33
FIGURA 27. VÁLVULA DE RETENCIÓN DEL ACUMULADOR.	33
FIGURA 28. RELÉ.	33
FIGURA 29. CLAVIJAS PARA EMPALMES.....	34
FIGURA 30. EJE DE DOBLE SEGURIDAD ENTRE EL <i>BOOSTER</i> Y LA VARILLA DE EMPUJE	38
FIGURA 31. TUERCAS DE FIJACIÓN AMPLIFICADOR DE FRENADO (<i>BOOSTER</i>)	38
FIGURA 32. AMPLIFICADOR DE FRENADO	39
FIGURA 33. CONEXIÓN ENTRE MANÓMETRO, <i>BOOSTER</i> Y BOMBA DE VACÍO	40
FIGURA 34. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN LOGAN ELÉCTRICO.....	42
FIGURA 35. BOMBA ELECTRO-HIDRÁULICA	44
FIGURA 36. DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RENAULT LOGAN ELÉCTRICO	48
FIGURA 37. TORNILLOS 1 GUARDABARROS.....	50
FIGURA 38. TORNILLOS 2 GUARDABARROS.....	51
FIGURA 39. TORNILLOS 3 GUARDABARROS.....	51
FIGURA 40. TORNILLOS 4 GUARDABARROS.....	51
FIGURA 41. GRUPO MOTO-VENTILADOR.....	52

FIGURA 42.	PEONES DEL DEFLECTOR DE AIRE	52
FIGURA 43.	TORNILLOS DE FIJACIÓN CONDENSADOR.....	52
FIGURA 44.	TORNILLOS DE FIJACIÓN CONDENSADOR.....	52
FIGURA 45.	TUERCAS DE FIJACIÓN RADIADOR.....	53

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.	DISTANCIAS DE FRENADO	13
TABLA 2.	ESPECIFICACIONES RESPECTO A REGLAJE Y ALINEACIÓN.	16
TABLA 3.	PROTOCOLOS SELECCIONADOS PARA LA EVALUACIÓN DE VEHÍCULOS CON BASE EN ESTÁNDARES DE LA SAE Y NORMAS COLOMBIANAS PARA LA REGULACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES.....	24
TABLA 4.	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS COMERCIALES	26
TABLA 5.	VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN INTERNA TRANSFORMADOS A ELÉCTRICOS.	26
TABLA 6.	DESEMPEÑO DEL RENAULT LOGAN.....	28
TABLA 7.	DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN	28
TABLA 8.	CONVENCIÓN USADA PARA EL SISTEMA DE FRENOS.....	29
TABLA 9.	DISTANCIAS DE FRENADO	41
TABLA 10.	CONVENCIÓN USADA PARA EL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE FRENOS.....	42
TABLA 11.	CONVENCIÓN USADA PARA EL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	48
TABLA 12.	TIPOS DE TRABAJOS A DESARROLLAR EN EL PROYECTO.	64
TABLA 13.	CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS A LAS QUE PERTENECE EL ÁREA TEMÁTICA.	64

GLOSARIO

Autonomía: en automóviles eléctricos hace referencia a la cantidad de kilómetros que éstos pueden recorrer con sus baterías completamente cargadas.

Batería: elemento con la capacidad de almacenar energía eléctrica.

Bomba de vacío: son aquellos dispositivos que se encargan de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, formando un vacío parcial. En el contexto de vehículos, sirve para accionar el *booster* que amplifica la fuerza ejercida por el conductor en el pedal de freno.

Bomba hidráulica: dispositivo que transforma la energía mecánica en hidráulica, es decir, realiza un trabajo para mantener un líquido en movimiento a cierta presión. En los vehículos eléctricos se usa en la dirección, para que cuando el conductor gire el volante, lo haga sin el mayor esfuerzo.

Booster: elemento que aprovecha la succión que genera un motor de combustión para amplificar la presión en el sistema hidráulico de frenado.

Combustión: proceso termodinámico en el cual una mezcla aire combustible (gasolina, ACPM, etc.) reacciona ante un proceso de ignición.

Frenado regenerativo: sistema de frenado utilizado en vehículos híbridos y eléctricos que tienen la capacidad de recuperar la energía cinética disipada durante el detenimiento del auto para recargar sus baterías.

Híbrido: vehículo que combina motores de diferente naturaleza para su propulsión.

Potenciómetro: resistencia variable utilizada en autos eléctricos para controlar su velocidad y aceleración.

Protocolo: conjunto de normas y procedimientos útiles para estandarizar un proceso.

Punto de carga: hace referencia al lugar donde se puede recargar las baterías de los vehículos eléctricos.

Rendimiento: en un automóvil se refiere a la distancia recorrida por unidad de energía que se consumió.

Sistema ABS: el sistema antibloqueo de frenos tiene como misión evitar el bloqueo de las ruedas en casos como el de frenado a fondo o en calzadas resbaladizas.

Transmisión: sistema utilizado en los automóviles para llevar la potencia del motor hacia las ruedas, para que éste inicie la marcha.

Vehículo: máquina capacitada para transformar energía en movimiento, de tal manera, que permite su desplazamiento de un lugar a otro.

Voltímetro: instrumento utilizado para medir el nivel de carga (voltaje) en vehículos eléctricos.

RESUMEN

El presente trabajo de grado muestra el aporte realizado por el estudiante Juan Fernando Peláez Vallejo durante 480 horas de trabajo al proyecto “Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico” – protocolos de prueba para subsistemas de un vehículo eléctrico, liderado por los grupos de Automática y Diseño A+D y Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (TyD). En este trabajo se presenta el marco teórico y el estado del arte referente a la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos. El objetivo principal de este trabajo de grado, es investigar y diseñar protocolos de prueba para los subsistemas del vehículo eléctrico los cuales son: subsistema de frenado, subsistema de refrigeración, subsistema de dirección hidráulica y subsistema de motor-controlador. En el desarrollo del trabajo se diseñaron protocolos para probar los subsistemas mencionados anteriormente con cada uno de sus componentes. También se diseñó para cada protocolo, anexos en los que se muestra de forma gráfica cómo se debe conectar cada componente al subsistema para que éste funcione correctamente y se puedan realizar las pruebas tanto en un banco de pruebas como instaladas en el vehículo eléctrico. De igual manera, se reportan por medio de bitácoras las actividades realizadas por el estudiante y las experiencias obtenidas durante el desarrollo de este proyecto.

PALABRAS CLAVE:

VEHÍCULO ELÉCTRICO, CONVERSIÓN, FRENOS, DIRECCIÓN HIDRÁULICA, REFRIGERACIÓN, MOTOR ELÉCTRICO, CONTROLADOR, PROTOCOLO DE PRUEBAS.

INTRODUCCIÓN

La asistencia a la investigación es una modalidad de la Universidad Pontificia Bolivariana para el desarrollo de trabajos de grado. Ésta permite a los estudiantes vincularse a grupos de investigación pertenecientes a la Universidad durante un tiempo limitado para brindar asistencia a éstos en el desarrollo de proyectos. Esto contribuye a la formación de los estudiantes dentro de un ambiente académico y laboral. El proyecto dentro del cual se desarrolló este trabajo de grado es el de “Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico” liderado por el Grupo de Automática y Diseño (A+D) y el Grupo de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (T&D).

Con el desarrollo de este proyecto, se encontró que el consumo y uso excesivo de hidrocarburos (petróleo y gases), se ha convertido en algo muy común, gracias a la creciente demanda de energía bienes y servicios debido al incremento poblacional, deteriorando cada vez más el medio ambiente. El uso de estos combustibles en vehículos cuyo principio de funcionamiento es el ciclo Otto, genera emisiones de gases como CO₂, CO, NO_x e inquemados del combustible C_xH_y, que contribuyen a generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia acida y la contaminación del aire en las ciudades (Quishpe, 2011). Con el propósito de solucionar los problemas generados por el uso de los hidrocarburos en el sector automotriz, se han desarrollado diferentes soluciones, una de ellas es la conversión de vehículos que funcionan con motor de combustión interna a vehículos que funcionen con motor eléctrico, tratando de no modificar los subsistemas del vehículo.

Actualmente no se conocen manuales que describan procedimientos para realizar pruebas a los vehículos eléctricos o a sus subsistemas. Es necesario redactar protocolo de pruebas para cada subsistema. Los grandes productores de vehículos tales como Toyota, Honda, Tesla, entre otros, realizan diversas pruebas técnicas y de seguridad, y tienen sus procedimientos definidos. Sin embargo dichos estándares y procedimientos no son públicos.

Este trabajo de grado se centra en el desarrollo de protocolos para realizar pruebas en los subsistemas del vehículo eléctrico (subsistema de frenado, dirección hidráulica, refrigeración y motor-controlador). Al diseñar cada protocolo se debió realizar una búsqueda de documentación exhaustiva en: manuales de taller de los concesionarios, ingeniería a la inversa, visitar talleres, documentación sobre parámetros que deben cumplir

los vehículos para su funcionalidad y videos de mecánica. El objetivo de diseñar los protocolos, es que estos ayudarán a probar cada componente de cada subsistema y el subsistema con sus componentes instalados, para asegurarse de que el vehículo cuenta con los parámetros necesarios para su funcionalidad. Como resultado de esta investigación, se diseñaron protocolos de prueba para los subsistemas mencionados anteriormente. Los protocolos cuentan con procedimientos claros para instalar y desinstalar los componentes de cada subsistema, la forma correcta en la que se deben probar tanto en el vehículo como en un banco de pruebas y se diseñaron algunos anexos con el fin de que la persona encargada de realizar las pruebas en los subsistemas tenga claro cómo hacerlo. Estos protocolos quedan sujetos a cambios conforme avance la investigación y sean necesarios.

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación de la necesidad

El consumo y uso excesivo de hidrocarburos (petróleo y gases), se ha convertido en algo común, gracias a la creciente demanda de energía bienes y servicios debido al incremento poblacional, deteriorando cada vez más el medio ambiente. El uso de estos combustibles genera emisiones de gases como CO₂, CO, NO_x e inquemados del combustible C_xH_y, que contribuyen a generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia acida y la contaminación del aire en las ciudades. No solo existe riesgo de contaminación cuando se usan estos hidrocarburos, también existe un riesgo muy alto cuando se transporta y cuando se refina. Cuando se transporta pueden ocurrir accidentes y esto provoca derrames de petróleo (en el océano o la tierra) que afectan tanto la flora como la fauna del planeta. Mediante la refinación, se generan subproductos que pueden afectar el ecosistema si no se dispone adecuadamente de estos (Quishpe, 2011).

Con el propósito de solucionar los problemas generados por el uso de los hidrocarburos en el sector automotriz, los grandes fabricantes de automóviles han venido desarrollando autos híbridos y eléctricos. Sin embargo, estos autos tienen un costo muy elevado y no se comercializan a gran escala (Acosta, 2012).

Desde el 2011, la UPB a través de los grupos de investigación: Grupo de Automática y Diseño A+D y Grupo de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica TyD, ha estado trabajando en la conversión de un vehículo con motor de combustión interna a uno con motor eléctrico (Sierra, 2013). El vehículo intervenido es un Renault Logan 1.6 modelo 2006, que fue donado por SOFASA. El proyecto se titula "*Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico*". Se han realizado diferentes avances en las 7 fases propuestas para la conversión del vehículo. Las dos primeras fases ya fueron finalizadas. En el diseño preliminar se argumentó el cómo y por qué surgió la necesidad, se identificaron las variables de diseño, se revisó el estado del arte de vehículos eléctricos comerciales y convertidos a eléctrico y se planteó el problema. En el diseño básico se identificaron, sintetizaron y analizaron los subsistemas del vehículo. Actualmente se está desarrollando el diseño de detalle a la par de construcción y pruebas de algunos subsistemas. Ya se seleccionó y adquirió el motor eléctrico y su controlador (Álvarez & Álvarez, 2011), a los que se les diseñó y construyó un sistema de refrigeración por agua. Para el subsistema de frenado regenerativo se propuso una arquitectura básica (Saldarriaga, 2012). En cuanto a autotrónica, se identificaron sensores que deben ser removidos,

sustituidos y agregados durante la conversión (Acosta, 2012). Además, se está diseñando el acople entre la transmisión y el motor eléctrico (Sierra, 2013). Más recientemente, se desarrolló el diseño básico y de detalle en los subsistemas de frenado y dirección asistida (Betancur & Giraldo, 2013).

A continuación se muestran algunos de los componentes usados actualmente en el proyecto. En la Figura 1 se muestra el *booster* unido a la bomba de frenos. Estos componentes hacen parte del vehículo de combustión y serán usados en el vehículo eléctrico. En la Figura 2 se observa el motor eléctrico ensamblado con el controlador y el sistema de refrigeración. En la Figura 3 se muestra la bomba electrohidráulica que hace parte del sistema de dirección. Estos últimos son los componentes nuevos a usar en el proyecto.



Figura 1. Sistema de frenos (*booster* y bomba de freno).



Figura 2. Sistema de refrigeración acoplado al sistema motor-controlador.



Figura 3. Bomba de dirección.

Todos estos componentes mencionados deberán integrarse al vehículo y probarse. Ya que no se conoce un manual que establezca y describa estos procedimientos, es necesario redactar un protocolo de pruebas para cada subsistema. Los grandes productores de vehículos tales como Toyota, Honda, Tesla, entre otros, realizan diversas pruebas técnicas y

de seguridad, y tienen sus procedimientos definidos. Sin embargo dichos estándares y procedimientos no son públicos.

1.2. Marco teórico

A continuación se da una breve introducción sobre vehículos eléctricos. Se muestran algunos factores que se deben tener en cuenta para la conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico. Se explica el funcionamiento de los subsistemas ya seleccionados de frenos, dirección asistida, sistema de refrigeración y motor - controlador. Finalmente se exponen algunos protocolos de prueba usados por algunas compañías y talleres informales, donde se plantean procedimientos para realizar pruebas a los subsistemas de un vehículo.

1.2.1. Vehículos eléctricos

La operación de un vehículo eléctrico es similar a la de un vehículo de combustión interna. Una llave o un teclado numérico se utilizan para accionar el auto. Cuando este se enciende, se alimenta los paneles de instrumentación y el módulo de control electrónico (ECM). Si se suelta el pedal de freno, el vehículo puede moverse de forma similar a un vehículo de combustión interna. Cuando el conductor acciona el pedal del acelerador, se envía una señal al ECM, que a su vez aplica una corriente al motor eléctrico proporcional al grado en que se pisa el acelerador. En curvas de potencia vs. velocidad angular para motores eléctricos, el área bajo la curva puede ser mayor que para los motores de combustión interna (CI). Por esta razón la aceleración de un vehículo eléctrico puede ser mucho mayor. La mayoría de los vehículos eléctricos tienen una característica incorporada llamado frenado regenerativo, lo que entra en juego cuando el pedal del acelerador se libera o se acciona el pedal del freno. Esta función captura la energía cinética y la encamina hacia el banco de baterías a través del ECM (Anju, 2002).

1.2.1.1. Componentes principales de un vehículo eléctrico

Los componentes principales de un vehículo eléctrico son:

- Motor eléctrico.
- Módulo de control electrónico (ECM).
- Conjunto de baterías y un sistema de gestión de batería.
- Cargador de batería.
- Sistema de cableado.
- Sistema de frenado regenerativo.
- Fluidos para refrigeración.
- Sistema de frenado regenerativo.

Es importante tener en cuenta las funciones individuales de cada uno de estos componentes y cómo se integran para operar el vehículo (Anju, 2002).

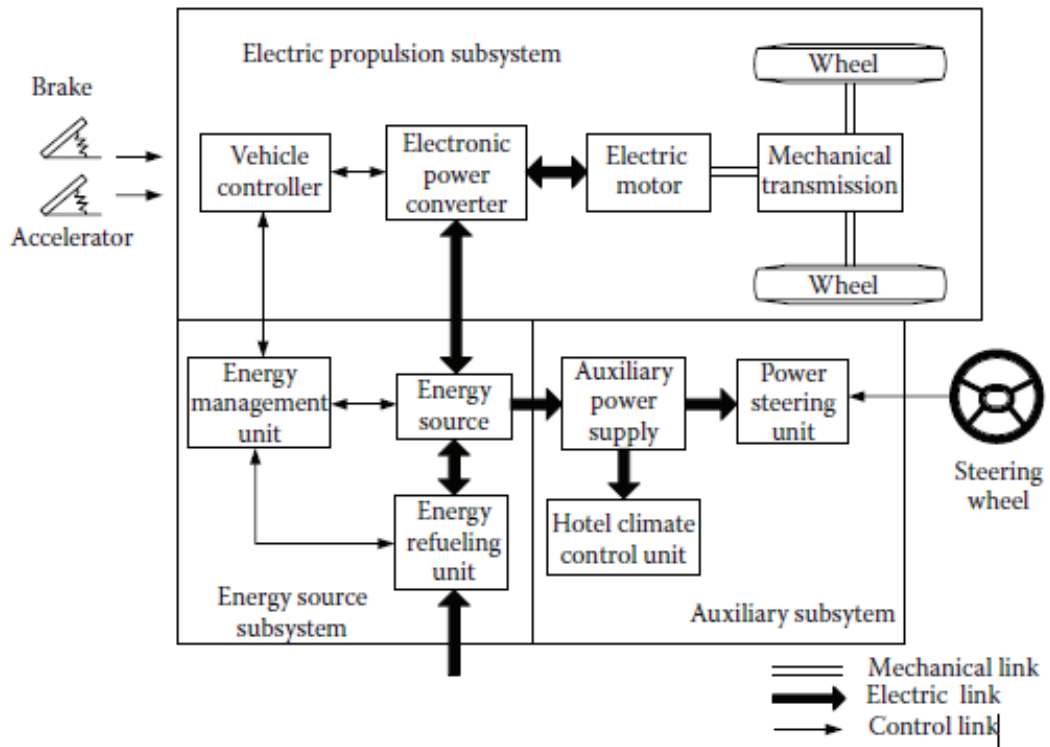


Figura 4. Sistemas y subsistemas del vehículo eléctrico (Rashid, 2010).

1.2.1.2. Conversión de vehículos de combustión a eléctricos

Una manera simple de ver el procedimiento es (Brant, 2008):

- Retire todas las partes internas del motor de combustión, junto con las líneas de escape y el tanque de combustible.
- Hacer o comprar las piezas para montar el motor eléctrico y las baterías.
- Montar y cablear las partes eléctricas.
- Comprar e instalar las baterías.

1.2.1.3. Evaluación del rendimiento en los vehículos eléctricos

El rendimiento de un vehículo por lo general se evalúa por su tiempo de aceleración, velocidad máxima y capacidad para superar las pendientes. Para la evaluación de vehículos eléctricos se debe tener en cuenta la potencia nominal del motor y la transmisión, ya que se

debe cumplir esencialmente con las especificaciones de desempeño que da el fabricante. El diseño de todos estos parámetros depende principalmente del torque (Rashid, 2010).

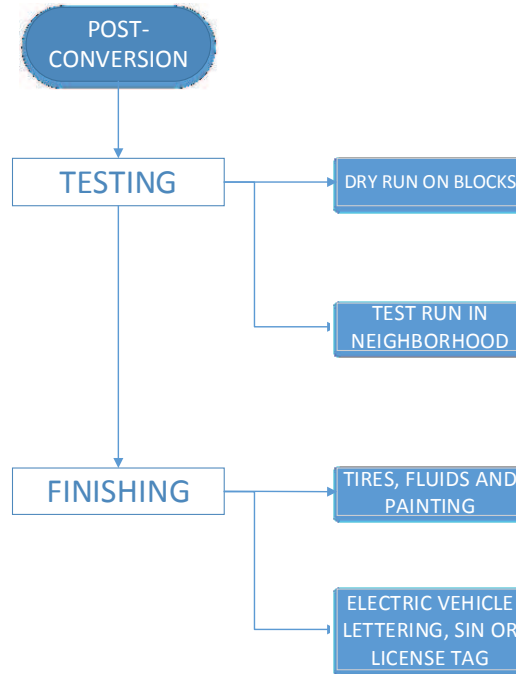


Figura 5. Resumen proceso de post-conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico adaptado de (Brant, 2008).

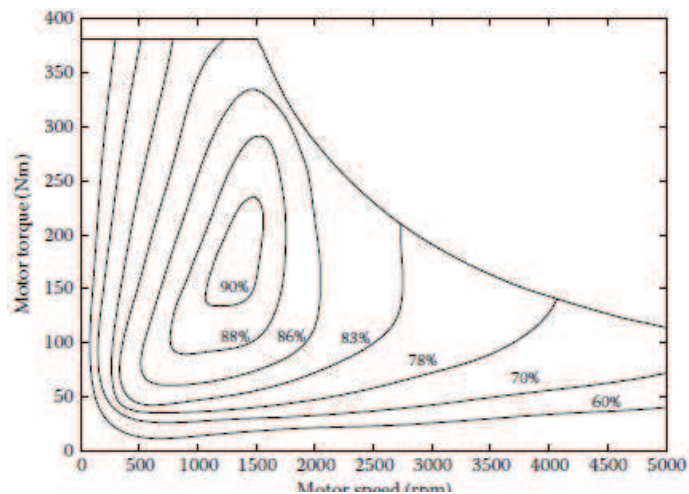


Figura 6. Características típicas de eficiencia en los motores eléctricos (Rashid, 2010).

1.2.1.4. Evaluación del consumo de energía

En automóviles, la unidad de energía por lo general se mide en kilovatios-hora (kWh) en lugar de julios o kilojulios (J o kJ) (Torres, 2010). La unidad que se usa para evaluar el

consumo de energía por unidad de distancia en vehículos eléctricos por lo general es kWh/km (Domínguez, 2011). En los Estados Unidos, para autos híbridos con carga independiente, de celdas de hidrógeno o eléctricos la distancia por unidad de volumen de combustible se mide en millas por galón equivalente (mpge) (Seredynski, 2010).

La **SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE)** ha desarrollado protocolos para la evaluación de numerosos parámetros que definen el comportamiento de vehículos eléctricos. Estos protocolos están aprobados internacionalmente, por lo tanto son empleados para realizar las pruebas de estos vehículos y cuantificar su desempeño de manera sencilla, precisa y confiable. Algunos ejemplos son: la norma *Electric vehicle acceleration, gradeability, and Test Procedure* (Electric Transportation Applications, 2004); la norma SAE J 1666 (*Electric Vehicle Acceleration, Gradeability, and Deceleration Test Procedure*). La norma SAE J 1634 (*Electric Vehicle Energy Consumption and Range Test Procedure*) se tomó como base para el protocolo que sirve para realizar las pruebas en el vehículos eléctricos (Electric Transportation Applications, 2004).

1.2.2. Sistema de frenos Renault Logan

El sistema de frenos del Renault Logan, funciona con discos ventilados en la parte delantera y tambor en la parte trasera. Este sistema se encuentra interconectado a un sistema antibloqueo de ruedas (ABS) BOSCH 8.0 (ver Figura 7).

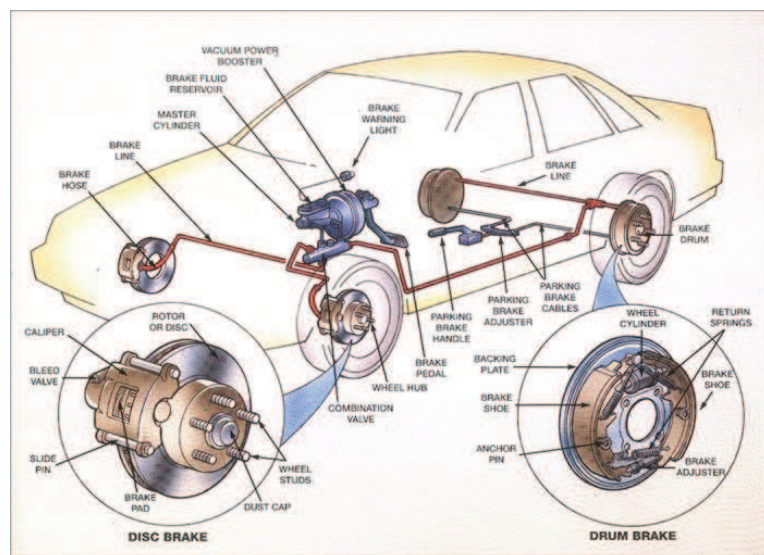


Figura 7. Esquema del sistema de frenos de un vehículo (Betancur & Giraldo, 2013).

El sistema de frenos ABS, evita que las ruedas se bloqueen y patinen al frenar, con lo que el vehículo no solamente decelera de manera óptima, sino que permanece estable y

direccionable durante la frenada (se puede girar mientras se acciona el freno) (Tecnología, 2010).

En cada rueda se encuentra un sensor de revoluciones o régimen que está conectado con la unidad central de control electrónico del ABS (ver Figura 8). Las revoluciones de las ruedas así medidas se comparan constantemente entre sí y con la velocidad real del vehículo. En el caso de que la velocidad de giro de alguna rueda disminuya más que la otra, la electrónica detecta el peligro de bloqueo y reduce inmediatamente la presión hidráulica del líquido de frenos sobre el circuito de freno correspondiente (Tecnología, 2010).

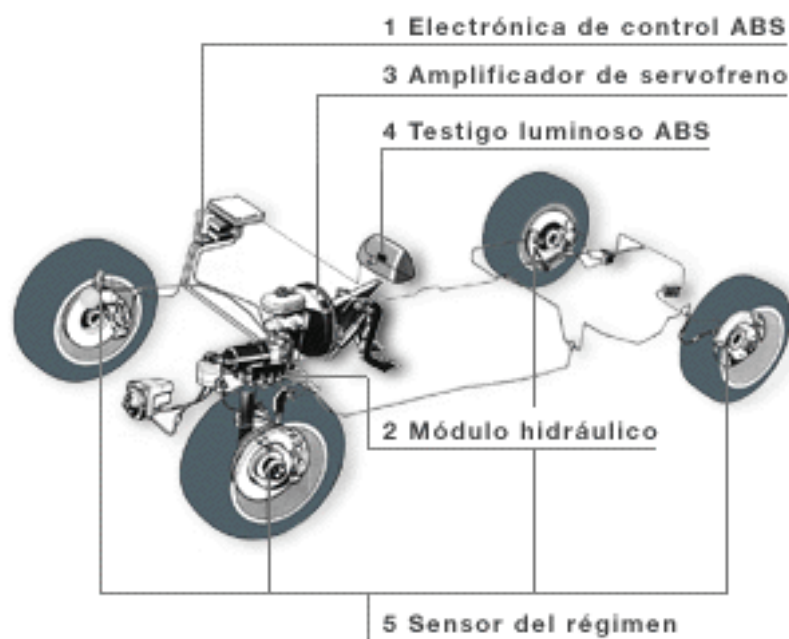


Figura 8. Esquema sistema ABS de un automóvil (Tecnología, 2010).

Al realizar la conversión del Renault Logan a eléctrico es necesario modificar algunos subsistemas. El subsistema de frenado es uno de ellos, ya que al retirar el motor de combustión se pierde el vacío que aquel genera en el *booster*, por esta razón se debe usar un equipo que provea al *booster* del vacío necesario para su correcto funcionamiento. El subsistema ya fue seleccionado (Betancur & Giraldo, 2013), y consta de una bomba de vacío pequeña y un acumulador.

1.2.2.1. Subsistema bomba de vacío

La función principal de esta bomba es crear un vacío para la amplificación de la fuerza de frenado por parte del *booster* (servofreno).

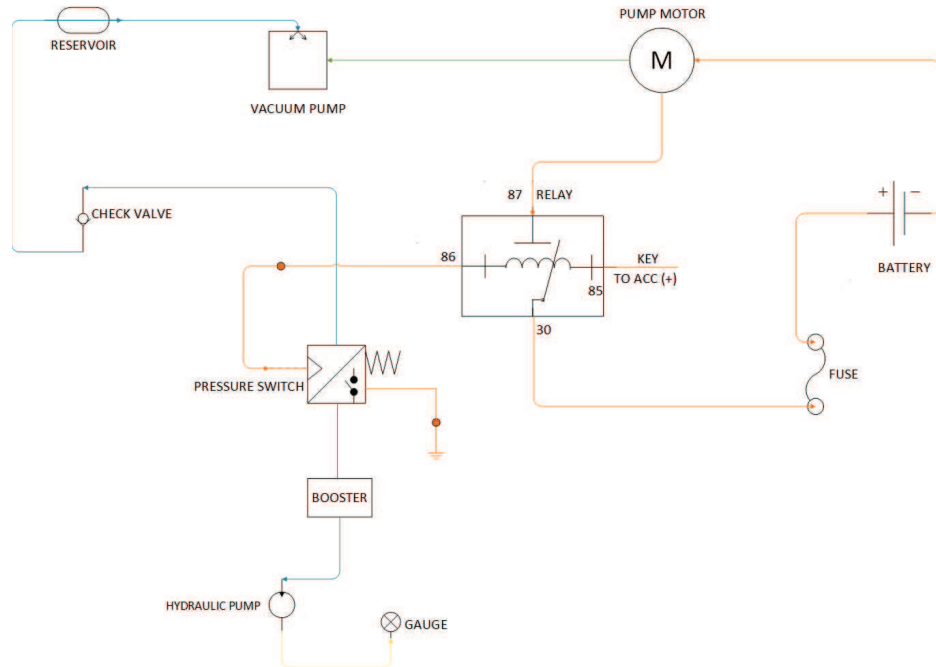


Figura 9. Esquema circuito bomba de vacío (YT STABLE Tech, 2014).

Para este proyecto se seleccionó y compró la bomba de vacío YT STABLE Tech. Corp. (VBS) modelo VBS-VPDP-EV-12 (ver Figura 10).



Figura 10. Bomba de vacío seleccionada (Betancur & Giraldo, 2013).

El motor eléctrico impulsa la bomba celular de aletas. Al rotar, las aletas se desplazan hacia fuera contra la pared circular de la recámara. Debido al alojamiento excéntrico del rodete se produce un volumen creciente en la zona del conducto de entrada y uno decreciente en la zona del conducto de salida. Gracias a esta particularidad, el aire ingresa a la cámara de aspiración y es transportado por las aletas hacia el lado de salida de la bomba. De esa forma queda aplicado el vacío en el empalme destinado al amplificador del servofreno (Volkswagen & Audi, 2010).

1.2.2.2. Pruebas que se realizan al sistema de frenos.

Se han documentado algunos procedimientos generales para realizar pruebas al sistema de frenado en los vehículos. Estas son importantes para determinar el estado en el cual se encuentra el sistema de frenos (ver Figura 11).

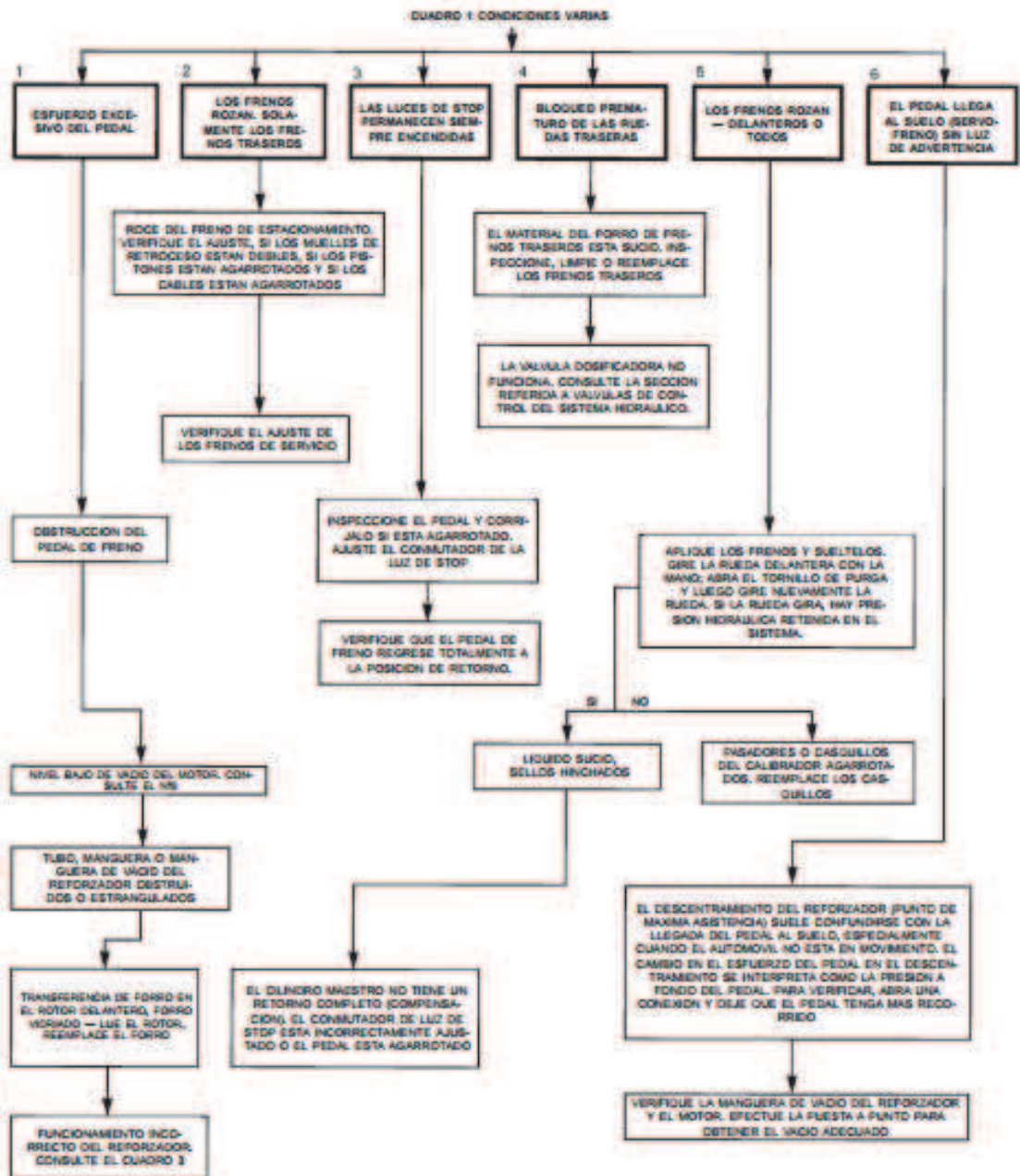


Figura 11. Pruebas que se le realizan al sistema de frenos (PL frenos, 2008).

1.2.2.3. Revisión de elementos que proveen de vacío al *booster*

Se deben revisar cuidadosamente los siguientes elementos que proveen de vacío al *booster*:

- Fuga en la válvula de control del *booster*.
- Conexiones de admisión flojas y/o rotas.
- Ruta de mangueras de vacío inadecuada.
- Bomba de vacío dañada.

Para determinar si algún elemento está fallando, se realizan las siguientes pruebas (Taller Experto, 2012):

- Inspeccionar las mangueras de admisión, principalmente en las uniones y las abrazaderas.
- Revisar que el sello del *booster* no presente desgaste ni fisuras.
- Ubicar la bomba de vacío e instalar un vacuómetro.
- Arrancar el vehículo, la lectura debe ser alrededor de 0.6 bares en marcha mínima. Si la lectura está por debajo de 0.5 bares desmontar la bomba de vacío y verificar que la paleta de accionamiento no esté desgastada.

1.2.2.4. Prueba en bomba de vacío

Un fallo de la bomba de vacío causará que los frenos se vuelvan mucho más duros para empujar que lo habitual. El *booster* funciona mediante el vacío que produce en él una bomba, si la bomba falla el *booster* no funcionará. Los frenos seguirán funcionando, pero el pedal de freno se sentirá duro (Coche español, 2009).

Para comprobar que la bomba de vacío sí está generando la succión necesaria en el *booster*, se intercala un vacuómetro entre el conducto de entrada del *booster* y la bomba de vacío. A continuación se debe arrancar el motor y comprobar que los datos obtenidos en el vacuómetro coinciden con los datos especificados por el fabricante (como dato referencial debe existir más de 0.5 bares). De lo contrario revisar la bomba de vacío en un centro especializado (Casado, 2012).

1.2.2.5. Purga de aire

Cuando cualquier parte del sistema hidráulico se haya desconectado o se capte presencia de aire en el sistema, el sistema deberá purgarse, el siguiente procedimiento es el que se usa en los vehículos Toyota (Toyota, 2010):

- Llenar el cilindro maestro manteniendo el depósito hasta la mitad en todo momento durante la operación.
- Quitar el guardapolvo del purgador y conectar un tubo transparente con el otro extremo sumergido en un depósito. La operación de purga de aire deberá hacerse primero por los dos tapones de drenaje del cilindro hidráulico en la parte superior.
- Accionar el pedal varias veces para purgar el aire y manteniendo accionado el pedal de freno se debe aflojar el tapón de purga (1/2 vuelta) y después de no más de 3 segundos cerrar inmediatamente el tapón.
- Repetir esta operación hasta que el líquido de frenos salga sin burbujas de aire.

1.2.2.6. Distancia de frenado

Distancia de frenado es el espacio que recorre el vehículo desde que se acciona el freno hasta su detención total. La distancia de frenado depende de dos factores:

- De la carga del vehículo, pues si va cargado hay que eliminar más energía cinética y se prolonga la detención.
- De la adherencia, pues si ésta no es buena y las ruedas se bloquean la distancia de frenado se alarga.

Estas distancias se alargan generalmente al doble cuando la adherencia no es buena ya sea por el estado de la calzada o por el estado de los neumáticos, y pueden ser hasta 10 veces mayores en calzadas muy deslizantes por hielo (ONI, 2007). A continuación se presenta la Tabla 1 que contiene la distancia promedio que se demora un automóvil en detenerse completamente según el tiempo de reacción del conductor y el tipo de calzada en la que se esté conduciendo. Estas pruebas se realizan en una pista completamente recta y con neumáticos nuevos (ONI, 2007).

Velocidad en Km/h	Distancia de detención con calzada seca		Distancia de detención con calzada	
	3/4 seg.	1 seg.	3/4 seg.	1 seg.
120	108	117	192	201
110	94	103	166	175
100	78	86	136	145
90	66	73	114	123
80	54	60	92	101
70	42	48	70	79
60	34	39	56	65
50	24	28	38	44
40	18	21	28	33

Tabla 1. Distancias de frenado (ONI, 2007).

1.2.3. Sistema de dirección hidráulica

En el sistema de dirección del Renault Logan, el volante se encuentra unido a la columna de dirección, en la cual se encuentra una válvula rotativa que tiene cuatro conductos. Uno de los conductos recibe el fluido hidráulico a alta presión proveniente de la bomba hidráulica. Como esta válvula gira de manera solidaria con la columna de dirección, el fluido se canaliza a alta presión, hacia la parte derecha o izquierda del cilindro de dirección. En el interior de este cilindro hidráulico de doble efecto, se encuentra un pistón sobre el que actúa el fluido a alta presión, y así finalmente se apoya el movimiento de la dirección (Betancur & Giraldo, 2013).



Figura 12. Columna de dirección con bomba hidráulica (Argote Espinoza, 2014).

Con la ausencia del motor de combustión, la bomba hidráulica deja de funcionar, por esta razón se seleccionó y adquirió una bomba electro-hidráulica (Betancur & Giraldo, 2013).

1.2.3.1. Subsistema bomba electro-hidráulica para columna de dirección

La dirección asistida electrohidráulica se basa en el conocido sistema de dirección asistida hidráulicamente. La principal diferencia entre una bomba hidráulica y una bomba electrohidráulica es su accionamiento. La bomba electrohidráulica se acciona mediante un motor eléctrico, mientras que la bomba hidráulica se acciona mediante un mecanismo de poleas conectado al motor de combustión. (Volkswagen, 2008).

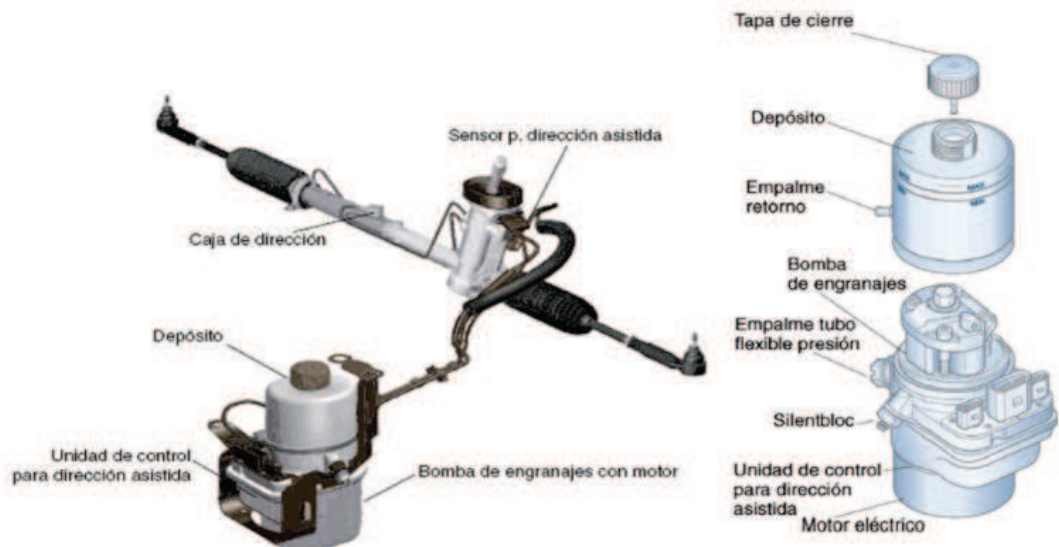


Figura 13. Columba de dirección con bomba electro-hidráulica (Betancur D. , 2010).

Para este proyecto se seleccionó y compró la bomba electro-hidráulica que es usada en el Renault Logan 1.5 diésel (solo es comercializado en Europa) (Betancur & Giraldo, 2013).



Figura 14. Bomba electro-hidráulica *Renault Logan 1.5 dci* (Betancur & Giraldo, 2013).

En el caso de la dirección asistida electrohidráulica, esta bomba es accionada por un motor eléctrico cuyo funcionamiento es adaptado al nivel de dirección asistida requerido. Cuando el vehículo está parado o circulando a velocidades muy bajas, se incrementa el ritmo de bombeo de la bomba hidráulica para proporcionar un alto grado de dirección asistida. Circulando a velocidades elevadas, se reduce la velocidad de la bomba, dado que no se requiere asistencia. Las ventajas de la dirección asistida electrohidráulica radican en la comodidad que ofrecen en la forma de la dirección suave al maniobrar y mucho más firme al circular a gran velocidad (Volkswagen, 2008).

1.2.3.2. Pruebas en el sistema de dirección

El mecanismo de la dirección está conformado por un conjunto de partes que tienen como función girar las ruedas delanteras del vehículo, esto permite que el vehículo gire en las curvas, evitando colisiones con otros vehículos y permitiendo al conductor estacionar el vehículo (Manual de taller Sierra, 1984).

Se han documentado algunos procedimientos generales para realizar pruebas al sistema de dirección en los vehículos (Manual de taller Sierra, 1984). Estas son importantes para determinar el estado en el cual se encuentra el sistema de dirección. Estos son:

- Verificar componentes del sistema de dirección como: presión en los neumáticos, revisar apriete de la caja de dirección, observar el desgaste en los neumáticos, balanceo y alineación en las ruedas (Manual de taller Sierra, 1984).
- Hacer una prueba en carretera a 60 km para observar que no se produzcan vibraciones (Toyota, 2010).

Especificaciones	
Convergencia	3 – 5 mm.
Caída	1°
Avance	1°
Angulo de salida	9°30
Angulo de giro de las ruedas delanteras	
Rueda interior	32°
Rueda exterior	30°

Tabla 2. Especificaciones respecto a reglaje y alineación (Toyota, 2010).

1.2.3.3. Nivel de aceite

El óptimo funcionamiento de la dirección asistida por bomba electro-hidráulica se logra con un aceite correcto. La verificación del nivel es muy importante y simple. En el tapón roscado del depósito hay una varilla con dos marcas (ver Figura 15). En algunos casos no se encuentra esta varilla pero el depósito tiene las dos marcas (ver Figura 16). Cuando el aceite está frío el nivel debe llegar a la zona de la marca inferior, y cuando esté caliente (por encima de 50°C) el nivel ha de quedar entre la marca inferior y superior (TRW Automotive INC, 2009).

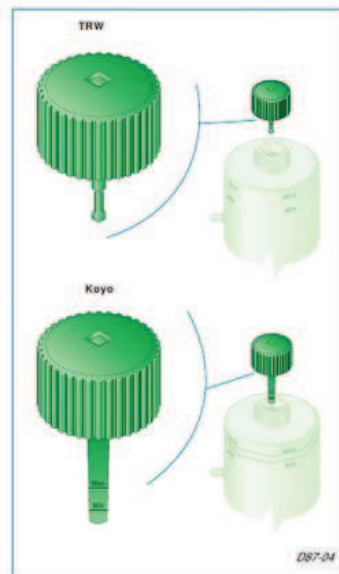


Figura 15. Tapón y depósito de aceite sistema de dirección (SEAT Service, 2004).



Figura 16. Depósito de aceite bomba electrohidráulica del proyecto (Betancur & Giraldo, 2013).

1.2.3.4. Prueba de presión de la bomba de dirección asistida

Se instala un medidor de caudal, un manómetro y una válvula (de parada) de carga en la línea de suministro del líquido hacia los mecanismos de dirección, siguiendo las instrucciones que vienen en el indicador de caudal. Se pone un termómetro en el depósito. Arranque el motor y caliente el sistema hidráulico cerrando parcialmente la válvula de carga hasta que en el manómetro se lea 70 bar. Cuando la temperatura del líquido, según se indica en el termómetro, alcance un valor entre 50 °C y 60 °C, abra la válvula de carga. Así el sistema se calienta y podrá realizar las pruebas (TRW Automotive INC, 2009).



Figura 17. Esquema para pruebas hidráulicas (TRW Automotive INC, 2009).

Con el motor al ralentí, se debe cerrar la válvula de carga y hay que leer el manómetro. Si la presión está por debajo del mínimo especificado por el fabricante de la bomba, hay que repararla o sustituirla. La válvula de carga no debe mantenerse cerrada por más de 10 segundos, ya que si se deja cerrada más de este tiempo se corre el riesgo de dañar la bomba (TRW Automotive INC, 2009).

Cerrar la válvula de carga hace que la bomba funcione a la presión de escape y que la temperatura del líquido aumente rápidamente. Se recomienda dejar que el líquido se enfríe entre 50 °C y 60 °C antes de continuar con otra prueba (TRW Automotive INC, 2009).

1.2.3.5. Prueba de caudal de la bomba de dirección asistida

Con el motor a ralentí y la temperatura entre 50 °C y 60 °C, compruebe las especificaciones del fabricante de la bomba en lo referente a magnitud de caudal. Se debe Comparar estas especificaciones con la magnitud de caudal en el indicador de caudal. Ahora, cierre completamente la válvula de carga hasta que el manómetro registre la presión de trabajo máxima del mecanismo de dirección, abra inmediatamente la válvula de carga. La magnitud del caudal debe volver instantáneamente a la lectura original. Si esta magnitud no vuelve inmediatamente a la lectura original, la bomba está funcionando mal, lo cual puede causar una dirección asistida intermitente (TRW Automotive INC, 2009).

1.2.3.6. Prueba de fugas internas en el mecanismo de dirección

Para buscar fugas en el mecanismo de dirección, primero debe impedir el funcionamiento de las válvulas de descarga (válvulas de retención) internas o la válvula de escape del mecanismo (ó ambas en algunos casos). Esto permitirá desarrollar la presión máxima de

escape de la bomba. Para impedir el funcionamiento de las válvulas de retención, ponga un bloque separador de acero no endurecido, con un grosor aproximado de 25 mm y una longitud suficiente para mantener sus dedos separados, entre el eje y el tope en una rueda. Para impedir el funcionamiento de la válvula de escape retire la válvula de escape e instale la tapa de la válvula de escape (TRW Automotive INC, 2009).



Figura 18. Bloque separador de acero entre el tope del eje y la rueda (TRW Automotive INC, 2009).

Se debe aplicar 100 N al borde del volante durante esta prueba para asegurarse de que la válvula de control del mecanismo de dirección esté completamente cerrada. En el manómetro deberá leerse la presión máxima de la bomba, la que se anotó durante la prueba de presión. Ahora puede leer las fugas internas del mecanismo de dirección en el indicador de caudal. Las fugas aceptables del sistema hidráulico pueden oscilar entre 0 y 3.7 L/min. Si la fuga interna es superior a 3.8 L/min, reparar el mecanismo (TRW Automotive INC, 2009).

1.2.4. Sistema de refrigeración

El motor eléctrico permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica. Esto se logra mediante la rotación de un magneto alrededor de una espira o bobinado lo que genera calor. El calor es el principal agente que produce la degradación gradual del material aislante, ya que deteriora los enlaces internos de este. La refrigeración en motores eléctricos es necesaria para eliminar el calor generado gracias este ciclo (WORDPRESS, 2009). La principal función de la refrigeración es mantener todos los componentes dentro del rango de temperaturas de diseño del motor evitando su destrucción por deformación y agarrotamiento.

1.2.4.1. Sistema de refrigeración de un motor eléctrico de imán permanente

Los motores eléctricos se calientan al usarlos. El calentamiento proviene de energía disipada en forma de calor y supone una pérdida. La energía se pierde cuando la corriente eléctrica fluye a través de las bobinas del motor. Los cables de las bobinas tienen

resistencia eléctrica, cuanto mayor sea la resistencia más difícil es para la corriente fluir y por tanto más energía se pierde (Centro Español de Información del Cobre , 2003).

Debido a lo expresado anteriormente es necesario que estos motores tengan un sistema de refrigeración por medio del aire o de agua. Para este proyecto se seleccionó y construyó un sistema de refrigeración que funciona por agua para realizar las pruebas necesarias al motor, sin que este se sobrecaliente y se dañe.

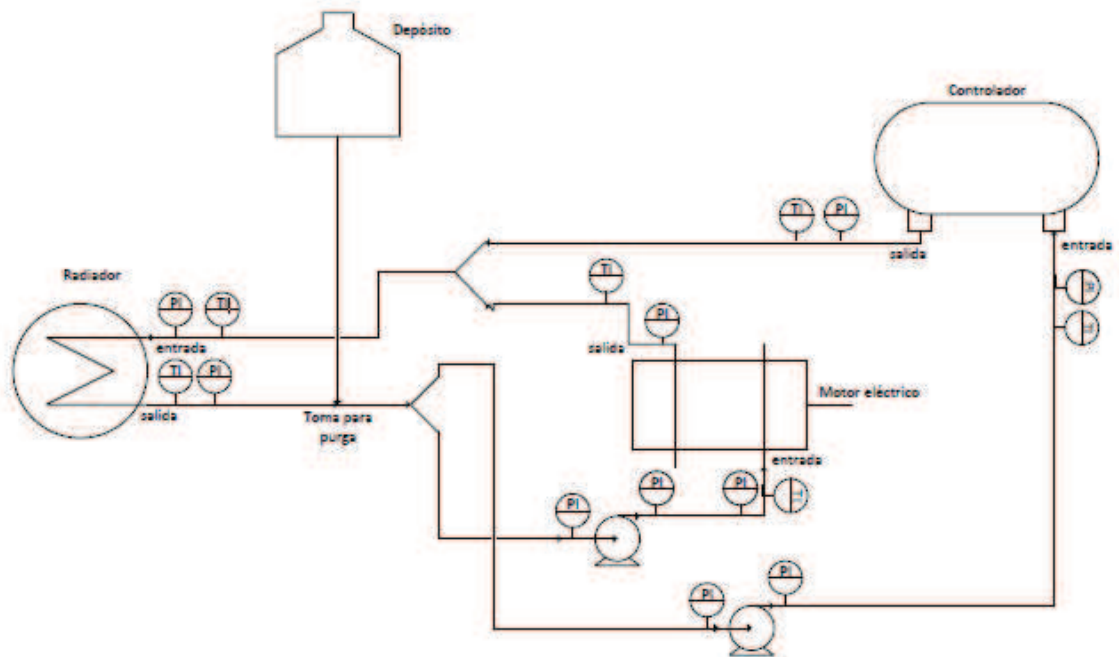


Figura 19. Esquema sistema de refrigeración usado en motor y controlador seleccionados para la conversión (Acosta D. , 2012).

1.2.4.2. Pruebas en sistema de refrigeración.

Es importante inspeccionar el estado de las mangueras que componen el sistema de refrigeración. No deben encontrarse mangueras reblandecidas ó fracturadas, ya que estos problemas ocasionarán un mal funcionamiento en el sistema de refrigeración (Keep it Cool, 2012). Se debe verificar que las mangueras se encuentren correctamente conectadas al motor, no se deben presentar fugas. Además se debe revisar permanentemente la temperatura del motor durante su funcionamiento (ver valores permitidos por el fabricante).

Siempre se debe referir al manual del fabricante para determinar el tipo de refrigerante para su vehículo. Esto y la mezcla adecuada de refrigerante y agua destilada son la vida para mantener el sistema enfriando adecuadamente. La mayoría de las refaccionarias ofrecen una solución premezclada de refrigerante y agua destilada (Keep it Cool, 2012).

1.2.4.3. Prueba de fugas

La prueba de fugas en el sistema de refrigeración, se realiza con el siguiente procedimiento (Instituto Marino de Valparaiso, 2011).

- Se debe retirar la tapa del radiador o de depósito de compensación una vez que se enfríe el motor.
- Hay que comprobar el nivel del refrigerante.
- Se recomienda comprobar las fugas del refrigerante en los tubos flexibles y conexiones durante dos minutos.
- Si se detecta que hay fugas, sustituir la pieza o reparar las conexiones.

1.2.5. Sistema de motor-controlador

Este sistema es el encargado de propulsar el vehículo eléctrico, es el corazón del mismo y es necesario usarlo debido a que se retiró el motor de combustión interna con el cual funcionaba el Renault Logan.

1.2.5.1. Motor eléctrico

Este es el encargado de brindar la propulsión necesaria al vehículo para que pueda iniciar y sostener el desplazamiento sobre la vía. En los vehículos eléctricos se puede utilizar motores de corriente alterna (AC, de sus siglas en inglés *Alternate Current*) o corriente directa (DC, de sus siglas en inglés *Direct Current*), preferiblemente invertibles para implementar sistemas de frenado regenerativo. Actualmente se usan principalmente motores de imán permanente de corriente directa sin escobillas (PM BLDC, de sus siglas en inglés *Permanent Magnet Brushless Direct Current*) y motores de inducción (Álvarez & Álvarez, 2011).

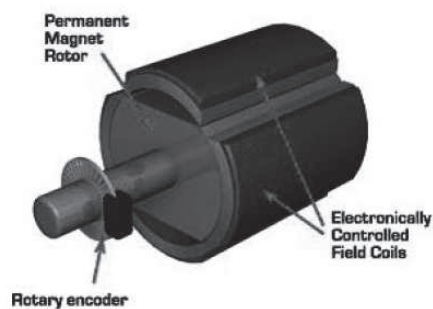


Figura 20. Motor de imanes permanentes GLMP25L0 del fabricante GLELEC (Álvarez & Álvarez, 2011).

Buscando emular un comportamiento cercano al presentado por el motor de combustión original junto con la transmisión (torque vs. velocidad lineal del vehículo), se realizaron los cálculos correspondientes con las relaciones de la transmisión original para los motores eléctricos candidatos. Al evaluar las diferentes opciones encontradas en motores eléctricos,

se obtuvo que la mejor alternativa corresponda al motor de referencia GLMP25L0 del fabricante GLELEC ubicado en China (ver Figura 20).

Se debe verificar que todas las conexiones entre el motor el controlador y el banco de baterías estén bien hechas, que no estén flojas o en corto. Además asegurarse que las baterías estén cargadas.

1.2.5.2. Controlador

Es un dispositivo electrónico encargado de regular la energía eléctrica que recibe el motor para su propulsión según una señal obtenida de un potenciómetro ubicado en el pedal del acelerador. Algunos modelos también regulan la energía generada por el motor para la recarga de las baterías cuando el vehículo cuenta con sistemas de frenado regenerativo.

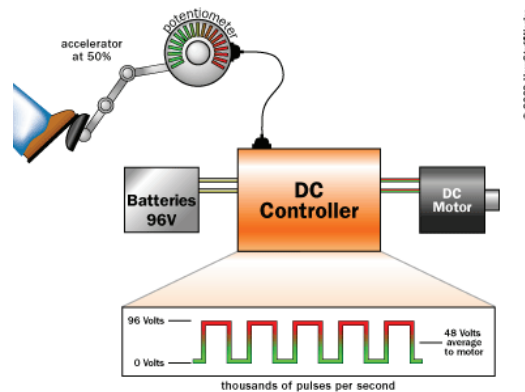


Figura 21. Esquema controlador motor eléctrico de imanes permanentes (Álvarez & Álvarez , 2011).

Se debe tener en cuenta que la selección del controlador depende directamente del motor eléctrico seleccionado para la transformación del auto. Además, en los autos que utilizan motores de corriente alterna, el controlador transforma la corriente continua obtenida del sistema de baterías en corriente alterna (trifásica) para alimentar el motor (Álvarez & Álvarez , 2011).

Pruebas en controlador

Primero se debe verificar que todas las conexiones entre el controlador y el motor estén bien hechas (no estén flojas o en corto). Se debe constatar que el sistema de refrigeración (agua) se encuentre correctamente conectado al controlador (no se deben presentar fugas). Se debe revisar permanentemente la temperatura del controlador durante el funcionamiento del motor (ver valores permitidos por el fabricante).

1.3. Estado del arte

Actualmente los grandes fabricantes de automóviles híbridos y eléctricos como Tesla, Toyota, Honda, Audi, BMW, Chevrolet entre otros, realizan las pruebas a sus automóviles internamente. No se conoce un protocolo oficial donde se consigne el paso a paso, para realizar pruebas a los subsistemas de vehículos eléctricos. Únicamente se encontraron protocolos para realizar pruebas de rendimiento en los automóviles eléctricos. Estos protocolos están normalizados y se redactaron en base a la normas SAE J1666 (Electric Transportation Applications, 2004).

1.3.1. Diseño de un montaje experimental para determinar la rentabilidad técnica de un vehículo híbrido eléctrico

“Por medio del diseño de un montaje experimental, se pretende evaluar la rentabilidad técnica de un vehículo parcialmente híbrido, que se propone opere como taxi en la ciudad de México. Este automóvil cuenta con una fuente de energía gasolina-eléctrica, en el cual se evaluarán algunos parámetros propuestos en cuanto al desempeño mecánico (potencia, torque, RPM y desgaste del motor), el desempeño energético (economía del combustible y rendimiento de las baterías) y el desempeño ambiental, que tiene que ver con las emisiones de gases del vehículo. Para lo anterior, se diseñaron las pruebas experimentales para la medición de cada uno de los parámetros propuestos. Así como también se describen los equipos necesarios para los ensayos en laboratorio y de campo. Algunas de las pruebas propuestas se plantearon siguiendo los procedimientos de algunos estándares como; la Norma Mexicana NMX-AA-11-1993-SCFT (para el rendimiento ambiental), el SAE J1491 (para las pruebas de aceleración en el desempeño mecánico) y el SAE J1634 May93 (para el desempeño energético). La metodología propuesta en el presente trabajo aportará datos importantes sobre el potencial tecnológico del híbrido y así comparar esta tecnología con la convencional y determinar las ventajas o desventajas que puedan existir.” (Torres, 2010).

1.3.2. Evaluación de vehículos en carretera

Algunos de los protocolos que se usan para realizar pruebas en un vehículo que funciona a gasolina convertido a gas natural, fueron desarrollados con base en los estándares publicados por la SAE. Sin embargo estos protocolos solo son para evaluar el rendimiento del vehículo, no para evaluar sus subsistemas.

Nombre de la Prueba	Norma	Desempeño
Medida de la aceleración del vehículo (en plano, en pendiente y recuperación)	SAE J 1491 [1]	Mecánico
Procedimiento de prueba para medir el ahorro de combustible	SAE J 1082 [3]	Energético
Ciclos de conducción	SAE J 1506 [4]	Energético / Ambiental

Tabla 3. Protocolos seleccionados para la evaluación de vehículos con base en estándares de la SAE y normas colombianas para la regulación de la contaminación de los vehículos automotores (Martínez, 2008).

1.3.3. Estudio preliminar sobre la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) para vehículos híbridos y eléctricos.

En este documento se propone diseñar pruebas únicamente para aquellos aspectos de los vehículos híbridos y eléctricos que no están presentes en los vehículos convencionales o que, aun estando presentes, son distintos en estos vehículos (Domínguez, 2011). Estos elementos son:

- **Batería y cableado**

Estas pruebas se realizan para comprobar que el sistema eléctrico del vehículo se encuentra en óptimas condiciones (por ejemplo, que no se encuentren cables en corto).

- **Seguridad en caso de accidente**

Estas pruebas se realizan para verificar el funcionamiento del sistema de desconexión manual del servicio. Este sistema revisa todos los buses eléctricos sometidos a tensiones elevadas, trata de impedir sobrecargas y que no se produzcan interferencias radioeléctricas que puedan alterar el correcto funcionamiento del vehículo. Estas sobrecargas o interferencias del sistema, pueden ser producidas por el grupo motor-generator o sus sistemas de control. (Domínguez, 2011).

- **Ultra-condensadores**

Este componente maneja intensidades de corriente instantáneas muy altas y es susceptible de perforación. Su fallo puede afectar al funcionamiento del sistema de freno regenerativo y, por tanto, a la recuperación de energía. No obstante, no se podrá efectuar ninguna comprobación directa por su inaccesibilidad, sino que se comprobará indirectamente en la prueba de freno regenerativo (Domínguez, 2011).

- **Máquina eléctrica y controladores electrónicos**

Las máquinas eléctricas y otros aparatos electrónicos pueden suponer un riesgo para la seguridad de los vehículos que circulan por la vía pública. Estas producen emisiones electromagnéticas que pueden generar interferencias y como resultado ocasionar accidentes. (Domínguez, 2011).

1.3.4. Vehículos eléctricos y de combustión transformados a eléctricos

“La dependencia que tiene la humanidad de la naturaleza, con la consiguiente responsabilidad de cuidarla para las generaciones futuras, es un axioma ubicuo y ancestral, presente en todos los pueblos de la Tierra” (Pardo, 2006).

“En realidad, la capacidad de tener presentes a las generaciones futuras, es decir, a los miembros no natos de nuestra especie, es precisamente uno de nuestros hechos diferenciales como especie. También lo es la capacidad, que nos ofrece la tecnología, de haber multiplicado nuestro poder de transformación y de consumo, la capacidad de utilizar nuestro conocimiento para duplicar la esperanza de vida y la capacidad de utilizar la tecnología para reemplazar el lento proceso de la evolución” (Pardo, 2006). Es gracias a esta evolución tecnológica que se ha generado conciencia con el medio ambiente. Se busca disminuir el efecto invernadero, provocado en un mayor porcentaje por los gases que se generan en la combustión, con la implementación de nuevas tecnologías. Un ejemplo de esta son los automóviles híbridos y eléctricos que se están fabricando y los vehículos de combustión interna que se transforman en eléctricos. A continuación se muestra en la Tabla 4 los vehículos híbridos y eléctricos que se venden comercialmente. En la Tabla 5 se muestran los vehículos de combustión interna transformados a eléctricos.






Vehículo	Descripción
	Mitsubishi MIEV (Green, 2008) Autonomía: 130 km Velocidad máxima: 80 km/h
	Citroën C Zero (Villa, 2009) Potencia: 64 HP Velocidad máxima: 130km/h Autonomía: 130 km
	Renault Fluence ZE (García, 2010) Potencia: 95 HP Velocidad máxima: 135km/h Autonomía: 160 km
	Tesla Roadster 42 (EVsRoll, 2012) Potencia: 247 HP Autonomía: 257 km Velocidad máxima: 201 km/h
	Nissan Leaf (Nissan, 2012) Potencia: 106 HP Velocidad máxima: 140 km /h Autonomía: 160 km

Tabla 4. Vehículos eléctricos comerciales tomada de (Sierra, 2013).





Vehículo	Descripción
	Eagle Talon 1993 (D&D Motor systems, Inc., 2010) Motor: Serie D & D Systems Motor Controlador: Kelly KD84600 24V-84V de 600 amperios Baterías: 9 Trojan T-875 Velocidad máxima: 86 km/h
	Geo Metro 1991 Convertible (D&D Motor systems, Inc., 2010) Motor: D & D Systems Motor, Inc. ES-31B Potencia: 18 Hp Controlador: Curtis 1221C 120 voltios 400 amperios Baterías: 10 Everstart 27VDC-6 Velocidad máxima: 104 km/h
	Chevy s10 (Hazen, 2007) Motor: Advanced DC, 9.1 inch Controlador: Curtis 1231C-8601 Banco de baterías: 16 baterías de carro de golf conectadas en serie de 6V y 220 Ah Carga total: 102V Transmisión: manual de 5 velocidades Velocidad máxima: 60 mph
	Volkswagen Vocho 72 (David, 2012) Banco de baterías: 9 baterías de carro de golf. 72 voltios. Transmisión: manual de 5 velocidades Velocidad máxima: 66 Km/h

Tabla 5. Vehículos de combustión interna transformados a eléctricos tomada de (Sierra, 2013).

1.4. Planteamiento del problema

Se pretende continuar la conversión de un Renault Logan L90 1.6L con motor de combustión interna a motor eléctrico teniendo en cuenta los siguientes aspectos generales:

- Conservación del desempeño mecánico y características funcionales como aire acondicionado, frenado asistido (o amplificado), dirección asistida, entre otras.
- Preferencia por alternativas simples y económicas y comercialmente disponibles en el país.
- Rango de autonomía entre 60 y 100 kilómetros o de una a dos horas.
- Velocidad máxima para el vehículo de 80 km/h, ya que es el valor máximo permitido por la ley en Colombia para vías rurales.

En cuanto a la generación y transmisión de potencia mecánica para los subsistemas de dirección, frenos y aire acondicionado, el proceso de conversión debe abarcar:

- Investigación detallada del funcionamiento de cada subsistema, para poder plantear varias alternativas de solución.
- Selección de la mejor alternativa de solución para cada subsistema, teniendo en cuenta las tecnologías disponibles que usan para este fin.
- Integración de las soluciones de los subsistemas a los diferentes componentes del vehículo.
- Comunicación de la solución definitiva a los directores del proyecto para proceder con su compra.
- Documentar protocolos de prueba para los subsistemas del vehículo. Estos son necesarios para estandarizar procedimientos y corroborar que los subsistemas funcionan correctamente.

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PRUEBAS PARA EL RENAULT LOGAN ELÉCTRICO.

2.1. DISEÑO PRELIMINAR

Para realizar la conversión de un vehículo con motor de combustión a eléctrico, se está utilizando un Renault Logan 1.6L Dynamique modelo 2006 donado por SOFASA a la Universidad Pontificia Bolivariana, el cual se encuentra asignado a la Dirección de Laboratorios de Ingenierías para su uso en investigación. En la Tabla 6 y en la Tabla 7 se presentan los datos más representativos del vehículo y el motor, respectivamente.

Desempeño	
Velocidad máxima [Km/h]	175
De 0 a 100 Km/h [segundos]	12,3
Consumo [Km/gal]	39

Tabla 6. Desempeño del Renault Logan (Renault, 2004).

Variable	Valor
Cilindraje	1598 cc
Cilindros	4
Potencia	90HP@5500rpm
Torque	128Nm@3000rpm
Combustible	Gasolina extra
Alimentación	Inyección electrónica
Consumo	39 Km/gal

Tabla 7. Datos técnicos del motor de combustión K7M (Renault, 2004).

Actualmente el proyecto cuenta con el manual de taller del vehículo (Renault Logan). En este se encuentran redactados protocolos para realizar pruebas en los subsistemas originales. Sin embargo son procedimientos muy generales: purga del sistema hidráulico, pruebas de vacío, pruebas de estanqueidad. Las pruebas de vacío solo expresan un rango en el cual debe estar el *booster* en un tiempo determinado y cuánto es la pérdida admisible de vacío (Molero, 2009). Para las pruebas en la dirección asistida y sistema de refrigeración, se explica cómo se debe realizar la prueba de presión y estanqueidad del sistema. Sin embargo como se mencionó anteriormente, el procedimiento anterior es muy general y no

está debidamente documentado (Renault, 2004). Además, hay que tener en cuenta que los subsistemas se han modificado, por lo que los protocolos de prueba deben ajustarse a los nuevos elementos y funciones.

2.2. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL SISTEMA DE FRENOS

Las pruebas que se realicen, las condiciones en las que se encuentra el vehículo y las condiciones climáticas serán registradas y verificadas en la “Hoja de Datos de Prueba” (ver anexo 1).

A continuación se muestra la convención usada en los diagramas de bloques del sistema de frenado del Logan eléctrico.






	Circuito hidráulico
	Energía mecánica
	Circuito neumático
	Señal eléctrica
	Alimentación eléctrica

Tabla 8. Convención usada para el sistema de frenos.

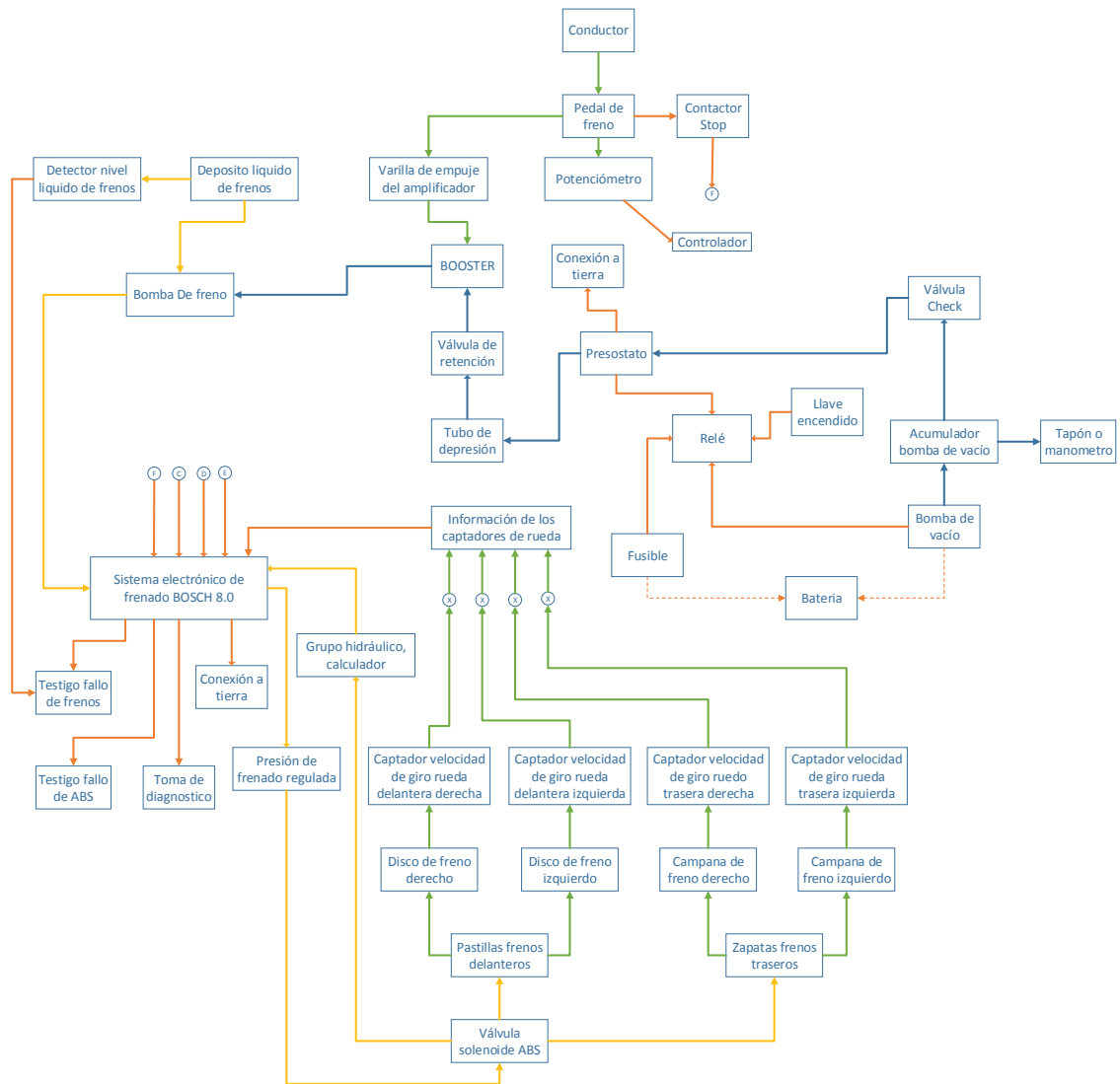


Figura 22. Diagrama de bloques sistema de frenado Renault Logan eléctrico

Se debe probar en conjunto la bomba de vacío, la bomba de freno y el *booster*. Para ello, se debe instalar los componentes mencionados en un banco de pruebas. Y luego se realiza la prueba en el vehículo al sistema de frenos completo, conectado correctamente al circuito hidráulico de frenos.

Antes de realizar cualquier prueba se debe asegurar que la persona encargada tenga conocimiento sobre sistemas de frenos, esté familiarizado con vehículos eléctricos y conozca este protocolo de pruebas y el manual del Renault Logan con anterioridad. Las pruebas se deben realizar en un lugar limpio (libre de polvo y de humedad) y siempre se debe purgar el sistema cuando se vayan a realizar pruebas de frenado en el vehículo (ver

procedimiento 30A: Generalidades, purga del circuito de frenado del manual del Renault Logan).

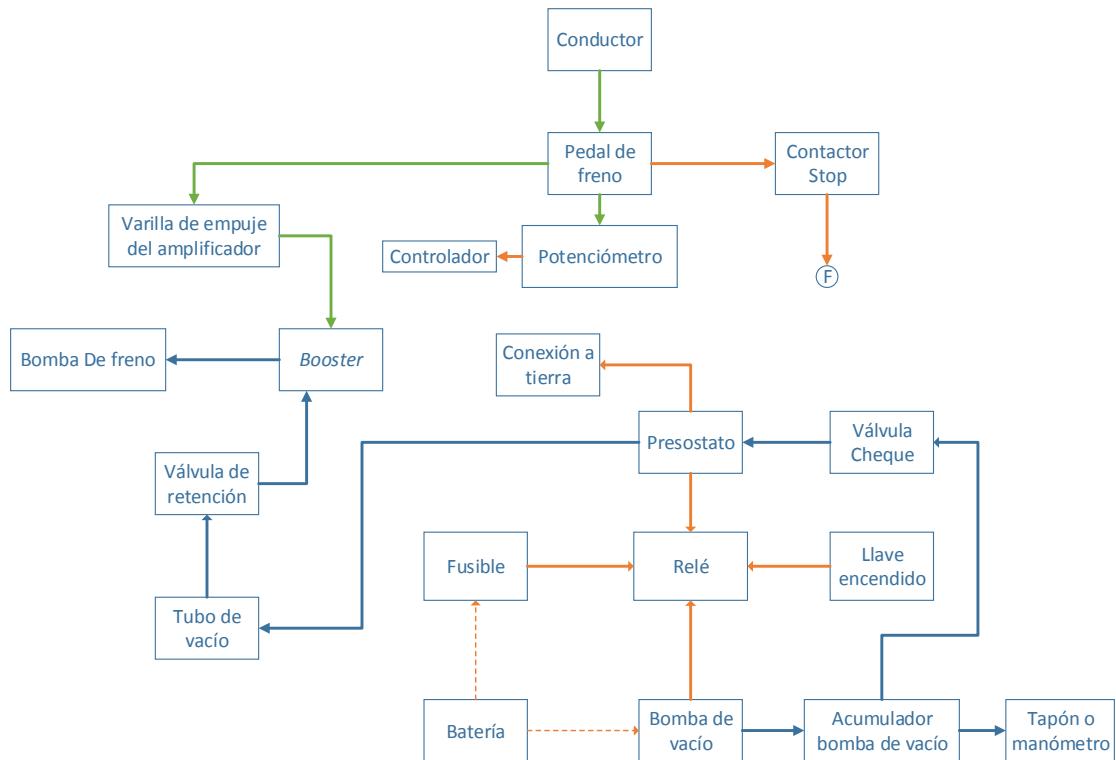


Figura 23. Diagrama de bloques bomba de vacío, bomba de frenos y *booster* (Betancur & Giraldo, 2013).

2.2.1. Bomba de vacío

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para instalar y desinstalar la bomba de vacío:

- Juego de llaves boca fija de: 5 a 20 milímetros
- Juego de llaves hexágonas de: 3 a 12 milímetros
- Alicata.
- Rache cuadrante de $\frac{1}{2}$.
- Juego de copas de 5 a 20 milímetros cuadrante de $\frac{1}{2}$.
- Hombre-solo.
- Destornillador de pala.
- Teflón.

2.2.1.1. Desinstalar bomba de vacío

Asegurarse que el vehículo está totalmente detenido y se encuentre apagado.

- Se debe ubicar la bomba de vacío y el acumulador.
- Antes de proceder a desmontarlos del vehículo se deben retirar todas las conexiones eléctricas y neumáticas. Ver anexo 5.
- Retirar conexiones eléctricas:
 - Desconectar la bomba de vacío de la fuente de alimentación.
 - Desconectar el presostato del relé y de la conexión a tierra.
 - Desconectar el relé.
- Retirar conexiones neumáticas:
 - Desconectar el tubo de vacío de la válvula de retención en el *booster*.
 - Desconectar el tubo de vacío del presostato.
- Desconectar la válvula de retención del presostato y el acumulador.
- Desconectar la bomba de vacío de la válvula de retención en el acumulador.
- Retirar tuercas que sostienen la bomba unida al vehículo.
- Retirar tuercas que sostienen el acumulador unido al vehículo.

2.2.1.2. Instalar bomba de vacío

- Ubicar los tornillos donde se encuentra la bomba de vacío, montarla en ellos y apretar las 4 tuercas.
- Ubicar tornillos donde va el acumulador, montarlo en ellos y apretar las dos tuercas.
- Conexiones neumáticas (ver anexo 5):
 - Conectar el tubo de vacío a la válvula de retención que está ubicada en el *booster*.

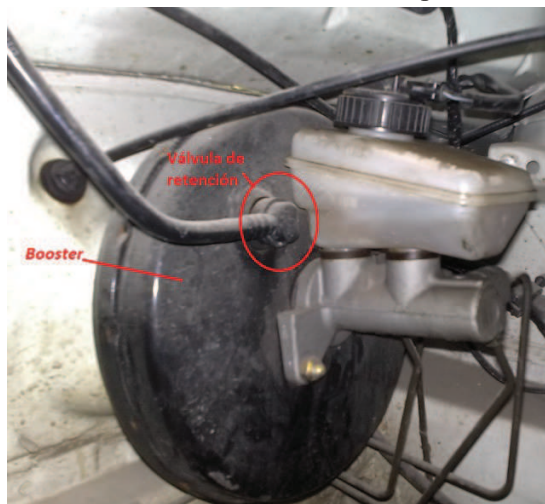


Figura 24. Válvula de retención en el *booster*.

- Conectar el tubo de vacío al presostato.



Figura 25. Presostato.

- Conectar la válvula de retención al presostato (punta color blanco) y al acumulador (punta color negro).



Figura 26. Válvula de retención.

- Conectar la bomba de vacío a la válvula de retención en el acumulador.



Figura 27. Válvula de retención del acumulador.

- Asegurarse que todas las uniones neumáticas quedaron bien selladas (abrazaderas puestas correctamente).
- Conexiones eléctricas (ver anexo 5):
 - Conectar la bomba de vacío a la fuente de alimentación.
 - Conectar el relé.



Figura 28. Relé.

- Conectar el presostato al relé y a tierra.

Nota: usar teflón en todas las uniones roscadas para garantizar un buen sello.

2.2.1.3. Pruebas en bomba de vacío

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para realizar pruebas a la bomba de vacío.

- Vacuómetro, rango de - 600 a 0 mmHg.
- Multímetro.
- Medidor de decibeles.
- Interruptor (depende si la fuente de energía a usar es un arrancador o una batería).
- Alicates.
- Destornillador de pala.
- Cinta aislante.
- Pinza pelacables.
- Bisturí.
- Clavijas para empalmes.

Realizar todas las conexiones neumáticas y eléctricas necesarias para que el circuito funcione correctamente (ver anexo 5). Usar teflón en todas las uniones roscadas para garantizar un buen sello y de ser necesario usar cinta aislante en las conexiones eléctricas. Conectar fuente de alimentación al circuito eléctrico. Si es una batería, instalar un interruptor; si es un arrancador no es necesario. Si las pruebas se están realizando en el banco de pruebas tener presente que se debe usar la pinza pelacables y el bisturí. Además, el cable para esta prueba debe ser calibre 14, junto con las clavijas correspondientes para realizar las conexiones.



Figura 29. Clavijas para empalmes.

Prueba de presión

- Con una llave hexágona de 5 mm retirar el tapón del acumulador e instalarle un vacuómetro (rosca NPT 1/8"). Apretar el vacuómetro con una llave boca-fija hasta que quede bien ajustado (tener cuidado de no reventar el vacuómetro).
- Poner un tapón en la entrada de aire (punta libre del presostato).
- Accionar el interruptor para poner en marcha la bomba de vacío.

- Con la bomba en funcionamiento el vacuómetro debe indicar una presión aproximada de -600 ± 100 mmHg (-0.8 ± 0.13 bar). Registrar la medición en el anexo 1.
- Si la presión que marca el vacuómetro está por debajo del rango permitido, revisar que las uniones tengan sello hermético. Si después de comprobar que las uniones se encuentran bien selladas y aun no se llega al rango de presión establecido se debe llevar la bomba a revisión por parte del proveedor o a un centro especializado.

Prueba eléctrica

- Accionar el interruptor para poner en marcha la bomba de vacío.
- Con un multímetro tomar medida de voltaje y corriente.
- La medición del voltaje de ser aproximadamente 12 VDC.
- La medición de corriente debe ser 8 A.

Prueba de ruido

- Accionar el interruptor para poner en marcha la bomba de vacío.
- Ubicarse a 1 m de distancia y encender un medidor de decibeles. La medición obtenida debe ser menor a 50 dB.

2.2.2. Bomba de frenos

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para instalar y desinstalar la bomba de frenos.

- Juego de llaves boca fija de 10 a 25 milímetros.
- Llave de torque rango de 0 a 50 ft·lbf (0 a 67.8 Nm), cuadrante de 1/8".
- Llave de torque rango de 20 a 100 Nm cuadrante de 1/2".
- Juego de copas de 5 a 22 milímetros para llave de torque, cuadrante de 1/2".
- Juego de copas de 7 a 17 milímetros para llave de torque, cuadrante de 1/8".
- Juego de puntas boca-fija milimétricas para la llave de torque, cuadrante de 1/8".
- Depósito para líquido de frenos.
- Jeringa.
- Estopa.

2.2.2.1. Desinstalar bomba de frenos

Asegurarse que el vehículo está totalmente detenido y se encuentre apagado. Para desinstalar la bomba, seguir los siguientes pasos (ver anexo 6).

- La bomba de frenos se encuentra unida al *booster*. Desconectar el conector (1) del detector de nivel del líquido de frenos.
- Extraer el tapón (2) del depósito del líquido de freno y sacar el líquido de frenos con una jeringa. El líquido de frenos se debe envasar en otro depósito.
- Con una llave boca-fija quitar los racores de las canalizaciones de freno (3) de la bomba de frenos y marcar su posición para identificarlos posteriormente.
- Con una llave boca-fija extraer las tuercas de fijación en el *booster* (4).
- Quitar la bomba de frenos.
- Despegar el depósito de líquido de freno.

2.2.2.2. Instalar bomba de frenos

- Unir el depósito de líquido de freno a la bomba de frenos.
- Alinear la bomba de frenos con el *booster*, para que la varilla de empuje entre en el alojamiento de la bomba de frenos.
- Con la llave de torque apretar las tuercas de fijación de la bomba en el *booster* (4) (torque de apriete: 21 Nm).
- Con la llave de torque y una punta boca-fija ubicar y apretar los racores de las canalizaciones de freno (3) de la bomba (ver marcas para identificar su correcta posición) (torque de apriete: 14 Nm).
- Llenar depósito con líquido de frenos y ubicar tapón (2) en el depósito.

Nota: cambiar empaques entre la bomba de freno y el depósito, y entre el *booster* y la bomba de freno antes de realizar su instalación. Asegurarse de llenar el depósito con el líquido de frenos recomendado por el fabricante.

2.2.2.3. Pruebas en bomba de frenos

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para realizar pruebas en la bomba de frenos.

- Juego de llaves boca-fija de 8 a 25 milímetros.
- Manómetro rango 0 a 1500 psi.
- 3 tapones (racores) de 11 mm.

Pruebas en bomba de frenos (pruebas en banco)

Para hacer las pruebas en la bomba de frenos, ésta tiene que estar correctamente instalada en el circuito (ver anexo 7). En esta prueba la bomba de vacío debe estar conectada (ver anexo 5).

Prueba de presión

- Asegurarse que todas las conexiones estén bien selladas.
- Ubicar 3 tapones de 11 mm en agujeros de la bomba de freno (canalizaciones (3), ver anexo 6) y el manómetro en la canalización restante. Hay que marcar cada canalización para tener registro de ellas.
- Encender bomba de vacío.
- Accionar la varilla de empuje (*booster*).
- Verificar que la presión marcada en el manómetro es la especificada por el fabricante (100 bares en la parte delantera y en la parte trasera de 27 a 38 bares).

Nota: realizar el procedimiento anterior con cada una de las 4 canalizaciones.

2.2.3. Amplificador de frenado (*booster*).

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para instalar y desinstalar el *booster*:

- Juego de llaves boca-fija de 10 a 25 milímetros.
- Destornillador de pala.
- Rache cuadrante de ½".
- Extensión para rache.
- Juego de copas de 10 a 25 milímetros, cuadrante de ½".
- Alicates.
- Pinzas para tubo.
- Hombre-solo.
- Llave de torque, rango 20 a 100 Nm, cuadrante de ½".
- Extensión para llave de torque, cuadrante de ½".

2.2.3.1. Desinstalar el amplificador de frenado (*booster*).

Para desinstalar el *booster* primero se debe retirar la bomba de frenos y la bomba de vacío. Luego de haber realizado los procedimientos anteriores se puede desinstalar el *booster*.

- Extraer del lado del conductor el eje de doble seguridad (2) entre la varilla de empuje del amplificador de frenado y el pedal de freno, tras haber basculado el eje de la unión hacia arriba (ver Figura 30).

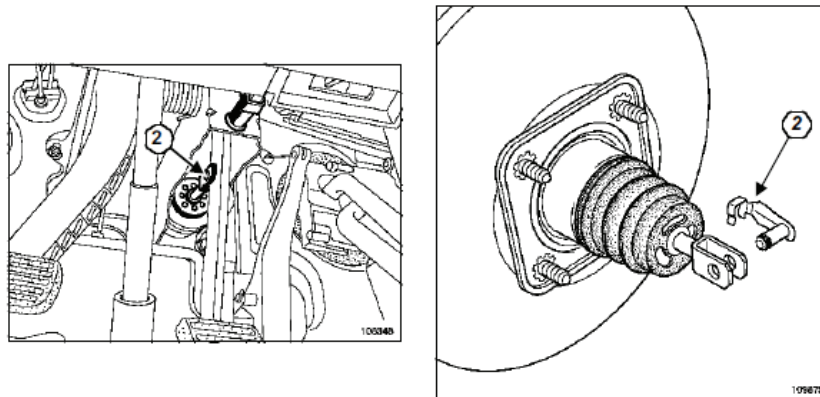


Figura 30. Eje de doble seguridad entre el *booster* y la varilla de empuje (Renault, 2004).

- Con el rache, una extensión y una copa, quitar las tuercas especiales (4) de la espuma aislante (ver Figura 31). Desplazar ligeramente la espuma aislante.
- Con el rache, una extensión y una copa, quitar las tuercas (3) de fijación del amplificador de frenado, lado del conductor (unión entre el amplificador de frenado y el soporte del pedal), (ver Figura 31).
- Por último retirar el amplificador de frenado.

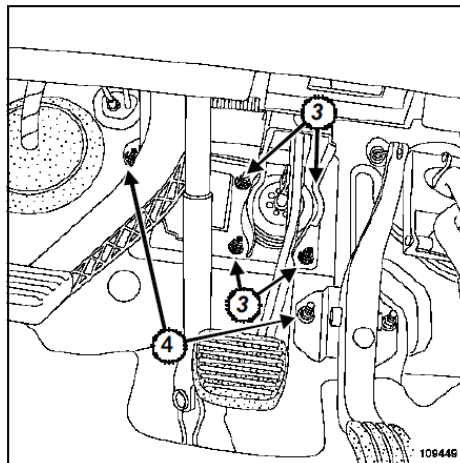


Figura 31. Tuercas de fijación amplificador de frenado (*booster*) (Renault, 2004).

2.2.3.2. Instalar amplificador de frenado

Antes de realizar la instalación del amplificador de frenado se debe verificar la cota $X1 = 145.8 \text{ mm} \pm 0.5$ (ver Figura 32).

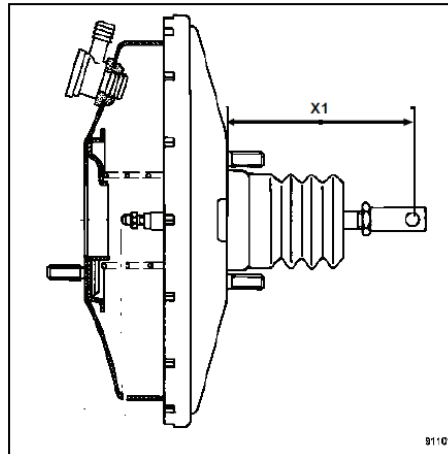


Figura 32. Amplificador de frenado (Renault, 2004).

- Ubicar el amplificador de frenado en su posición original.
- Con un rache, una extensión y una copa, ajustar las tuercas (3) y (4) que sostienen el amplificador de frenado unido al vehículo (ver Figura 31).
- Con una llave de torque, una extensión para llave de torque y una copa, apretar las tuercas (3) y (4). Torque de apriete para las tuercas de: 21 Nm.
- Cambiar el eje de doble seguridad (2) (ver Figura 30) en cada intervención ya que este posee un casquillo con muelle de plástico que sólo cumple su función una vez. Engrasar el eje de doble seguridad antes de montarlo y encajarlo en la varilla de empuje del amplificador (poner el eje de doble seguridad de derecha a izquierda).

2.2.3.3. Pruebas en el amplificador de frenado

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para realizar pruebas en el *booster*.

- Pinza para tubos.
- Juego de llaves boca-fija de 5 a 25 milímetros.
- Manómetro, rango de 0 a 150 psi.
- Vacuómetro, rango de - 600 a 0 mmHg.
- Cronómetro.

Pruebas en amplificador de frenado desinstalado (pruebas en banco)

Para realizar pruebas en el amplificador de frenado es necesario que este se encuentre unido a la bomba de vacío. Además, se debe desinstalar la bomba de vacío del vehículo (proceso de desinstalación bomba de vacío, circuito eléctrico y neumático bomba de vacío, ver anexo 5).

Prueba de tiempo

Ésta prueba se debe realizar para determinar cuánto se demora la cámara en vaciarse. Esta prueba debe realizarse con la bomba de vacío unida al amplificador de frenado (ver anexo 7). Después de realizar todas las conexiones mostradas en el anexo 7, proceder así:

- Encender la bomba de vacío y empezar a tomar el tiempo que se demora en extraer el aire del amplificador de frenado.
- Cuando la bomba se desactive, parar el cronómetro y anotar tiempo en el anexo 1. El tiempo no debe ser mayor a 15 segundos.

Prueba de estanqueidad

Se debe realizar en el vehículo, con el circuito hidráulico en funcionamiento.

- Conectar el manómetro entre el amplificador de frenado y la bomba de vacío con una "T" y una manguera lo más corta posible (ver Figura 33).

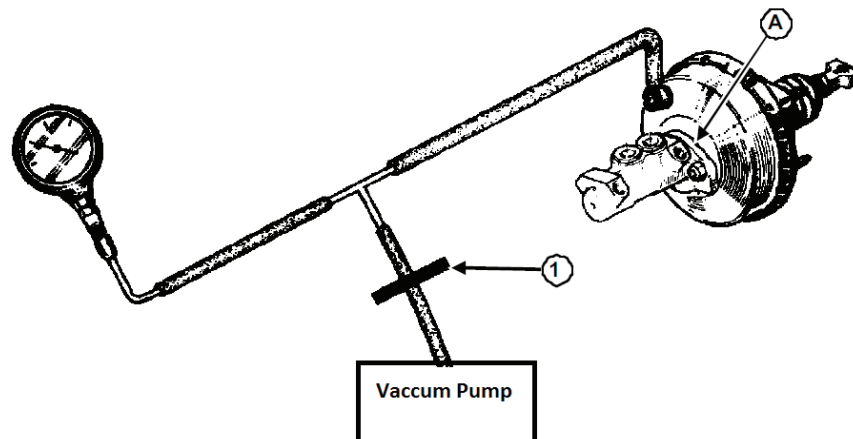


Figura 33. Conexión entre manómetro, *booster* y bomba de vacío (Renault, 2004).

- Hacer girar el motor al ralentí durante diez minutos.
- Pinzar el tubo entre el racor en « T » y la fuente de vacío con la pinza para tubos. Si el vacío cae más de 33 mbar en 15 segundos, hay una fuga.

- Si el amplificador de freno no funciona, el sistema de frenos falla. En este caso se debe llevar el amplificador de frenado con su proveedor para arreglarlo, o sustituirlo por uno nuevo.

Pruebas en pista del sistema de frenos.

Para realizar las pruebas en el sistema de frenos, se deben tener todos los componentes de este instalados en el vehículo. Además el vehículo debe tener llantas nuevas para realizar estas pruebas.

- El vehículo debe estar en una pista de 500 metros de larga, totalmente recta y seca.
- Marcar los sitios en la pista donde el conductor debe empezar a frenar.
- Se deben hacer 3 pruebas a diferentes velocidades, 60, 100 y 120 km/h y repetir cada prueba 3 veces.
- Medir los resultados de la prueba y anotar los resultados obtenidos en la hoja de datos (anexo 1).
- Verificar que el vehículo cumpla con los requerimientos, ver Tabla 9.

Velocidad en Km/h	Distancia de detención con calzada seca		Distancia de detención con calzada	
	3/4 seg.	1 seg.	3/4 seg.	1 seg.
120	108	117	192	201
110	94	103	166	175
100	78	86	136	145
90	66	73	114	123
80	54	60	92	101
70	42	48	70	79
60	34	39	56	65
50	24	28	38	44
40	18	21	28	33

Tabla 9. Distancias de frenado (ONI, 2007).

De no cumplir con los requerimientos, revisar que las pastillas de freno estén en buen estado. De estarlo, revisar cada componente del sistema de frenado.

2.3. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Las pruebas que se realicen, las condiciones en las que se encuentra el vehículo y las condiciones climáticas serán registradas y verificadas en la “Hoja de Datos de Prueba” (ver anexo 2).

A continuación se muestra la convención usada para el diagrama de bloques del sistema de dirección en el Logan eléctrico.






Descripción	Convención
Banda	
Ensamble (Conjunto)	
Fluido a baja presión	
Fluido a alta presión	
Alimentación eléctrica	

Tabla 10. Convención usada para el diagrama de bloques del sistema de frenos.

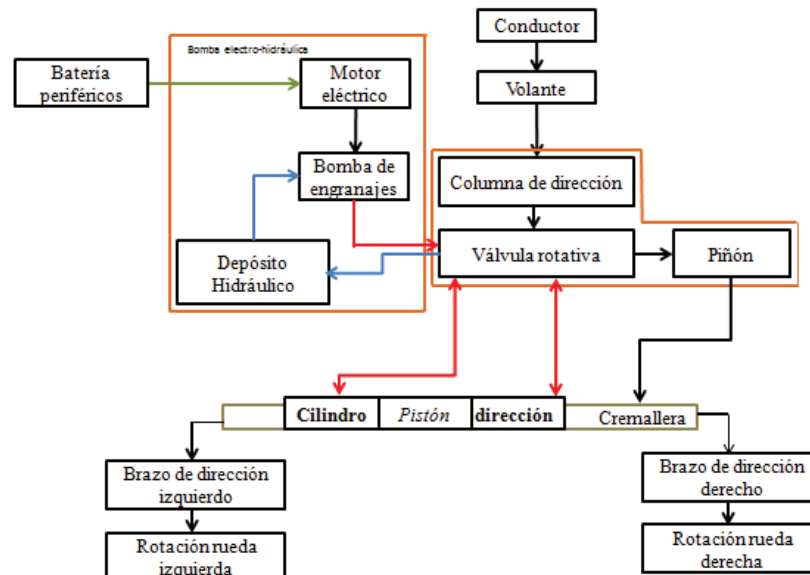


Figura 34. Diagrama de bloques del sistema de dirección Logan eléctrico (Betancur & Giraldo, 2013).

Se debe probar la bomba electro-hidráulica en el banco. Después de realizada, instalar la bomba electrohidráulica en el vehículo y verificar el funcionamiento del sistema de dirección.

Antes de realizar cualquier prueba se debe asegurar que la persona encargada de realizarla tenga conocimiento sobre sistemas de dirección hidráulica, esté familiarizado con vehículos eléctricos, conozca este protocolo de pruebas y el manual del Renault Logan con anterioridad. Estos procedimientos se deben realizar en un lugar limpio (libre de polvo y de humedad). Se debe purgar el sistema antes de accionarlo (ver procedimiento 36B: bomba de dirección asistida del manual del Renault Logan).

2.3.1. Bomba electro-hidráulica

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para instalar y desinstalar la bomba electrohidráulica:

- Juego de llaves boca fija de 5 a 25 milímetros.
- Juego de llaves hexágonas de 3 a 17 milímetros.
- Rache, cuadrante de ½”.
- Extensión para rache, cuadrante de ½”.
- Juego de copas de 5 a 25 milímetros, cuadrante de ½”.
- Alicata.
- Hombre-solo.
- Destornillador de pala y estrella.
- Pinza picoloro.
- Tapones para los orificios de las canalizaciones y para la bomba electro-hidráulica de dirección.
- Cruceta para quitar pernos en las ruedas.
- Torquímetro.
- Juego de puntas boca-fija de 5 a 17 milímetros, cuadrante de ½”.
- Extensión para torquímetro.

2.3.2. Desinstalar bomba electro-hidráulica

Para desinstalar la bomba electro-hidráulica primero se debe ubicar el vehículo en un elevador de dos columnas.

- Quitar el protector bajo el motor.
- Ubicar la bomba electro-hidráulica.
- Quitar la rueda delantera derecha con la cruceta para pernos.
- Con la pinza picoloro quitar la abrazadera (2) del manguito de entrada hidráulica (3) en la bomba electro-hidráulica (ver Figura 35).

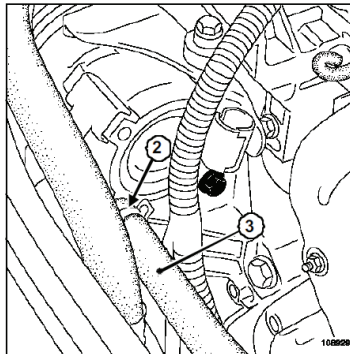


Figura 35. Bomba electro-hidráulica (Renault, 2004).

- Desconectar el manguito de entrada (3) de la bomba electro-hidráulica (ver Figura 35).
- Con la llave mixta aflojar el racor del tubo de alta presión para quitarlo de la bomba.
- Poner tapones en los orificios de las canalizaciones y la bomba electro-hidráulica para evitar pérdida de fluido hidráulico.
- Finalmente con una llave estrella aflojar los tornillos que soportan la bomba electro-hidráulica al vehículo, y con el rache y una copa retirar estos tornillos.

2.3.3. Instalar bomba electro-hidráulica

- Ubicar el lugar donde se debe soportar la bomba electro-hidráulica al vehículo y sujetarla a este apretando los tornillos.
- Con un torquímetro, la extensión y una punta boca fija, dar torque de apriete especificado por el fabricante (21 Nm) a los tornillos que sujetan la bomba electro-hidráulica al vehículo.
- Retirar los tapones que se encuentran en las canalizaciones y en la bomba electro-hidráulica.
- Con una llave mixta ajustar el racor del tubo de alta presión a la bamba y con el torquímetro y una punta boca fija dar un torque de 21 Nm.
- Conectar el manguito de entrada (3) de la bomba electro-hidráulica (ver Figura 35).
- Con la pinza picoloro poner la abrazadera (2) del manguito de entrada hidráulica (3) en la bomba electro-hidráulica (ver Figura 35).
- Poner la rueda delantera derecha con la cruceta para pernos.
- Poner el protector bajo el motor con el rache y la copa.

2.3.4. Pruebas en bomba electro-hidráulica

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para realizar pruebas en la bomba electrohidráulica.

- Destornillador de pala y estrella.
- Pinza picoloro.
- Manómetro, rango de 0 a 100 bar.
- Juego de llaves mixtas de 5 a 20 milímetros.
- Torquímetro, rango de 20 a 100 Nm.
- Juego de puntas boca-fija para cuadrante de ½”.
- Cinta aislante.
- Pinza pelacables.
- Cortafrío.
- Válvula limitadora de presión.
- Caudalímetro de turbina, rango de 1.2 a 20 L/min.
- Calibrador de presión.
- Estopa.
- Recipientes para líquido hidráulico.
- Embudo.

Pruebas generales en el sistema de dirección.

Antes de realizar cualquier prueba en el sistema de dirección, se debe:

- Con un calibrador de presión revisar el estado de los neumáticos (30 libras parte delantera y 28 libras parte trasera).
- Con un torquímetro, una extensión y una copa, revisar que el apriete en la caja de dirección sea el especificado por el fabricante (105Nm).
- Observar el desgaste de los neumáticos y de ser necesario llevarlo a un centro especializado para balancear y alinear las ruedas del vehículo.
- Revisar el nivel del líquido hidráulico y de ser necesario completar el nivel (ELFRENAULTMATIC D2 líquido hidráulico recomendado por el fabricante).

Nota: luego de realizar las pruebas anteriores y comprobar que los elementos mencionados se encuentran en buen estado, hacer una prueba de carretera a 60 km para observar que no se produzca ningún tipo de vibración en el volante del vehículo.

Prueba de presión

Para realizar la prueba de presión en la bomba electro-hidráulica, esta debe estar ubicada en el banco de pruebas y con todas las conexiones hechas (ver anexo 8). Después de probar la bomba en el banco de pruebas se debe instalar nuevamente en el vehículo para continuar con las pruebas de presión. Anotar las presiones obtenidas en la hoja de datos (ver anexo 2).

- Con una llave mixta fijar la bomba electro-hidráulica al banco de pruebas.
- Realizar las conexiones hidráulicas entre el depósito, la bomba electro-hidráulica, la válvula limitadora de presión y el manómetro (ver anexo 8).
- Realizar las conexiones eléctricas entre la fuente de energía y el motor de la bomba electro-hidráulica (ver anexo 8).
- Después de tener el circuito listo en el banco de pruebas, proceder a llenar el depósito hidráulico con líquido hidráulico (ELFRENALTMATIC D2 líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Encender la bomba electro-hidráulica hasta que el fluido pase por el manómetro y salga todo el aire del circuito (se purgue la línea).
- Apagar la bomba y completar el nivel del líquido hidráulico si es necesario.
- Encender nuevamente la bomba y cerrar por no más de 5 segundos la válvula limitadora de presión. El manómetro deberá marcar entre 5 a 7 bares (repetir este proceso 3 veces). De no marcar la presión indicada la bomba está presentando fallas y será necesario llevarla con el proveedor o sustituirla por una nueva.
- Si la bomba está dentro de los parámetros requeridos instalarla nuevamente en el vehículo y revisar que las mangueras del circuito hidráulico no presenten fugas en las conexiones o por estar en mal estado.
- Con la bomba instalada en el vehículo, conectar el manómetro de presión entre la bomba (salida alta presión) y la barra de dirección
- Proceder a encender la bomba electrohidráulica, hacerla funcionar hasta que salga todo el aire de la línea.
- Apagar la bomba y completar si es necesario el nivel del líquido hidráulico (usar el líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Encender nuevamente la bomba y observar que el manómetro marque entre 5 a 7 bares.
- Girar la dirección a tope al lado derecho y anotar la presión obtenida hacer lo mismo hacia el lado izquierdo y repetir esta operación 3 veces en cada lado. La presión con la dirección a tope debe ser de 79 a 86 bares, de lo contrario desmontar la bomba electro-hidráulica y hacerla revisar del fabricante o sustituirla por una nueva.

Prueba de flujo hidráulico en la bomba.

Para realizar las pruebas de flujo en la bomba hidráulica se deben realizar todas las conexiones (ver anexo 9) en el banco de pruebas.

- Luego de realizar todas las conexiones, se procede a llenar el depósito de líquido hidráulico (ELFRENAULTMATIC D2 líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Encender la bomba electro-hidráulica hasta que salga todo el aire de la línea.
- Cuando todo el aire salga de la línea apagar la bomba y completar el nivel de líquido hidráulico.
- Encender la bomba y anotar la medición que el caudalímetro está dando (esta medición debe estar alrededor de 3.6 L/m).
- Si la bomba esta dentro de los parámetros requeridos instalarla nuevamente en el vehículo y revisar que las mangueras del circuito hidráulico no presenten fugas en las conexiones o por estar en mal estado.
- Entre la conexión de alta presión y la bomba, instalar el caudalímetro.
- Llenar el depósito con líquido hidráulico (ELFRENAULTMATIC D2 líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Asegurarse que las llantas del vehículo no estén tocando el piso (levantar el vehículo), encenderlo y hacer funcionar la bomba hasta que salga todo el aire de la línea. Luego apagarlo y girar el volante a tope al lado derecho y luego al lado izquierdo (3 veces en cada lado).
- Completar el nivel del líquido hidráulico si es necesario.
- Encender el vehículo y anotar el valor de flujo que indica el caudalímetro en la hoja de datos (ver anexo 2).
- Girar el volante a tope primero al lado derecho y luego al izquierdo (3 veces) y anotar cada una de las mediciones de flujo (esta mediciones deben oscilar entre 3.5 y 3.6 L/m).
- Si la bomba no cumple con los valores requeridos llevarla a un centro especializado o sustituirla por una nueva.

2.4. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Las pruebas que se realicen, las condiciones en las que se encuentra el vehículo y las condiciones climáticas serán registradas y verificadas en la hoja de datos de prueba (ver anexo 3).

A continuación se muestra la convención usada en los diagramas de bloques del sistema de refrigeración del Logan eléctrico.

	Circuito hidráulico
	Señal visual
	Señal eléctrica

Tabla 11. Convención usada para el diagrama de bloques del sistema de refrigeración

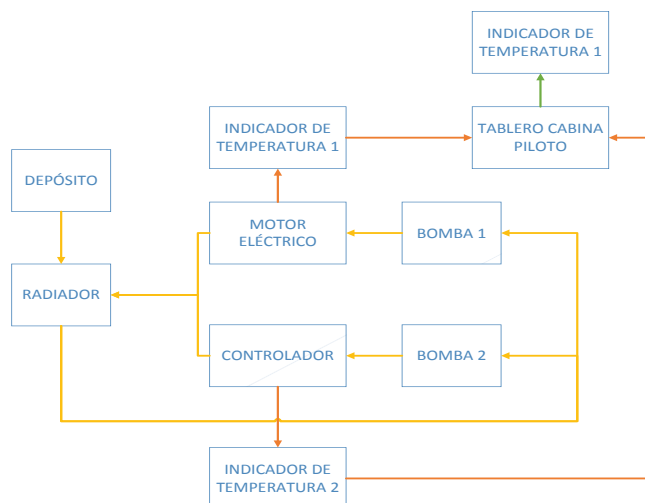


Figura 36. Diagrama de bloques sistema de refrigeración Renault Logan eléctrico

Se debe probar el sistema de refrigeración del motor y el controlador en un banco de pruebas, esta prueba se debe realizar con una bomba y luego ambas bombas verificando que no exista pérdida de presión, los tubos o mangueras por donde pasa el refrigerante deben estar conectados correctamente al sistema hidráulico de refrigeración.

Antes de realizar cualquier prueba se debe asegurar que la persona encargada de realizarla, tenga conocimiento, esté familiarizado con vehículos eléctrico y conozca este protocolo de pruebas y el manual del Renault Logan con anterioridad. Las pruebas se deben realizar en un lugar limpio (libre de polvo y de humedad). Siempre se debe purgar el sistema cuando se vayan a realizar pruebas (sistema de refrigeración).

2.4.1. Bombas de agua

A continuación se muestra la lista de herramientas necesarias para instalar y desinstalar la las bombas de agua del sistema de refrigeración:

- Juego de llaves boca fija de: 10 a 25 milímetros
- Juego de llaves hexágonas de: 3 a 17 milímetros
- Rache, cuadrante de ½”.
- Extensión para rache, cuadrante de ½”.

- Juego de copas de 10 a 25 milímetros, cuadrante de ½”.
- Hombre-solo.
- Destornillador de pala y estrella.
- Pinza picoloro.
- Torquímetro rango de 20 a 100 Nm, cuadrante de ½”.
- Extensión, cuadrante de ½”.
- Balde.

2.4.1.1. Desinstalar bombas de agua

Para desinstalar las bombas de agua, primero se debe ubicar el vehículo en un elevador de dos columnas.

- Quitar el protector bajo el motor con el rache.
- Drenar el circuito de refrigeración mediante el manguito inferior del radiador. Ubicar un balde vacío justo debajo del radiador (donde se va a desconectar el manguito), con la pinza picoloro soltar la abrazadera y finalmente desconectar el manguito del radiador.
- Ubicar el lugar donde se encuentra las bombas.
- La primera se encuentra ubicada entre el radiador y el motor eléctrico.
- La segunda se encuentra ubicada entre el radiador y el controlador.
- Con la pinza picoloro soltar las abrazaderas de cada una de las mangueras conectadas en cada bomba (desconectar cada manguera de las bombas).
- Finalmente con el rache, la extensión y una copa soltar cada bomba del chasis.

2.4.1.2. Instalar bombas de agua

- Ubicar el lugar donde se debe soportar las bombas de agua al vehículo, con el rache las extensión y una copa, sujetarla a aquel apretando los tornillos.
- Con un torquímetro, la extensión y una copa, dar un torque de apriete de 21 Nm a los tornillos que sujetan las bombas de agua al vehículo.
- Conectar la manguera que está unida a la entrada del motor en la salida de la bomba 1 y la manguera que sale del radiador en la entrada de la bomba 1.
- Conectar la manguera que está unida a la entrada del controlador en la salida de la bomba 2 y la otra manguera que sale del radiador en la entrada de la bomba 2.
- Con la pinza picoloro poner las abrazaderas en cada una de las mangueras que conectamos en el paso 3 y 4.

2.4.2. Radiador

A continuación se muestra la lista de herramientas para instalar y desinstalar el radiador del sistema de refrigeración:

- Juego de llaves boca fija de 5 a 25 milímetros
- Rache, cuadrante de ½”.
- Extensión, cuadrante de ½”.
- Juego de copas de 5 a 25 milímetros, cuadrante de ½”.
- Destornillador de pala y estrella.
- Pinza picoloro.
- Correas plásticas.
- Hombre-solo.

2.4.2.1. Desinstalar radiador

Para desinstalar el radiador, primero se debe ubicar el vehículo en un elevador de dos columnas.

- Quitar el protector bajo el motor con el rache.
- Drenar el circuito de refrigeración mediante el manguito inferior del radiador. Ubicar un balde vacío justo debajo del radiador (donde se va a desconectar el manguito), con la pinza picoloro soltar la abrazadera y finalmente desconectar el manguito del radiador.
- Con los destornilladores de estrella y pala quitar los tornillos (1) (ver Figura 37). Extraer parcialmente el guardabarros de la rueda delantera.

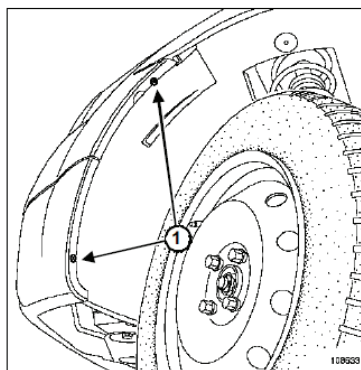


Figura 37. Tornillos 1 guardabarros (Renault, 2004).

- Con el destornillador de estrella y pala quitar los tornillos (2) y (3) (ver Figura 38 y Figura 39).

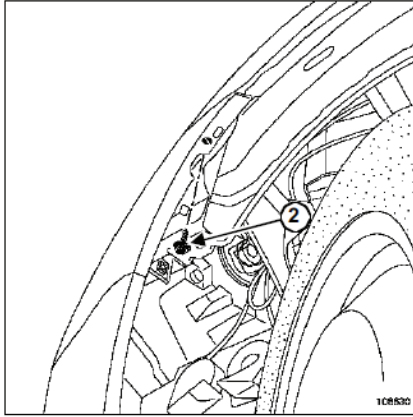


Figura 38. Tornillos 2 guardabarros (Renault, 2004).

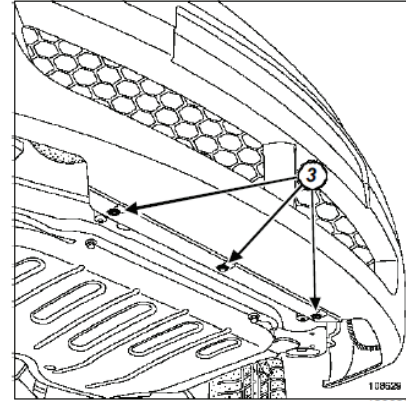


Figura 39. Tornillos 3 guardabarros (Renault, 2004).

- Con los destornilladores de estrella y pala quitar tornillos (4) (ver Figura 40).

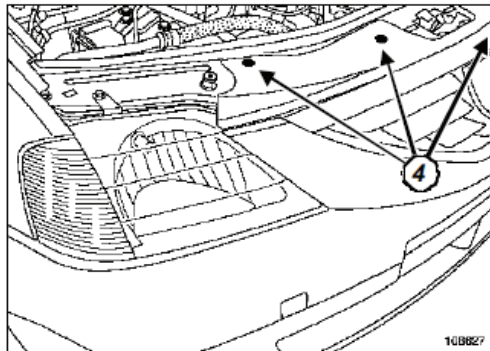


Figura 40. Tornillos 4 guardabarros (Renault, 2004).

- Extraer el paragolpes (esta intervención requiere dos operarios).
- Desconectar el conector de las luces antiniebla (si el vehículo está equipado).
- Extraer el tubo de entrada de aire de la carcasa del filtro de aire.
- Desconectar:
 - Conectores (5) del grupo moto-ventilador (ver Figura 41)
 - Con el picoloro desconectar el manguito superior del radiador
 - Desconectar del grupo moto-ventilador: El cableado eléctrico, el tubo del acondicionador de aire (6), el soporte (7) del depósito de líquido de dirección asistida (ver Figura 41).

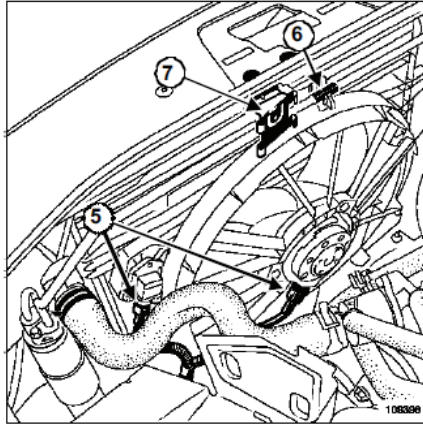


Figura 41. Grupo moto-ventilador (Renault, 2004).

- Extraer los peones (8) de fijación del deflector de aire y el deflector de aire (ver Figura 42).

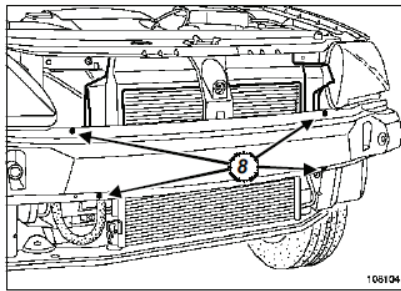


Figura 42. Peones del deflector de aire (Renault, 2004).

- Con el destornillador de estrella quitar los tornillos de fijación (9) del condensador en el radiador (ver Figura 43 y Figura 44). Atar el condensador al travesaño superior.

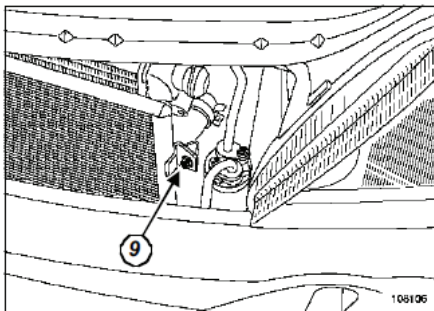


Figura 43. Tornillos de fijación condensador (Renault, 2004).

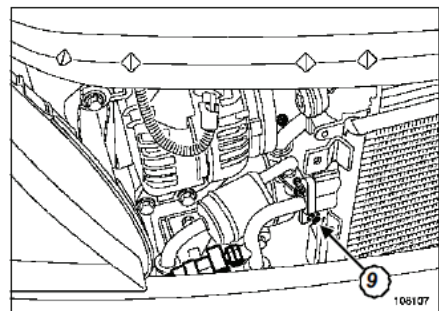


Figura 44. Tornillos de fijación condensador (Renault, 2004).

- Con el rache, la extensión y una copa, quitar las tuercas (10) de fijación del radiador (ver Figura 45) y extraer:
- Las patillas de fijación superiores del radiador
- El grupo moto-ventilador
- El radiador.

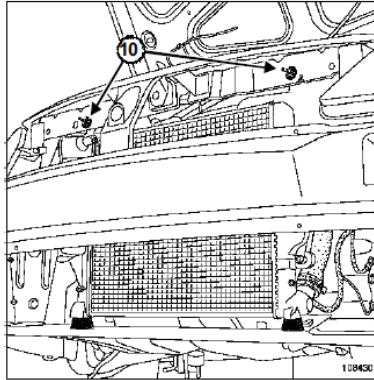


Figura 45. Tuercas de fijación radiador (Renault, 2004).

2.4.2.2. Instalar radiador

- Con el rache, la extensión y una copa, sujetar el radiador al chasis del vehículo con las tuercas (10) de fijación del radiador (ver Figura 45) y poner:
- Las patillas de fijación superiores del radiador
- El grupo moto-ventilador.
- Con el destornillador de estrella poner los tornillos de fijación (9) del condensador en el radiador para fijarlo (ver Figura 43 y Figura 44).
- Poner los peones (8) de fijación del deflector de aire y el deflector de aire (ver Figura 42).
- Conectar el grupo moto-ventilador (ver Figura 41):
- El cableado eléctrico.
- El tubo del acondicionador de aire (6).
- El soporte (7) del depósito de líquido de dirección asistida.
- Poner el paragolpes (esta intervención requiere dos operarios).
- Conectar las luces antiniebla (si el vehículo está equipado).
- Fijar el tubo de entrada de aire de la carcasa del filtro de aire.
- Conectar:
 - Conectores (5) del grupo moto-ventilador (ver Figura 41).
 - Con la pinza picoloro desconectar el manguito superior del radiador
 - Con los destornilladores de estrella y pala poner tornillos (4) (ver Figura 40).

- Con el destornillador de estrella y pala quitar los tornillos (2) y (3) (ver Figura 38 y Figura 39).
- Con los destornilladores de estrella y pala poner los tornillos (1) para sujetar el guardabarros de la rueda delantera (ver Figura 37).
- Conectar el manguito superior e inferior al radiador, con una pinza picoloro poner las abrazaderas y finalmente llenar el circuito de refrigeración mediante el depósito de refrigerante del sistema de refrigeración.
- Proceder a purgar el sistema de refrigeración.
- Poner el protector bajo el motor con el rache.

2.4.2.3. Pruebas en bombas de agua

Herramientas necesarias para realizar pruebas en las bombas de agua.

- Destornillador de pala y estrella.
- Pinza picoloro.
- Manómetro 100 bar.
- Cinta aislante.
- Pinza pelacables.
- Cortafrío.
- Válvula limitadora de presión.
- Caudalímetro.
- Calibrador de presión.
- Estopa.
- 2 Baldes.
- Manguera de poliuretano 1/2”.
- 1 Adaptador roscado macho de 3/4” para manguera de poliuretano 1/2”.
- 1 Trapeador.
- 1 m Manguera EPDM (3/4”).
- 10 Tapones macho (1/8” NPT).
- 3 Tornillos (1/4” UNF).
- Fuente de aire comprimido.
- Acople rápido para manguera de poliuretano de 1/2”.
- Manguera de jardín.
- 1 Adaptador macho para manguera de jardín (3/4”).
- 2 sensores de presión diferencial modelo mpx2102dp con rango de 0 a 14.5 psid.
- 2 sensores de presión diferencial modelo mpx2202dp con rango de 0 a 29 psid.
- 3 sensores de temperatura (RTD).

- 1 sensor de temperatura (termopar) para aire.
- 4 metros de manguera poliuretano 1/4".
- 4 tapones, rosca 1/8"-27 NPT.
- Teflón.
- Llave boca fija de 11 milímetros.
- Llave boca fija de ½ pulgada.
- Papel.
- Lápiz.
- 1 circuito electrónico amplificador de señal.
- 1 tanque de 10 galones.
- 1 probeta (2000 ml).
- 1 Cronómetro.
- 1 Computador.

Pruebas generales en el sistema de refrigeración.

Antes de realizar cualquier prueba en el sistema de refrigeración, se debe:

- Revisar el nivel del líquido refrigerante.
- Revisar que todas las conexiones no presenten fugas y estén bien hechas.
- Chequear el estado de las abrazaderas y cambiar las que se encuentren defectuosas.
- Chequear el estado de las mangueras por donde circula el líquido refrigerante y cambiar las que se encuentren defectuosas.
- Revisar que el radiador no presente fugas.

Procedimiento de drenado del sistema de refrigeración (en el banco de pruebas) (Sierra, 2013).

El procedimiento de drenado se hace con el fin de sacar todo el refrigerante del sistema cuando sea necesario. Este proceso se debe realizar cuando se desee o necesite desconectar algún elemento del sistema de refrigeración o cuando se requiere el sistema sin refrigerante. Se parte de tener el montaje del sistema de refrigeración con refrigerante y preparado para el drenado (ver anexo 10).

El procedimiento de drenado se realiza ingresando aire comprimido por el sistema de refrigeración para sacar el agua de éste. El ingreso del aire al sistema es a través de la válvula 3, y la salida se produce por la válvula 1. Las bombas A y B deben permanecer apagadas durante el proceso.

- Inicialmente el sistema se encuentra lleno de agua, todas las válvulas cerradas y el tanque C tapado.
- Se conecta una manguera de poliuretano en la válvula 3 mediante el accesorio dispuesto para ello. En la válvula 1 se conecta manguera EPDM al tubo de CPVC que se encuentra después de esta. Se ubica un balde a la salida de la manguera de la válvula 1 para contener el líquido refrigerante.
- Se abre la válvula del suministro de aire (no mostrada en la figura).
- Se abren las válvulas 1, 3 y 5. Se suministra aire al sistema hasta que deje de salir el líquido refrigerante. Se debe tener cuidado con la presión máxima que soporta el tanque C.
- Se cierra la válvula 5 y se abre la 4. Se suministra aire al sistema hasta que deje de salir líquido refrigerante.
- Se cierra la válvula 4 y se abre la 2. Se suministra aire al sistema hasta que deje de salir líquido refrigerante.
- Se abre todas las válvulas y se suministra aire al sistema para asegurarse que no hay líquido refrigerante, se incluye el tanque C en este proceso.
- Se cierran las válvulas 1, 3 y el suministro de aire, se retira la manguera de la válvula 1 y la manguera de ingreso de aire de la válvula 3.
- Ahora el sistema de refrigeración no contiene líquido refrigerante.

Procedimiento de purga del sistema de refrigeración (en el banco de pruebas) (Sierra, 2013).

Después de tener montado el circuito hidráulico del sistema de refrigeración (ver anexo 10), se debe proceder a purgarlo. Este proceso se debe realizar con el fin de evitar daños en las bombas A y B y asegurar su correcto funcionamiento. El proceso de purga consta en llenar los ductos de líquido refrigerante mientras el sistema está apagado, asegurando que en el sistema no se encuentren burbujas de aire.

El ingreso del agua al sistema se realiza a través de la válvula 3, y la salida se produce por la válvula 1. Las bombas A y B deben permanecer apagadas durante este proceso, se debe trabajar con la presión suministrada por el acueducto. También se debe verificar constantemente que no existan fugas en uniones y accesorios. En caso de detectar fuga, se debe detener el proceso y drenar completamente el sistema.

- Inicialmente el sistema se encuentra lleno de aire, todas las válvulas cerradas y el tanque C destapado.
- Se conecta una manguera de jardín en la válvula 3 mediante el accesorio dispuesto para ello. En la válvula 1 se conecta la manguera EPDM al tubo de CPVC que se

encuentra después de esta. Se coloca un balde a la salida de la manguera de la válvula 1 para contener el líquido refrigerante.

- Se abre la válvula del acueducto (no mostrada en la figura).
- Se abren las válvulas 1, 3 y 5. Se alimenta agua al sistema hasta que deje de salir el aire. Se debe tener cuidado con el tanque C para que el agua no se rebose.
- Se cierra la válvula 5 y se abre la 4. Se alimenta agua al sistema hasta que deje de salir el aire.
- Se cierra la válvula 4 y se abre la 2. Se alimenta agua al sistema hasta que deje de salir el aire.
- Se abre todas las válvulas y se alimenta agua al sistema hasta asegurarse que el agua salga sin nada de aire.
- Se cierran las válvulas 1, 3 y la del acueducto, se quita la manguera de la válvula 1 y la manguera de ingreso de agua de la válvula 3.
- Para iniciar el funcionamiento del sistema de refrigeración el tanque C debe contener agua al nivel adecuado. Posteriormente se debe abrir la válvula 2 y finalmente prender las bombas A y B.

Prueba de caracterización de las bombas, caídas de presión y disipación de calor (en el banco de pruebas) (Sierra, 2013).

Se parte del montaje que se muestra en el anexo 11, que tiene los siguientes componentes:

- Un tanque de 10 galones o más lleno de agua, en el cual la bomba succionará el fluido.
- Una válvula reguladora de flujo.
- La bomba que se desea caracterizar.
- Sensor de presión.
- Balde.
- Manguera EPDM.

Procedimiento:

- Se enciende la bomba, se abre la válvula totalmente y se deja llegar al estado estable.
- Se registra la medida de presión (ver anexo 3). Luego se coloca un balde en la descarga y se toma el tiempo que tarda la bomba en depositar un volumen establecido. Con los datos de tiempo y volumen se calcula el caudal.
- Se cierra la válvula gradualmente y se repite el paso 2 hasta el cierre total de la válvula.

- Se apaga el sistema, se hacen los cálculos y se registran los resultados en el anexo 3.

Nota: cada medición se repetirá un mínimo de 3 veces o hasta tener tres medidas similares. El resultado será el promedio de las tres mediciones.

Medición de temperatura y presión (Sierra, 2013).

Se debe realizar el montaje del sistema hidráulico con todos los accesorios necesarios para las conexiones de los sensores de presión y temperatura (ver anexo 10).

En el motor, el controlador y el radiador se tienen los siguientes accesorios:

- Entrada: un racor con una toma de presión.
- Salida: un racor con una toma de presión y una de temperatura.

En las bombas A y B se tienen los siguientes accesorios:

- Entrada: un racor con una toma de presión.
- Salida: un racor con una toma de presión.

Medición de presión

- Inicialmente todos los equipos están apagados y las válvulas cerradas.
- Se instalan los sensores de temperatura en los tres puntos de inserción.
- Se instalan los sensores de presión diferencial mpx2202 en las bombas A y B. Se debe tener precaución de conectar correctamente los puertos de alta y baja presión a cada sensor.
- Se instala los sensores de presión diferencial mpx2102dp en el motor y el controlador. Se debe tener precaución de conectar correctamente los puertos de alta y baja presión al sensor. Se colocan tapones en las tomas de presión del radiador.
- Se ceba el sistema de refrigeración incluyendo las mangueras de 1/4". Para ello se deben conectar las mangueras de 1/4" al sistema de refrigeración en los accesorios dispuestos para ello, los extremos sueltos se tapan con la mano. A continuación se lleva a cabo el procedimiento de cebado, dejando salir cuidadosamente el aire por las mangueras de 1/4", cuando estén llenas de agua se conectan los sensores de presión. Finalmente se verifica el correcto funcionamiento.
- Se pone en funcionamiento las bombas y se abren las válvulas 2, 4 y 5. Se espera hasta que el sistema alcance un estado estable y se toman las medidas de todos los sensores de presión (ver anexo 3).
- Se cierran las válvulas 2, 4 y 5 y se apagan las bombas. Se espera hasta que el sistema esté nuevamente en reposo.

- Se quita el sensor de presión del controlador y se colocan tapones en las tomas de presión. Luego quitan los tapones de las tomas de presión del radiador y se instala el sensor de presión en su lugar. Se ceba el sistema nuevamente.
- Se repiten los pasos 6 y 7.

Nota: la prueba de cada elemento se repetirá un mínimo de 3 veces y/o hasta tener tres medidas similares y se promedian.

Medición de temperatura

- Inicialmente todos los equipos están apagados y las válvulas cerradas.
- Se instalan los sensores de temperatura en los tres puntos de inserción y se sitúan tapones en todas las tomas de presión.
- Se ceba el sistema de refrigeración siguiendo el procedimiento para ello y se verifica su correcto funcionamiento.
- Se registra la temperatura del aire. También se registra la temperatura inicial del agua en los tres sensores (ver anexo 3).
- Se encienden las bombas y se abren las válvulas 2, 4 y 5.
- Se enciende el motor operando en vacío (sin carga) y a máxima velocidad. Se enciende el ventilador del radiador. Se registra las temperaturas de cada elemento cada 30 segundos hasta que se alcance el estado estacionario. Luego se registra las temperaturas cada minuto durante 5 minutos (ver anexo 3).
- Se apaga el motor y se deja las bombas y el ventilador encendidos. Se registra las temperaturas de cada elemento cada 2 minutos hasta que el agua se enfríe totalmente (ver anexo 3).
- Se cierran las válvulas 2, 4 y 5 y se apagan las bombas.
- Si cualquiera de las temperaturas excede los 65 °C se ejecuta los pasos 7 y 8. Luego se analiza la situación y si el problema se logra corregir se comienza de nuevo con el procedimiento.
- Se repite los pasos 4 a 9, pero manteniendo el motor encendido por 30 minutos y registrando temperaturas cada 2 minutos (ver anexo 3).
- Se repite los pasos 4 a 9, pero manteniendo el motor encendido por 60 minutos (o hasta el agotamiento de las baterías) y registrando temperaturas cada 2 minutos (ver anexo 3).
- Se repite los pasos 4 a 9, pero con el motor a media carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 5 minutos.

- Se repite los pasos 4 a 9, pero con el motor a media carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 30 minutos y registrando temperaturas cada 2 minutos (ver anexo 3).
- Se repite los pasos 4 a 9, pero con el motor a media carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 60 minutos (o hasta el agotamiento de las baterías) y registrando temperaturas cada 2 minutos (ver anexo 3).
- Se repite los pasos 4 a 9, pero con el motor a plena carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 5 minutos.
- Se repite los pasos 4 a 9, pero con el motor a plena carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 30 minutos y registrando temperaturas cada 2 minutos (ver anexo 3).
- Se repite los pasos 4 a 9, pero con el motor a plena carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 60 minutos (o hasta el agotamiento de las baterías) y registrando temperaturas cada 2 minutos (ver anexo 3).
- Se analiza los datos y revisa que las bombas cumplan con su función.

2.5. PROTOCOLO PARA REALIZAR PRUEBAS DE RENDIMIENTO EN EL LOGAN ELÉCTRICO

Las pruebas que se realicen, las condiciones en las que se encuentra el vehículo y las condiciones climáticas serán registradas y verificadas en la Hoja de Datos de Prueba (ver anexo 4). Estas pruebas pueden realizarse en una pista o en un dinamómetro con certificado de calibración.

Herramientas necesarias para realizar las pruebas de carretera

- Anemómetro.
- Termómetro de contacto.
- Odómetro.
- Cronómetro.
- Calculadora.
- Multímetro.

Procedimiento

- El vehículo se someterá a las pruebas con su configuración normal (espejos, parachoques, capo, etc...), además de realizar pruebas al vehículo con su peso en vacío, se realizarán las mismas pruebas con su peso en vacío mas 332 libras (166 kg) para determinar como la adición de peso afectara el equilibrio del vehículo.

- Las pruebas de aceleración se realizarán en una carretera o pista cerrada con un desnivel máximo del 1% ($\pm 0,5\%$).
- La temperatura de la batería al inicio de la prueba será de 15 ° C a 38 ° C.
- La temperatura ambiente durante la prueba de carretera deberá estar entre 5 ° C a 49 ° C y se deberá registrar en la hoja de datos (ver anexo 4).
- La velocidad del viento promedio registrado en el sitio durante la prueba no podrá exceder de 16 km/h.
- Durante el desarrollo de esta prueba se den recoger los siguientes datos durante 10 minutos cada 30 segundos:
 - Voltaje vs. tiempo.
 - Corriente vs. tiempo.
 - Distancia vs. tiempo.
 - Temperatura de la batería vs. tiempo.
 - Carga de la batería vs. tiempo.
- El error general en los instrumentos de medición no deberá exceder de $\pm 2\%$ del valor máximo de la variable medida.
- Se deberán instalar los dispositivos necesarios para la medición de velocidad vs. tiempo de modo que no obstaculicen o alteren las características de funcionamiento del vehículo.

2.5.1. Aceleración del vehículo a la velocidad máxima alcanzable.

Los vehículos eléctricos deben acelerar de 0 - 100 km/h en 6.0 segundos o menos (Electric Transportation Applications, 2004), cargado con dos ocupantes de 80 kg y con el 50% de la capacidad de carga. Esta prueba se debe realizar un mínimo de 4 veces y anotar cada uno de los datos obtenidos en la hoja de datos (ver anexo 4).

- Ubicar el vehículo en la pista de pruebas.
- Desde el reposo acelerar a fondo el automóvil hasta alcanzar la velocidad máxima posible y continuar a esta velocidad hasta que se hayan recorrido al menos 1.5 km.
- Repetir esta prueba 4 veces. Se debe dejar en reposo el vehículo mínimo 5 minutos antes de iniciar cada prueba.
- Anotar todos los resultados obtenidos por la medición de los instrumentos en la hoja de datos (ver anexo 4).

2.5.2. Prueba de pendiente máxima superable

Los vehículos deben ser capaces de iniciar la marcha y ascender en una pendiente con una inclinación de 25% cuando está cargado con dos ocupantes de 80 kg c/u y con un 50% de la carga. Es imposible de obtener la medición directa de la capacidad de ascenso en

pendientes empinadas, la capacidad de ascenso se calcula midiendo el peso del vehículo más 160 kgf y la fuerza de tracción entregada por el vehículo a una velocidad cercana a cero.

La capacidad de ascenso en porcentaje se determinará según la siguiente relación:

$$PS = 100 \tan \left(\sin^{-1} \left(\frac{P}{W} \right) \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

PS es porcentaje de pendiente superable.

P es fuerza de tracción, medida en kgf.

W es peso del vehículo más 160 kgf, medida en kgf.

- Coloque al vehículo de ensayo una masa que pueda ser arrastrada a baja velocidad baja. Ajustar la fricción de la masa de forma que el vehículo de prueba sea capaz de arrastrarla aproximadamente a 5 km/h. El instrumento de la conexión entre el vehículo y la masa es un medidor de fuerza capaz de leer al menos 1.500 kilogramos fuerza con una precisión de $\pm 2\%$.
- Estas pruebas deben realizarse con $50\% \pm 10\%$ de la carga total de la batería de tracción.
- A demás de la fuerza de tracción que se mide en esta prueba, se debe anotar el grado de inclinación de la carretera para cada dato de fuerza de tracción.
- Registrar si la fuerza máxima del sistema de propulsión del vehículo puede mantenerse durante un periodo de 20 segundos, mientras este se mueve a una velocidad de 1.5 km/h y repetir esta prueba 5 veces (Ver anexo 4).

2.5.3. Pendiente máxima superable mediante análisis

El propósito de esta prueba es determinar el máximo grado de inclinación a la que el vehículo pueda avanzar analíticamente. Mediante este método los resultados obtenidos son inferiores a lo que en realidad experimenta el conductor del vehículo. Se debe determinar la fuerza de tracción a partir de los datos obtenidos durante las pruebas de aceleración máxima. Después de calcular esta fuerza, aplicar este valor en la ecuación 1 para calcular la capacidad máxima de subida.

- Determinar el valor máximo de la aceleración.
- Obtener el valor del peso del vehículo.
- Utilizar la fórmula:

$$F = ma \quad \text{Ecuación 2}$$

- Y determine la máxima fuerza disponible.

- El valor obtenido en el paso anterior (3), introdúzcalo en la ecuación 1, como el valor de P .
- Resuelva la ecuación 1 con los datos suministrados en el paso (4) y (2) de este procedimiento y encuentre el valor máximo de pendiente superable para el vehículo.
- Anote este valor en la hoja de datos (ver anexo 4).

2.5.4. Velocidad máxima en una pendiente.

Esta prueba determina la velocidad máxima que puede alcanzar un vehículo en carreteras con grado de inclinación del 3% y 6%, siempre y cuando la batería se encuentre con un $50\% \pm 10\%$ de la carga total. Los vehículos deben alcanzar una velocidad mínima sostenible de 100 km/h cuando está cargado con dos ocupantes de 80 kilogramos c/u en una pendiente con grado de inclinación del 6% y con las baterías al 50% de su carga total.

Usando los datos de velocidad y tiempo de las pruebas en carretera o el dinamómetro, se pueden trazar características de aceleración del vehículo. Los datos para intervalos de tiempo sucesivos se van a utilizar para determinar la aceleración media del vehículo durante un intervalo de tiempo n-ésimo.

$$\bar{a}_n = \frac{(V_n - V_{n-1})}{(t_n - t_{n-1})} \quad \text{Ecuación 3}$$

Cuando el vehículo a alcanzado la velocidad media,

$$\bar{V} = \frac{(V_n + V_{n-1})}{2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

\bar{a} : Aceleración promedio.

\bar{V} : Velocidad promedio.

t: Tiempo.

Los datos derivados de estos cálculos se representarán gráficamente como aceleración vs. velocidad como una curva. (Si el vehículo estaba equipado con un acelerómetro de grabación, la información de curvas de aceleración se obtiene directamente). El porcentaje de grado que el vehículo es capaz de atravesar a cualquier velocidad seleccionada ahora se calculará usando la siguiente relación:

$$PS = 100 \tan(\sin^{-1}(0.0283a)) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

a = aceleración del vehículo a una velocidad seleccionada, en km/h-s (Electric Transportation Applications, 2004).

Determinar velocidad máxima para pendientes del 3% y 6%. Los cálculos y la documentación de resultados se anotaran en la hoja de datos (ver anexo 4).

3. DIARIO DE CAMPO

3.1. MODALIDAD

El proyecto de investigación “Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico” es desarrollado por el Grupo de Automática y Diseño A+D y el Grupo de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica T&D de la UPB. En este proyecto el estudiante participará como asistente de investigación en las etapas de diseño de detalle, construcción, pruebas y comunicación del diseño. La participación de los Grupos de Investigación será debidamente reconocida en todos los productos generados dentro del trabajo de grado. Así mismo, los Grupos reconocerán la autoría intelectual del estudiante en las publicaciones y otros productos del proyecto de investigación donde haya realizado aportes significativos.

La modalidad a desarrollar es de asistencia a la investigación. La distribución porcentual de las actividades se discrimina en la Tabla 12.

Tipo (*)		%
Teórico	Búsqueda	20
	Desarrollo	20
Experimental		10
Aplicado	Prototipo	50
Total		100

Tabla 12. Tipos de trabajos a desarrollar en el proyecto.

(*) La distribución porcentual puede cambiar de acuerdo con el desarrollo del proyecto de investigación mencionado.

3.2. TEMA

En la Tabla 13 se presenta una clasificación de las áreas a las que pertenece esta temática del proyecto.

Área	%
Diseño mecánico	60
Energía y fluidos	10
Materiales y procesos de manufactura	30
Total	100

Tabla 13. Clasificación de las áreas a las que pertenece el área temática.

3.3. ALCANCE

El presente proyecto se dará por concluido, cuando se cumplan las 480 horas de trabajo individual, documentado en las bitácoras, tener un documentado con el protocolo (general mas no definitivo) para realizar las pruebas en el vehículo eléctrico y aprobado por el director de trabajo de grado.

3.4. BITÁCORAS

A continuación se presentan las bitácoras de trabajo, las cuales contienen una descripción del trabajo semanal realizado y el número de horas dedicado a cada actividad.

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	1
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: febrero 17 a febrero 23 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 26

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
4	4	4	4	6	0	4	26

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

8:00-12:00 m

Redacción del anteproyecto. Se comenzó a redactar portada, cartas para la revisión, datos de los participantes, glosario, modalidad, tema y antecedentes.

Martes:

8:00-12:00 m

Búsqueda bibliográfica para redactar el planteamiento del problema y el marco teórico.

Miércoles:

8:00-12:00 m

Redacción del anteproyecto. Redacción completa del planteamiento del problema y marco teórico.

Jueves:

8:00-12:00 m

Búsqueda de bibliografía sobre el estado del arte y redacción completa de la misma.

Viernes:

8:00-12:30 m

Redacción del anteproyecto. Se redactó objetivos generales y específicos, justificación y beneficios, metodología, productos esperados, alcance, presupuesto y financiación.

4:00-5:30 pm

Reunión con Juan Miguel Vásquez C, director del proyecto, quien hace una introducción y resumen de cómo ha ido evolucionando el proyecto y qué actividades se están desarrollando actualmente. Además, da a conocer el trabajo que aún está pendiente para el desarrollo del proyecto y cuál es el área en la cual se va a trabajar.

Domingo:

5:00-8:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.

Inscripción de datos en el directorio del proyecto.

Redacción del concepto ético, tabla preliminar de contenido y acta de propiedad intelectual.

8:00-9:00 pm

Se exploró los archivos existentes en la carpeta de Dropbox (documentos, diseño básico y de detalle).

Joan Peláez

Firma del estudiante

J. Vásquez

Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	2
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: febrero 24 a marzo 02 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 44

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
12	0	10	2	10	8	2	44

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

9:00 am -2:00 pm

Revisión bibliográfica usada en anteproyecto. Modificación de detalles (redacción), estado del arte y marco teórico.

3:00-7:00 pm

Revisión de anteproyectos previos del proyecto de conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico. Modificación objetivo general y específicos presupuesto, modalidad y tema según anteproyectos anteriores.

8:00-11:00 pm

Redacción del cronograma. Elaboración del diagrama de flujo de la metodología a seguir. Búsqueda bibliográfica de normas que rigen las pruebas en vehículos eléctricos.

Miércoles:

8:30-11:30 am

Revisión bibliográfica sobre pruebas en vehículos eléctricos. Consulta de normas SAE J (1491, 1666, 1634) y ETA-NTP002, que rigen las pruebas de rendimiento en vehículos de combustión interna y eléctricos.

2:30-3:30 pm

Reunión con el director del trabajo de grado, en la cual se discuten las recomendaciones y correcciones a realizar al anteproyecto.

3:30-4:30 pm

Presentación del equipo de trabajo: Armando Bohórquez director del proyecto, Andrés Emiro Díez co-investigador y estudiantes de ingeniería eléctrica que actualmente se encuentran vinculados al proyecto.

4:30-5:30 pm

Se realizó la prueba de funcionamiento a la bomba de vacío. Siguiendo el plano eléctrico suministrado por el fabricante, se hicieron las conexiones del circuito. Se enciende la bomba con un arrancador (suministrado por el director Armando Bohórquez), finalmente se procede a hacer la medición del consumo eléctrico y se verifica el correcto funcionamiento del presostato. Esta prueba se realizó en compañía del director de trabajo de grado y el director del proyecto.

6:30-10:30 pm

Correcciones al anteproyecto, se agregaron palabras relacionadas con el tema específico que se está tratando en este trabajo de grado (protocolo de pruebas), se modificaron los antecedentes y se mejoró la redacción del anteproyecto.

Jueves:

1:00-2:30 pm

Visita al laboratorio donde se encuentra el Logan. Se discutieron tareas asignadas por el director.

7:00-7:30 pm

Correcciones anteproyecto. Se modificó el cronograma y la metodología a seguir.

Viernes:

8:00-10:00 am

Revisión bibliográfica de las pruebas que se realizan en las bombas de vacío en distintos procesos y fines, pruebas en los sistemas de frenos y pruebas en bombas hidráulicas para diferentes actividades en la industria.

10:00-2:00 pm

Se mejoró la redacción en todo el anteproyecto siguiendo las recomendaciones del director y finalmente se agregó al marco teórico y al estado del arte información sobre pruebas en los subsistemas del vehículo eléctrico

3:00-7:00 pm

Construcción diagrama de bloques del circuito hidráulico de la bomba de vacío.

Sábado:

2:00-10:00 pm

Se finalizó el diagrama de bloques bomba de vacío.

Se integró el diagrama de bloques bomba de vacío, con el diagrama de bloques sistema de frenos Renault Logan. Se redactó y envió un correo en inglés a los distribuidores y a los fabricantes de la bomba de vacío solicitando el modelo CAD de la versión actual y los planos de ensamble.

Resumen artículos encontrados en la revisión bibliográfica para realizar pruebas en bombas de vacío.

Domingo:

1:30-2:00 pm

Exploración archivos CAD, en particular, la integración de componentes en la estructura delantera y partes del sistema de frenos.

2:00-3:30 pm

Revisión bibliográfica para redacción protocolo sistema de frenado.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	3
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: marzo 03 a marzo 09 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 21

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
4	8	1	5	1	0	2	21

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

9:00-11:00 am

Visita a la Universidad para comparar la bomba de vacío real y el modelo CAD enviado por los fabricantes. Encontrando que el modelo CAD no tiene la platina para unir la bomba de vacío al vehículo y que las medidas entre el modelo CAD y el real son muy similares y las diferencias residen en las tolerancias de fabricación.

12:00-2:00 pm

Modelado en Solid Edge ST6, la platina de soporte (une la bomba de vacío con el vehículo) faltante de la bomba de vacío para el modelo CAD.

Martes:

8:00-12:00 am

Revisión y resumen hoja de actividades pendientes (actividades JF_Peláez).

Redacción de la introducción para el protocolo de pruebas, construcción diagrama de bloques para el sistema de la bomba de vacío y revisión manual Logan (sistema de frenos).

1:00- 2:00 pm

Según manual Renault Logan se escribe un procedimiento para instalar y desinstalar la bomba de vacío en el vehículo y las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

7:00-10:00 pm

Redacción protocolo para realizar pruebas en la bomba de vacío: prueba de presión, eléctrica y de ruido y herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Plano circuito eléctrico bomba de vacío.

Miércoles:

11:00-12:00 m

Según manual Renault Logan se redacta un protocolo para realizar la instalación y desinstalación de la bomba de frenos y herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Jueves:

9:00-11:00 am

Redacción protocolo para realizar pruebas en bomba de frenos: prueba de presión y herramientas necesarias para realizar este procedimiento.

Plano circuito bomba de freno.

1:00-3:00 pm

Según manual Renault Logan se escribe un procedimiento para instalar y desinstalar el amplificador de frenado en el vehículo y las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

8:00-9:00 pm

Redacción protocolo para realizar pruebas en el amplificador de frenado: prueba de tiempo y estanqueidad además las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Viernes:

8:00-9:00 am

Revisión bibliográfica símbolos para planos de neumática.

Plano neumático circuito bomba de vacío.

Domingo:

5:00-7:00 pm

Cuadro de la convención utilizado en los planos presentes en el protocolo.

Corrección bitácoras 01 y 02 según los comentarios realizados por el director (se agregaron detalles, y explico el paso a paso de cada actividad realizada) y finalmente se redacta la bitácora 03.

Joan Peláez

Firma del estudiante

J. Vasquez

Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	4
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: marzo 10 a marzo 16 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 19

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
2	6	0	6	4	0	1	19

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

8:00-9:00 am

Se corrigió la redacción del protocolo de pruebas para el sistema de frenos. Además se unificaron las líneas de flujo en los diagramas de bloques de dicho sistema.

4:00-5:00 pm

Reunión con el director del trabajo de grado para conocer a los demás participantes del proyecto por parte de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Se asignó la tarea de buscar proveedores para herramientas manuales e insumos necesarios en el proyecto.

Martes:

8:00-12:00 am

Búsqueda de proveedores en Bogotá y Medellín para herramientas manuales e insumos necesarios para este proyecto. Se enviaron correos electrónicos y se realizaron llamadas a diferentes empresas en Medellín y Bogotá solicitando las cotizaciones para dichas herramientas e insumos. Se hace la lectura del acta de confidencialidad, se firma y envía al director de trabajo de grado.

10:00-12:00 pm

Se realizaron las correcciones propuestas por el director del trabajo de grado al anteproyecto en cuanto a redacción, planteamiento del problema, antecedentes, cronograma, modalidad, metodología y bibliografía.

Jueves:

8:00-9:00 am

Se revisó el estado y la cantidad de la herramienta con la cual se cuenta en el laboratorio de mecánica.

9:30-12:00 m

Reunión con el director del trabajo de grado para discutir las correcciones realizadas el día anterior. Se propusieron algunos cambios, y se sugirió añadir algunas imágenes de los subsistemas. Se recibió la carta dirigida al Consejo de Facultad por parte del director del trabajo de grado.

3:00-5:30 pm

Reunión con el director del trabajo de grado para realizar las modificaciones pertinentes en cuanto a metodología y acta de confidencialidad. Se imprime el documento final (anteproyecto) y se entrega.

Viernes:

8:00-12:00 m

Revisión bibliográfica del estado del arte para redactar el primer capítulo del trabajo de grado. Se seleccionó la información relevante en el estado del arte. Investigación de nueva bibliografía para ampliar la información del estado del arte.

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	5
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: marzo 17 a marzo 23 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 13

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
2	0	2	5	3	0	1	13

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

8:00-10:00 am

Redacción del primer capítulo del trabajo de grado en cuanto a vehículos eléctricos y evaluación consumo de energía.

Miércoles:

10:00-12:00 m

Revisión de los torquímetros (para torques menores a 20 Nm) con los que se cuenta para el proyecto por parte de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Jueves:

8:00-1:00 pm

Se realizó un filtro de correos recibidos de los proveedores, para estandarizar las cotizaciones de la herramienta requerida en el proyecto.

Viernes:

8:00-9:00 am

Se solicitan nuevas cotizaciones, estandarizadas para vacuómetros y mangueras necesarias para el proyecto vía E-mail y telefónica.

9:00-11:00 am

Redacción del primer capítulo del trabajo de grado en cuanto a sistema de frenos y subsistema bomba de vacío.

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	6
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: marzo 24 a marzo 30 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 7

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
0	0	0	0	0	6	1	7

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Viernes:

8:00-2:00 pm

Redacción del primer capítulo del trabajo de grado en cuanto a sistema de dirección hidráulica, sistema de refrigeración y sistema motor-controlador.

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	7
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: marzo 31 a abril 6 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 18

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
5	6	6	0	0	0	1	18

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

8:00-1:00 pm

Búsqueda bibliográfica sobre procedimientos para realizar pruebas en el sistema de frenado para vehículos eléctricos y de combustión interna.

Martes:

9:00-11:00 am

Búsqueda normas SAE para pruebas en vehículos eléctricos

12:00-4:00 pm

Redacción del primer capítulo del trabajo de grado en cuanto a pruebas en el sistema de frenos (revisión del *booster*, purga de aire y distancia de frenado).

Miércoles:

9:00-11:00 am

Búsqueda bibliográfica sobre procedimiento para realizar pruebas en sistema de dirección para vehículos eléctricos y de combustión interna.

11:00-3:00 pm

Redacción del primer capítulo del trabajo de grado en cuanto a pruebas en el sistema de dirección (nivel de aceite, prueba de presión, caudal y fugas internas).

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	8
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: mayo 12 a mayo 18 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 38

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
7	7	7	7	7	0	3	38

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

8:00-11:00 am

Revisión bibliográfica de las pruebas que se realizan en las bombas electrohidráulicas en distintos procesos y fines. Búsqueda de pruebas en bombas electrohidráulicas para los sistemas de dirección.

1:00-5:00 pm

Revisión bibliográfica de símbolos para el diseño de planos hidráulicos y eléctricos.

Revisión bibliográfica de circuito hidráulico para sistema de dirección en vehículos.

Se diseñó el circuito hidráulico y eléctrico del sistema de dirección para medir presión en el banco de pruebas.

Martes:

9:00-1:00 pm

Se finalizó el diseño del circuito hidráulico y del circuito eléctrico para realizar las pruebas de presión y medición de caudal en el sistema de dirección.

2:00-5:00 pm

Revisión bibliográfica para redactar el protocolo de pruebas para el sistema de dirección.

Redacción de la introducción para el protocolo de pruebas del sistema de dirección.

Miércoles:

9:00-11:00 am

Búsqueda del diagrama de bloques para sistema de dirección que realizaron Sebastián Betancur Naranjo y Jhonatan Ferney Giraldo.

11:00-4:00 pm

Según manual Renault Logan se escriben procedimientos para instalar y desinstalar la bomba electro-hidráulica en el vehículo. Se hace una lista con las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Redacción del protocolo para realizar pruebas (banco de pruebas) en la bomba electro-hidráulica: prueba de presión y prueba de flujo hidráulico. Se hace un listado de herramientas necesarias para estos procedimientos.

Jueves:

7:00-2:00 pm

Búsqueda de videos en Youtube sobre pruebas que se hacen a las bombas hidráulicas de diferentes vehículos:

- <http://www.youtube.com/watch?v=0EknEliS9do>.
- http://www.youtube.com/watch?v=44_R8G0msqo.
- <http://www.youtube.com/watch?v=WxY-3yddUvE>.

Redacción del protocolo para realizar pruebas (vehículo Renault Logan) en la bomba electro-hidráulica: pruebas generales en el sistema de dirección, prueba de presión y prueba de flujo hidráulico. Se hace un listado de herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Viernes:

2:00-9:00 pm

Integración del protocolo para realizar pruebas en sistema de dirección (pruebas de presión, caudal y generales) en un documento. Además se integra el diagrama de bloques del sistema de dirección y los anexos.

Se corrige de la redacción del protocolo de pruebas para el sistema de dirección.

Domingo:

6:00-9:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana y correcciones propuestas por el director a las bitácoras (01, 02, 03 y 04).


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	9
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: mayo 19 a mayo 25 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 54

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
10	10	10	10	4	9	1	54

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

7:00-12:00 m

Revisión bibliográfica de las pruebas que se realizan al sistema de refrigeración de un vehículo. Búsqueda de pruebas en cada componente del sistema de refrigeración.

Revisión de los procedimientos ya redactados para el sistema de refrigeración. Se comparan estos procedimientos con los procedimientos de taller de algunos vehículos marca Renault y Ford.

1:00-6:00 pm

Revisión de los procedimientos ya redactados para el sistema de refrigeración. Se comparan estos procedimientos con los procedimientos de taller de algunos vehículos marca Renault y Ford.

Martes:

7:00-12:00 m

Revisión bibliográfica de los símbolos que se deben usar en planos hidráulicos.

Revisión bibliográfica de circuitos de refrigeración convencionales en los vehículos.

1:00-6:00 pm

Se hace una lista de las referencias más importantes para escribir el protocolo de pruebas.

Construcción del diagrama de bloques para el sistema de refrigeración.

Redacción de la introducción para el protocolo de pruebas del sistema de refrigeración.

Miércoles:

7:00-12:00 m

Según el manual del Renault Logan y las referencias bibliográficas seleccionadas, se escribe un procedimiento para instalar y desinstalar las bombas de agua presentes en el sistema de refrigeración del Logan eléctrico. Se hace un listado de las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

1:00-6:00 pm

Según manual del Renault Logan y referencias bibliográficas seleccionadas, se escribe un procedimiento para instalar y desinstalar el radiador. Se hace un listado de las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Jueves:

7:00-12:00 m

Redacción de las pruebas de medición, temperatura y presión. Redacción de la prueba de medición de la caída de presión dinámica en los equipos y en la línea. Redacción de la prueba de medición de temperatura.

1:00-6:00 pm

Redacción del protocolo para realizar pruebas en las bombas hidráulicas: pruebas generales, procedimientos para purgar el sistema, procedimiento para drenar el sistema, pruebas de caracterización de las bombas. Se hace un listado de las herramientas necesarias para realizar estos procedimientos.

Viernes:

8:00-12:00 m

Revisión bibliográfica de las pruebas de rendimiento que se realizan a los vehículos eléctricos.

Sábado:

8:00-12:00 m

Traducción del protocolo para realizar pruebas de rendimiento en vehículos eléctricos
ETA-NTP 008

1:00-6:00 Pm

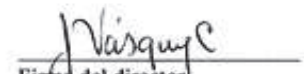
Traducción del protocolo para realizar pruebas de rendimiento en vehículos eléctricos
ETA-NTP 008

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	10
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: mayo 26 a Junio 01 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 40

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
8	8	8	8	4	3	1	40

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

7:00-12:00 m

Traducción del protocolo para realizar pruebas de rendimiento en vehículos eléctricos ETA-NTP 008

2:00-3:00 pm

Reunión con el director del trabajo de grado para revisar las actividades propuestas de la semana.

4:00-6:00 pm

Redacción de la introducción para el protocolo de pruebas de rendimiento en vehículos eléctricos.

Redacción del procedimiento para realizar pruebas en carretera al vehículo eléctrico. Se hace una lista de los equipos necesarios para realizar estas pruebas.

Martes:

7:00-12:00 m

Redacción de las pruebas de rendimiento en vehículos eléctricos: aceleración del vehículo a la velocidad máxima alcanzable y pruebas en pendiente máxima superable.

2:00-5:00 pm

Visita a la universidad para verificar las medidas de las mangueras del sistema de dirección y el sistema de frenos. Se verificó la necesidad de válvulas en T. Se hace un listado de los racores necesarios para el circuito de vacío. Se determinó la rosca para el manómetro que va en la bomba electro-hidráulica

Miércoles:

8:00-12:00 m

Redacción de la prueba de pendiente máxima superable y velocidad máxima superable en una pendiente mediante análisis.

1:00-5:00 pm

Búsqueda de empresas en Medellín y Bogotá que vendan instrumentos de medición para pedir las cotizaciones de los manómetros y mangueras necesarias para hacer pruebas del sistema de dirección y vacío.

Jueves:

7:00-12:00 m

Selección de las empresas para pedir las cotizaciones de los manómetros y las mangueras según los productos mostrados en sus páginas de internet.

Redacción de correos pidiendo cotizaciones de los manómetros y mangueras para el sistema de dirección y para la bomba de vacío.

7:00-10:00 pm

Selección de algunas de las empresas que respondieron a las solicitudes. Se homogenizan las cotizaciones. Se redactan correos pidiendo nuevamente las cotizaciones con los cambios que estas requieran.

Viernes:

8:00-12:00 m

Lectura de las demás empresas que respondieron a las solicitudes. Se homogenizan las cotizaciones. Se redactan correos pidiendo nuevamente las cotizaciones con los cambios que estas requieran.

Sábado:

8:00-11:00 am

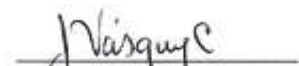
Visita al centro de la ciudad buscando centros especializados en mediciones para pedir cotizaciones de manómetros e insumos iguales a las cotizaciones pedidas vía internet, encontrando que en ninguno de estos lugares ofrecen los insumos requeridos (en algunas partes se encuentra algo y en otras otro)

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	11
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: Junio 30 a Julio 06 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 43

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
5	9	5	9	5	9	1	43

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

7:00-12:00 m

Búsqueda de información y hojas de datos para diferentes pruebas del sistema de frenos y sus componentes (manuales Ford, Mazda y Volkswagen) que usan algunos concesionarios.

Martes:

1:00-10:00 pm

Diseño y boceto a mano alzada para la hoja de datos (anexo 1) del sistema de frenos.

Digitalización de la hoja de datos para el sistema de frenos (anexo 1). Detalles de apariencia y distribución de información en la hoja de datos digitalizada para las pruebas en el sistema de frenos.

Miércoles

7:00-12:00 m

Búsqueda de información y hojas de datos para diferentes pruebas del sistema de dirección y sus componentes (manuales Ford, Mazda y Volkswagen) que usan algunos concesionarios.

Jueves

1:00-10:00 pm

Diseño y boceto a mano alzada para la hoja de datos (anexo 2) del sistema de dirección.

Digitalización de la hoja de datos para el sistema de dirección (anexo 2). Detalles de apariencia y distribución de información en la hoja de datos digitalizada para las pruebas en el sistema de dirección.

Viernes

7:00-12:00 m

Búsqueda de información y hojas de datos para diferentes pruebas del sistema de refrigeración y sus componentes (manuales Ford, Mazda y Volkswagen) que usan algunos concesionarios.

Sábado

1:00-10:00 pm

Diseño y boceto a mano alzada para la hoja de datos (anexo 3) del sistema de refrigeración.
Digitalización de la hoja de datos para el sistema de refrigeración (anexo 3). Detalles de apariencia y distribución de información en la hoja de datos digitalizada para las pruebas en el sistema de refrigeración.

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	12
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: Julio 14 a Julio 20 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 38

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
5	9	5	9	9	0	1	38

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

7:00-12:00 m

Búsqueda de información y hojas de datos para diferentes pruebas de rendimiento (manuales Ford, Mazda y Volkswagen) que usan algunos concesionarios.

Martes:

1:00-10:00 pm

Diseño y boceto a mano alzada de la hoja de datos (anexo 4) del sistema de motor-controlador para las pruebas de rendimiento.

Digitalización de la hoja de datos para el sistema de motor-controlador (anexo 4). Detalles de apariencia y distribución de información en la hoja de datos digitalizada para las pruebas de rendimiento del sistema de motor-controlador.

Miércoles:

7:00-12:00 m

Se hacen llamadas telefónicas a los proveedores que aun estaban pendientes por enviar cotización de los insumos necesarios para realizar las pruebas en el vehículo eléctrico.

Chat con algunos proveedores pidiendo nuevamente cotizaciones pendientes.

Jueves:

1:00-10:00 pm

Llamadas telefónicas a Bogotá para hablar con los proveedores que aun estaban pendientes por enviar cotizaciones de insumos necesarios para realizar pruebas en el vehículo eléctrico.

Detalles finales para los anexos 1 al 4. Diseño final del formato (anexos del 1 al 4) con el escudo de la universidad.

Verificación de cada anexo con su respectivo procedimiento para pruebas: se verifico que todos los datos que se debían llenar especificados en el manual de cada sistema tuvieran su espacio en la hoja de datos.

Introducción de cada anexo en su respectivo manual.

Viernes:

1:00-10:00 pm

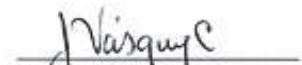
Revisión cotizaciones faltantes enviadas por los proveedores. Selección de los proveedores que cumplen con los requisitos de los instrumentos pedidos. Se redactan las respuestas a los proveedores que deben hacer modificaciones a sus cotizaciones. Se envían correos a proveedores pendientes por enviar cotización.

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	13
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: Julio 28 a Agosto 03 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 50

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
7	7	14	12	9	0	1	50

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

7:00-2:00 pm

Redacción de los capítulos 4 y 5 del trabajo de grado.

Martes:

10:00-4:00 pm

Se redactó la portada, la dedicatoria y las recomendaciones del trabajo de grado. Se hizo el borrador de la tabla de contenido.

4:00-6:00 pm

Búsqueda en internet de direcciones para ferreterías y centros especializados de medición en la ciudad.

Miércoles:

10:00-12:00 am

Integración de los capítulos en un solo documento con el mismo formato.

Jueves:

12:00-2:00 am

Integración de los capítulos en un solo documento con el mismo formato

8:00-6:00 pm

Visita a ferreterías y centros especializados de medición en la ciudad buscando insumos necesarios para realizar pruebas en bomba hidráulica y bomba de vacío y pidiendo nuevas cotizaciones.

Viernes:

1:00-6:00 pm

Se mandan correos con las correcciones en las cotizaciones pedidas por el director del trabajo de grado. Además se llama a las empresas pidiendo estas correcciones.

6:00-10:00 pm

Se revisa la redacción del documento final y se organiza la bibliografía.

Domingo:

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.


Firma del estudiante


Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	14
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: Agosto 04 a Agosto 10 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 42

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
6	18	12	0	3	0	3	42

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

6:00-12:00 pm

Correcciones de forma, estructura y formato del trabajo de grado.

Martes:

12:00-6:00 am

Correcciones de forma, estructura y formato del trabajo de grado.

12:00-12:00 am

Selección del material para escribir el artículo publicable y construcción de artículo publicable sobre protocolos para subsistemas de vehículos eléctricos.

Miércoles:

8:00-12:00 m

Revisión correcciones en las cotizaciones para los manómetros. Se reenvía correos con las correcciones finales requeridas para las cotizaciones. Se comunica vía telefónica con proveedores de Bogotá para hacer las correcciones finales de la cotización. Se revisa nuevamente las cotizaciones, encontrándolas aptas para enviar a la Universidad.

2:00-10:00 pm

Se revisan correcciones hechas por el director de trabajo de grado. Se modifica la tabla de contenido la lista de figuras, lista de tablas y se elimina la lista de diagramas para unificarlas con la lista de figuras.

Viernes:

3:00-6:00 pm

Visita a la Universidad con el objetivo de encontrar racores del sistema de dirección. Se ubican mangueras, tuberías y barra de dirección que contienen estos racores.

Domingo:

4:00-6:00 pm

Correcciones iniciales al capítulo 1 del trabajo de grado

6:00-7:00 pm

Redacción de la bitácora de la semana.

Juan Peláez

Firma del estudiante

J. Vásquez

Firma del director

DIARIO DE ACTIVIDADES
Reporte Semanal

Proyecto	Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico.
Reporte número	15
Estudiante	Juan Fernando Peláez Vallejo

Fecha: Agosto 11 a Agosto 13 de 2014

Horas dedicadas en la semana terminada el domingo: 28

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
12	14	2	0	0	0	0	28

Descripción de las actividades realizadas en la semana:

Lunes:

6:00-12:00 m

Visita a la universidad para instalar en el Logan la barra de dirección. Se ubica la bomba electrohidráulica en el vehículo. Se toma la medida de la longitud de las mangueras que van de la barra de dirección a la bomba electrohidráulica.

2:00-4:00 pm

Se hacen los planos de los racores necesarios para instalar la nueva bomba de dirección. Reunión con el director del trabajo de grado para definir qué hacer con las cotizaciones de las mangueras y los racores. Se pregunta al director del proyecto Armando Bohórquez como sacar la bomba electrohidráulica de la universidad para mandar a hacer el racor especial que esta necesita.

6:00-12:00 am

Continuación de las correcciones propuestas por el director para el capítulo 1 del trabajo de grado.

Martes:

10:00-12:00 m

Correcciones de forma, estructura y formato del trabajo de grado propuestas por el director.

12:00-12:00 am

Cambio de formato en el trabajo de grado ya que la numeración se perdió y desordeno todo el trabajo de grado. Se hace un nuevo documento pasando todas las secciones del trabajo de grado y arreglando la numeración. Se hacen la tabla de contenido, la lista de figuras y la lista de tablas con las correcciones sugeridas por el director de trabajo de grado.

Miércoles:

11:00-1:00 pm

Se montan cotizaciones correctas de los manómetros y el plano de los racores del sistema de dirección al Dropbox, se ponen las firmas del director y el estudiante en las bitácoras. Se redacta la bitácora final.

Joan Peláez
Firma del estudiante

J. Vásquez
Firma del director

4. IMPACTO DE LA ASISTENCIA A LA INVESTIGACIÓN

Las actividades realizadas durante el proceso de asistencia a la investigación sirvieron de apoyo a las labores de los grupos A+D y T&D implicados en el trabajo e impactaron de manera directa el desarrollo del proyecto y la formación del estudiante asociado a éste.

4.1. IMPACTO AL DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante la asistencia a la investigación de Juan Fernando Peláez Vallejo al proyecto, se lograron los siguientes impactos:

- Se generó un anteproyecto relacionado con la conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico y desarrollar un marco teórico y un estado del arte sobre protocolos de prueba para subsistemas de un vehículo eléctrico.
- Se recopiló el trabajo realizado por los antecesores, para tener un punto de partida y determinar cuáles eran las áreas involucradas en el desarrollo del proyecto.
- Se modificó y rediseñó el protocolo del sistema de refrigeración del motor eléctrico y el controlador.
- Se investigó de forma exhaustiva y detallada sobre los posibles protocolos existentes para realizar pruebas en los subsistemas de un vehículo con motor de combustión interna.
- Se investigó de forma exhaustiva y detallada sobre los parámetros que debe cumplir un vehículo mientras se encuentra funcionando en carretera.
- Se contactó y visitó proveedores para cotizar, seleccionar y comprar elementos necesarios para el desarrollo del proyecto.
- Se elaboraron planos de instrumentación relacionados con los subsistemas de frenado, dirección, refrigeración y motor-controlador.
- Se elaboraron protocolos de pruebas relacionados con los subsistemas de frenado, dirección, refrigeración y motor-controlador.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento a la bomba de vacío.
- Se diseñaron hojas para recolección de datos de cada uno de los protocolos redactados para los subsistemas de frenado, dirección, refrigeración y motor-controlador.

4.2. IMPACTO A LA FORMACIÓN PROFESIONAL

Durante el proceso de asistencia a la investigación se obtuvo un impacto a nivel profesional en el estudiante, de tal forma que se logró:

- Se desarrolló criterio para tomar decisiones cuando se presentan problemas y poder solucionarlos de la mejor manera.
- Se adquirió la capacidad de diseñar procedimientos de ingeniería para proyectos en los que pueda participar.
- Se adquirió la virtud de interactuar y relacionarse con ingenieros, técnicos y proveedores en diferentes circunstancias.
- Se desarrolló la capacidad de seguir instrucciones de los superiores y presentar una opinión o sugerencia de la mejor manera a estos para sacar un proyecto adelante.
- Se logró hacer una correcta distribución del trabajo a realizar acorde con el tiempo que se le debe dedicar a un proyecto de investigación.
- Se adquirió la capacidad tanto escrita como verbal para comunicarse con un superior o un jefe.
- Se aprendió a manejar una responsabilidad muy alta cumpliendo con los objetivos del proyecto.

5. CONCLUSIONES

- Los procedimientos encontrados en la documentación disponible sobre este tema, difieren de acuerdo al fabricante o al taller mecánico donde se realicen pruebas a los subsistemas de un vehículo.
- Para diseñar un procedimiento bien documentado, es necesario hacer ingeniería inversa práctica en el equipo o instrumento que se desee trabajar.
- Un buen protocolo debe tener una descripción detallada de los pasos a seguir por el técnico o persona encargada de llevar a cabo el protocolo. Es necesario que el protocolo cuente con esquemas y planos para orientar al encargado y hacer el procedimiento fácil y ágil.
- Cuando se diseña un protocolo de pruebas, se deben tener en cuenta los parámetros de funcionamiento de los equipos que conforman cada sistema y subsistema. Estos parámetros son establecidos por el fabricante y garantizan el correcto funcionamiento de cada equipo. Además, se deben tener en cuenta las normas de seguridad que ellos plantean cuando se pone en marcha un equipo.
- Con una buena documentación de los protocolos de pruebas, se facilitará una próxima conversión de un vehículo de combustión a eléctrico. Se agilizará la forma de comprobar que el vehículo está funcionando correctamente y que este cumple con las normas y estándares de seguridad mientras se está operando.
- Con esta modalidad de trabajo de grado se brinda a los estudiantes la oportunidad de manejar su tiempo y cumplir con los objetivos propuestos en un tiempo determinado.

6. RECOMENDACIONES

Una vez concluido el proceso de investigación y desarrollo de los protocolos de los subsistemas mencionados en el trabajo de grado, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Realizar las modificaciones necesarias y pertinentes en los protocolos de prueba cuando se integren todos los elementos al vehículo y estén todos los subsistemas funcionando correctamente.
- Realizar pruebas a los componentes de los subsistemas para corroborar su correcto funcionamiento antes de instalarlos en el vehículo, además realizar los cambios necesarios en cada uno de los protocolos que lo requiera.
- Cuando se realicen cotizaciones cerciorarse primero con cuales empresas la universidad ha realizado compras para que así sea más fácil el proceso y sea más ágil tener listas las cotizaciones.
- Antes de llevar el vehículo a una pista para realizar pruebas, constatar que el vehículo cumple con las normas de seguridad y se encuentre en buen estado para que el operario no vaya a sufrir ningún accidente.
- Diseñar bancos de prueba para cada subsistema, así será más fácil realizar las pruebas de cada componente del subsistema y al subsistema completo.
- Seleccionar los sensores necesarios para tomar los datos del vehículo en pista.
- Se debería hacer chequeo cruzado cuando se estén realizando las pruebas de los componentes de los subsistemas y a los subsistemas para tener un mayor control y mayor seguridad cuando se estén tomando los datos y se pretenda dar una valoración de un equipo en cuanto a su funcionamiento.


7. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, D. (2012). *Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico - Autotrónica*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Álvarez, C., & Álvarez, S. (2011). *Asistencia a la investigación en el proyecto "Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico"*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Anju, A. y. (2002). *Dhameja Electric vehicle battery systems 2002*. United States of America: Butterworth–Heinemann.
- Argote Espinoza, C. (24 de Junio de 2014). *Sistemas de dirección*. Recuperado el 23 de Julio de 2014, de Sitio web de blogspot: <http://kristhian-mecanico.blogspot.com/2014/06/el-sistema-de-direccion-concepto-la.html>
- Betancur, D. (21 de Noviembre de 2010). *Dirección asistida electrohidráulica*. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de Sitio web de blogspo: http://transmisiones-auto.blogspot.com/2010/11/blog-post_3307.html
- Betancur, S., & Giraldo, J. (2013). *Asistencia a la investigación en el proyecto "Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico"- Generación y transmisión de potencia mecánica para los subsistemas de frenado, dirección asistida y aire acondicionado en EV's*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Brant, S. L. (2008). *Brant Build your own electric vehicle 2ed 2008*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Casado, E. A. (2012). *Sistema de Transmision y Frenado*. España: Paraninfo.
- Centro Español de Informacion del Cobre. (24 de Septiembre de 2003). *Motores eléctricos*. Recuperado el 31 de Marzo de 2014, de Sitio Web de Cop-peralliance: <http://copperalliance.es/educaci%C3%B3n/programas-educativos/f%C3%ADsica-motores-el%C3%A9ctricos>
- Coche español. (2009). *Signos y síntomas de una bomba de vacío defectuosa*. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de Sitio Web de Automotriz: <http://www.automotriz.biz/coches/auto-repair/diagnosing-car-problems/66617.html>
- Domínguez, S. C. (Mayo de 2011). Estudio preliminar de las ITV para vehículos híbridos y eléctricos. Madrid, España.
- Electric Transportation Applications. (1 de Diciembre de 2004). *Battery Charging*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de ETA-NTP 008: <https://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/pdfs/nev/ntp008.pdf>
- Electric Transportation Applications. (01 de Diciembre de 2004). *Electric vehicle acceleration, gradeability, and Test Procedure*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de Electric vehicle acceleration, gradeability, and Test Procedure.: <http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/pdfs/nev/ntp002.pdf>

- Instituto Marino de Valparaiso. (2011). *Consejos para tu sistema de refrigeración*. Recuperado el 7 de Abril de 2014, de Sitio Web de Mecanica en Instituto Maritimo de Valparaiso: <http://mecanicaeninstitutomaritimo.blogspot.com/p/consejos-para-tu-sistema-de.html>
- Keep it Cool. (2012). *Funcionamiento del sistema de enfriamiento*. Recuperado el 4 de Abril de 2014, de Sitio Web de ASC-IND: <http://asc-ind.com/es/cooling-system-information/how-a-cooling-system-works/>
- Manual de taller Sierra. (1984). Sistema de Dirección. En Ford, *Sistema de Dirección* (págs. 6-10). New York.
- Martínez, D. (2008). Evaluación de vehículos en carreteras. *Revista de Ingenieria Universidad de los Andes* , 64-68.
- Molero, L. (2009). *Los frenos en el automóvil* . Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de Sitio Web de Neumaticos vizcaya: http://www.neumaticosvizcaya.es/uploads/preguntas/Foto1_24.pdf
- ONI. (2007). *Distancia de reacción, de frenado, de detención y de seguridad*. Recuperado el 2 de Abril de 2014, de Olimpiadas Nacionales de Contenidos Educativos en Internet: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/transito/espaniol/distanci.htm>
- Pardo, M. (2006). *Cambio Global, Impacto de la Actividad Humana Sobre el Sistema Tierra*. Madrid: CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS.
- PL frenos. (2008). *Diagramas*. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de Sitio Web de Diagramas : http://diagramas.diagramasde.com/otros/SPL_5.PDF
- Quishpe, M. (27 de Octubre de 2011). *Combustibles Fósiles*. Recuperado el 24 de Febrero de 2014, de Slideshare: <http://www.slideshare.net/mayquishpe/combustibles-fosiles-9897760>
- Rashid, M. H. (2010). *Ehsani Modern electric hybrid electric and fuel cell vehicles 2ed 2010*. Florida: Series Editor.
- Renault. (2004). *Ficha tecnica Renault Logan*. Recuperado el 13 de Abril de 2014, de Sitio web de Renault: http://www.renault.com.co/rnlt/Portals/0/documents/gamas/fichasTecnicas/Ficha_Logan.pdf
- Renault. (2004). *Manual de taller de Renault Logan: frenos, suspensión y dirección*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana .
- Saldarriaga, S. (2012). *Asistencia a la investigación en el proyecto "Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico"- Frenado regenerativo*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- SEAT Service. (1 de Diciembre de 2004). *Servo dirección electrohidráulica*. Recuperado el 2 de Abril de 2014, de Sitio Web de Slideshare: <http://www.slideshare.net/jcarrey/087-servodireccion-electrohidraulicapdf>
- Seredynski, P. (21 de Diciembre de 2010). *Miles per gallon gasoline equivalent*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de Sitio Web de Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Miles_per_gallon_gasoline_equivalent

- Sierra, S. (2013). *Asistencia a la investigación en el proyecto “Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico” – Acople entre motor y transmisión*. Medellín.
- Taller Experto. (2012). *Diagnóstico del sistema de servofreno mecánico y electromecánico*. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de Sitio Web de As-mexico: http://www.as-mexico.com.mx/servicepro/doctos/50_004_0151758.PDF
- Tecnología. (2010). *Frenos ABS*. Recuperado el 28 de Marzo de 2014, de Sitio Web de area tecnologia: http://www.areatecnologia.com/el_abs.htm
- Torres. (2010). Diseño de un montaje experimental para determinar la rentabilidad técnica de un vehículo híbrido eléctrico. *Científica, Vol. 14 Núm.1* , 11-13.
- Toyota. (2010). *Sistemas de traslación*. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de Sitio Web de Dspace: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1183/5/CAPITULO%204.pdf>
- TRW Automotive INC. (2009). *Mecanismo de dirección asistida hidráulica integral*. Recuperado el 2 de Abril de 2014, de Sitio Web de Trwaftermarket: https://www.trwaftermarket.com/Documents/ES/Products/HCV/XZM1000_ES.pdf
- Volkswagen & Audi. (26 de Agosto de 2010). *Sistema de dirección*. Recuperado el 28 de Marzo de 2014, de Sitio web de Slideshare: https://www.google.com.co/?gfe_rd=ctrl&ei=rfo1U4aABcjd8gfUrIHODQ&gws_rd=cr#q=volskwaguen+
- Volkswagen. (27 de Febrero de 2008). *Servicio al Cliente Volkswagen*. Recuperado el 28 de Marzo de 2014, de Volkswagen: <http://www.volkswagen.com.ar/es/posventa0/glosario-tecnico/direccion-asistida-electrohidraulica---.html>
- WORDPRESS. (02 de Junio de 2009). *Motores eléctricos*. Recuperado el 11 de Agosto de 2014, de sitio web de wordpress: <http://motoreselectricos.wordpress.com/>
- YT STABLE Tech. (Febrero de 2014). Manual bomba de vacío. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

ANEXOS

	Universidad Pontificia Bolivariana	Anexo 1 Sistema de frenado en Renault Logan eléctrico (Página 1 de 2)
Vehículo de pruebas:		
Ingeniero a cargo de las pruebas:		
Fecha	Inicial:	
	Final:	
Peso total del vehículo:		
Pruebas en bomba de vacío		
Prueba de presión (mmHg)		Observaciones
Presión (-600 ±100 mmHg):		
Prueba de energía (VDC y Amperios)		
Voltaje (Aprox 12 VDC):		
Corriente	Sin carga (Aprox 30A):	
	Plena carga (Aprox 40A):	
Prueba de Ruido (db)		
Ruido (<50 db):		
Pruebas en bomba de freno		
Presión:		Observaciones
	Canalización 1:	
	Canalización 2:	
	Canalización 3:	
	Canalización 4:	
Pruebas en el Booster		
Tiempo que tarda en extraer el aire:		Observaciones
Estanqueidad (<33mbar):		
Caída de vacío en 15 seg:		



Pruebas en pista del vehículo eléctrico

Condiciones iniciales		Observaciones
Temperatura ambiente (°C)	Inicial:	
	Final:	
Presión atmosférica (Kpa)	Inicial:	
	Final:	
Velocidad del viento (<16Km/h)	Inicial:	
	Final:	
Dirección del viento	Inicial:	
	Final:	
Temperatura de la pista (°C)	Inicial:	
	Final:	

Pruebas distancia de frenado en vehículo eléctrico

		Observaciones
Prueba a 60Km/h (34-39 m)	Distancia 1 (m):	
	Distancia 2 (m):	
	Distancia 3 (m):	
	Promedio	
Prueba a 100Km/h (78-86 m)	Distancia 1 (m):	
	Distancia 2 (m):	
	Distancia 3 (m):	
	Promedio	
Prueba a 120Km/h (108-117 m)	Distancia 1 (m):	
	Distancia 2 (m):	
	Distancia 3 (m):	
	Promedio	

Recomendaciones:



Vehículo de pruebas:	
Ingeniero a cargo de las pruebas:	
Fecha	Inicial:
	Final:
Peso total del vehículo:	
Pruebas en bomba electrohidráulica	
Prueba de presión en banco de pruebas (5-7 bar)	Observaciones
Presión 1:	
Presión 2:	
Presión 3:	
Presión promedio:	
Prueba de presión en el vehículo (5-7 bar)	
Presión:	
Prueba de presión a plena carga en el vehículo (79-86 bar)	
Presión lado izquierdo 1:	
Presión lado izquierdo 2:	
Presión lado izquierdo 3:	
Presión lado izquierdo promedio:	
Presión lado derecho 1:	
Presión lado derecho 2:	
Presión lado derecho 3:	
Presión lado derecho promedio:	
Prueba de flujo hidráulico en banco de pruebas (3,6 L/m) Aprox	
Caudal:	
Prueba de flujo hidráulico en el vehículo (3,6 L/m)	
Caudal:	



Prueba de flujo hidráulico a plena carga en el vehículo (3,5-3,6 L/m)		Observaciones
Caudal lado izquierdo 1:		
Caudal lado izquierdo 2:		
Caudal lado izquierdo 3:		
Caudal lado izquierdo Promedio:		
Caudal lado derecho 1 :		
Caudal lado derecho 2:		
Caudal lado derecho 3:		
Caudal lado derecho promedio:		
Pruebas generales sistema de dirección en el vehículo		
Presión en los neumáticos del vehículo (30 libras parte delantera y 28 libras parte trasera)		Observaciones
Rueda delantera izquierda:		
Rueda trasera izquierda:		
Rueda delantera derecha:		
Rueda trasera derecha:		
Torque de apriete en caja de dirección (xx Nm)		
Torque:		
Necesario alineación de ruedas	SI	
	NO	
Necesario balancear ruedas	SI	
	NO	
Prueba del sistema de dirección en pista		
		Observaciones
Se producen vibraciones en la dirección	SI	
	NO	
Recomendaciones:		



Vehículo de pruebas:

Ingeniero a cargo de las pruebas:

Fecha	Inicial:
	Final:

Peso total del vehículo:

Pruebas en bombas de agua

Pruebas de caracterización en bombas (1)

Apertura Válvula	Mediciones	Bomba A	Bomba B
	100%	Presión1:	
Volumen de agua1:			
Tiempo en llenar1:			
80%	Caudal1:		
	Presión1:		
	Volumen de agua1:		
60%	Tiempo en llenar1:		
	Caudal1:		
	Presión1:		
40%	Volumen de agua1:		
	Tiempo en llenar1:		
	Caudal1:		
20%	Presión1:		
	Volumen de agua1:		
	Tiempo en llenar1:		
0%	Caudal1:		

Pruebas de caracterización en bombas (2)

Apertura Valvula	Mediciones	Bomba A	Bomba B
	100%	Presión2:	
Volumen de agua2:			
Tiempo en llenar2:			
80%	Caudal2:		
	Presión2:		
	Volumen de agua2:		
60%	Tiempo en llenar2:		
	Caudal2:		
	Presión2:		
40%	Volumen de agua2:		
	Tiempo en llenar2:		
	Caudal2:		
20%	Presión2:		
	Volumen de agua2:		
	Tiempo en llenar2:		
0%	Caudal2:		



Pruebas de caracterización en bombas (3)

Apertura Válvula	Mediciones	Bomba A	Bomba B
100%	Presión3:		
	Volumen de agua3:		
	Tiempo en llenar3:		
	Caudal3:		
80%	Presión3:		
	Volumen de agua3:		
	Tiempo en llenar3:		
	Caudal3:		
60%	Presión3:		
	Volumen de agua3:		
	Tiempo en llenar3:		
	Caudal3:		
40%	Presión3:		
	Volumen de agua3:		
	Tiempo en llenar3:		
	Caudal3:		
20%	Presión3:		
	Volumen de agua3:		
	Tiempo en llenar3:		
	Caudal3:		
0%			

Pruebas de caracterización en bombas (Promedio)

Apertura Válvula	Mediciones	Bomba A	Bomba B
100%	Presión prom:		
	Volumen de agua prom:		
	Tiempo en llenar prom:		
	Caudal prom:		
80%	Presión prom:		
	Volumen de agua prom:		
	Tiempo en llenar prom:		
	Caudal prom:		
60%	Presión prom:		
	Volumen de agua prom:		
	Tiempo en llenar prom:		
	Caudal prom:		
40%	Presión prom:		
	Volumen de agua prom:		
	Tiempo en llenar prom :		
	Caudal prom:		
20%	Presión prom:		
	Volumen de agua prom:		
	Tiempo en llenar prom:		
	Caudal prom:		
0%			

Observaciones y recomendaciones:



Medición de temperatura y presión					
	Motor	Controlador	Radiador	Bomba A	Bomba B
Presión (bar)					
Temperatura (°C)				N/A	N/A
Medición de la caída de presión dinámica en los equipos y la línea estado estable					
Sensores de presión diferencia	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio mediciones	
Entrada bomba A					
Entrada bomba B					
Entrada Motor					
Entrada Controlador					
Entrada radiador					
Salida bomba A					
Salida bomba B					
Salida Controlador					
Salida Motor					
Salida radiador					
Sensores de temperatura en puntos de inserción					
Se enciende el motor operando en vacío y a máxima velocidad durante 5 min en estado estacionario					
Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente	
0					
	Se enciende el motor				
30					
60/1					
90					
120/2					
150					
180/3					
210					
240/4					
270					
300/5					
360/6					
420/7					
480/8					
540/9					
600/10					
Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas					
0					
120/2					
240/4					
360/6					
480/8					
600/10					



Medición de la caída de presión dinámica en los equipos y la línea estado estable

Motor encendido por 30 minutos

Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente
0	Se enciende el motor operando en vacío (sin carga) y a máxima velocidad			
30				
60/1				
90				
120/2				
150				
180/3				
210				
240/4				
270				
300/5				
360/6				
420/7				
480/8				
540/9				
600/10				

Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas

0				
120/2				
240/4				
360/6				
480/8				
600/10				
720/12				
840/14				
960/16				
1080/18				
1200/20				
1320/22				
1440/24				

Motor encendido por 60 minutos o hasta el agotamiento de las baterías

Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente
0	Se enciende el motor operando en vacío (sin carga) y a máxima velocidad			
30				
60/1				
90				
120/2				
150				
180/3				
210				
240/4				
270				



600/10						
Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas						
0						
120/2						
240/4						
360/6						
480/8						
600/10						
720/12						
840/14						
960/16						
1080/18						
1200/20						
1320/22						
1440/24						
Motor a media carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 5 minutos						
Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente		
0	Se enciende el motor					
30						
60/1						
90						
120/2						
150						
180/3						
210						
240/4						
270						
300/5						
360/6						
420/7						
480/8						
540/9						
600/10						
Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas						
0						
120/2						
240/4						
360/6						
480/8						
600/10						
720/12						
840/14						
960/16						
1080/18						



Tiempo (seg/min)	Se enciende el motor				
30					
60/1					
90					
120/2					
150					
180/3					
210					
240/4					
270					
300/5					
360/6					
420/7					
480/8					
540/9					
	Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas				
0					
120/2					
240/4					
360/6					
480/8					
600/10					
720/12					
840/14					
960/16					
1080/18					
1200/20					
1320/22					
1440/24					
	Motor a media carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 60 minutos				
Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente	
0	Se enciende el motor				
30					
60/1					
90					
120/2					
150					
180/3					
210					
240/4					
270					
300/5					
360/6					
420/7					
480/8					



Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente
480/8				
600/10				
720/12				
840/14				
960/16				
1080/18				
1200/20				
1320/22				
1440/24				
Motor a plena carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 5 minutos				
Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente
0	Se enciende el motor			
30				
60/1				
90				
120/2				
150				
180/3				
210				
240/4				
270				
300/5				
360/6				
420/7				
480/8				
540/9				
Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas				
0				
120/2				
240/4				
360/6				
480/8				
600/10				
720/12				
840/14				
960/16				
1080/18				
1200/20				
1320/22				
1440/24				
Motor a plena carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 30 minutos				
Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente



Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente
210				
240/4				
270				
300/5				
360/6				
420/7				
480/8				
540/9				
Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas				
0				
120/2				
240/4				
360/6				
480/8				
600/10				
720/12				
840/14				
960/16				
1080/18				
1200/20				
1320/22				
1440/24				
Motor a plena carga y velocidad máxima, manteniendo el estado estacionario por 60 minutos				
Tiempo (seg/min)	T1	T2	T3	Tambiente
0				
Se enciende el motor				
30				
60/1				
90				
120/2				
150				
180/3				
210				
240/4				
270				
300/5				
360/6				
420/7				
480/8				
540/9				
Se apaga el motor y se continua con la medición de temperaturas				
0				
120/2				
240/4				
360/6				
480/8				



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

Anexo 3
Sistema de refrigeración en Renault Logan
eléctrico (Pagina 9 de 9)

Tiempo (seg/min)	T1		T2		T3	Tambiente
1200/20						
1320/22						
1440/24						

Observaciones y comentarios:



Vehículo de pruebas:				
Ingeniero a cargo de las pruebas:				
Fecha	Inicial:			
	Final:			
Peso total del vehículo:				
Si las pruebas se realizan en pista llenar el siguiente cuadro, si no llenar únicamente temperatura ambiente y presión atmosférica				
Condiciones iniciales				Observaciones
Temperatura ambiente (5-49 °C)	Inicial:			
	Final:			
Presión atmosférica (Kpa)	Inicial:			
	Final:			
Velocidad del viento (<16Km/h)	Inicial:			
	Final:			
Dirección del viento	Inicial:			
	Final:			
Temperatura de la pista (°C)	Inicial:			
	Final:			
Pruebas de aceleración				
				Observaciones
Desnivel de la pista (<1,5%):				
Temperatura de la batería (15-38 °C):				
Tiempo (Seg)	Voltaje	Vs	Tiempo	Observaciones
30				
60				
90				
120				
150				
180				
210				
240				
270				



Tiempo (Seg)	Voltaje	Vs	Tiempo	Observaciones
300				
330				
360				
390				
420				
450				
480				
510				
540				
570				
600				

Tiempo (Seg)	Corriente	Vs	Tiempo	Observaciones
30				
60				
90				
120				
150				
180				
210				
240				
270				
300				
330				
360				
390				
420				
450				
480				
510				
540				
570				
600				

Tiempo (Seg)	Distancia	Vs	Tiempo	Observaciones
30				
60				
90				
120				
150				
180				
210				
240				



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

Anexo 4
Sistema de motor controlador en Renault Logan
eléctrico (Pagina 3 de 5)

Tiempo (Seg)	Distancia	Vs	Tiempo	Observaciones
270				
300				
330				
360				
390				
420				
450				
480				
510				
540				
570				
600				

Tiempo (Seg)	Tem batería	Vs	Tiempo	Observaciones
30				
60				
90				
120				
150				
180				
210				
240				
270				
300				
330				
360				
390				
420				
450				
480				
510				
540				
570				
600				

Tiempo (Seg)	Carga batería	Vs	Tiempo	Observaciones
30				
60				
90				
120				
150				
180				
210				



Tiempo (Seg)	Carga batería	Vs	Tiempo	Observaciones
240				
270				
300				
330				
360				
390				
420				
450				
480				
510				
540				
570				
600				
Aceleración del vehículo a la velocidad máxima alcanzable				
Aceleración 0-100 Km (<6,1 seg)			Observaciones	
Prueba	Tiempo			
1				
2				
3				
4				
Prueba de pendiente máxima superable				
			Observaciones	
Desnivel de la pista (24-25%):				
Fuerza máxima del sistema de propulsión				
Prueba	Resultado			
1				
2				
3				
4				
5				
Promedio				
Pendiente máxima superable mediante análisis				
			Observaciones	
Valor máximo de pendiente superable:				



Velocidad máxima en una pendiente

Velocidad máxima pendiente de 3%:	Observaciones
Velocidad máxima pendiente de 6%:	
Pendiente máxima superable (PS):	

Anexar curvas de velocidad Vs aceleración

Comentarios y recomendaciones:

Anexo 5

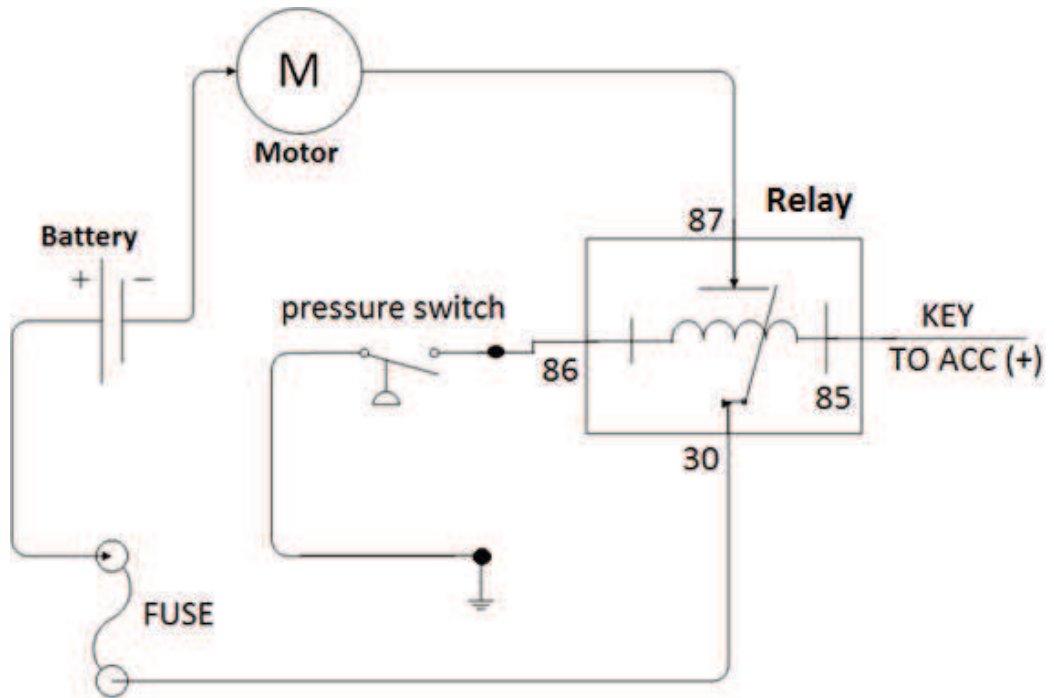


Figura 46. Plano eléctrico bomba de vacío

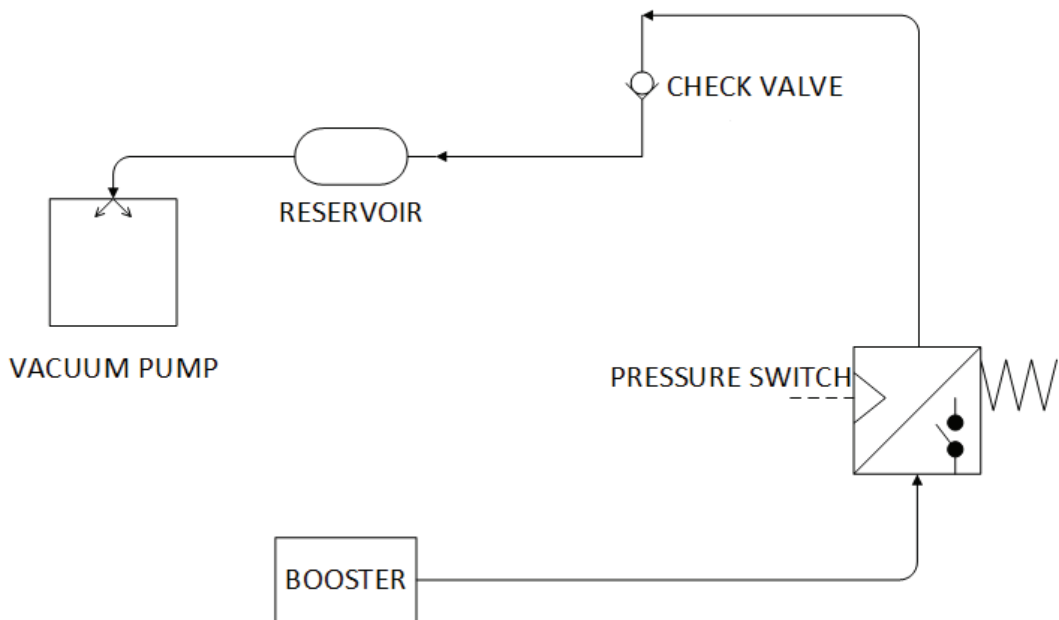


Figura 47. Plano neumático bomba de vacío

Anexo 6.

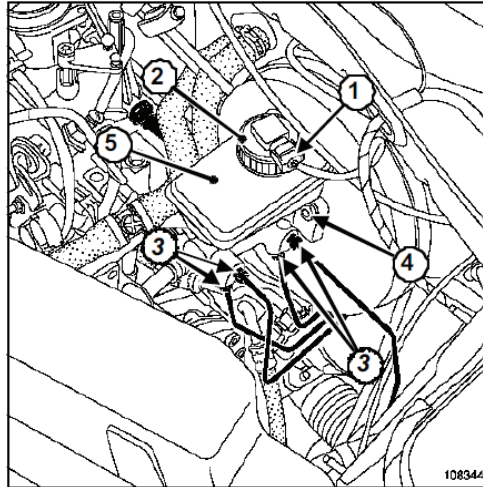


Figura 48. Esquema bomba de freno unida al *booster*

Anexo 7.

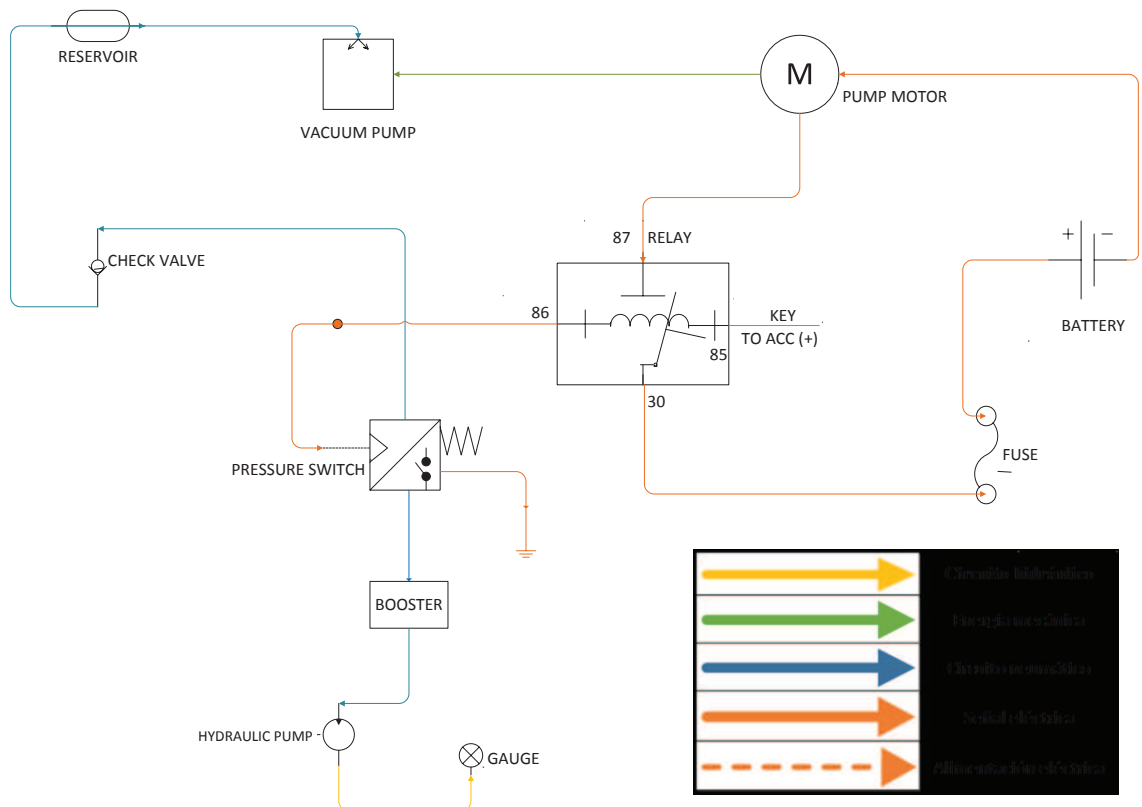


Figura 49. Circuito bomba de freno.

Anexo 8.

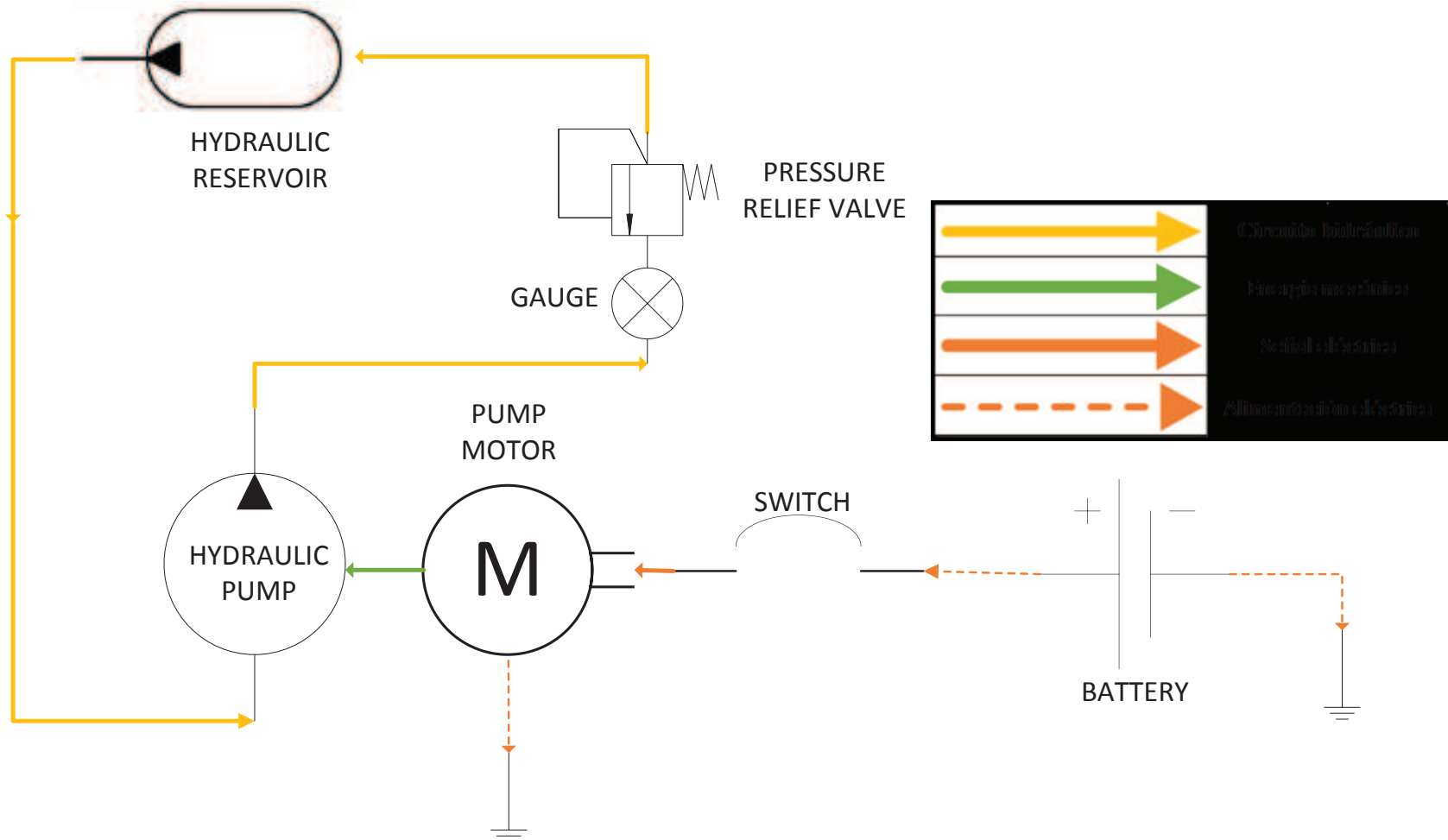


Figura 50. Circuito bomba electro-hidráulica para medir presión.

Anexo 9.

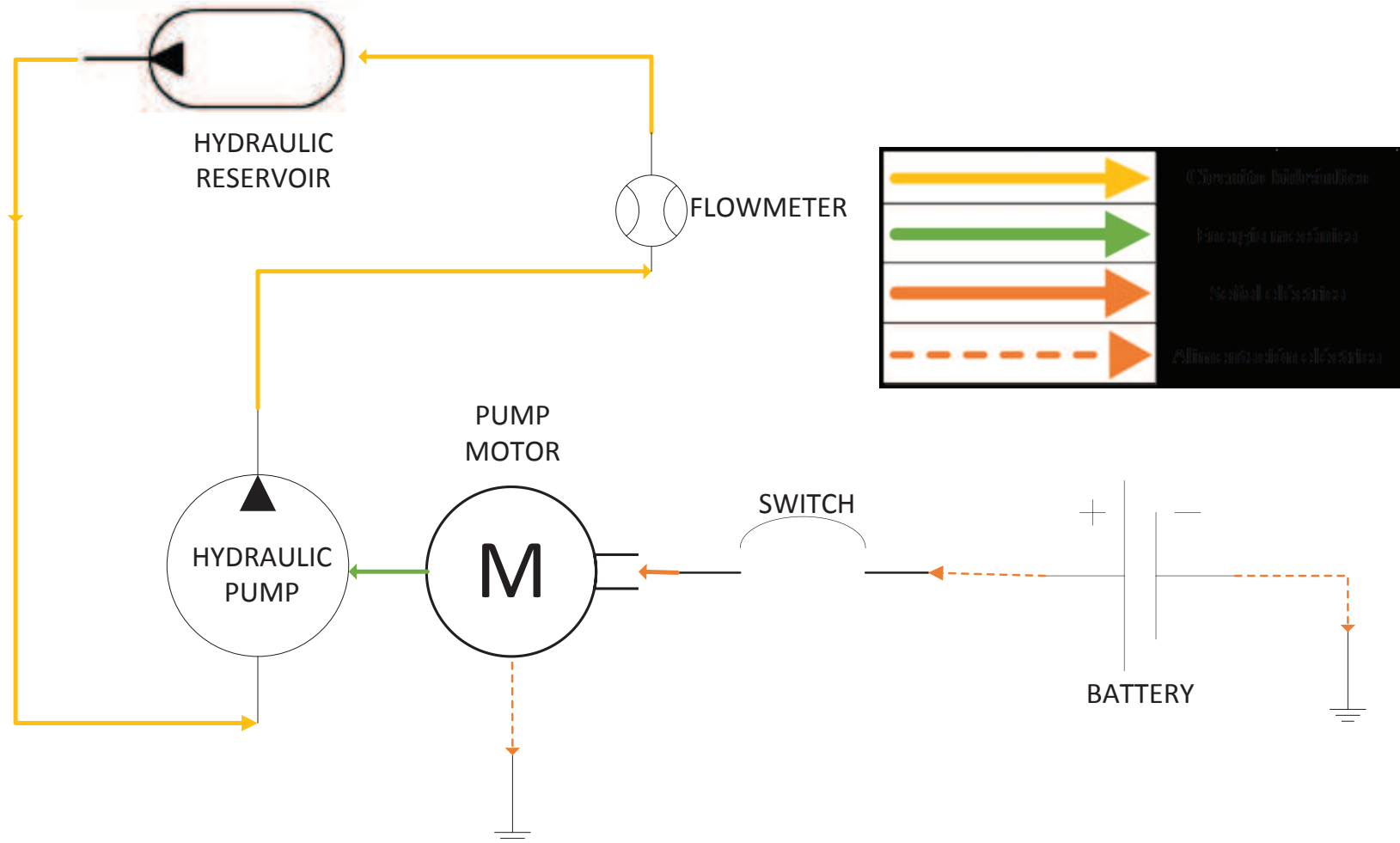


Figura 51. Circuito bomba electro-hidráulica para medir flujo.

Anexo 10.

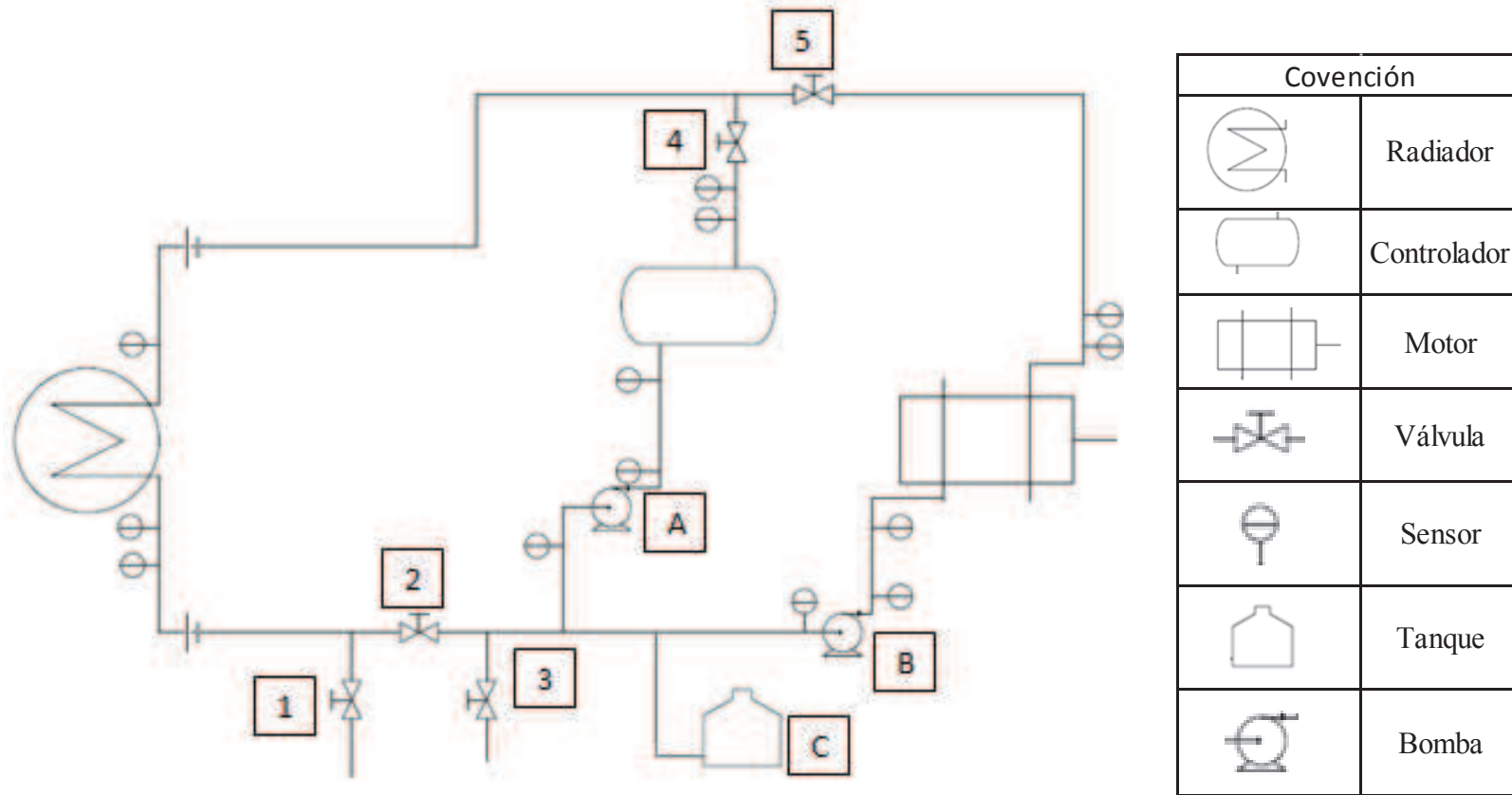


Figura 52.

Plano hidráulico del sistema de refrigeración (banco de pruebas)

Anexo 11.

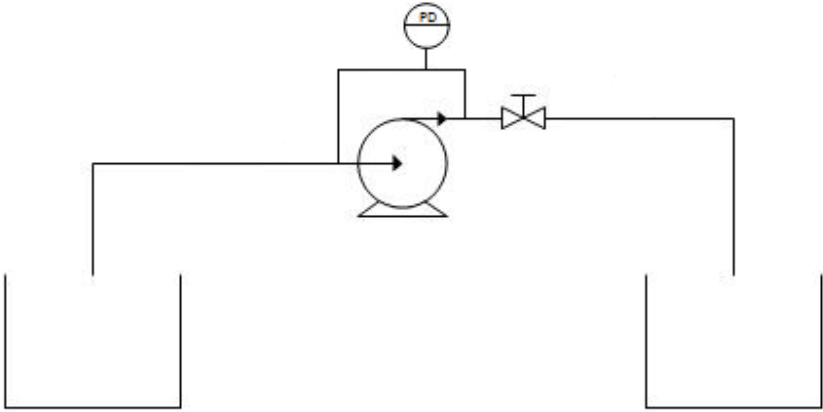


Figura 53. Diagrama del montaje para la caracterización de bomba

Protocolos de prueba para subsistemas de un vehículo eléctrico

Juan F. Peláez., Juan M. Vásquez

Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Mecánica

Agosto de 2014

Resumen- Los subsistemas más importantes en un vehículo eléctrico son el de frenos, el de dirección, el de refrigeración y el de motor-controlador. Estos subsistemas se prueban individualmente y en conjunto por los fabricantes de estos vehículos. Sin embargo, no existen registros públicos de procedimientos o protocolos a seguir para probar los subsistemas en mención. Debido a esto cada taller tiene algún tipo de procedimiento para probar estos subsistemas, pero tampoco se encuentran registros de las pruebas que estos talleres particulares hacen a los vehículos. En este artículo se presenta una investigación sobre las pruebas que se deben hacer a cada subsistema y se proponen protocolos para llevarlas a cabo.

Palabras Clave –Vehículo eléctrico, protocolos de prueba, procedimientos, subsistemas, frenos, dirección, refrigeración, motor-controlador, pruebas .

I. INTRODUCCIÓN

El consumo y uso excesivo de hidrocarburos (petróleo y gases), se ha convertido en algo común, gracias a la creciente demanda de energía bienes y servicios debido al incremento poblacional, deteriorando cada vez más el medio ambiente. El uso de estos combustibles genera emisiones de gases como CO₂, CO, NO_x e inquemados del combustible C_xH_y, que contribuyen a generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida y la contaminación del aire en las ciudades[1]. Con el propósito de solucionar los problemas generados por el uso de los hidrocarburos en el sector automotriz, se han desarrollado diferentes soluciones. Una de ellas es la conversión de vehículos que funcionan con motor de combustión interna a vehículos que funcionen con motor eléctrico.

Actualmente no se conocen manuales que describan procedimientos para realizar pruebas a los vehículos eléctricos o a sus subsistemas. Como resultado de esta investigación, se diseñaron protocolos de prueba para los subsistemas de frenado, dirección, refrigeración y motro-controlador.

II. CONTENIDO

Protocolo es un conjunto de actividades y procedimientos a realizar relacionados con un determinado problema o una determinada actividad. Se aplica por igual a todos los subsistemas de un vehículo [2].

A. Subsistema de frenos.

Al retirar el motor de combustión interna y reemplazarlo con el motor eléctrico se pierde el vacío que aquel genera en el *booster* (servofreno). Por esta razón es necesario implementar un subsistema que lo haga [3]. El equipo seleccionado para este fin es una bomba de vacío. La función principal de esta bomba es crear un vacío para la amplificación de la fuerza de frenado por parte del *booster*. En la Tabla 1 se muestran los convenio de flujo para el sibsistema de bomba de vacío y en la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo.

Para determinar si algún elemento está fallando, se realizan las siguientes pruebas [4]:

- Inspeccionar las mangueras de admisión, principalmente en las uniones y las abrazaderas.
- Revisar que el sello del *booster* no presente desgaste ni fisuras.
- Ubicar la bomba de vacío e instalar un vacuometro. Encender la bomba, la lectura debe ser alrededor de 19 psi. Si la lectura está por debajo de 16 psi desmontar la bomba de vacío y verificar que la paleta de accionamiento no esté desgastada.

Se debe probar en conjunto la bomba de vacío, la bomba de freno y el booster. Para ello, se debe instalar los componentes mencionados en un banco de pruebas. Y luego se realiza la prueba en el vehículo al sistema de frenos completo, conectado correctamente al circuito hidráulico de frenos.






	Circuito hidráulico
	Energía mecánica
	Circuito neumático
	Señal eléctrica
	Alimentación eléctrica

Tabla 1. Convenio de flujo para el subsistema bomba de vacío.

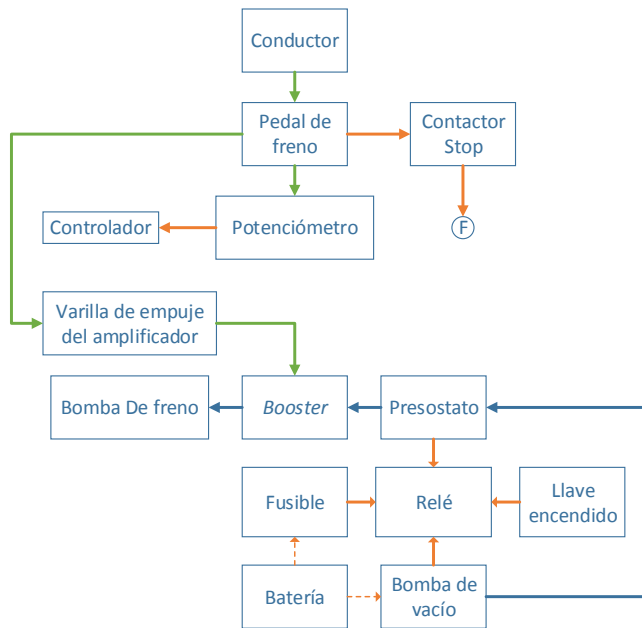


Figura 1. Diagrama de flujo del subsistema de bomba de vacío [3].

A continuación se explican las pruebas que se deben realizar a la bomba de vacío, para poder hacer estas pruebas es necesario que se realicen correctamente todas las conexiones (ver anexo 1).

Prueba de presión

- Con una llave hexágona de 5 mm retirar el tapón del acumulador e instalarle un vacuómetro (rosca NPT 1/8"). Apretar el vacuómetro con una llave boca-fija hasta que quede bien ajustado (tener cuidado de no reventar el vacuómetro).
- Poner un tapón en la entrada de aire (punta libre del presostato).
- Accionar el interruptor para poner en marcha la bomba de vacío.
- Con la bomba en funcionamiento el vacuómetro debe indicar una presión aproximada de -600 ± 100 mmHg (-0.8 ± 0.13 bar).

- Si la presión que marca el vacuómetro está por debajo del rango permitido, revisar que las uniones tengan sello hermético. Si después de comprobar que las uniones se encuentran bien y aun no se llega al rango de presión establecido se debe llevar la bomba a revisión por parte del proveedor o a un centro especializado.

Prueba eléctrica

- Accionar el interruptor para poner en marcha la bomba de vacío.
- Con un multímetro tomar medida de voltaje y corriente.
- La medición del voltaje de ser aproximadamente 12 VDC.
- La medición de corriente debe ser 8 A.

Prueba de ruido

- Accionar el interruptor para poner en marcha la bomba de vacío.
- Ubicarse a 1 m de distancia y encender un medidor de decibeles. La medición obtenida debe ser menor a 50 dB.

A continuación se explica la prueba que se debe realizar a la bomba de frenos.

Prueba de presión

- Asegurarse que todas las conexiones estén bien selladas (ver anexo 2).
- Ubicar 3 tapones de 11 mm en agujeros de la bomba de freno ver anexo 2) y el manómetro en la canalización restante. Hay que marcar cada canalización para tener registro de ellas.
- Encender bomba de vacío.
- Accionar la varilla de empuje (*booster*).
- Verificar que la presión marcada en el manómetro es la especificada por el fabricante (100 bares en la parte delantera y en la parte trasera de 27 a 38 bares).

Nota: realizar el procedimiento anterior con cada uno de las 4 canalizaciones.

A continuación se explican las pruebas que se deben realizar al amplificador de frenado (*booster*).

Prueba de tiempo

Ésta prueba se debe realizar para determinar cuánto se demora la cámara en vaciarse. Esta prueba se hace con la bomba de vacío unida al amplificador de frenado (anexo 2). Después de realizar todas las conexiones mostradas en el anexo 2, proceder así:

- Encender la bomba de vacío y empezar a tomar el tiempo que se demora en extraer el aire del amplificador de frenado.

- Cuando la bomba se desactive, parar el cronometro. El tiempo no debe ser mayor a 15 segundos.

Prueba de estanqueidad

Se debe realizar en el vehículo, con el circuito hidráulico en funcionamiento.

- Conectar el manómetro entre el amplificador de frenado y la bomba de vacío con una "T" y una manguera lo más corta posible, ver Figura 2.

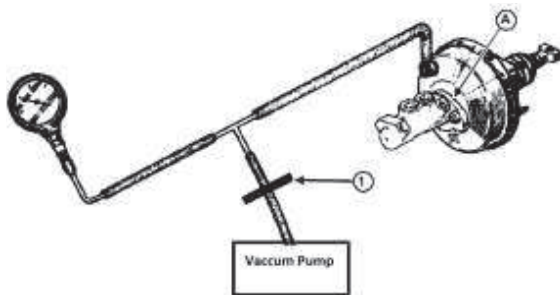


Figura 2. Conexión entre manómetro, booster y bomba de vacío [5].

- Hacer girar el motor al ralentí durante diez minutos.
- Pinzar el tubo entre el racor en « T » y la fuente de vacío con la pinza para tubos. Si el vacío cae más de 33 mbar en 15 segundos, hay una fuga.
- Si el amplificador de freno no funciona, el sistema de frenos falla. En este caso se debe llevar el amplificador de frenado con su proveedor para arreglarlo, o sustituirlo por uno nuevo.

Prueba en pista

Para realizar las pruebas en el sistema de frenos, se deben tener todos los componentes de este instalados en el vehículo. Además el vehículo debe tener llantas nuevas para realizar estas pruebas.

- El vehículo debe estar en una pista de 500 metros de larga, totalmente recta y seca.
- Marcar los sitios en la pista donde el conductor debe empezar a frenar.
- Se deben hacer 3 pruebas a diferentes velocidades, 60, 100 y 120 km/h y repetir cada prueba 3 veces.
- Medir los resultados de la prueba y anotar los resultados obtenidos.
- Verificar que el vehículo cumpla con los requerimientos de la Tabla 2.

Velocidad en Km/h	Distancia de detención con calzada seca		Distancia de detención con calzada húmeda	
	3/4 seg.	1 seg.	3/4 seg.	1 seg.
120	108	117	192	201
110	94	103	166	175
100	78	86	136	145
90	66	73	114	123
80	54	60	92	101
70	42	48	70	79
60	34	39	56	65
50	24	28	38	44
40	18	21	28	33

Tabla 2. Distancias de frenado [6]

- De no cumplir con los requerimientos, revisar que las pastillas de freno estén en buen estado. De estarlo, revisar cada componente del sistema de frenado.

B. Subsistema de dirección.

Al retirar el motor de combustión interna se pierde el mecanismo que acciona la bomba hidráulica de dirección por tal razón es necesario instalar una bomba electrohidráulica quien cumpla con esta función. En la Tabla 3 se muestra la convención usada en el diagrama de flujo del sistema de dirección y en la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo.

Descripción	Convención
Banda	
Ensamble (Conjunto)	
Fluido a baja presión	
Fluido a alta presión	
Alimentación eléctrica	

Tabla 3. Convenio de flujo para el sistema de dirección.



Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de dirección del Logan eléctrico [3].

A continuación se explica la prueba que se debe realizar a la bomba electrohidráulica.

Pruebas generales en el sistema de dirección.

Antes de realizar cualquier prueba en el sistema de dirección, se debe:

- Con un calibrador de presión revisar el estado de los neumáticos (30 libras parte delantera y 28 libras parte trasera).
- Con un torquímetro, una extensión y una copa, revisar que el apriete en la caja de dirección sea el especificado por el fabricante (105 Nm).
- Observar el desgaste de los neumáticos y de ser necesario llevarlo a un centro especializado para balancear y alinear las ruedas del vehículo.
- Revisar el nivel del líquido hidráulico y de ser necesario completar el nivel (ELFRENALTMATIC D2 líquido hidráulico recomendado por el fabricante).

Nota: luego de realizar las pruebas anteriores y comprobar que los elementos mencionados se encuentran en buen estado, hacer una prueba de carretera a 60 Km para observar que no se produzca ningún tipo de vibración en el volante del vehículo.

Prueba de presión

- Con una llave mixta fijar la bomba electro-hidráulica al banco de pruebas.
- Realizar las conexiones hidráulicas entre el depósito, la bomba electro-hidráulica, la válvula limitadora de presión y el manómetro (ver anexo 4).
- Realizar las conexiones eléctricas entre la fuente de energía y el motor de la bomba electro-hidráulica (ver anexo 4).
- Después de tener el circuito listo en el banco de pruebas, proceder a llenar el depósito hidráulico con líquido hidráulico (ELFRENALTMATIC D2 líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Encender la bomba electro-hidráulica hasta que el fluido pase por el manómetro y salga todo el aire del circuito (se purgue la línea).
- Apagar la bomba y completar el nivel del líquido hidráulico si es necesario.
- Encender nuevamente la bomba y cerrar por no más de 5 segundos la válvula limitadora de presión. El manómetro deberá marcar entre 5 a 7 bares (repetir este proceso 3 veces). De no marcar la presión indicada la bomba está presentando fallas y será necesario llevarla con el proveedor o sustituirla por una nueva.
- Si la bomba está dentro de los parámetros requeridos instalarla nuevamente en el vehículo y revisar que las

mangueras del circuito hidráulico no presenten fugas en las conexiones o por estar en mal estado.

- Con la bomba instalada en el vehículo, conectar el manómetro de presión entre la bomba (salida alta presión) y la barra de dirección
- Proceder a encender la bomba electrohidráulica, hacerla funcionar hasta que salga todo el aire de la línea.
- Apagar la bomba y completar si es necesario el nivel del líquido hidráulico (usar el líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Encender nuevamente la bomba y observar que el manómetro marque entre 5 a 7 bares.
- Girar la dirección a tope al lado derecho y anotar la presión obtenida hacer lo mismo hacia el lado izquierdo y repetir esta operación 3 veces en cada lado. La presión con la dirección a tope debe ser de 79 a 86 bares, de lo contrario desmontar la bomba electro-hidráulica y hacerla revisar del fabricante o sustituirla por una nueva.

Prueba de flujo hidráulico en la bomba.

Para realizar las pruebas de flujo en la bomba hidráulica se deben realizar todas las conexiones (ver anexo 5) en el banco de pruebas.

- Luego de realizar todas las conexiones, se procede a llenar el depósito de líquido hidráulico (líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Encender la bomba electro-hidráulica hasta que salga todo el aire de la línea.
- Cuando todo el aire salga de la línea apagar la bomba y completar el nivel de líquido hidráulico.
- Encender la bomba y anotar la medición que el caudalímetro está dando (esta medición debe estar alrededor de 3.6 L/m).
- Si la bomba esta dentro de los parámetros requeridos instalarla nuevamente en el vehículo y revisar que las mangueras del circuito hidráulico no presenten fugas en las conexiones o por estar en mal estado.
- Entre la conexión de alta presión y la bomba, instalar el caudalímetro.
- Llenar el depósito con líquido hidráulico (líquido hidráulico recomendado por el fabricante).
- Asegurarse que las llantas del vehículo no estén tocando el piso (levantar el vehículo), encenderlo y hacer funcionar la bomba hasta que salga todo el aire de la línea. Luego apagarlo y girar el volante a tope al lado derecho y luego al lado izquierdo (3 veces en cada lado).
- Completar el nivel del líquido hidráulico si es necesario.
- Encender el vehículo y anotar el valor de flujo que indica el caudalímetro.

- Girar el volante a tope primero al lado derecho y luego al izquierdo (3 veces) y anotar cada una de las mediciones de flujo (esta mediciones deben oscilar entre 3.5 y 3.6 L/m).
- Si la bomba no cumple con los valores requeridos llevarla a un centro especializado o sustituirla por una nueva.

C. Subsistema de refrigeración.

Al retirar el motor de combustión fue necesario diseñar un sistema de refrigeración para el motor eléctrico y el controlador [7].

Pruebas generales en el sistema de refrigeración.

- Revisar el nivel del líquido refrigerante.
- Revisar que todas las conexiones no presenten fugas y estén bien hechas.
- Chequear el estado de las abrazaderas y cambiar las que se encuentren defectuosas.
- Chequear el estado de las mangueras por donde circula el líquido refrigerante y cambiar las que se encuentren defectuosas.
- Revisar que el radiador no presente fugas.

A continuación se explica la prueba que se debe realizar a las bombas agua.

Prueba de caracterización de las bombas, caídas de presión y disipación de calor [7].

- Se enciende la bomba, se abre la válvula totalmente y se deja llegar al estado estable.
- Se registra la medida de presión (ver anexo 3). Luego se coloca un balde en la descarga y se toma el tiempo que tarda la bomba en depositar un volumen establecido. Con los datos de tiempo y volumen se calcula el caudal.
- Se cierra la válvula gradualmente y se repite el paso 2 hasta el cierre total de la válvula.
- Se apaga el sistema, se hacen los cálculos y se registran los resultados en el anexo 3.

Nota: cada medición se repetirá un mínimo de 3 veces o hasta tener tres medidas similares. El resultado será el promedio de las tres mediciones.

D. Subsistema de motor-controlador.

A continuación se explica la prueba de rendimiento que se debe hacer al conjunto motor-controlador para verificar que cumpla con las especificaciones de potencia y respuesta a los comandos dados por el piloto.

Aceleración del vehículo a la velocidad máxima alcanzable.

Los vehículos eléctricos deben acelerar de 0 - 100 km/h en 6.0 segundos o menos (Electric Transportation Applications,

2004), cargado con dos ocupantes de 80 kg y con el 50% de la capacidad de carga. Esta prueba se debe realizar un mínimo de 4 veces.

- Ubicar el vehículo en la pista de pruebas.
- Desde el reposo acelerar a fondo el automóvil hasta alcanzar la velocidad máxima posible y continuar a esta velocidad hasta que se hayan recorrido al menos 1.5 km.
- Repetir esta prueba 4 veces. Se debe dejar en reposo el vehículo mínimo 5 minutos antes de iniciar cada prueba.

III. CONCLUSIONES

- Para diseñar un procedimiento bien documentado es necesario hacer ingeniería inversa práctica en el equipo o instrumento que se desee trabajar.
- Un buen protocolo debe tener una descripción muy detallada de los pasos a seguir por el técnico o la persona encargada de llevar a cabo el protocolo. Es necesario diseñar esquemas o planos para orientar a el encargado y que el procedimiento sea fácil y ágil.
- Cuando se diseña un protocolo de pruebas, se deben tener en cuenta los parámetros de funcionamiento de los equipos, esto son establecidos por el fabricante y garantizan el correcto funcionamiento de los equipo. Además, seguir las normas de seguridad que ellos plantean.
- Con una buena documentación de los protocolos a seguir, se facilitará a las demás personas que quieran convertir su vehículo de combustión a eléctrico la forma de comprobar que su auto está funcionando correctamente y que cumpla con las normas y estándares de seguridad mientras se está operando.

IV. REFERENCIAS

- [1] Quishpe, M. (27 de Octubre de 2011). Combustibles Fósiles. Recuperado el 24 de Febrero de 2014, de Slideshare: <http://www.slideshare.net/mayquishpe/combustibles-fosiles-9897760>
- [2] Subcomité de Protocolos y Procedimientos. (julio de 2007). Guía para la elaboración de protocolos y procedimientos. Recuperado el 05 de Agosto de 2014, de madrid: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1271685143882&ssbinary=true>
- [3] Betancur, S., & Giraldo, J. (2013). *Asistencia a la investigación en el proyecto "Factibilidad de la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico"- Generación y transmisión de potencia mecánica para los subsistemas de frenado, dirección asistida y aire acondicionado en EV's*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana

[4] Taller Experto. (2012). *Diagnóstico del sistema de servofreno mecánico y electromecánico*. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de Sitio Web de As-mexico: http://www.as-mexico.com.mx/servicepro/doctos/50_004_0151758.PDF

[5] Renault. (2004). *Manual de taller de Renault Logan: frenos, suspensión y dirección*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

[6] ONI. (2007). *Distancia de reacción, de frenado, de detención y de seguridad*. Recuperado el 2 de Abril de 2014, de Olimpiadas Nacionales de Contenidos Educativos en Internet: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/transitoo/espaiol/distanci.htm>

[7] Sierra, S. (2013). *Asistencia a la investigación en el proyecto "Factibilidad de la conversión de un vehículo de*

combustión a eléctrico" – Acople entre motor y transmisión. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

[8] Electric Transportation Applications. (01 de Diciembre de 2004). *Electric vehicle acceleration, gradeability, and Test Procedure*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de Electric vehicle acceleration, gradeability, and Test Procedure.: <http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/pdfs/nev/ntp002.pdf>

Autor 1. Juan F. Peláez Vallejo. Estudiante de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana. juanfernandopelaez19@hotmail.com.

Autor 2. Juan Miguel Vásquez Cifuentes. Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería. Profesor titular de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana. juan.vasquez@upb.edu.co.

V. ANEXOS

Anexo 1

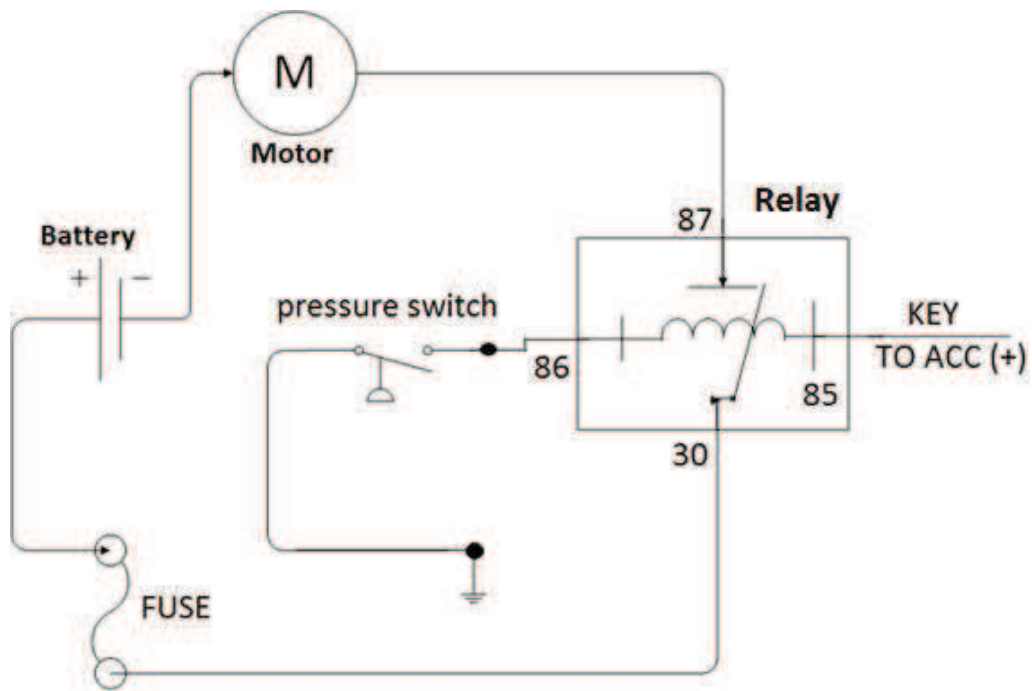


Figura 4. Plano eléctrico bomba de vacío

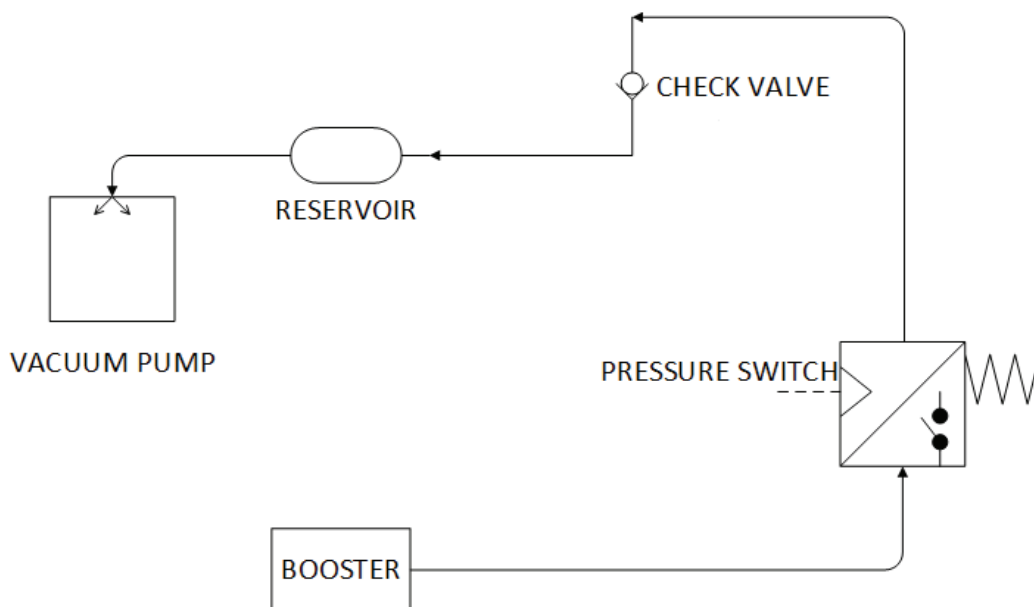


Figura 5. Plano neumático bomba de vacío

Anexo 2.

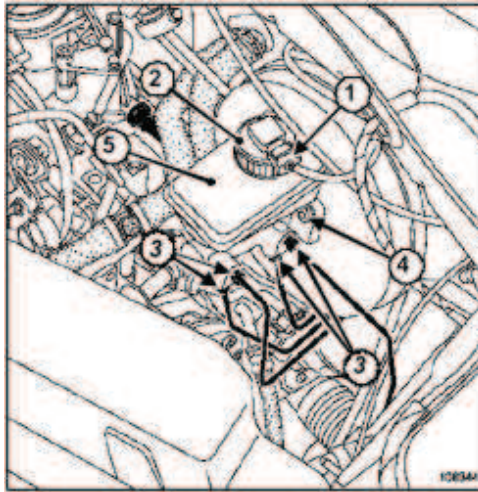


Figura 6. Esquema bomba de freno unida al *booster*

Anexo 3.

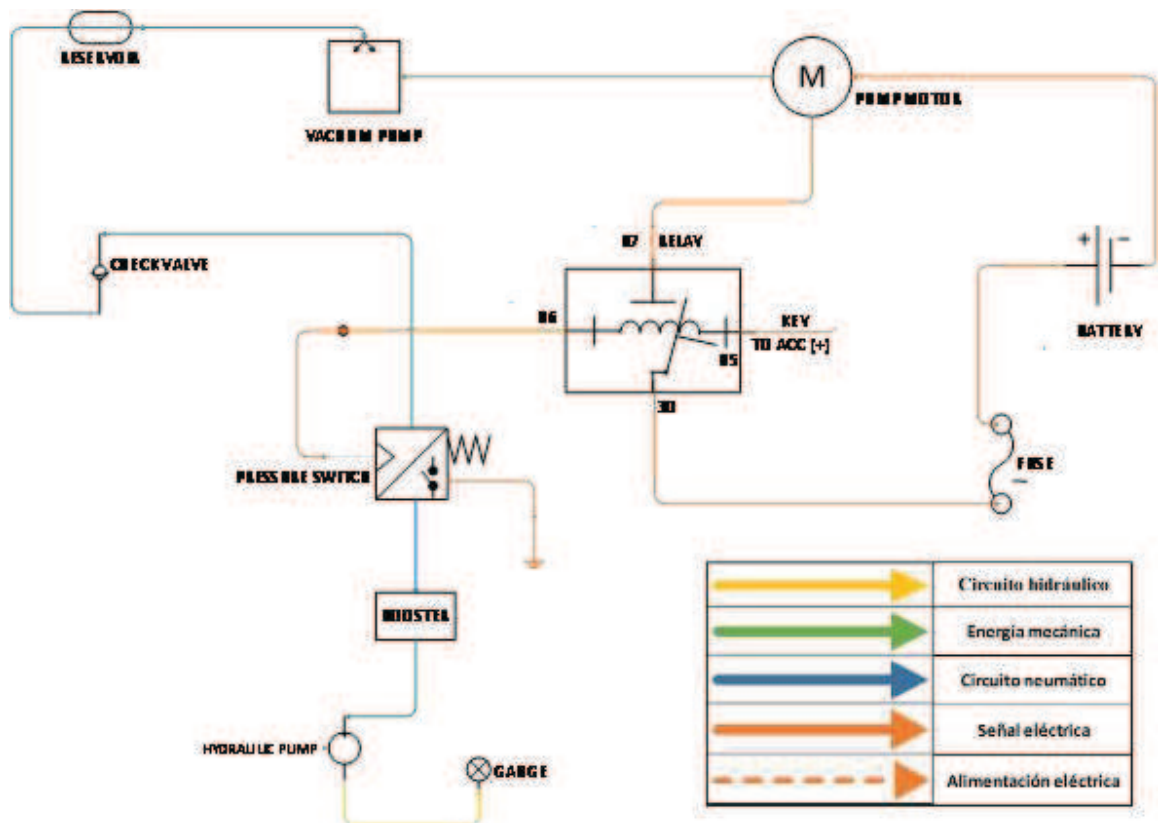


Figura 7. Circuito bomba de freno.

Anexo 4.

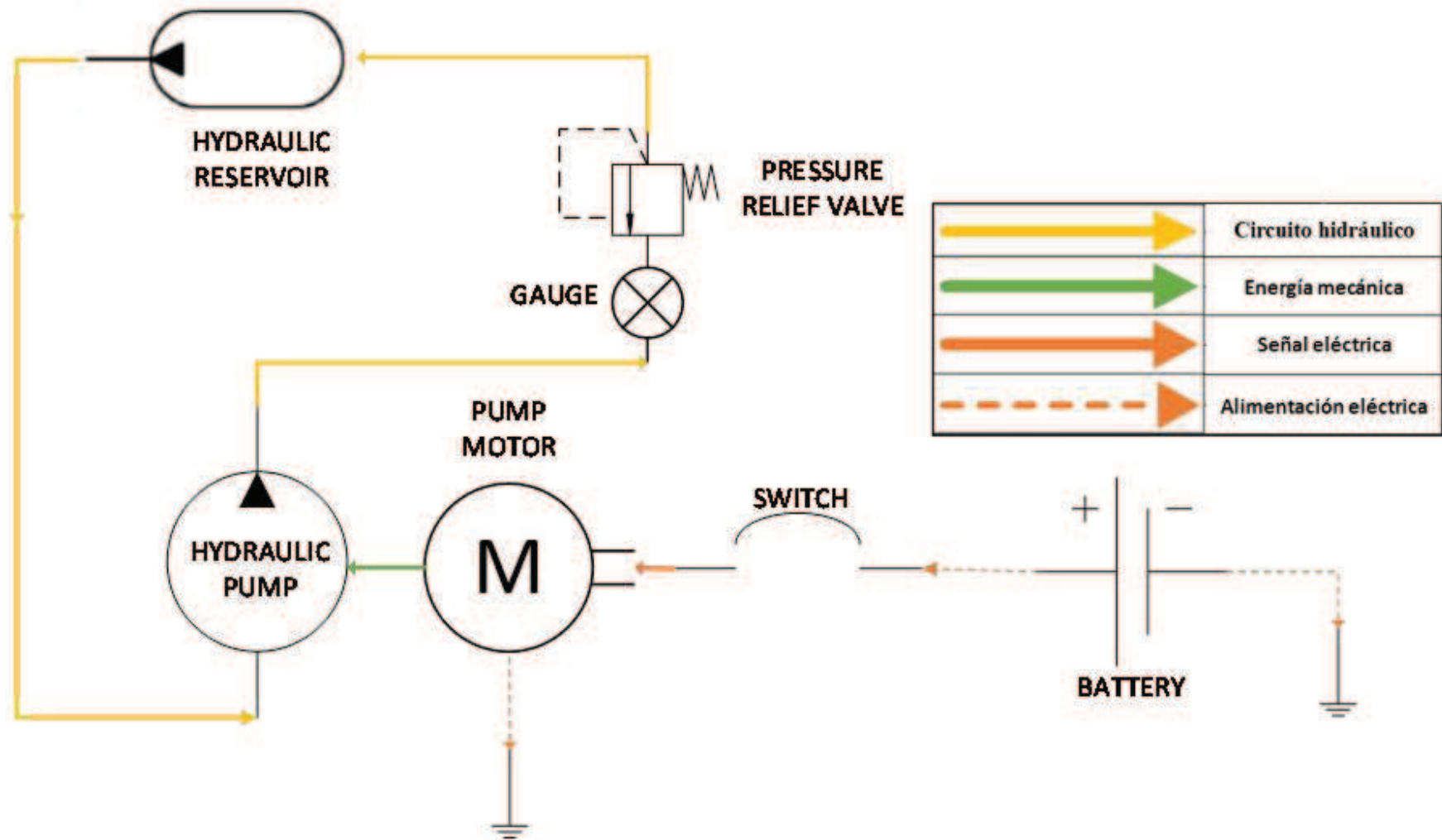


Figura 8. Circuito bomba electro-hidráulica para medir presión.

Anexo 5.

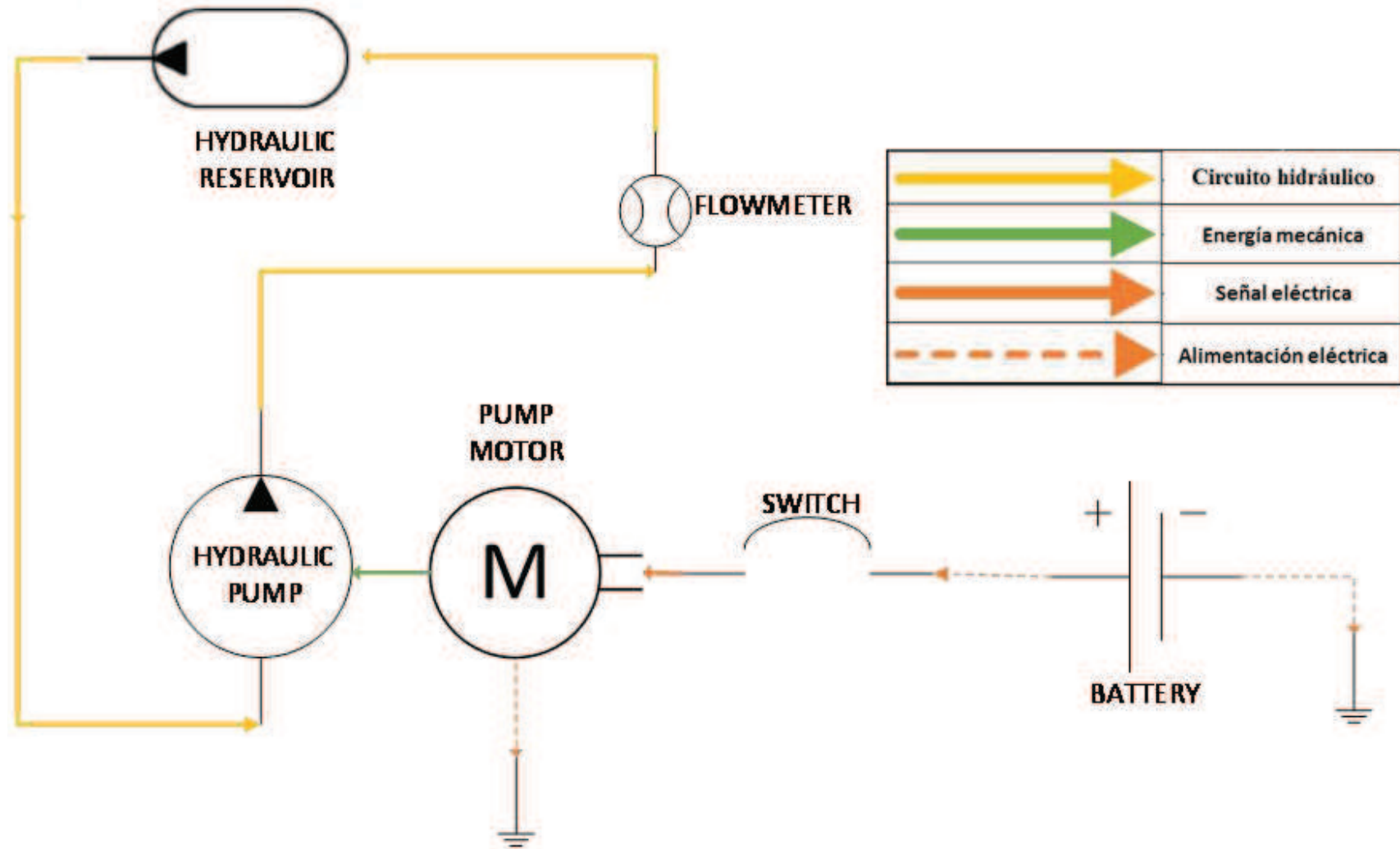


Figura 9. Circuito bomba electro-hidráulica para medir flujo.