



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA EL SISTEMA COMMON RAIL**

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

**JORGE LEONARDO VALENCIA VILLARROEL**

**DIRECTOR: ING. VINICIO REYES**

**QUITO, junio 2016**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016  
Reservados todos los derechos de reproducción

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**  
**PROYECTO DE TITULACIÓN**

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724199672
APELLIDO Y NOMBRES:	Valencia Villarroel Jorge Leonardo
DIRECCIÓN:	Quito, El Quinche
EMAIL:	patypaty_borja@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2387072
TELÉFONO MOVIL:	0984992974

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño y construcción de un banco de pruebas para el sistema COMMON RAIL
AUTOR O AUTORES:	Leonardo Valencia
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	06 de Junio del 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ING. Vinicio Reyes
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	ING. AUTOMOTRIZ
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>El proyecto a continuación desarrollado de tema: Diseño y construcción de un banco de pruebas para el Sistema Common Rail tuvo como finalidad brindar una forma más sencilla de aprendizaje para los estudiantes y profesionales de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial.</p> <p>Para lograr la construcción y diseño del proyecto se realizó un plan de investigación referente a los componentes que integran un banco de pruebas del Sistema CRDI para lograr así tener un abasto suficiente de información que sería justificado con el desarrollo del proyecto.</p>

	<p>Hacia la construcción del banco de pruebas se realizó el reconocimiento de cableado principal con la ayuda de un vehículo HINO GH para determinar pines de corriente y masa de los diferentes componentes del sistema que ayudaron a la correcta instalación de aquellos elementos con mayor fiabilidad.</p> <p>De esta manera se estableció parámetros de ajuste de los diferentes elementos que conforman el banco de pruebas tales como: ECU, Sensores básicos que conforman al mismo, Actuadores como los Inyectores y otros elementos que formaron parte del plan. Establecido ya todos los parámetros se logró un análisis de funcionamiento del Sistema CRDI DENSO que sirvió para alcanzar con seguridad un correcto trabajo de todos los elementos con características particulares que posee el Sistema que se ubicó. Con esto se garantiza el cumplimiento de los objetivos trazados dentro del mismo.</p> <p>Para completar la fiabilidad del banco se realizó pruebas de inyección, voltaje referencial de los elementos con ciertas condiciones de trabajo y diagnósticos del sistema bajo algunas circunstancias de trabajo que se pueden realizar en la vida cotidiana de nuestra profesión para descartar síntomas de averías dentro del Sistema de Inyección CRDI.</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Banco de pruebas CRDI
<b>ABSTRACT:</b>	The project then developed topic: Design and

construction of a test bed for the Common Rail System is intended to provide a simpler way of learning for students and career professionals Automotive Engineering Technological University Equinoctial.

To achieve the construction and project design a research plan concerning the components that make up a test of the system to achieve CRDI have sufficient supply information that would be justified with the project was made.

Towards the construction of the test bench main wiring recognition with the help of a vehicle HINO GH was performed to determine current and ground pins of the different components of the system that helped correct installation of those elements with greater reliability.


ECU, basic sensors that make up the same, actuators such as injectors and other elements that were part of the plan: These way adjustment parameters of the different elements of the test such as were established.

Established and all operating parameters analysis CRDI System DENSO served to safely achieve a proper job of all elements with particular characteristics possessed by the system which stood achieved. With this meeting the goals set within the same guarantees.

To complete the reliability of bank injection tests, reference voltage elements with certain working conditions and system diagnostics under some circumstances work that can be

	performed in the everyday life of our profession to rule symptoms of faults it was performed within the System Injection CRDI.
<b>KEYWORDS</b>	Test Bench CRDI

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:   
VALENCIA VILLARROEL JORGE LEONARDO

1724199672

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Valencia Villarroel Jorge Leonardo**, CI 1724199672 autor del proyecto titulado: **Diseño y construcción de un banco de pruebas para el sistema COMMON RAIL** previo a la obtención del título de **Ingeniero Automotriz** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 06 de junio del 2016

f: \_\_\_\_\_

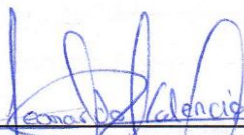
VALENCIA VILLARROEL JORGE LEONARDO

1724199672

## DECLARACIÓN

Yo JORGE LEONARDO VALENCIA VILLARROEL, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



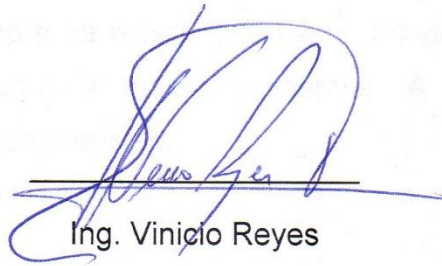
**JORGE LEONARDO VALENCIA VILLARROEL**

C.I. 1724199672



## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un banco de pruebas para el sistema COMMON RAIL**”, que para aspirar al título de Ingeniero Automotriz fue desarrollado por **Jorge Leonardo Valencia Villarroel**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Vinicio Reyes', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I.1704470523

## **DEDICATORIA**

La vida se encuentra plegada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso sino para lo que concierne la vida y mi futuro.

Dedico mi tesis al creador de todas las cosas el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer.

A mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mi hermano que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo, y compartir conmigo buenos y malos momentos. A mi esposa por su paciencia, confianza y comprensión.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradecer a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la Universidad Tecnológica Equinoccial, también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi asesor de Tesis el Ing. Vinicio Reyes por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante el desarrollo de la Tesis.

Y en especial a mis padres porque me brindaron su apoyo moral y económico para terminar mi carrera y lograr mis objetivos trazados para un futuro mejor, por enseñarme que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA .....	4
2.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA .....	5
2.3 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A DIESEL .....	5
2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL .....	6
2.4.1. CICLO DE ADMISIÓN .....	6
2.4.2 CICLO DE COMPRESIÓN .....	6
2.4.3 CICLO DE EXPANSIÓN .....	7
2.4.4 CICLO DE ESCAPE .....	8
2.5 ANÁLISIS DE PRESIÓN DE COMPRESIÓN Y PRESIÓN DE INYECCION .....	8
2.6 ANÁLISIS DE TEMPERATURA DE COMPRESIÓN Y TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN.....	9
2.7 DEFINICIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN.....	9
2.8 ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE (BAJA PRESIÓN).....	10
2.8.1 DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE .....	10
2.8.2 CAÑERÍAS DE CONEXIÓN .....	10
2.8.3 BOMBA DE COMBUSTIBLE .....	11
2.8.4 FILTRO DE COMBUSTIBLE .....	12
2.9 ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE (ALTA PRESIÓN).....	12
2.9.1 BOMBA DE ALTA PRESIÓN.....	12
2.9.2 ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN (RIEL) .....	13
2.9.3 INYECTORES .....	14
2.9.4 CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN .....	15
2.10 GESTIÓN ELECTRÓNICA DE UN MOTOR DIÉSEL.....	16

2.11 MONITOREOS CONTINUOS .....	16
2.12 MONITOREOS NO CONTINUOS .....	17
2.13 SENSORES DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN.....	17
2.13.1 SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL CKP .....	18
2.13.2 SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (APP) .....	18
2.13.3 SENSOR DE MASA Y TEMPERATURA DE AIRE .....	19
2.13.4 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR .....	20
2.13.5 SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE .....	21
2.13.6 SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (IPR) .....	22
2.13.7 SENSOR DE PRESIÓN DE SOBREALIMENTACIÓN .....	22
2.13.8 SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	23
2.13.9 SENSOR DEL PEDAL DEL FRENO.....	24
2.13.10 SENSOR DE PEDAL DEL EMBRAGUE.....	24
2.13.11 SENSOR DE VELOCIDAD .....	25
2.14 ACTUADORES DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN .....	26
2.14.1 INYECTORES .....	26
2.14.2 REGULADOR DE PRESIÓN .....	27
2.14.3 ELECTROVÁLVULA DE CONTROL GASES DE RECIRCULACION (EGR) .....	27
2.14.4 VÁLVULA SCV (VÁLVULA DE CONTROL DE SUCCIÓN) .....	28
2.14.5 BOMBA DE COMBUSTIBLE .....	28
2.15 SISTEMA DE RIEL COMÚN BOSCH .....	28
2.16 SISTEMA DE RIEL COMÚN SIEMENS .....	29
2.17 SISTEMA DE RIEL COMÚN DELPHI .....	30
2.18 SISTEMA DE RIEL COMÚN DENSO .....	31
2.19 TURBO COMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE.....	32
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
4.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS .....	35
4.2 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	35

4.2.1 MATERIAL Y DIMENSIONES .....	35
4.3 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DENTRO DEL MUEBLE .....	39
4.3.1 DISPOSICION DE BREAKER .....	39
4.3.2 DISPOSICIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	39
4.3.3 DISPOSICIÓN DE EL MOTOR ELECTRICO Y BOMBA DE. ALTA PRESIÓN.....	40
4.3.4 DISPOSICIÓN DE EL ACUMULADOR, INYECTORES Y PROBETAS.....	41
4.3.5 DISPOSICIÓN DE LA ECU Y TABLERO DE INSTRUMENTOS..	41
4.3.6 DISPOSICION DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE .....	42
4.4 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA.....	43
4.4.1 MOTOR ELÉCTRICO .....	43
4.2 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	44
4.4.3 BREAKER TRIFÁSICO DE 30 AMP .....	46
4.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL.	
CRDI DENSO DEL HINO GH.....	46
4.5.1 TANQUE DE COMBUSTIBLE .....	46
4.5.2 FILTRO DE COMBUSTIBLE .....	46
4.5.3 BOMBA DE ALTA PRESIÓN.....	47
4.5.4 CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN .....	48
4.5.5 RIEL.....	48
4.5.6 INYECTORES .....	49
4.5.7 ECU DEL SISTEMA.....	49
4.5.8 TABLERO DE INSTRUMENTOS .....	49
4.6 CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS EN EL BANCO DE PRUEBAS. ....	49
4.6.1 INSTALACION DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	49
4.6.2 CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRONICOS. DEL SISTEMA CRDI.....	50
4.6.2.1 ECU (Computadora del sistema).....	51
4.6.2.2 Verificación de cables de corriente y masa hacia la ECU.....	52
4.6.2.3 Verificación de cables de sensores básicos del sistema. ....	52

4.6.2.3.1 Sensor de riel (IPR) .....	53
4.6.2.3.2 Sensor MAP (Sensor de presión de admisión) .....	53
4.6.2.3.3 Sensor Posición de árbol de levas.....	54
4.6.2.3.4 Sensor posición de cigüeñal (CKP) .....	54
4.6.2.3.5 Sensor temperatura combustible. ....	55
4.6.2.4 Verificación de cables de actuadores básicos del sistema. ....	55
4.6.2.4.1 Válvula SCV (Válvula de control de succión).....	55
4.6.2.4.2 Inyectores .....	56
4.6.2.5 CONECTOR OBDII.....	58
4.6.2.6 GENERACION DE SEÑAL CKP.....	58
4.6.2.7 GENERACION DE SEÑAL SENSOR POSICION ARBOL DE LEVAS (CMP).....	60
<b>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	60
5.2 RECOMENDACIONES.....	62
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Características del Sistema CRDI BOSCH.....	29
<b>Tabla 2.</b> Características del sistema CRDI SIEMEN. ....	30
<b>Tabla 3.</b> Características del Sistema CRDI DELPHI .....	31
<b>Tabla 4.</b> Características del Sistema CRDI DENSO.....	32
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones técnicas del motor. ....	43
<b>Tabla 6.</b> Conversión de frecuencia a revoluciones por minuto. ....	45
<b>Tabla 7.</b> Ubicación corriente de alimentación hacia el computador. ....	52
<b>Tabla 8.</b> Ubicación de pines sensor riel.....	53
<b>Tabla 9.</b> Ubicación de pines sensor MAP .....	53
<b>Tabla 10.</b> Ubicación de pines sensor CMP.....	54
<b>Tabla 11.</b> Ubicación de pines sensor CKP .....	54
<b>Tabla 12.</b> Ubicación de pines sensor de temperatura combustible. ....	55
<b>Tabla 13.</b> Ubicación de pines válvula de control de succión. ....	56
<b>Tabla 14.</b> Ubicación de pines socket de inyectores.....	56
<b>Tabla 15.</b> Ubicación de pines de Inyectores hacia computador.....	57
<b>Tabla 16.</b> Descripción de pines OBDII.....	58



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Ciclo de admisión.....	6
<b>Figura 2.</b> Ciclo de compresión.....	7
<b>Figura 3.</b> Ciclo de expansión.....	7
<b>Figura 4.</b> Ciclo de escape. ....	8
<b>Figura 5.</b> Tanque de Combustible. ....	10
<b>Figura 6.</b> Cañerías de baja presión. ....	11
<b>Figura 7.</b> Bomba de engranajes de baja presión.....	11
<b>Figura 8.</b> Filtro de Combustible .....	12
<b>Figura 9.</b> Bomba de alta presión (DENSO) .....	13
<b>Figura 10.</b> Riel de Inyección Bosch.....	14
<b>Figura 11.</b> Inyector Denso .....	15
<b>Figura 12.</b> Cañerías de alta presión. ....	15
<b>Figura 13.</b> Sensor CKP (Posición del Cigüeñal).....	18
<b>Figura 14.</b> Sensor de posición del pedal de aceleración.....	19
<b>Figura 15.</b> Sensor de masa y temperatura de aire. ....	20
<b>Figura 16.</b> Sensor de masa y temperatura Siemens. ....	20
<b>Figura 17.</b> Sensor de temperatura del motor. ....	21
<b>Figura 18.</b> Sensor de temperatura del combustible.....	21
<b>Figura 19.</b> Sensor de presión del combustible. ....	22
<b>Figura 20.</b> Sensor de presión de sobrealimentación.....	23
<b>Figura 21.</b> Sensor de presión atmosférica. ....	23
<b>Figura 22.</b> Sensor de posición pedal freno.....	24
<b>Figura 23.</b> Sensor de pedal del embrague. ....	25
<b>Figura 24.</b> Sensor de velocidad.....	25
<b>Figura 25.</b> Inyector Diésel .....	26
<b>Figura 26.</b> Regulador de presión.....	27
<b>Figura 27.</b> Válvula EGR .....	27
<b>Figura 28.</b> Válvula SCV .....	28
<b>Figura 29.</b> Corte turbo compresor. ....	33
<b>Figura 30.</b> Posición alavés turbo compresor geometría variable.....	33

<b>Figura 31.</b> Diseño banco de pruebas .....	38
<b>Figura 32.</b> Breaker .....	39
<b>Figura 33.</b> Variador de frecuencia .....	40
<b>Figura 34.</b> Disposición motor eléctrico y bomba de alta presión .....	40
<b>Figura 35.</b> Disposición Riel, Inyectores y probetas. ....	41
<b>Figura 36.</b> ECU del sistema CRDI.....	41
<b>Figura 37.</b> Tablero de Instrumentos .....	42
<b>Figura 38.</b> Tanque de combustible.....	42
<b>Figura 39.</b> Variador de frecuencia .....	44
<b>Figura 40.</b> Breaker .....	46
<b>Figura 41.</b> Filtro de combustible Denso.....	47
<b>Figura 42.</b> Bomba de alta presión Denso HP4 .....	47
<b>Figura 43.</b> Bomba de alta presión Denso HP4 .....	48
<b>Figura 44.</b> Tablero de instrumentos. ....	49
<b>Figura 45.</b> Instalación eléctrica de variador de frecuencia. ....	50
<b>Figura 46.</b> Diagrama del Sistema CRDI DENSO del vehículo HINO GH .....	50
<b>Figura 47.</b> Caja de contactos ECU.....	51
<b>Figura 48.</b> Socket sensor riel.....	53
<b>Figura 49.</b> Socket sensor MAP.....	53
<b>Figura 50.</b> Socket sensor CMP .....	54
<b>Figura 51.</b> Socket sensor CMP .....	54
<b>Figura 52.</b> Sensor temperatura combustible .....	55
<b>Figura 53.</b> Socket válvula SCV.....	55
<b>Figura 54.</b> Socket arnés Inyectores (SI).....	56
<b>Figura 55.</b> Socket Inyector. ....	57
<b>Figura 56.</b> Socket conexión OBDII .....	58
<b>Figura 57.</b> Esquema del simulador de señales .....	59
<b>Figura 58.</b> Grabado de señal sensor ckp HINO GH.....	59
<b>Figura 59.</b> Forma de onda señal CKP.....	59
<b>Figura 60.</b> Señal sensor CMP .....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÀGINA</b>
<b>ANEXO 1.</b> DIAGRAMA de arnés de cables hacia la ECU y el vehículo. ....	65
<b>ANEXO 2.</b> DENOMINACIÓN de sockets hacia la ECU .....	66
<b>ANEXO 3.</b> DENOMINACIÓN caja de contacto socket A .....	67
<b>ANEXO 4.</b> DENOMINACIÓN de caja de contacto socket B .....	68
<b>ANEXO 5.</b> DENOMINACIÓN caja de contacto socket C .....	69
<b>ANEXO 6.</b> DENOMINACIÓN caja de contacto socket D .....	70
<b>ANEXO 7.</b> DENOMINACIÓN caja de contacto socket E .....	71
<b>ANEXO 8.</b> DENOMINACIÓN de número de pines computador.....	72
<b>ANEXO 9.</b> PRUEBAS de cableado principal del sistema CRDI.....	73
<b>ANEXO 10.</b> INSTALACIÓN arnés principal en el banco de pruebas.....	74
<b>ANEXO 11.</b> CONEXIÓN de tablero de instrumentos.....	75
<b>ANEXO 12.</b> Conexión de Inyectores y Riel.....	76
<b>ANEXO 13.</b> Conexión de bomba de alta presión.filtro de combustible. ....	77
<b>ANEXO 14.</b> CONEXIÓN computador ECU.....	78
<b>ANEXO 15.</b> Manual de uso banco de pruebas .....	79
<b>ANEXO 16.</b> Guía de practica #1 .....	82
<b>ANEXO 17.</b> Guía de practica #2.....	86

## RESUMEN

El proyecto a continuación desarrollado de tema: Diseño y construcción de un banco de pruebas para el Sistema Common Rail tuvo como finalidad brindar una forma más sencilla de aprendizaje para los estudiantes y profesionales de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Para lograr la construcción y diseño del proyecto se realizó un plan de investigación referente a los componentes que integran un banco de pruebas del Sistema Common Rail para lograr así tener un abasto suficiente de información que sería justificado con el desarrollo del proyecto.

Hacia la construcción del banco de pruebas se realizó el reconocimiento de cableado principal con la ayuda de un vehículo HINO GH para determinar pines de corriente y masa de los diferentes componentes del sistema que ayudaron a la correcta instalación de aquellos elementos con mayor fiabilidad, de esta manera se estableció parámetros de ajuste de los diferentes elementos que conforman el banco de pruebas tales como: Computador, Sensores básicos que conforman al mismo como: Sensor de posición de árbol de levas (CMP) que en este caso es un sensor tipo Hall de 3 cables los cuales trabajan de la siguiente manera: 12 voltios de referencia, masa y señal que se envía hacia el computador, sensor de posición de cigüeñal (CKP) en este caso es un sensor tipo inductivo es decir genera su propio voltaje de señal hacia computador de hasta 5V, Sensor de presión de riel (IPR) el cual indica la presión del sistema que debe estar oscilando en 30 Mega pascal a 550 rpm del motor para empezar la inyección de combustible. Actuadores como los Inyectores que necesitan una presión de diésel necesaria de acuerdo a las rpm del motor es decir si el vehículo se encuentra a 550 rpm necesita una presión de 35 Mega pascal y si estamos a altas revoluciones oscilando hacia las 4000 rpm necesitamos 75 Mega pascal. El voltaje de referencia de Inyectores esta en arranque a 110V y se estabiliza a 80V cuando regulariza revoluciones.

Establecido ya todos los parámetros se logró un análisis de funcionamiento del Sistema Common Rail DENSO que sirvió para alcanzar con seguridad

un correcto trabajo de todos los elementos con características particulares que posee el Sistema que se ubicó. Con esto se garantiza el cumplimiento de los objetivos trazados dentro del mismo. Para completar la fiabilidad del banco se realizó pruebas de inyección, voltaje referencial de los elementos con ciertas condiciones de trabajo y diagnósticos del sistema bajo algunas circunstancias de trabajo que se pueden realizar en la vida cotidiana de nuestra profesión para descartar síntomas de averías dentro del Sistema de Inyección Common Rail.

## ABSTRACT

The project then developed topic: Design and construction of a testbed for the Common Rail System aimed to provide a simpler way of learning for students and career professionals Automotive Engineering Technological University Equinocial. To achieve the construction and project design a research plan concerning the components that make up a test bench Common Rail System to achieve and have a sufficient supply of information that would be justified with the project was made. Towards the construction of the test bench recognition main wire with the help of a vehicle HINO GH was performed to determine pin current and mass of the various components of the system that helped correct installation of those elements with greater reliability, this Computer, basic sensors that conform to it as: position sensor camshaft (CMP) which in this case is a sensor type Hall 3 way adjustment parameters of the different elements of the test such as established wires which work as follows: 12 volt reference mass signal sent to the computer, position sensor crankshaft (CKP) in this case is a sensor inductive ie generates its own voltage signal to computer to 5V rail pressure sensor (IPR) which indicates the system pressure must be oscillating at 30 Mega pascal at 550 rpm engine to start fuel injection. Actuators such as injectors that need pressure necessary diesel according to engine rpm ie if the vehicle is 550 rpm needs a pressure of 35 Mega pascal and if we are at high revolutions rocking the 4000 rpm need 75 Mega pascal . The reference voltage Injectors was starting to 110V and 80V stabilized when regularized revolutions.

And set all parameters of performance analysis Common Rail System DENSO served to safely achieve a proper job of all elements with particular characteristics possessed by the system which stood achieved. With this meeting the goals set within the same guarantees. To complete the reliability of bank injection tests, reference voltage elements with certain working conditions and system diagnostics under some circumstances work that can be performed in the everyday life of our profession to rule symptoms of faults it was performed within the System Injection Common Rail.

## **INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

Resulta importante en el momento de buscar un tema relacionado con la especialidad técnica de Ingeniería Automotriz, que éste sea propuesto avizorando los requerimientos y últimas innovaciones que tecnológicamente se van produciendo en este campo. Razones por las que se considera, que una de las principales necesidades que ameritan ser tratadas y elaboradas como un problema acertado de investigación de un proyecto de este tipo, es precisamente el relacionado con la elaboración de un banco de pruebas para el análisis del Sistema Common Rail (CRDI), el problema planteado se constituye en un fundamento técnico y de conocimientos básicos con los que deben contar todos los estudiantes que han elegido la carrera de Ingeniería Automotriz, desde los niveles iniciales siendo uno de los propósitos preponderantes, que adquieran la capacidad adecuada para estudiar con el debido entendimiento esta temática tecnológica identificada con este sistema.

Enfocándose a la tendencia que en la actualidad rige en el mercado todos los vehículos o motores estacionarios con Inyección Diésel se basan en un principio de funcionamiento tanto mecánico como electrónico que va ser de guía primordial para los estudiantes de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial a realizar pruebas con los equipos de medición que en este caso yacerían Osciloscopio, Voltímetro y Scanner que indiquen el diagnóstico y datos que genera el sistema. Demostrando que con este proyecto la evolución del Sistema de Inyección Common Rail ha ido variando en beneficio del ahorro del combustible y la eficacia de operatividad del motor referente a un desarrollo que demuestra la presión que puede generar la bomba en el circuito de alta presión de hasta 2000 bar en marcas como Delphi, Bosch, Siemens, Denso.

La realización de este trabajo tiene como finalidad brindar a los estudiantes una herramienta de estudio más completa para su adecuado aprendizaje y entendimiento en todo lo referente a la Inyección Diésel Common Rail;



debido a que el laboratorio de Ingeniería Automotriz no cuenta con un elemento de este tipo.

Los objetivos planteados para el desarrollo de este proyecto se basan en Diseñar y construir un banco de pruebas para el Sistema Common Rail con el complemento de una serie de objetivos específicos para la ejecución normal de este proyecto como: Conocer los diferentes componentes que forma parte del Sistema Common Rail desde su origen, Identificar las características principales de funcionamiento del Sistema DENSO utilizado en la construcción del banco de pruebas, Planificar el diseño y la construcción del banco de pruebas del Sistema Common Rail, Presentar el banco de pruebas del Sistema Common Rail en condiciones óptimas de operatividad.

Se diseñara y construirá de una manera funcional y didáctica el banco de pruebas para sistemas Common Rail con el objeto de brindar un refuerzo en el área de Inyección Diésel. Dentro del banco de pruebas se incluirá todos los elementos básicos de un sistema Common Rail que permita generar la Inyección y simular el ciclo de trabajo de un motor con este tipo de sistema. Se realizará una guía de prácticas de laboratorio en el área de Inyección Diésel con el que los estudiantes realicen sus prácticas y sea más claro el Sistema de Inyección Common Rail.

## **MARCO TEÓRICO**

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

Un motor de combustión interna es una máquina que obtiene Energía Mecánica a partir de la Energía Calorífica producida por un combustible que se inflama dentro de la cámara de combustión. Los motores de combustión interna pueden clasificarse por el tipo de combustible en motores de explosión a gasolina y motores de expansión a diésel. (www.anca.com)

Los motores de combustión interna se clasifican de acuerdo al ciclo de trabajo es decir existen motores de 2 tiempos que en 360° cumplen un ciclo de trabajo y motores de 4 tiempos que en 720° cumplen un ciclo de trabajo, en la industria automotriz el más usado son motores de 4 tiempos tanto para diésel como para gasolina (www.anca.com).

Elementos fijos de un motor de combustión interna:

- Block
- Culata o Cabezote
- Carter
- Colectores de admisión y escape

Elementos móviles de un motor de combustión interna:

- Cigüeñal
- Eje de levas
- Válvulas de admisión y escape
- Biela
- Pistón
- Volante de inercia

Los motores de combustión interna son utilizados tanto en la industria del transporte vehicular como generadores de alta corriente en motores estacionarios en grandes industrias a nivel mundial. Con todo lo antes mencionado estos motores han ido evolucionando con el fin de generar una mayor potencia y fiabilidad cumpliendo con las exigencias ambientales

## **2.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA**

Este tipo de motor es menos robusto en comparación de un motor a diésel, trabaja a altas revoluciones, altas velocidades pero no genera gran torque de trabajo. Este motor ha sufrido un sin número de evoluciones pero las más conocida es la Inyección electrónica que se basa en un funcionamiento de sensores y actuadores controlados por un computador abordo (ECU) que establece rangos de trabajo de acuerdo a las condiciones exigentes establecidas en el terreno donde se está desarrollando el vehículo. Hay que tomar en cuenta que este motor genera más contaminación que un motor a diésel. ([www.anca.com](http://www.anca.com))

## **2.3 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A DIESEL**

Este tipo de motor es mucho más robusto en comparación de un motor a gasolina. Trabajan a bajas revoluciones, bajas velocidades y altos torques de presión de trabajo. Este motor ha sufrido un sin número de cambios desde sus inicios con bombas mecánicas como lineales y rotativas, bombas semielectronicas rotativas y sistemas completamente electrónicos como los sistemas Common Rail (CRDI). ([www.tallerdemecanica.com](http://www.tallerdemecanica.com))

Los motores diésel en la actualidad se rigen a normas de sistemas anticontaminación denominadas normas EURO las cuales se basan en controlar los gases más nocivos expuestos hacia el medio ambiente por parte de estos motores como son los óxidos nitrosos (NOx). Para lograr cumplir con estas normas las empresas constructoras de sistemas de inyección Common Rail tales como Denso, Siemens, Delphi, Bosch han ido evolucionando en base al nivel de presión generado para lograr atomizar el diésel dentro de la cámara de combustión y generar una mejor combustión de acuerdo al nivel de atomización generado en el combustible. Por esta razón los sistemas de Inyección Common Rail actualmente pueden llegar a generar hasta 2000 bar de presión dentro del sistema con esto logrando aumentar potencia, disminuir ruido y el objetivo principal reducir gases contaminantes. ([www.tallerdemecanica.com](http://www.tallerdemecanica.com))

## 2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL

A continuación, se detalla el principio de funcionamiento de un motor diésel.

### 2.4.1. CICLO DE ADMISIÓN

El aire previamente filtrado ingresa al cilindro a través de la válvula de admisión que se encuentra abierta al inicio de este tiempo, el pistón empieza su carrera descendente desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI) como muestra la figura 1, terminando de esta manera el tiempo de admisión. El aire ingresa naturalmente de la atmosfera o es impulsado por un turbocompresor acoplado al múltiple de escape del motor (Cebrian, 2011).

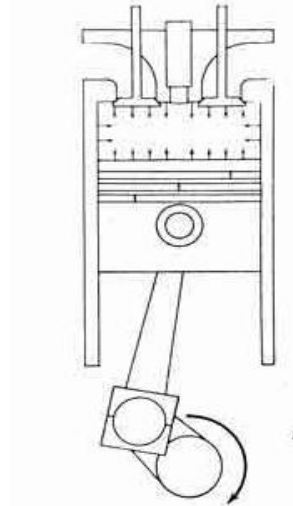


**Figura 1.** Ciclo de admisión.  
(Automecanico, 2015)

### 2.4.2 CICLO DE COMPRESIÓN

La válvula de admisión y escape se encuentran cerradas como muestra la figura 2, el pistón empieza una carrera ascendente desde el Punto muerto inferior hacia el Punto muerto superior comprimiendo el aire aspirado entre

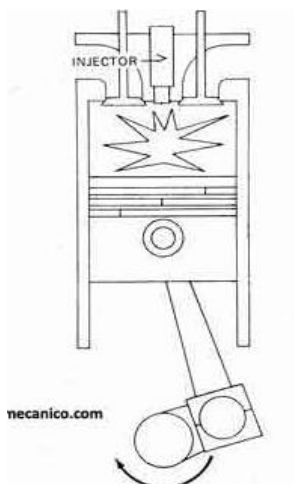
17 a 22 veces, elevando así la presión entre 50 y 80 bares y la temperatura del aire llega a 600°C facilitando así la combustión del diésel (Cebrian, 2011).



**Figura 2.** Ciclo de compresión.  
(Automecanico, 2015)

### 2.4.3 CICLO DE EXPANSIÓN

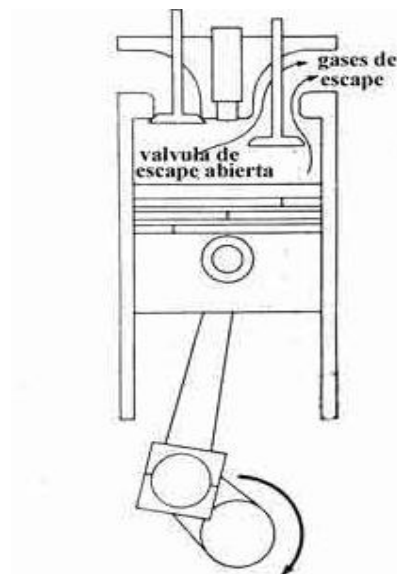
Las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas como muestra la figura 3, el pistón está terminando su carrera ascendente del tiempo de compresión es cuando el diésel ingresa a la cámara de combustión finamente pulverizado a través del inyector y generar el tiempo de trabajo o expansión, obligando al cigüeñal a girar (Cebrian, 2011).



**Figura 3.** Ciclo de expansión.  
(Automecanico, 2015)

#### 2.4.4 CICLO DE ESCAPE

El pistón cumple una carrera ascendente desde el Punto muerto inferior hasta el Punto muerto superior permitiendo el escape de los residuos conformados luego del tiempo de expansión, a través de la apertura de la válvula de escape como muestra la figura 4 (Cebrian, 2011).



**Figura 4.** Ciclo de escape.  
(Automecanico, 2015)

#### 2.5 ANÁLISIS DE PRESIÓN DE COMPRESIÓN Y PRESIÓN DE INYECCION

La presión de compresión es un factor muy determinante para lograr una expansión mucho más potente y a la vez silenciosa, el factor determinante para lograr una presión de compresión elevada es la entrada superior de aire suministrada por el medio ambiente, es apuntar a la ayuda de un turbocompresor que suministra una entrada extra de aire hacia el motor y lograr así una presión alta que genera una elevada temperatura del gas en este caso aire que facilita la combustión de la mezcla aire- combustible (Ing. H. Gerschler, 2012).

La presión de inyección genera un nivel de atomización muy elevado lo que facilita la mejor combustión de la mezcla, disminuye ruidos y genera grandes

torques de potencia del motor. Un factor determinante para generar un alto nivel de presión de inyección es la emanación de gases contaminantes. Lo que significa que a mayor presión de inyección mejor combustión y menor contaminación hacia el medio ambiente, respetando así lo que rige a los motores diésel Normas EURO (Ing. H. Gerschler, 2012).

## **2.6 ANÁLISIS DE TEMPERATURA DE COMPRESIÓN Y TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN**

La temperatura de compresión del aire dentro del cilindro de combustión es muy importante, para lograr generar una combustión óptima de la mezcla, por lo tanto a mayor cantidad de aire que ingresa al motor la presión que ejerce el pistón sobre el mismo permite elevar la temperatura oscilando en unos 600°C, y al momento de inyectar el combustible finamente pulverizado la temperatura de compresión va facilitar la combustión de la mezcla, permitiendo así combustionar por completo la mezcla a 900°C y generar menor cantidad de gases contaminantes para el medio ambiente (Durante, 2014).

## **2.7 DEFINICIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN**

El sistema Common Rail es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa en la que el combustible es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión, esta a su vez lo envía a un riel común para todos los inyectores, la presión de inyección al inicio y al final son controladas por la ECU gracias a la información obtenida de los diversos sensores que se encuentran en el motor, con esto lograr una gran eficacia del motor y reducir los gases contaminantes que deriva este tipo de motor (Cebrian, 2011), (Augueri, 2013).



## 2.8 ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE (BAJA PRESIÓN)

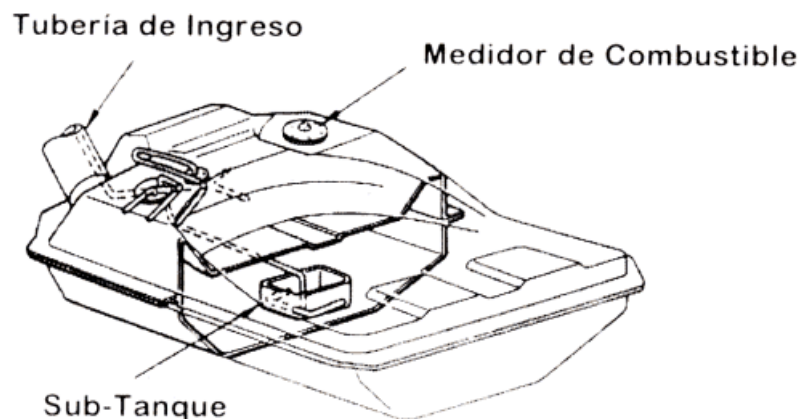
Se detalla a continuación los elementos que componen el sistema de baja presión.

### 2.8.1 DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

El depósito de combustible debe cumplir con ciertos requerimientos básicos que son necesarios para brindar una gran fiabilidad hacia el conductor como son:

- Anticorrosivos
- Mantener la sobrepresión producida por el mismo diésel.
- No permitir fuga de combustibles (Bosch, 2012).

El depósito de combustible dispone de tomas de alimentación de diésel, conducto de salida y de retorno hacia el mismo tanque y un medidor de nivel de combustible tal como muestra la figura 5.



#### Configuración del Tanque de Combustible

Figura 5. Tanque de Combustible.  
(Automecanico, 2015)

### 2.8.2 CAÑERÍAS DE CONEXIÓN

Las cañerías de conexión del sistema de baja presión están fabricadas de acero o plástico con recubrimientos de malla de acero como nos muestra la figura 6, el objetivo del material es soportar la presión de trabajo y no ser de fácil combustión (Bosch, 2012).



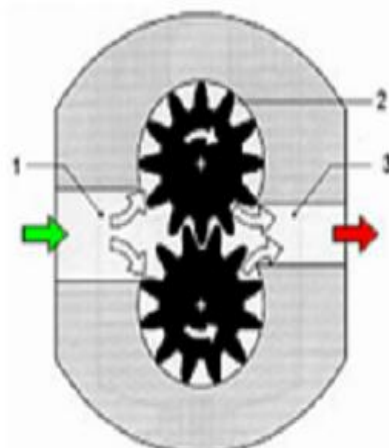
**Figura 6.** Cañerías de baja presión.  
(Cadena, 2013)

### 2.8.3 BOMBA DE COMBUSTIBLE

La bomba de combustible, es sumergible, es decir, se localiza dentro del tanque, normalmente trabaja con 12 o 24 voltios de contacto, esta bomba suministra constante combustible hacia la bomba de alta presión y evita la presencia de burbujas de aire en el sistema.

En la figura 7 se observa una bomba mecánica de piñones que se encuentra internamente en la bomba de alta presión, esta bomba acopla el movimiento de la distribución del motor para brindar suministro de combustible hacia el sistema (Bosch, 2012).

- 1 Lado de aspiración
- 2 Rueda dentada de accionamiento
- 3 Lado de impulsión



**Figura 7.** Bomba de engranajes de baja presión.  
(Cadena, 2013)

## 2.8.4 FILTRO DE COMBUSTIBLE

El filtro de combustible es un elemento primordial para un sistema CRDI que evita la presencia de impurezas dentro del sistema y partes sensibles como bomba de alta presión e inyectores ya que estos elementos tienen tolerancias muy mínimas que vienen dadas en micras (Bosch, 2012).

El filtro de combustible tiene una entrada y salida de combustible desde el tanque y hacia la bomba de alta presión como muestra la figura 8.



**Figura 8.** Filtro de Combustible  
(Cadena, 2013)

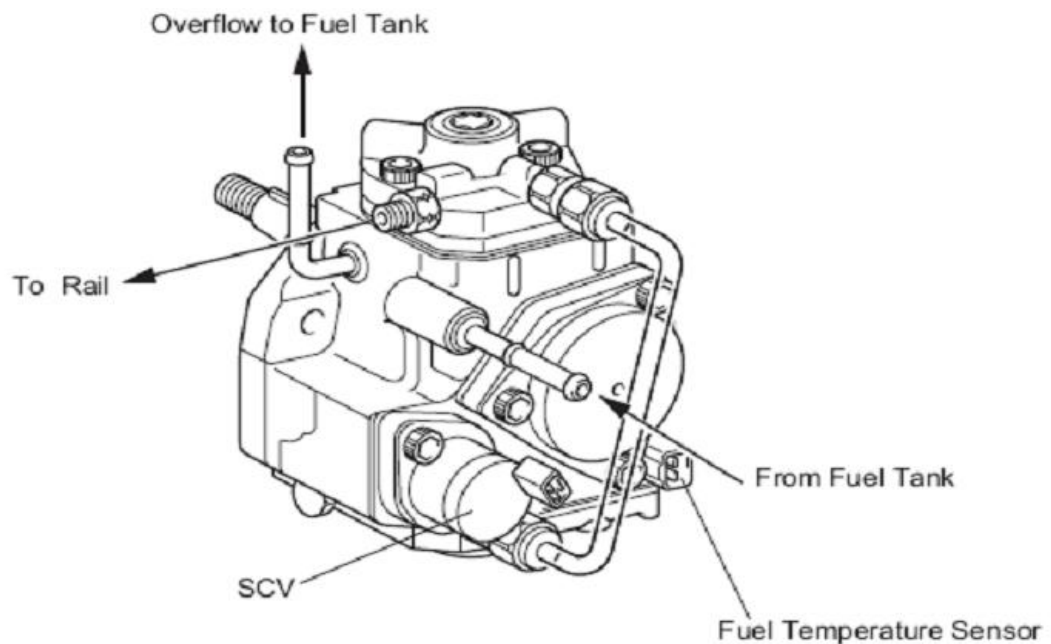
## 2.9 ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE (ALTA PRESIÓN)

El circuito de alta presión del sistema CRDI posee los componentes más importantes del motor, ya que son los encargados de proveer combustible a gran presión, generar los ciclos de trabajo óptimos y crear la mayor eficiencia del motor posible tanto en fuerza como emanación de gases contaminantes (Cadena, 2013).

### 2.9.1 BOMBA DE ALTA PRESIÓN

La bomba de alta presión tiene un accionamiento mecánico por medio del cigüeñal a través de engranajes o bandas de accionamiento. La bomba de

alta presión cumple la función básica de suministrar combustible a un acumulador o riel en toda la vida útil del motor a altas presiones de trabajo. La figura 9 muestra las partes con las que se encuentra constituida una bomba de alta presión como entrada de combustible desde el deposito, salida del combustible hacia el riel, un sensor de temperatura del combustible y un actuador denominado Válvula de control de caudal (SCV) (Cadena, 2013).



**Figura 9.** Bomba de alta presión (DENSO)  
(Tecnocheck, 2013)

### 2.9.2 ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN (RIEL)

El acumulador es un canal donde se almacena combustible a alta presión, que llega desde la bomba, este abastece de diésel a todos los inyectores. El objetivo del acumulador es abastecer constantemente de combustible a los inyectores con una presión de trabajo adecuada y no permitiendo la depreciación del combustible dentro del sistema (Durante, 2014)

La presión en el acumulador es igual para todos los inyectores incluso en altas revoluciones, con eso se garantiza que al abrir el inyector el nivel de pulverización va ser el adecuado (Cadena, 2013).

El sensor de presión del riel va ser el encargado de medir la presión y se regula al nivel deseado mediante la válvula reguladora de presión (Durante, 2014).

Como se observa en la figura 10 el riel es de una estructura muy sólida y espesor muy notable adecuado para soportar la gran presión que genera el sistema ya que este es el acumulador de alta presión.

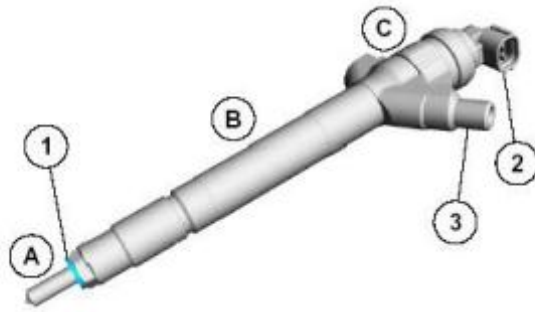


**Figura 10.** Riel de Inyección Bosch  
(Bosch, 2012)

### 2.9.3 INYECTORES

Los inyectores dentro del Sistema Common rail diésel inyección (CRDI) son los encargados de permitir el paso de combustible dentro del motor de combustión interna. Son actuadores que trabajan con un voltaje referencial de 100 V que son proporcionados por la Unidad de control del motor (ECU) mediante parámetros que son otorgados por los sensores que determinan el trabajo de los inyectores y de todos los actuadores que posee el sistema.

En la figura 11 se puede observar un inyector diésel con sus partes principales.



- A. Tobera de inyección
- B. Servo sistema hidráulico
- C. Solenoide
- 1. Junta de la cámara de combustión
- 2. Conexión eléctrica del solenoide.
- 3. Conexión para la tubería de alta presión.

**Figura 11.** Inyector Denso  
(Augeri, 2013)

#### 2.9.4 CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN

Las cañerías de alta presión son las encargadas de conectar al riel con los inyectores para trasladar el combustible, están diseñadas para soportar alta presión permanentemente dentro del sistema. Normalmente poseen una medida de un diámetro exterior de 6mm y un diámetro interior de 2,4mm. La longitud de las cañerías con los inyectores debe ser lo más corta posible como muestra la figura 12 (Cantillo, 2013).



**Figura 12.** Cañerías de alta presión.  
(Bosh, 2015)

## **2.10 GESTIÓN ELECTRÓNICA DE UN MOTOR DIÉSEL**

Todas las innovaciones que se realizan a los sistemas de inyección están provistas de mecanismos que permitan alcanzar los altos estándares de control de emisiones, en todo el mundo estos requerimientos se hacen cada vez más duros. La gestión electrónica debe ser modificada continuamente por los fabricantes para lograr cumplir con normas impuestas en sistemas anticontaminación (Cantillo, 2013).

La gestión electrónica esta provista de una Computadora (PCM), este elemento recibe señales de componentes llamados sensores, todos estos sensores están ubicados en puntos estratégicos del motor con lo cual se logra tener una lectura muy precisa de los parámetros físicos con los cuales opera el motor dichos sensores se encargan de generar señales eléctricas que el PCM compara con parámetros preestablecidos en una memoria y determina en que condición física se encuentra el motor (Cantillo, 2013).

Una vez realizado esto, dispone de un control sobre actuadores que manipulan los elementos que hacen parte de la inyección de combustible, como electro válvulas encargadas de elevar la presión y los inyectores de combustible que permiten el ingreso del combustible a la cámara de combustión (Cantillo, 2013).

La gestión se basa en que el PCM no solamente tiene la propiedad de analizar señales físicas del motor si no que está en la capacidad de determinar cuando el sistema está operando mal y generar una alerta al conductor como es la luz MIL o CHECK ENGINE. Que obliga la inserción de un scanner hacia la PCM y determinar cuál es el tipo de daño que está sufriendo el motor (Cantillo, 2013).

## **2.11 MONITOREOS CONTINUOS**

La gestión electrónica en motores diésel está provisto de formas de prueba con los cuales permanentemente está revisando que todos los componentes tanto sensores y actuadores trabajen correctamente, este dispositivo de

prueba se llama monitoreo. Dicho monitoreo está establecido para que se realice a ciertas condiciones en los cuales se puede considerar dos formas: un Monitoreo Continuo y un Monitoreo No Continuo. (Bosch, 2012)

El Monitoreo Continuo está basado para realizarse permanentemente es decir que en cualquier momento que se genere una falla la luz MIL se enciende a este tipo de monitoreo se les conoce como Compressive Components Monitor (CCM) (Bosch, 2012).

Ahora este monitoreo de componentes permite una revisión permanente de las rangos de funcionamiento de sensores y actuadores dentro de este monitoreo existen dos posibilidades una verificación eléctrica de cada uno de los componente y una prueba de verificación de los mismos (Bosch, 2012).

## **2.12 MONITOREOS NO CONTINUOS**

El PCM dispone de una serie de pruebas las cuales no reportan un código que pueda encender la Luz MIL rápidamente, si no que el sistema realiza otras verificaciones para confirmar la falla, esta comprobación se llama ciclo de conducción. El Ciclo de conducción es una forma de determinar un recorrido realizado por el vehículo para ello se basa en los cambios de temperatura del motor reportados por el ECT de frío a caliente y luego el motor apagado , es decir un vehículo puede recorrer 400 Km y realizar un ciclo de conducción o recorrer solo 100 Km parar enfriar el motor y luego andar nuevamente para completar dos ciclos , el ciclo de conducción es una forma de verificar componentes que marcan aspectos termodinámicos de un motor como su temperatura de trabajo , es así que cada vez que se detecta una falla en un monitoreo no continuo el PCM espera varios ciclos de Conducción consecutivos reportando la misma falla y si el problema continua genera el código de avería y enciende la luz MIL (Augueri, 2013).

## **2.13 SENSORES DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN**

Son elementos encargados de transformar magnitudes físicas en eléctricas



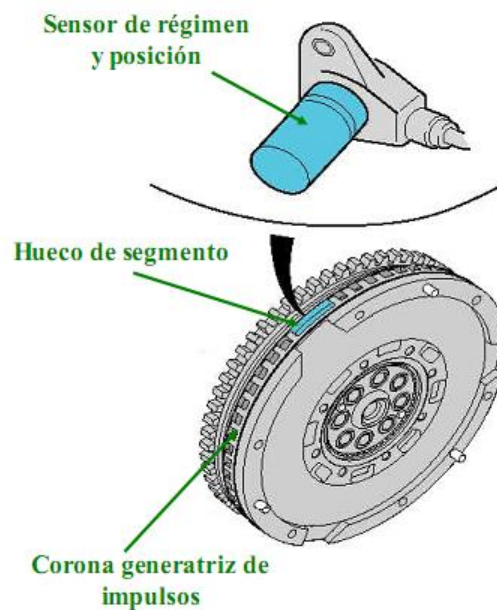
que ayudan a la ECU a tomar decisiones sobre los actuadores, para realizar un trabajo de acuerdo a las necesidades del motor.

### 2.13.1 SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL CKP

Este sensor se encuentra ubicado junto al volante de inercia o polea del cigüeñal como muestra la figura 13, indica las revoluciones del motor y la posición del cigüeñal para tomar referencia al instante de realizar la inyección de combustible (Augueri, 2013).

Existen 2 tipos de sensores:

- Inductivos que no necesita fuente de alimentación ya que generan su propio voltaje.
- Efecto Hall trabaja con un voltaje de referencia para generar una señal hacia la ECU (Augueri, 2013).



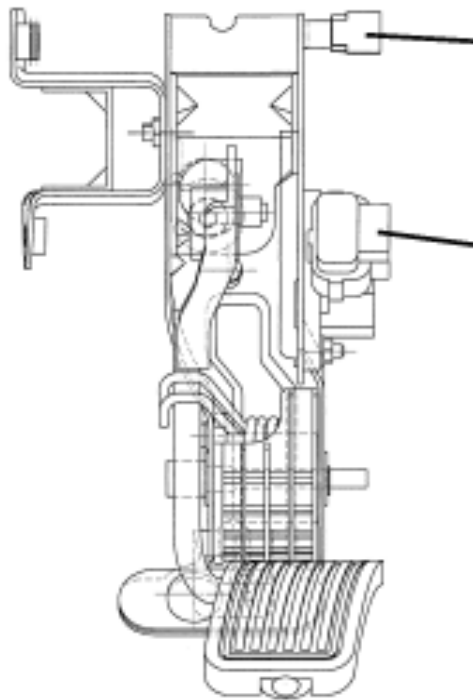
**Figura 13.** Sensor CKP (Posición del Cigüeñal)  
(Cantillo, 2013)

### 2.13.2 SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (APP)

Este sensor está localizado junto al pedal del acelerador que facilita la ubicación exacta al momento de acelerar para determinar la cantidad

necesaria de combustible inyectado, normalmente posee dos sensores de este tipo para garantizar la información que llega a la ECU y generar una inyección adecuada y exacta bajo las necesidades de régimen del motor (Gil, 2012).

La figura 14 muestra el accionamiento mecánico que posee y la parte electrónica del mismo.

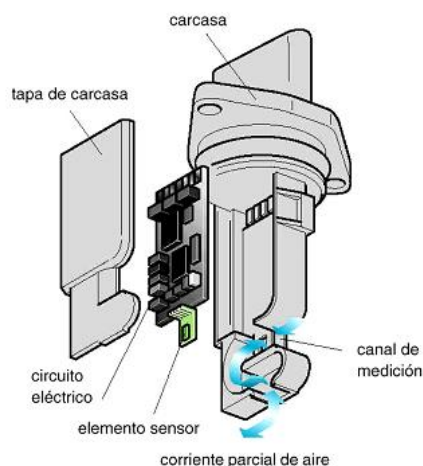


**Figura 14.** Sensor de posición del pedal de aceleración.  
(Hino, 2011)

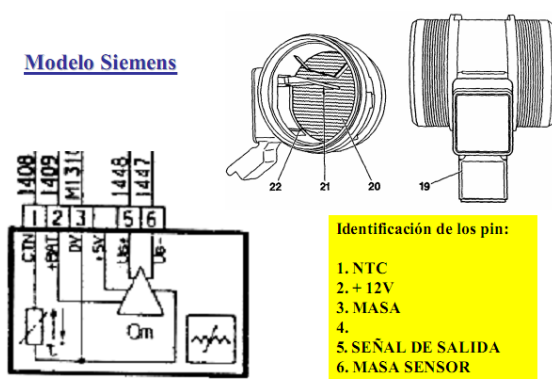
### **2.13.3 SENSOR DE MASA Y TEMPERATURA DE AIRE**

Este sensor está localizado junto al conducto de admisión, su trabajo es medir la cantidad de masa de aire que ingresa al motor y de igual manera tomar dato sobre la temperatura del aire que ingresa (Tipanluisa, 2014).

El sensor de temperatura de aire calcula la temperatura en el colector de admisión bajo una resistencia variable en función a la temperatura del aire. En la figura 15 se observa la fusión de ambos sensores ya utilizados en motores con sistemas CRDI.



**Figura 15.** Sensor de masa y temperatura de aire.  
(Bosch, 2005)



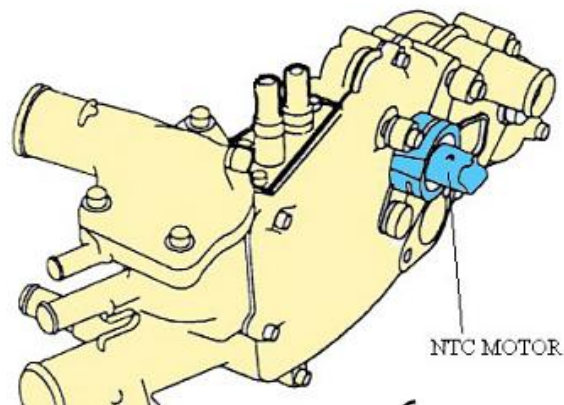
**Figura 16.** Sensor de masa y temperatura Siemens.  
(Cantillo, 2013)

### 2.13.4 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR

Esta localizado junto a la toma de entrada del líquido refrigerante del motor como demuestra la figura 17. Este sensor va expresar la temperatura de trabajo en la que se encuentra el motor tanto en bajos regímenes y altos regímenes. Para constancia del conductor que el vehículo marcha bien (Bosch, 2012).

Este sensor además de mostrar la temperatura del motor, enciende el electro ventilador dependiendo el caso a una temperatura de 95 a 100 °C (Tipanluisa, 2014).

Tomando en cuenta que los motores diésel trabajan con ventiladores mecánicos en su gran mayoría.

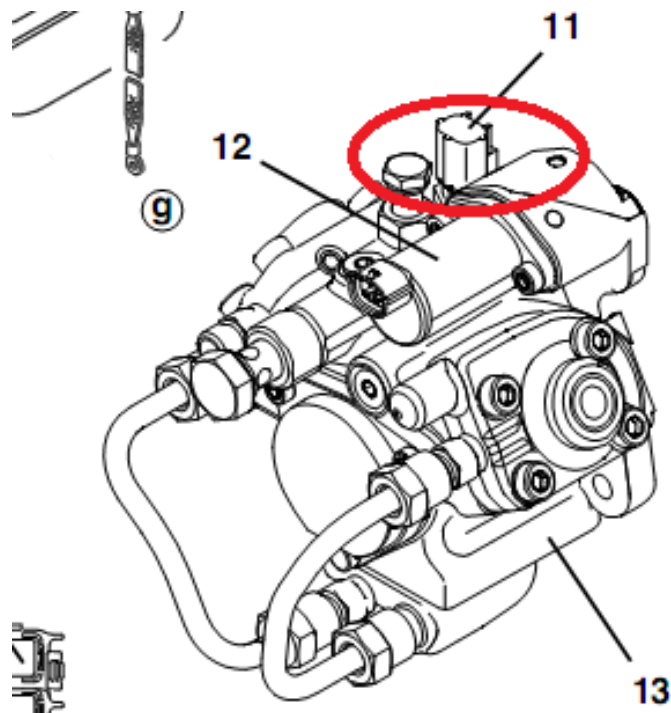


**Figura 17.** Sensor de temperatura del motor.  
(Cantillo, 2013)

### 2.13.5 SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE.

Este sensor se encuentra localizado en el riel de inyección o junto a la bomba de combustible de alta presión indicado en la figura 18 (Augueri, 2013).

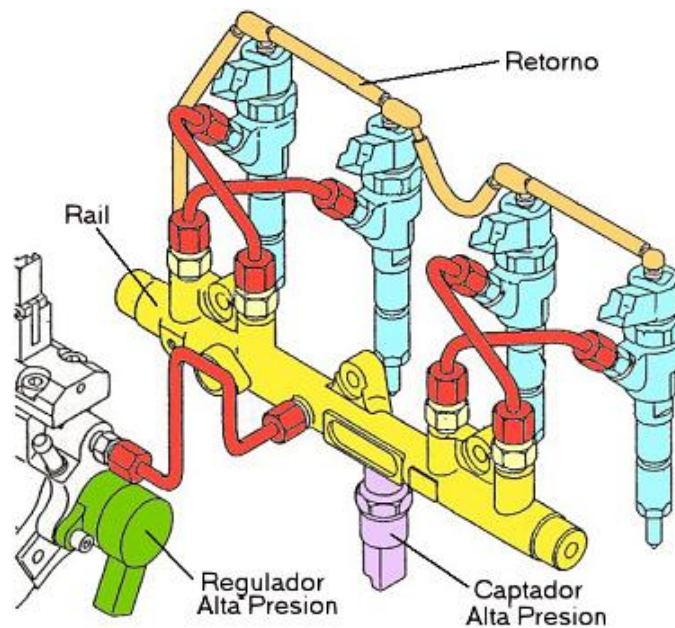
La función de este dato corrige el caudal de combustible al inyectar, ya que el diésel varía su densidad y viscosidad de acuerdo a la temperatura (Cantillo, 2013).



**Figura 18.** Sensor de temperatura del combustible.  
(Hino, 2011)

### 2.13.6 SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (IPR)

Como muestra la figura 19, es un sensor localizado en la rampa de inyección, la información emitida por este sensor hacia la ECU determina la presión que se está generando dentro de la rampa y lograr tener una presión constante de trabajo, con esto evitar depreciaciones y sobrepresiones dentro del mismo (Augueri, 2013), (Tipanluisa, 2014).

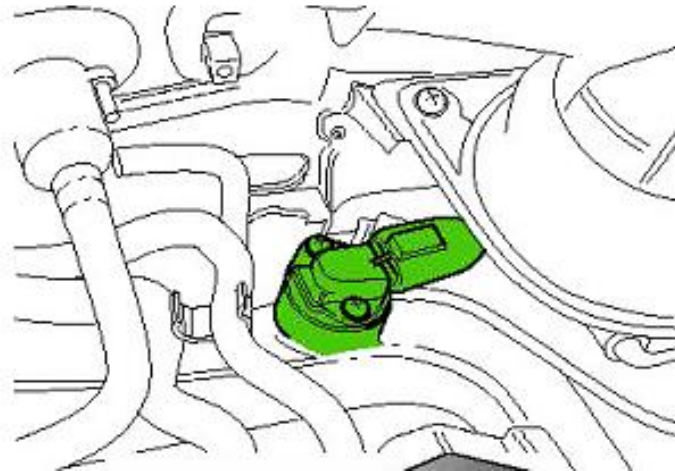


**Figura 19.** Sensor de presión del combustible.  
(Cantillo, 2013)

### 2.13.7 SENSOR DE PRESIÓN DE SOBREALIMENTACIÓN

La figura 20 muestra la ubicación de este sensor que es junto al colector de admisión, no lo poseen todos los vehículos a diésel, es decir que lo poseen los vehículos que tienen motores sobrecargados con un turbo compresor (Augueri, 2013).

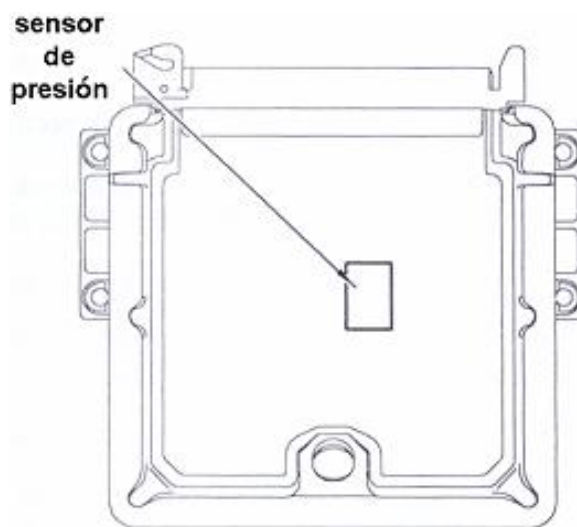
La información de este sensor ayuda a determinar la presión necesaria del riel y el tiempo de inyección, debido a que al existir más presión de aire ingresa a una mayor velocidad gran cantidad de aire y debe ser compensado con diésel para lograr fuerza en el tiempo de expansión o trabajo (Hidrobo, 2013).



**Figura 20.** Sensor de presión de sobrealimentación.  
(Cantillo, 2013)

### 2.13.8 SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Este sensor muestra la presión del aire, que indica que a mayor altitud la presión del aire va a varear debido a que mientras más alto este el vehículo menos aire y menos presión. Este sensor está localizado en la centralita o ECU como muestra la figura 21, además del sensor que está localizado en el colector de admisión (Hidrobo, 2013).

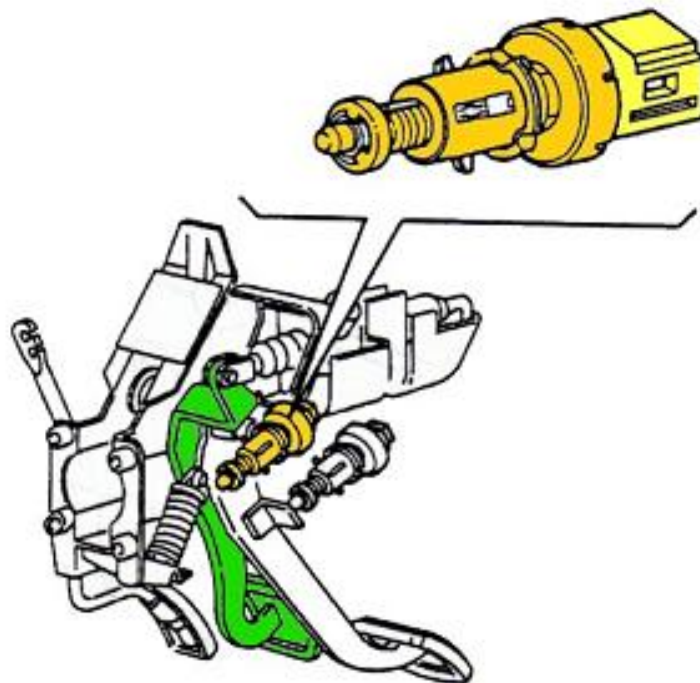


**Figura 21.** Sensor de presión atmosférica.  
(Aficionados a la Mecánica, 2012)

### 2.13.9 SENSOR DEL PEDAL DEL FRENO

Este tipo de sensor es un interruptor normalmente abierto que cierra el circuito siempre y cuando se accione el pedal del freno. La información de este sensor ayuda a la ECU a determinar paradas intempestivas que conjuga la información con la del acelerador y determina la cantidad de combustible necesario para el motor (Bosch, 2012).

La figura 22 muestra la ubicación exacta que es junto al pedal de freno de este sensor.

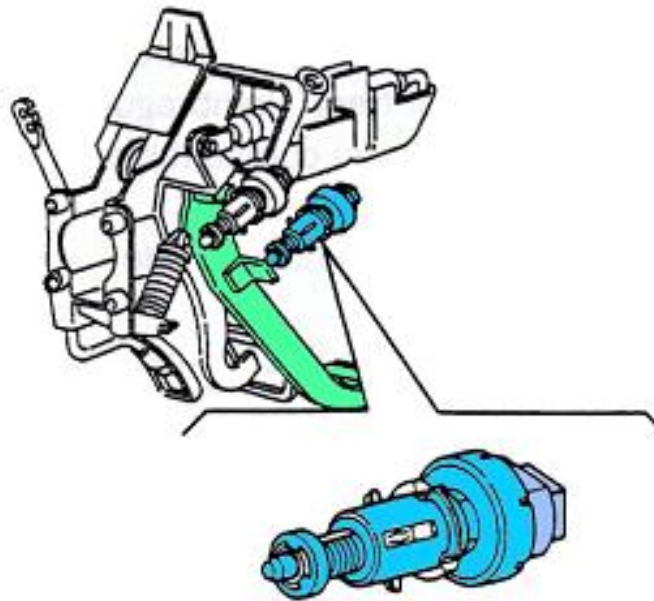


**Figura 22.** Sensor de posición pedal freno.  
(Cantillo, 2013)

### 2.13.10 SENSOR DE PEDAL DEL EMBRAGUE

Es un sensor de contactos normalmente cerrados, informa a la ECU de la situación motor embragado o desembragado, como seguridad para sistemas anti arranques (Bosch, 2012).

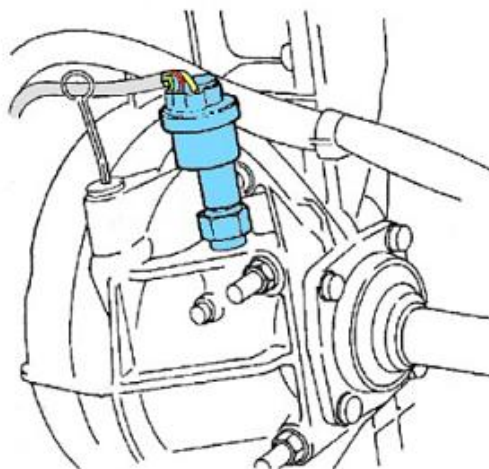
La figura 23 muestra la ubicación junto a pedal de accionamiento del embrague.



**Figura 23.** Sensor de pedal del embrague.  
(Cantillo, 2013)

#### 2.13.11 SENSOR DE VELOCIDAD

Es un sensor tipo hall ubicado a la salida de los ejes palier junto al diferencial del vehículo que se puede observar en la figura 24, este sensor muestra la velocidad superior a 2 km/h o muestra desaceleraciones que indican a la ECU la congruencia de los datos del sensor de posición del acelerador (Bosch, 2012).



**Figura 24.** Sensor de velocidad.  
(Cantillo, 2013)



## 2.14 ACTUADORES DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN

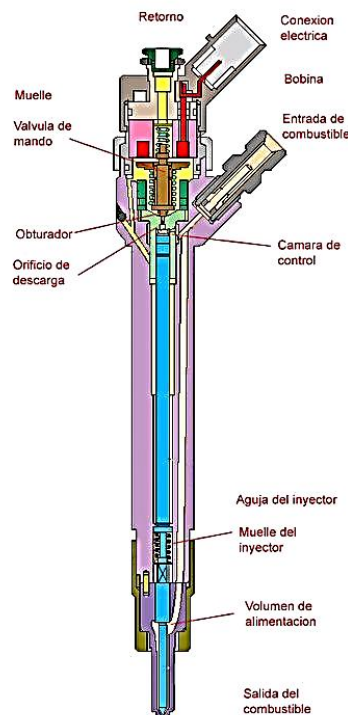
Son elementos que convierten magnitudes eléctricas en físicas cumpliendo con los requerimientos necesarios del motor para un funcionamiento óptimo del mismo.

### 2.14.1 INYECTORES

Son actuadores encargados de inyectar diésel finamente pulverizado hacia la cámara de combustión, estos elementos trabajan bajo pulsos eléctricos enviados desde la ECU luego de haber tomado las señales de los sensores que ayudan a la inyección de combustible.

Los inyectores de acuerdo a la marca fabricante poseen características específicas de funcionamiento como es: Piezoeléctricos, electroválvulas que trabajan por bobinas de accionamiento (Augueri, 2013), (Hidrobo, 2013).

Las partes internas de un inyector diésel se pueden observar en la figura 25.



**Figura 25.** Inyector Diésel  
(Cantillo, 2013)

### 2.14.2 REGULADOR DE PRESIÓN

Es un actuador que cumple la misión de mantener la presión en el riel, de acuerdo al estado de carga del motor. Para lograr un régimen de trabajo óptimo y un nivel de presión estable para los inyectores. La resistencia de la electroválvula oscila de los 6 a 15 ohm (Augueri, 2013).

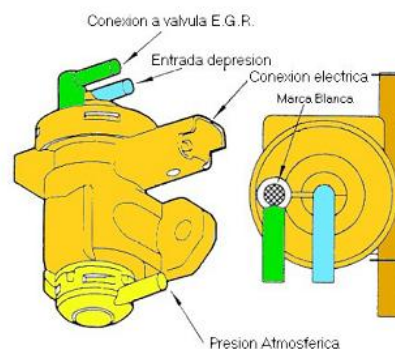
La figura 26 muestra la ubicación habitual de este tipo de válvula.



**Figura 26.** Regulador de presión.  
(Cantillo, 2013)

### 2.14.3 ELECTROVÁLVULA DE CONTROL GASES DE RECIRCULACION (EGR)

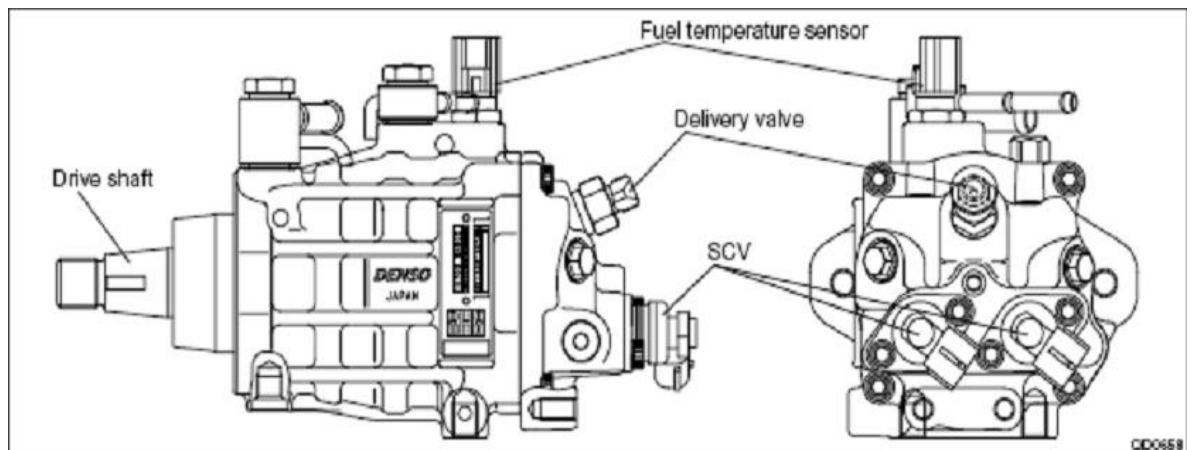
Es una electroválvula de recirculación de gases combustionados en el ciclo de trabajo, esta es conocida como un sistema anticontaminación. La válvula EGR controla la cantidad de gases quemados puestos en el colector de admisión para controlar de mejor manera los gases contaminantes expulsados hacia el medio ambiente (Augueri, 2013).



**Figura 27.** Válvula EGR  
(Cantillo, 2013)

#### 2.14.4 VÁLVULA SCV (VÁLVULA DE CONTROL DE SUCCIÓN)

Trabaja con una válvula reguladora de caudal denominada SCV (Válvula de control de succión), esta regula la cantidad de combustible que se envía a la bomba de alta presión. Este tipo de válvula es normalmente abierta o normalmente cerrada depende del diseño del constructor (Hidrobo, 2013). Está localizada en la bomba de alta presión como muestra la figura 28.



**Figura 28.** Válvula SCV  
(Tecnocheck, 2013)

#### 2.14.5 BOMBA DE COMBUSTIBLE

Las bombas de combustibles trabajan con 12 o 24V de referencia de la ECU. La cual se encuentra sumergida dentro del depósito de combustible. Este tipo de bomba debe otorga una presión de trabajo necesario de acuerdo a las especificaciones técnicas del sistema.

#### 2.15 SISTEMA DE RIEL COMÚN BOSCH

Es un sistema de inyección diésel creado por la marca Bosch que cumple las exigencias a las que se encuentra sometido este tipo de motores, básicamente hablando de normas anticontaminación (Hidrobo, 2013).

Este sistema confiere una serie de características específicas basadas a este sistema de inyección que se describen en la siguiente tabla 1.

**Tabla 1.** Características del Sistema CRDI BOSCH

NUMERO	CARACTERISTICAS
1	Utiliza una bomba de transferencia eléctrica
2	En otros casos la transferencia es mecánica ya que incorpora una bomba mecánica a la bomba de alta presión
3	Posee una bomba de alta presión de 3 lóbulos que alimentan de combustible al riel de alta, estos lóbulos están dispuestos por una separación angular de 120°
4	Posee un sensor de presión en la rampa de alta denominada IPR (Sensor de presión del Riel).
5	Utiliza inyectores bobinados, la resistencia del inyector es de 0.5 a 0.8 ohm
6	La presión del inyector es de 220 Bar en mínima a 1350 Bar máximo

(Hidrobo, 2013)

## 2.16 SISTEMA DE RIEL COMÚN SIEMENS

El Sistema de Inyección Siemens posee una serie de características que lo distinguen de otras marcas, tanto en su nomenclatura y valores de referencia (Hidrobo, 2013).

En la siguiente tabla 2 se describe las características del Sistema Siemens.

**Tabla 2.** Características del sistema CRDI SIEMEN.

NUMERO	CARACTERISTICAS
1	La bomba de transferencia es mecánica, está incorporada a la bomba de alta presión
2	Trabaja con una bomba de alta de presión dispuesta por tres lóbulos de accionamiento para generar alta presión del diésel, están dispuestos por una separación angular de 120°.
3	Posee un sensor denominado IPR (Sensor de presión del riel)
4	Trabaja con una válvula reguladora de caudal denominada SCV (Válvula de control de succión), esta regula la cantidad de combustible que se envía a comprimir en la etapa de alta presión
5	Utiliza inyectores piezoeléctricos, trabajan con un voltaje de alrededor de 100 a 140v y tiempos de inyección muy cortos de 0.3ms.
6	Presión de inyección mínima 250 Bar a 1600 Bar en máxima.
7	Una característica de este sistema es que realiza 5 inyecciones en un ciclo de trabajo, es decir 2 preinyecciones, una principal y 2 pos inyecciones. El objetivo de este tipo de inyecciones es disminuir el ruido y generar mucha más potencia con menos contaminación.

(Hidrobo, 2013)

## **2.17 SISTEMA DE RIEL COMÚN DELPHI**

En la siguiente tabla 3 se describe las características del Sistema Delphi.

**Tabla 3.** Características del Sistema CRDI DELPHI

NUMERO	CARACTERISTICAS
1	Trabaja con una bomba de transferencia mecánica incorporada a la bomba de alta presión
2	Utiliza una bomba de 2 elementos radiales que trabajan por medio de un eje de levas
3	En algunas versiones el acumulador de presión o riel es de forma esférica
4	Este tipo de bombas poseen un sensor de temperatura del combustible y una válvula de control de succión SCV (Válvula de control de succión).
5	La presión de inyección en mínima es de 250 Bar y una máxima de 1600 Bar.
6	El control de presión de inyección la realiza los mismos inyectores, los cuales además de inyectar, son actuadores para regular la presión
7	Posee inyectores bobinados que tienen una resistencia interna de 0.2 ohm, lo que le otorga una respuesta rápida de trabajo

(Hidrobo, 2013)

## 2.18 SISTEMA DE RIEL COMÚN DENSO

Este sistema de inyección posee una serie de características que lo diferencian al resto de sistemas hablados.

Una característica particular de este sistema es la cual posee una codificación individual por inyector la cual debe ser ingresada ala ECU con la ayuda de un Scanner, para dar acción a los inyectores y puedan trabajar normalmente.

En la siguiente tabla 4 se describe las características del Sistema Denso.

**Tabla 4.** Características del Sistema CRDI DENSO.

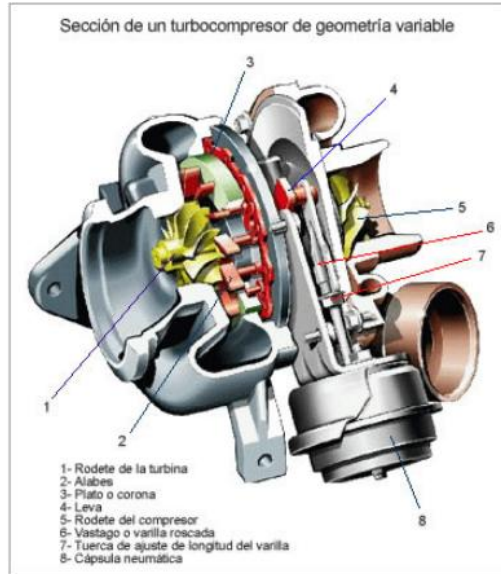
NUMERO	CARACTERISTICAS
1	Utiliza una bomba de alta presión de 2 elementos radiales, los cuales no son accionados por un eje de levas es decir trabajan por medio de una excéntrica de accionamiento
2	Este sistema de inyección controla al sistema por medio de una válvula de succión (SCV) y un sensor de temperatura del combustible.
3	Trabaja con inyectores bobinados cuya resistencia interna oscila entre 0.8 a 1 ohm
4	La presión de trabajo oscila de 200 Bar en mínima a 1800 Bar en altas
5	El sistema realiza pre inyección e inyección principal hasta las 3000 RPM

(Hidrobo, 2013)

## 2.19 TURBO COMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE

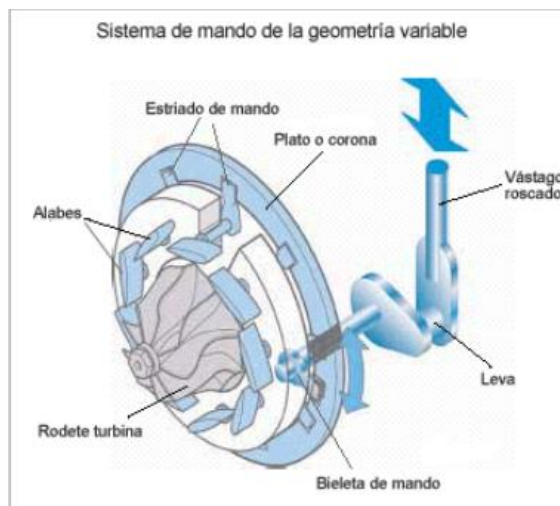
El turbo compresor de geometría variable es un elemento importantísimo en un motor de combustión interna Diésel, ya que gracias a este elemento se puede explotar al máximo la potencia generada por este tipo de motores.

El turbo compresor esta acoplado hacia el múltiple de escape que trabaja optimizando el uso de estos gases que escapan luego de cumplir el ciclo de trabajo de 4 tiempos. Es impulsado y genera una gran cantidad de aire en altas presiones ya que el gas que genera se encuentra caliente es necesariamente la utilización de un enfriador de aire que permite bajar la densidad y que las moléculas de aire se unan permitiendo la entrada de grandes cantidades hacia el colector de admisión.



**Figura 29.** Corte turbo compresor.  
(Automecanico, 2015)

Este elemento del motor diésel ha sufrido varios cambios con el objetivo de optimizar combustible y generar potencia en el motor, es por esto que el turbo compresor de geometría variable está diseñado para cumplir las necesidades que el motor requiere. Tales como a bajas RPM el motor necesita una cantidad de aire mínima para trabajar y a altas evitar la sobrecarga a la que están expuestos este tipo de motores.



**Figura 30.** Posición alavés turbo compresor geometría variable.  
(Automecanico, 2015)



## **METODOLOGÍA**

### 3.METODOLOGÍA

Utilizando el método bibliográfico de investigación se recopila toda la información necesaria con el objeto de entender el funcionamiento correcto del Sistema de Inyección Common Rail para lograr diseñar y construir el banco de pruebas. Dentro de la investigación teórica se recopiló información de cursos de Inyección Diésel Common Rail, manuales de taller HINO GH y referencias de libros detallados a motores diésel.

La estructura del banco de pruebas fue construido con materiales como: planchas de acero, ángulos y ruedas que se realizó de acuerdo a las medidas tomadas de los elementos que forman parte del Sistema de Inyección Diésel Common Rail (CRDI).

Los elementos utilizados para el diseño y construcción de la estructura se los detalla a continuación:

- Diseño y dimensiones realizadas en AUTOCAD
- Selección de planchas de acero con el espesor necesario para las exigencias del banco de pruebas.
- Cortadora de planchas de acero
- Dobladora de planchas de acero
- Soldadura de la estructura
- Cortadora de planchas de acero para Tablero, ECU, Riel, Cañerías; Breaker, Variador de frecuencia, Motor eléctrico.
- Colocación de ruedas en la estructura.
- Proceso de pintura electrostática.

Para lograr realizar la parte práctica del proyecto se obtuvo el manual de taller HINO GH y con la ayuda de los vehículos Hino AK, Hino GH se alcanzó datos referenciales como corrientes, masas y sockets de sensores y actuadores que sirvieron para realizar toda la conexión electrónica del sistema de inyección Common rail.

Para el montaje de los elementos se realizó ya el diseño donde están ubicados cada uno de estos de acuerdo a las necesidades y dimensiones de cada uno.

- Elección del Breaker de accionamiento.

- Elección de variador de frecuencia.
- Elección de motor eléctrico.
- Construcción de base para tanque de combustible.
- Ubicación de mangueras de conexión de combustible.
- Construcción de junta para motor eléctrico y bomba de alta presión.
- Realización de base para fijar bomba de alta presión.
- Realización de base para ubicar Riel, Cañerías, Inyectores, Probetas y Tablero de instrumentos.
- Construcción de base para la ECU del sistema.
- Ubicación de Breaker y Variador de frecuencia.
- Colocación de Motor eléctrico con bomba de alta presión.
- Acoplamiento de Riel junto Cañerías e Inyectores.
- Montaje de Ecu y arnés de sistema eléctrico hacia Bomba, Riel, Inyectores y Tablero.
- Posicionamiento de mangueras de alimentación de combustible como retorno hacia el tanque.
- Ubicación de motor de accionamiento piñón de señal sensor de posición árbol de levas (CMP).

### **Cálculos aplicados dentro del proyecto**

- Calculo de potencia del motor (Bosh, 2015).

$$\text{Potencia: } 1\text{hp} * \text{potencia dada en la placa en (watts)} / 746 \text{ (watts)} \quad [1]$$

- Calculo de la velocidad sincrónica del motor dada por el variador en Hertz (Peñañiel, 2012).

$$n = \frac{120 * f}{P} \quad [2]$$

Dónde:

n= Velocidad sincrónica.

f= Frecuencia Eléctrica.

P= Numero de polos.

- Fuerzas que soporta el mueble.

$$\sum Fy = 0 \quad [3]$$

$$W_1 + W_2 + W_n \dots = 0$$

Dónde:

$\sum Fy$  = Sumatoria de fuerzas en Y

$W_1$  = Peso 1

- Esfuerzo de compresión del acero A36 (250 Mpa – 2550 kg/cm<sup>2</sup>)

$$Fy = \frac{F}{A} \quad [4]$$

Dónde:

$Fy$  = Esfuerzo de compresibilidad

$F$  = Fuerza

$A$  = Área

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

La construcción de este banco de pruebas permite realizar un estudio del Sistema de Inyección Diésel CRDI Denso, el cual ha sido adquirido para realizar este estudio. El banco se basa en realizar un reconocimiento de los elementos y características específicas que conforman este equipo de inyección.

La idea de este banco parte de realizar la conexión de un variador de frecuencia bifásico hacia un motor eléctrico trifásico de 5HP, para lograr así controlar las RPM que este motor brinda hacia la bomba de alta presión, posteriormente a un acumulador que es un riel y hacia los inyectores que realizan la simulación de inyección en probetas con escala volumétrica.

### **4.2 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS**

Para realizar el diseño del banco de pruebas se utilizó un programa de dibujo automotriz AUTOCAD, el cual permite visualizar todos los componentes que se van utilizar dentro del banco.

El banco está formado por 2 cuerpos, el cuerpo principal es la estructura de soporte de los elementos más grandes y pesados como: Tanque de combustible, Motor eléctrico, Bomba de alta presión y otros elementos. El cuerpo secundario es la base de elementos como: Riel, Inyectores, Probetas y tablero de instrumentos.

#### **4.2.1 MATERIAL Y DIMENSIONES**

El Sistema de Inyección fue montado en un mueble completamente hecho de planchas de acero de diferentes dimensiones necesarias para lograr formar el mueble y un espesor de 1,5mm para alcanzar las exigencias del equipo en el banco de pruebas.

En todo el proceso de construcción se utilizaron las siguientes máquinas y herramientas:

- Cortadora
- Dobladora
- Suelda MIC/MAC
- Taladro
- Pinzas de presión
- Juego de rachas

El mueble utiliza ruedas apropiadas que soportan un peso de 500lb estimadas para una mejor movilidad.

Para las dimensiones del mueble se tomó en cuenta las medidas de los componentes que se va utilizar para lograr una distribución de los elementos más prolija y adecuada.

Las dimensiones del mueble se detallan en la figura 31, tanto en una vista frontal y superior definiendo los diferentes elementos del mismo.

Se realizó una serie de cálculos básicos para determinar que el mueble soporta el peso y las exigencias alas que está expuesto. Con la ayuda de la ecuación 3 y ecuación 4

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$w1+w2+w3+= 0$$

$$100 \text{ kg}+ 30 \text{ kg}+ 100\text{kg}=0$$

$$230\text{kg}$$

Dónde:

$\sum Fy$ = Sumatoria de Fuerzas

W1= Motor eléctrico

W2= Bomba de alta

W3= Mueble soporte Inyectores, Riel, Probetas, Tablero.

Calculo del Área.

El área de soporte de este mueble es sobre tres puntos de fijación que cubren un largo de 310 cm

$$A= l * a$$

$$A= 310\text{cm} * 0.15\text{cm}$$

$$A= 46.5 \text{ cm}^2$$

Dónde:

A= Área

l= Largo

a= Ancho

Esfuerzo de compresión.

$$F_y = \frac{F}{A}$$

$$F_y = 230 / 46.5\text{cm}^2$$

$$F_y = 49,46 \text{ kg/cm}^2$$

Dónde:

F<sub>y</sub> = Esfuerzo de compresión del acero

F = Fuerzas en Y

A = Área

Con estos resultados se determinó que la estructura va resistir las exigencias para las que fue diseñado y construido. De esta manera ser un apoyo para la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad tecnológica Equinoccial.



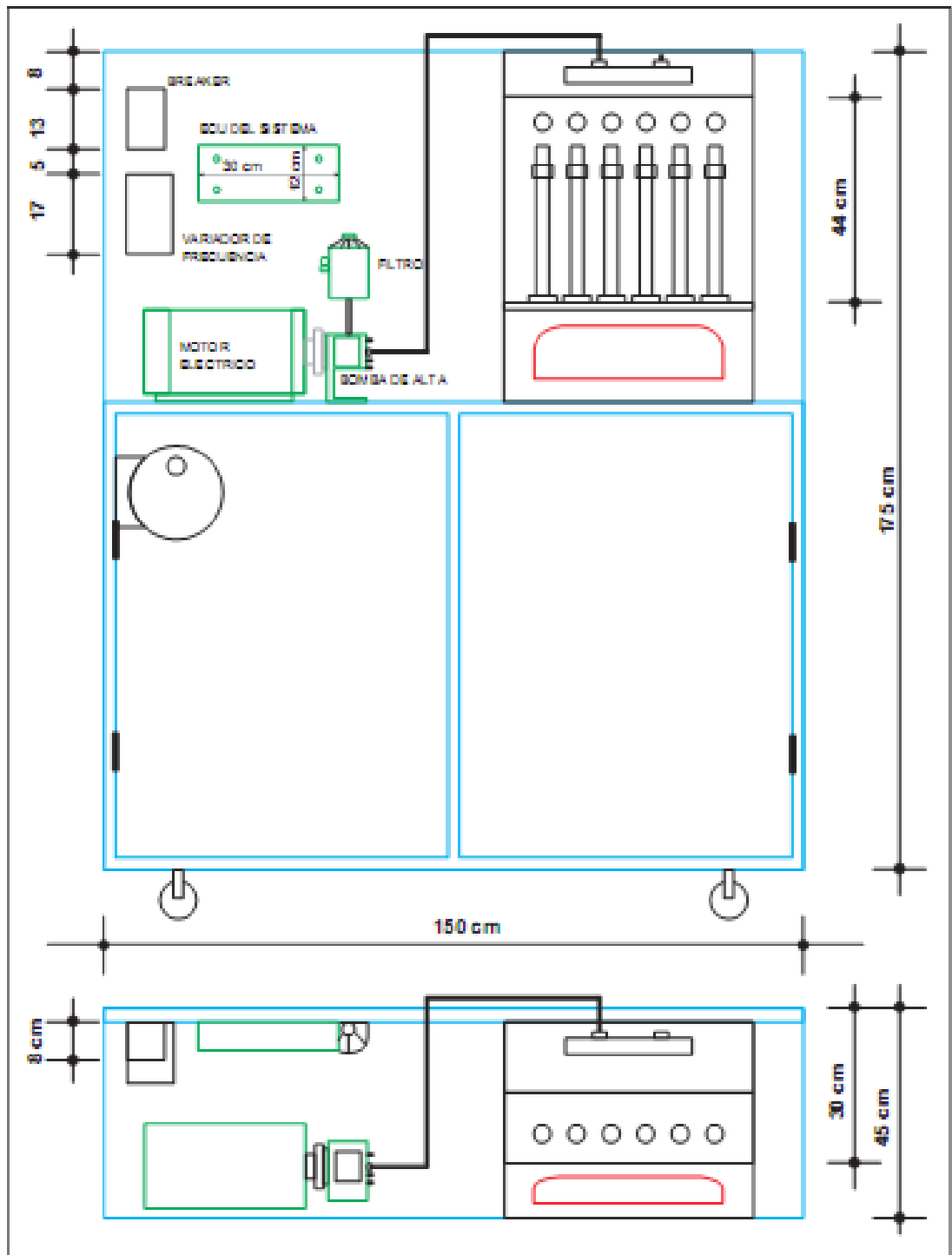


Figura 31. Diseño banco de pruebas

## 4.3 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DENTRO DEL MUEBLE

### 4.3.1 DISPOSICION DE BREAKER

El Breaker es un swich de accionamiento y protección para el variador de frecuencia. Trabaja con una red trifásica de entrada y de salida hacia el variador, está ubicado por encima del variador como lo muestra la figura 32.



Figura 32. Breaker

### 4.3.2 DISPOSICIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

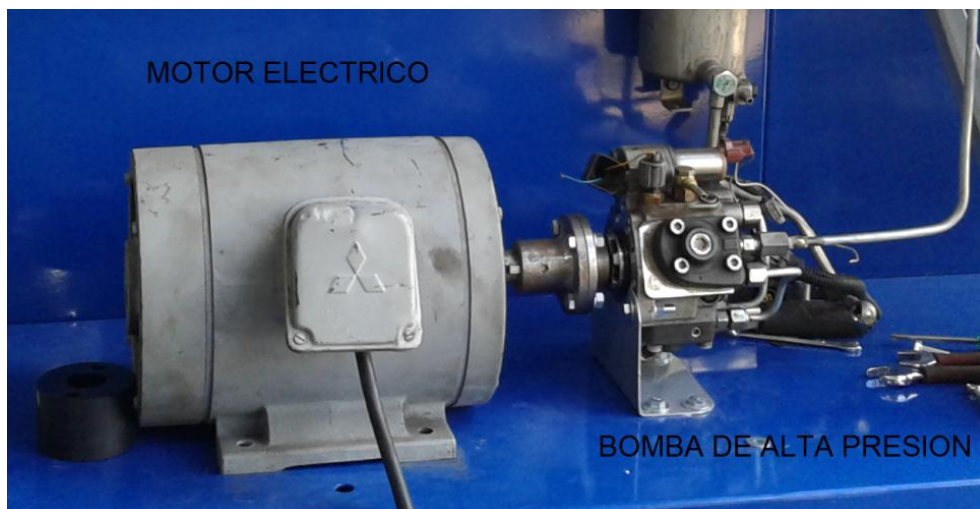
El variador de frecuencia se ubica por debajo del Breaker y conecta directamente con el motor eléctrico para controlar así las rpm del mismo como lo muestra la figura 33.



**Figura 33.** Variador de frecuencia

### **4.3.3 DISPOSICIÓN DE EL MOTOR ELECTRICO Y BOMBA DE ALTA PRESIÓN**

La bomba de alta presión se colocó junto al motor eléctrico en la parte superior del mueble como lo muestra la figura 34, el acople se lo realizo con una junta especial fabricada especialmente para este tipo de funciones relacionadas con motores eléctricos.



**Figura 34.** Disposición motor eléctrico y bomba de alta presión

#### 4.3.4 DISPOSICIÓN DE EL ACUMULADOR, INYECTORES Y PROBETAS

Los inyectores y probetas se ubican por debajo del acumulador de alta presión respectivamente, como lo muestra la figura 35.

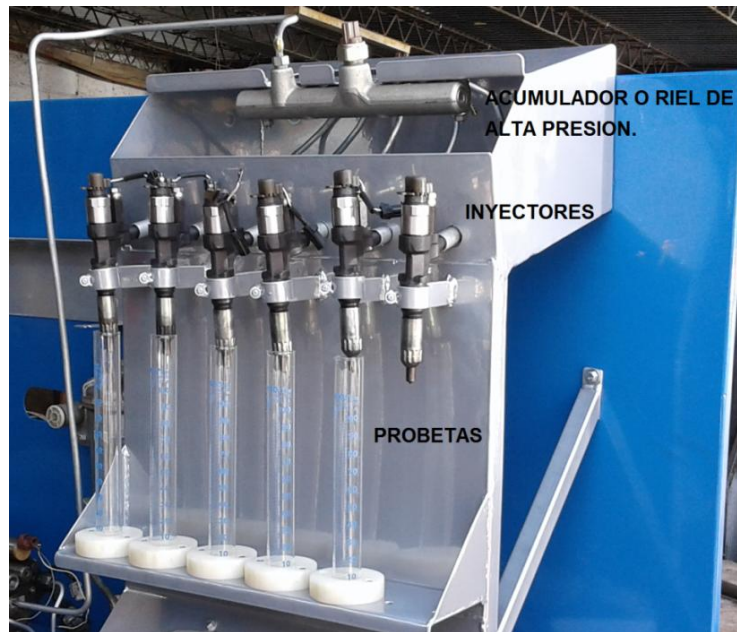


Figura 35. Disposición Riel, Inyectores y probetas.

#### 4.3.5 DISPOSICIÓN DE LA ECU Y TABLERO DE INSTRUMENTOS

La ECU se ubica en la pared del mueble como un elemento central y visible del sistema para lograr un correcto funcionamiento del mismo



Figura 36. ECU del sistema CRDI

El tablero de instrumentos se ubicó en la parte frontal del mueble visible para determinar rangos de trabajo específicos del sistema.



Figura 37. Tablero de Instrumentos

#### 4.3.6 DISPOSICION DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE

El tanque de combustible se localizó por debajo del motor eléctrico, es un elemento no visible del sistema de inyección como lo muestra la figura 38



Figura 38. Tanque de combustible

## 4.4 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA

### 4.4.1 MOTOR ELÉCTRICO

Se utilizó un motor eléctrico trifásico que genera 5HP, que es suficiente fuerza para lograr vencer la inercia de la bomba de alta presión.

**Tabla 5.** Especificaciones técnicas del motor.

TYPE SB-E	SHIELD BALD SRG
3.7 KW 4P	6606 6305
ROTOR C	FRAME 112M
HERTZ 50 60	INS CLASS E
VOLT 200 200	RATING CONT
AMP 14.8 14.2	TEMP RISE LIMIT 654
RPM 1420 1700	AMB TEMP 40°C
CODE H G	WEIGHT 40KG

Para verificar los datos que la placa detalla a continuación se verifica el dato de potencia planteando la ecuación 1

Se dice que:

$$1\text{HP} = 746 \text{ WATTS}$$

Datos:

Potencia motor: 3.7 KW (Kilowatts)

Potencia:  $1\text{hp} * \text{potencia dada en la placa en (watts)} / 746 \text{ (watts)}$

Potencia=  $1\text{HP} * 3700 \text{ watts} / 746 \text{ watts}$

Potencia= 4.95 HP

Se utiliza este tipo de motor debido a que la bomba de alta es de presión mas no de inyección, con esto se verifica que la bomba genera una carga al motor de 3hp de esfuerzo para su rotación. Con este dato se justifica que la bomba trabaje con un motor de 5 HP más que suficiente para generar presión en el sistema.

## 4.2 VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia es un elemento eléctrico que permite controlar las RPM del motor eléctrico de acuerdo a las necesidades que requiere el sistema en este caso la simulación va oscilar de 800 hasta 1800 rpm que únicamente pueden ser controladas por el variador de frecuencia, el modelo del variador adquirido para la realización de este proyecto se lo demuestra en la figura 39.



**Figura 39.** Variador de frecuencia

Tabla de transformación de Hertz a RPM por medio de un variador de frecuencia. En este caso se utiliza la ecuación 2 para realizar los cálculos pertinentes.

$$n = \frac{120 * f}{P}$$

Dónde:

n= Velocidad sincrónica.

f= Frecuencia Eléctrica.

P= Numero de polos.

**Datos: 1**

120 constantes

F= 1 Hertz

P= 4 polos (Constantes para este motor)

$n = 120 * 1 / 4$

n= 30 rpm

**Tabla 6.** Conversión de frecuencia a revoluciones por minuto.

<b>F [HZ]</b>	<b>N [rpm]</b>
1	30
3	90
6	180
9	270
12	360
15	450
18	540
21	630
24	720
27	810
30	900
33	990
36	1080
39	1170
42	1260
45	1350
48	1440
51	1530
54	1620
57	1710
60	1800



#### **4.4.3 BREAKER TRIFÁSICO DE 30 AMP**

Es un switch eléctrico ON-OFF que permite accionar el variador de frecuencia, además de ser una protección contra altas corrientes que pueden dañar al variador.



**Figura 40.** Breaker

### **4.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL CRDI DENSO DEL HINO GH**

#### **4.5.1 TANQUE DE COMBUSTIBLE**

El tanque de combustible almacena el diésel necesario que se va utilizar dentro del banco de pruebas, la capacidad del tanque es de 4 galones de diésel además posee una toma de llenado, toma de alimentación al sistema y toma de retorno

#### **4.5.2 FILTRO DE COMBUSTIBLE**

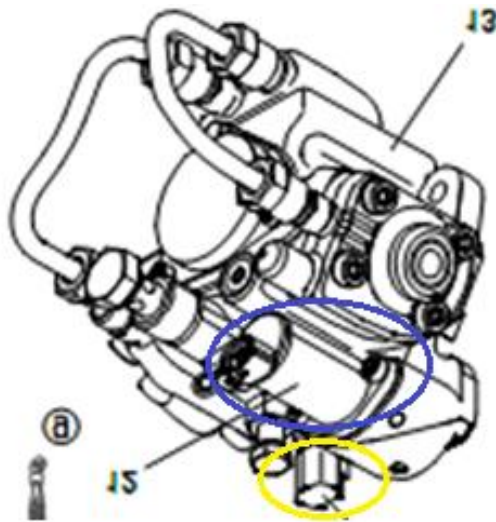
El filtro de combustible del sistema denso optimiza la filtración del combustible para evitar daños dentro del sistema y más con la bomba de alta presión.



**Figura 41.** Filtro de combustible Denso

### 4.5.3 BOMBA DE ALTA PRESIÓN

La bomba de alta presión de este sistema es una HP4 que se caracteriza por tener tres émbolos de impulso de diésel con un desfase de  $120^\circ$  que permite llegar a mayores presiones de inyección, con el fin de disminuir las emisiones de gases contaminantes y cumplir las normas que rigen al sistema diésel que son las EURO.



**Figura 42.** Bomba de alta presión Denso HP4

Este tipo de bomba se caracteriza por tener un elemento mecánico de bombeo de combustible, que se localiza dentro de la misma es decir no necesita una bomba de alimentación extra.

Posee un sensor de temperatura de combustible que ayuda a tener en cuenta la temperatura del mismo para optimizar el diésel al momento de inyectar.

Tiene una válvula SCV (Válvula de control de succión) que en este tipo de bomba es normalmente abierta a diferencia de sistemas anteriores que trabaja normalmente cerrada. La válvula es controlada por medio de la ECU para evitar generar presiones muy altas que perjudiquen a inyectores en su tiempo de trabajo.

#### 4.5.4 CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN

Las cañerías de alta presión del sistema son apropiadas y construidas para soportar presiones de hasta 2000 bares en regímenes altos.

#### 4.5.5 RIEL

El riel o acumulador es el encargado de soportar el diésel a una presión muy elevada. El riel tiene un sensor de presión localizado en el mismo que permite a la ECU determinar la presión generada dentro del sistema.

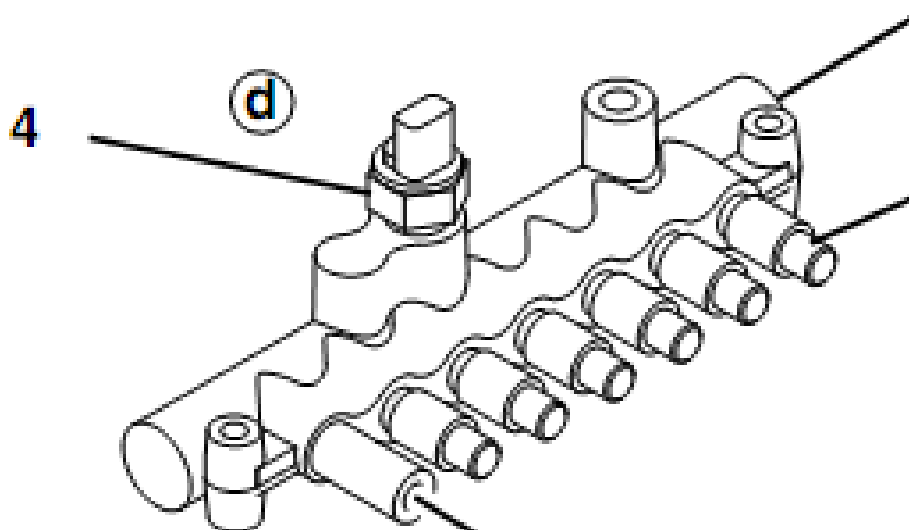


Figura 43. Bomba de alta presión Denso HP4

#### **4.5.6 INYECTORES**

Los inyectores del sistema denso trabajan de una manera parecida a los inyectores Bosch, con un solenoide de accionamiento que es energizado a través de la computadora para el momento de inyección.

#### **4.5.7 ECU DEL SISTEMA**

Esta computadora trabaja con 24 voltios de referencia y es la encargada de recibir pulsos eléctricos y enviar pulsos eléctricos hacia los actuadores para permitir el normal funcionamiento de los elementos que conforman el sistema de Inyección.

#### **4.5.8 TABLERO DE INSTRUMENTOS**

Se encarga de mostrar parámetros generados dentro del sistema, para que el operador tenga las garantías necesarias de funcionamiento.



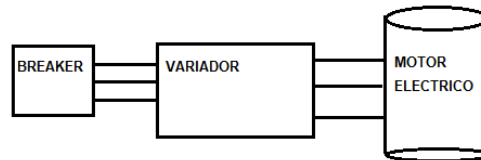
**Figura 44.** Tablero de instrumentos.

### **4.6 CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS EN EL BANCO DE PRUEBAS.**

#### **4.6.1 INSTALACION DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.**

Para la instalación del variador de frecuencia se utilizó cable 3x12 AWG Tipo Sucre el cual es el indicado para instalaciones trifásicas es decir soportan grandes cantidades de corriente.

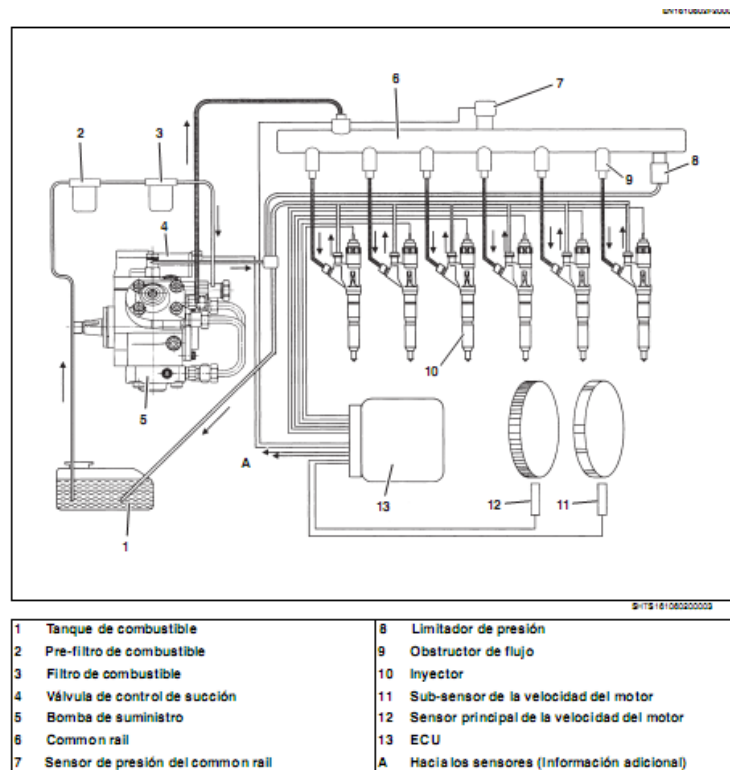
En el proceso de instalación se ubicó en primer lugar el Breaker de encendido posterior el variador y por último el motor eléctrico conectados a una red trifásica como muestra la figura 45.



**Figura 45.** Instalación eléctrica de variador de frecuencia.

#### 4.6.2 CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRONICOS DEL SISTEMA CRDI.

Los elementos electrónicos del sistema CRDI DENSO tales como ECU, Sensores, Actuadores trabajan de la mano, para lograr así la inyección de combustible a través de los inyectores. En la figura 46 se observa un esquema de funcionamiento del sistema DENSO.

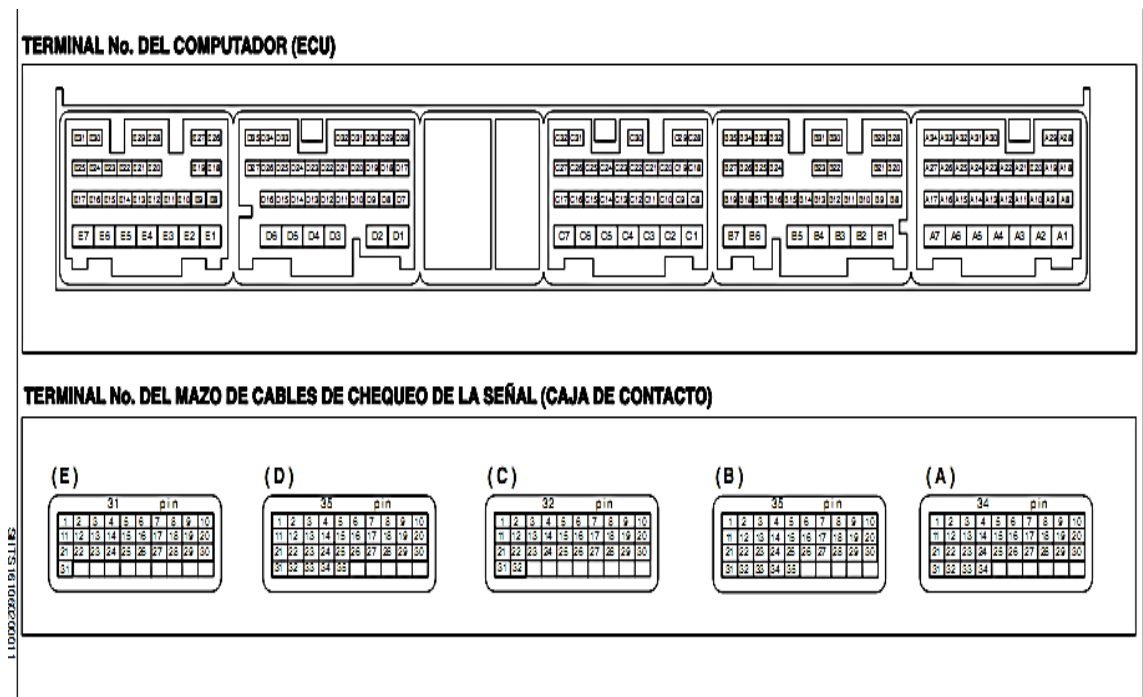


**Figura 46.** Diagrama del Sistema CRDI DENSO del vehículo HINO GH (Hino, 2011)

#### 4.6.2.1 ECU (Computadora del sistema).

Para realizar la conexión de los elementos principales del sistema CRDI se obtuvo el manual de taller del vehículo HINO GH, donde se detalla parte por parte la localización de los diferentes componentes tanto hacia la computadora como hacia el vehículo como muestra el anexo 1 y anexo 2

El diagrama eléctrico de funcionamiento del sistema se detalla a continuación en el terminal de mazo de cables de chequeo de la señal hacia el computador. En la figura 47 se detalla los 5 arneses de cables de contacto que se halla en el computador del vehículo.



**Figura 47.** Caja de contactos ECU (Hino, 2011)

En los anexos 3, 4, 5,6 y 7 se detallan el número de contacto y al elemento que corresponde en el vehículo. Para lograr de esta manera realizar la conexión del arnés principal y dar un ciclo de trabajo al sistema CRDI en el banco de pruebas.

#### 4.6.2.2 Verificación de cables de corriente y masa hacia la ECU

Para lograr verificar todos los cables de corriente que alimentan al computador desde batería se utilizó una punta lógica instrumento necesario para lograr realizar este trabajo de una manera más prolija. Luego de este procedimiento se procede a verificar continuidad desde los cables hacia los socket de comunicación con el computador y se verifica datos y numero de pines como datos específicos para el desarrollo del proyecto. La ubicación de número de pines se detalla en el anexo 8.

**Tabla 7.** Ubicación corriente de alimentación hacia el computador.

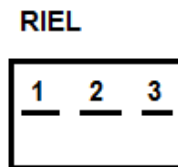
SOCKET C	Pin 30, 31 sin contacto
SOCKET C	Pin 14
SOCKET C	Pin 15
SOCKET A	Pin 16
SOCKET B	Pin 25 con contacto
SOCKET B	Pin 19 sin contacto
SOCKET B	Pin 30 con contacto Neutro
SOCKET C	Pin 31 sin contacto
SOCKET C	Pin 30 sin contacto

#### 4.6.2.3 Verificación de cables de sensores básicos del sistema.

Los sensores básicos que se detallan a continuación son:

#### 4.6.2.3.1 Sensor de riel (IPR)

Este sensor se lo verifico con continuidad desde el socket hacia los pines de computador que se detalla a continuación en la figura 48 y anexo 8



**Figura 48.** Socket sensor riel

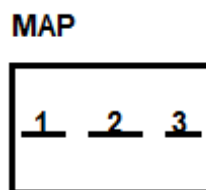
En la ubicación de pines hacia computador se obtuvieron los siguientes datos detallados en la tabla 8.

**Tabla 8.** Ubicación de pines sensor riel

SOCKET D	1, D 30
SOCKET D	2, D 32
SOCKET D	3, D 20

#### 4.6.2.3.2 Sensor MAP (Sensor de presión de admisión)

Este sensor se lo verifico con continuidad desde el socket hacia los pines de computador que se detalla a continuación en la figura 49 y anexo 8.



**Figura 49.** Socket sensor MAP

En la ubicación de pines hacia computador se obtuvieron los siguientes datos detallados en la tabla 9.

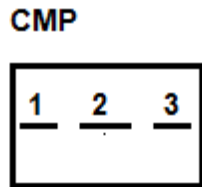
**Tabla 9.** Ubicación de pines sensor MAP

SOCKET D	1, D 30
SOCKET D	2, D 17
SOCKET D	3, D 19



#### 4.6.2.3.3 Sensor Posición de árbol de levas

Este sensor se lo verifico con continuidad desde el socket hacia los pines de computador que se detalla a continuación en la figura 50 y anexo 8.



**Figura 50.** Socket sensor CMP

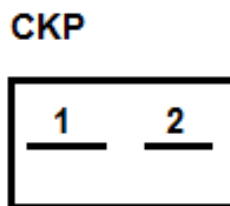
En la ubicación de pines hacia computador se obtuvieron los siguientes datos detallados en la tabla 10.

**Tabla 10.** Ubicación de pines sensor CMP

SOCKET D	1, D30
SOCKET D	2, D16
SOCKET D	3, D20

#### 4.6.2.3.4 Sensor posición de cigüeñal (CKP)

Este sensor se lo verifico con continuidad desde el socket hacia los pines de computador que se detalla a continuación en la figura 51 y anexo 8.



**Figura 51.** Socket sensor CMP

En la ubicación de pines hacia computador se obtuvieron los siguientes datos detallados en la tabla 11.

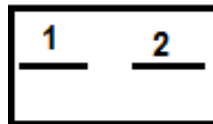
**Tabla 11.** Ubicación de pines sensor CKP

SOCKET B	1, B1
SOCKET B	2, B2

#### 4.6.2.3.5 Sensor temperatura combustible.

Este sensor se lo verifico con continuidad desde el socket hacia los pines de computador que se detalla a continuación en la figura 52 y anexo 8.

#### ECT. COMBUSTIBLE



**Figura 52.** Sensor temperatura combustible

En la ubicación de pines hacia computador se obtuvieron los siguientes datos detallados en la tabla 12.

**Tabla 12.** Ubicación de pines sensor de temperatura combustible.

SOCKET E	1, E 30
SOCKET D	2, D29

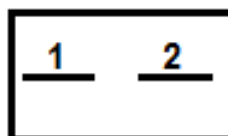
#### 4.6.2.4 Verificación de cables de actuadores básicos del sistema.

Los actuadores básicos que se detallan a continuación son:

##### 4.6.2.4.1 Válvula SCV (Válvula de control de succión).

El socket de conexión de esta válvula se procedió a verificar continuidad hacia el computador y se estableció los siguientes datos que se muestran en la figura 53 y anexo 8.

#### SCV



**Figura 53.** Socket válvula SCV

En la ubicación de pines hacia computador se obtuvieron los siguientes datos detallados en la tabla 13.

**Tabla 13.** Ubicación de pines válvula de control de succión.

SOCKET D	2, D29
SOCKET E	1, E30

#### 4.6.2.4.2 Inyectores

El arnés principal de conexión hacia los inyectores se ubicó un vehículo con el mismo sistema de inyección para lograr de esta manera la conexión exacta de los mismos.

Se realizó pruebas de continuidad desde el arnés principal hacia la ECU y se logró determinar los pines y socket a donde están dirigidos. Como se observa en la figura 54, 55 y anexo 8.

**SOCKET INYECTORES**

<u>4</u>	<u>5</u>	<u>12</u>
<u>3</u>	<u>6</u>	<u>11</u>
<u>2</u>	<u>7</u>	<u>10</u>
<u>1</u>	<u>8</u>	<u>9</u>

**Figura 54.** Socket arnés Inyectores (SI).

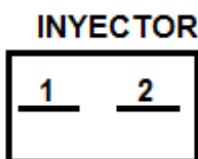
En los pines de ubicación de socket de inyectores se estableció los siguientes datos especificados en la tabla 14.

**Tabla 14.** Ubicación de pines socket de inyectores.

<b>INYECTOR 1</b>	
1, SI 9	2, SI 10
<b>INYECTOR 2</b>	
1, SI 1	2, SI 2
<b>INYECTOR 3</b>	
1, SI 5	2, SI 6

**Tabla 14.** Ubicación de pines socket de Inyectores

INYECTOR 4	
1, SI 7	2, SI 8
INYECTOR 5	
1, SI 4	2, SI 3
INYECTOR 6	
1, SI 11	2, SI 12



**Figura 55.** Socket Inyector.

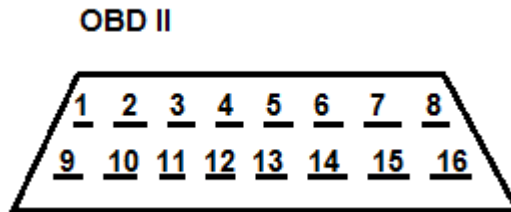
En la ubicación de pines hacia computador se obtuvo los siguientes datos detallados en la tabla 14.

**Tabla 15.** Ubicación de pines de Inyectores hacia computador.

INYECTOR 1	
SOCKET D	1, D5 (-)
SOCKET D	2, D2 (+)
INYECTOR 2	
SOCKET D	1, D2 (+)
SOCKET D	2, D4 (-)
INYECTOR 3	
SOCKET D	1, D3 (-)
SOCKET D	2, D1 (+)
INYECTOR 4	
SOCKET E	1, E2 (+)
SOCKET E	2, E7 (-)
INYECTOR 5	
SOCKET E	1, E5 (+)
SOCKET E	2, E2 (-)
INYECTOR 6	
SOCKET E	1, E1 (-)
SOCKET E	2, E6 (+)

#### 4.6.2.5 CONECTOR OBDII

Para realizar este tipo de localización de cables OBDII se utilizó un vehículo con el mismo sistema de inyección es decir el HINO GH. Se logró determinar la ubicación de pines hacia computador y como hacia el arnés, en la figura 56 se determina el socket de conexión OBDII



**Figura 56.** Socket conexión OBDII

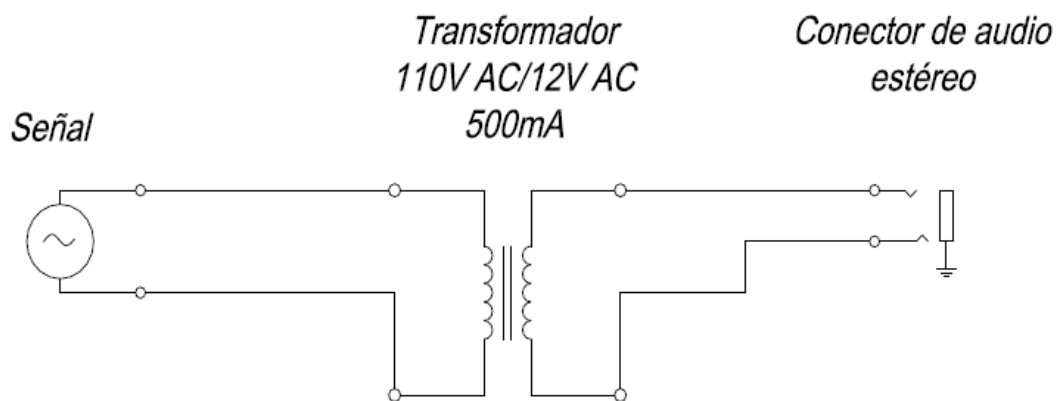
En la siguiente tabla 16 se determina número de pin y característica de cada uno de ellos.

**Tabla 16.** Descripción de pines OBDII

PIN 1	24 VOLTIOS
PIN 3	LOW CAN, SOCKET C15
PIN 10	LINE, SOCKET A 26
PIN 11	HIGH CAN
PIN 12	MASA (-)
PIN 13	MASA (-)

#### 4.6.2.6 GENERACION DE SEÑAL CKP

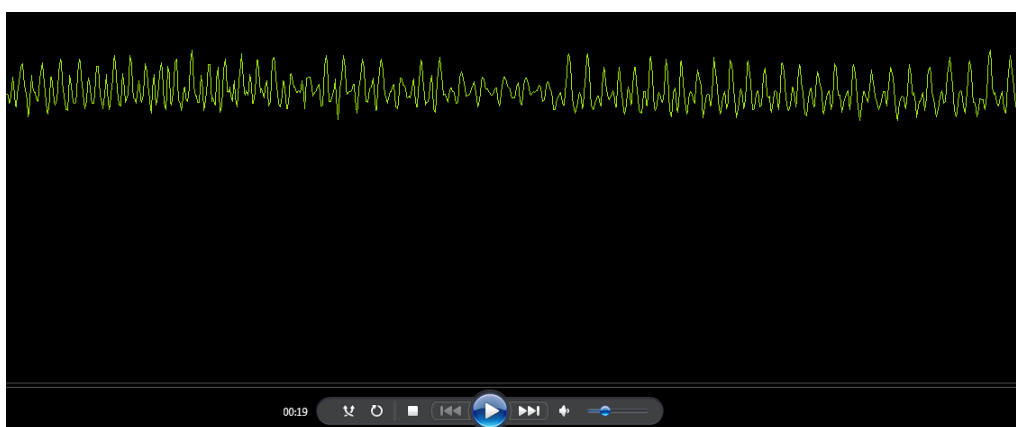
Para la generación de esta señal que es un Sensor tipo Inductivo, se utilizó un grabador de señales que se lo detalla en el siguiente circuito eléctrico, que ayuda para simular este tipo de señales que se las puede representar sin la necesidad de tener el piñón exacto del vehículo como se observa en las figuras 57,58 y 59 para grabar la señal.



**Figura 57.** Esquema del simulador de señales (Augeri, 2014)



**Figura 58.** Grabado de señal sensor ckp HINO GH



**Figura 59.** Forma de onda señal CKP

#### **4.6.2.7 GENERACION DE SEÑAL SENSOR POSICION ARBOL DE LEVAS (CMP)**

Para la generación de esta señal se estableció que tipo de sensor es y en este caso se trata de un sensor tipo Hall es decir de tres cables donde se determinó cable de masa, voltaje de referencia computador 12V y cable de señal. Con la ayuda de un osciloscopio y la adquisición del piñón se logró generar esta señal de vital importancia para lograr dar pulsos de inyección a Inyectores y cerrar el circuito hacia computador como muestra la figura 60. La prueba se la realizo a 300rpm que brinda el motor hacia el piñón y una presión deseada de 35 Mega pascal.



**Figura 60.** Señal sensor CMP

En los anexos 15, 16 y 17 se detallan manual de operación y guías de laboratorio recomendadas para el uso del banco de pruebas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye el trabajo de diseño y construcción del banco de pruebas para el sistema Common Rail con gran éxito luego de un arduo trabajo y esfuerzo económico.
- Con la ayuda del proyecto se ratificó todos los datos obtenidos dentro de marco teórico basados al conocer las características principales de los diferentes componentes que interactúan dentro del sistema CRDI tales como: Bomba de alta, Riel, Inyectores, etc.
- Se obtuvo datos específicos de ubicación de pines tanto de sensores y actuadores, voltajes referenciales de cada elemento que constituye un manual de taller del sistema CRDI DENSO logrando generar valores de presión bajo rangos de revoluciones deseadas para formar presión de inyección dentro del sistema.
- Con gran éxito el proyecto se lo presento en condiciones de trabajo óptimas para beneficio de los estudiantes de la carrera de ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial.
- En la probeta se puede observar el estado del Inyector el cual nos muestra la cantidad de combustible inyectado y la cantidad de combustible que genera hacia retorno, con esto crear un diagnóstico rápido del estado del Inyector que si existe mayor cantidad de combustible en retorno hay problemas con el inyector.
- En la bomba de alta presión se determina que poseen una bomba de transferencia de bajas directamente en la bomba de alta, si no hay presión de baja el vehículo no encenderá y en este caso es necesario desmontar bomba de alta y desarmarla, observar que sucede con la bomba de baja de ser el caso que la bomba este destruida por el mismo uso de vida del motor es necesario cambiar bomba de alta completa ya que no existe repuestos de este tipo.

- El trabajo se completó con la generación de señales de sensores tipo inductivos el cual permite generar la señal que ingresa a la ECU sin la necesidad de tener el piñón o el vehículo, con esto se puede establecer una base de datos de señales para este tipo de sensores necesarias para realizar pruebas de funcionamiento en otra clase de vehículos que posean este tipo de sensor.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar una fuente de voltaje mediante el uso de un transformador de Corriente alterna de 110V a Corriente continua de 24V para lograr trabajar normalmente y evitar descargas de las fuentes utilizadas en este proyecto.
- Siempre utilizar equipos de protección teniendo en cuenta que son elementos que trabajan a altas presiones, altas corrientes y con ello evitar accidentes laborales dentro del uso de la máquina.
- El uso de voltímetro, punta lógica son indispensables para el reconocimiento de un arnés que ha sido reestructurado para el funcionamiento del Banco de pruebas CRDI.
- Establecer alguna forma de comunicación con el sistema por medio de un scanner el cual muestre los rangos y parámetros con los que se encuentra trabajando el sistema.
- En todo sistema eléctrico de alta tensión evitar el tener cables conductores de corriente expuestos sin ninguna forma de protección para evitar generar cortocircuitos que puedan ocasionar daños en elementos eléctricos y electrónicos del sistema.
- En la manipulación de los Inyectores siempre tomar precauciones de trabajo debido a que este tipo de inyector trabaja con 80 V los cuales pueden generar daños al operador.
- Para generar un diagnóstico de este tipo de sistema más exacto se debe utilizar equipos de comprobación más propicios y estrictos como osciloscopio o scanner apropiados para vehículos a diésel.

## **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- Aficionados a la Mecánica. (2012). Sistema Common Rail.
- Augeri, F. (2014). *Curso generador de señales inductivas*. Quito.
- Augeri, F. (2013). *Curso CRDI*. CISE, Buenos Aires.
- Automecanico. (01 de 07 de 2015). *Automecanico*. Recuperado el 01 de 10 de 2015, de Automecanico: <http://automecanico.com/auto2002/motor41.html>
- Bosch. (2012). *CRDI, Motores Diesel*.
- Bosch, R. (2005). *Manual de la tecnica del automovil*. Alemania.
- Bosch, R. (2005). *Sistema de Inyeccion Diesel por acumulador Common Rail*. Alemania.
- Bosch, R. (2005). *Tecina de gases de escape para motores diesel*. Alemania.
- Bosh, M. d. (20 de Octubre de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail#Referencias\\_bibliogr.C3.A1ficas](https://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail#Referencias_bibliogr.C3.A1ficas)
- Cadena, F. A. (2013). *Diseño e implementacion de un banco de pruebas de inyectores de vehiculos a diesel CRDI para la escuela de ingeniería Automotriz*. Riombamba - Ecuador.
- Cantillo, I. A. (4 de Octubre de 2013). *autosoporte*. Recuperado el 25 de Octubre de 2015, de autosoporte: <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/286-gestion-electronica-en-motores-diesel>
- Cebrian, J. A. (2011). *Mecanica y Entretienimiento Simple del Automovil*. Madrid: Pons.
- Compani, H. M. (2007). *Control del motor diesel 1*.
- Durante, E. A. (2014). Departamento de equipo pesado. *Motores de combustion Interna*, 1-68.
- Gil, H. (2003). *Manual CEAC del Automovil*. Barcelona: CEAC, S. A.
- Gil, I. H. (2012). *Manual CEAC del automovil*. Barcelona: CEAC.
- Hidrobo, I. R. (2013). *Curso CRDI*. Quito.
- Hino. (2011). *Manual de taller HINO GH*.

Ing. H. Gerschler, S. (2012). *Tecnología del Automovil*. Barcelona: Reverte, S.A.

Ocaña, A. O. (s.f.). *Tratado del Automovil. La tecnica en los siglos XX - XXI*. Cie Dossat 2000.

Paz, A. (s.f.). *Arias Paz Manual de automoviles*. Ciet Dussat 2000.

Peñañiel, I. P. (2012). *Motores Asíncrono o de Inducción*. Quito.

Tecnocheck. (2013). *Toyota Hilux Sistema de Inyeccion Denso*. Buenos Aires - Argentina.

Tipanluisa, I. L. (2014). *EDC 15 C2*. Riobamba.

*www.anca.com*. (s.f.). Recuperado el 20 de 06 de 2016, de *www.anca.com*:  
[http://www.ancap.com.uy/docs\\_concursos/ARCHIVOS/2\\_LLAMADOS\\_FINALIZADOS/2011/REF\\_46\\_2011\\_TECNICO\\_AYUDANTE\\_MANTENIMIENTO](http://www.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/2_LLAMADOS_FINALIZADOS/2011/REF_46_2011_TECNICO_AYUDANTE_MANTENIMIENTO)

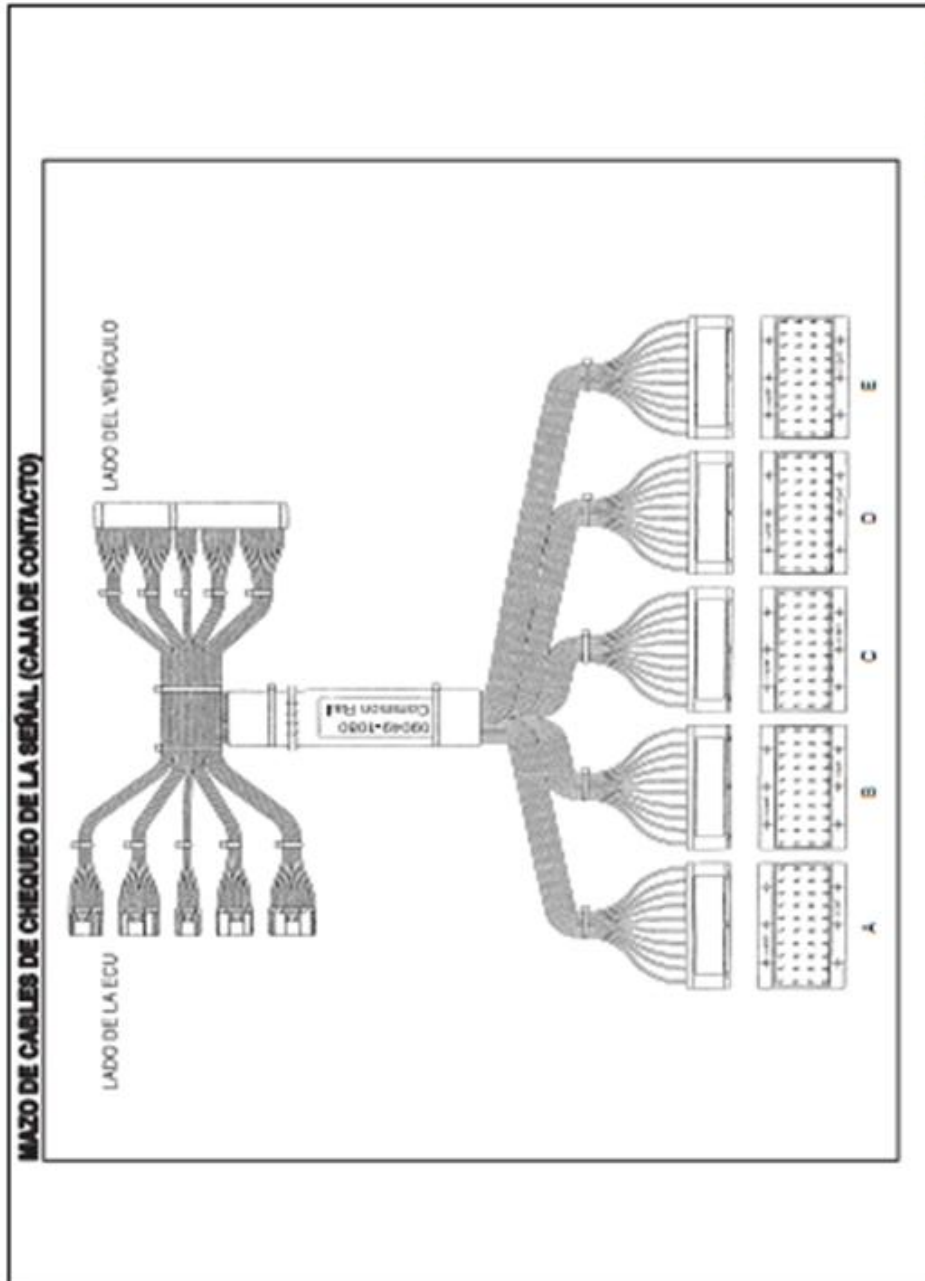
*www.tallerdemecanica.com*. (s.f.). Recuperado el 06 de 20 de 2016, de *www.tallerdemecanica.com*:  
[http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/common\\_rail/2\\_motor\\_diesel.html](http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/common_rail/2_motor_diesel.html)

**ANEXOS**

# ANEXOS

## ANEXO 1

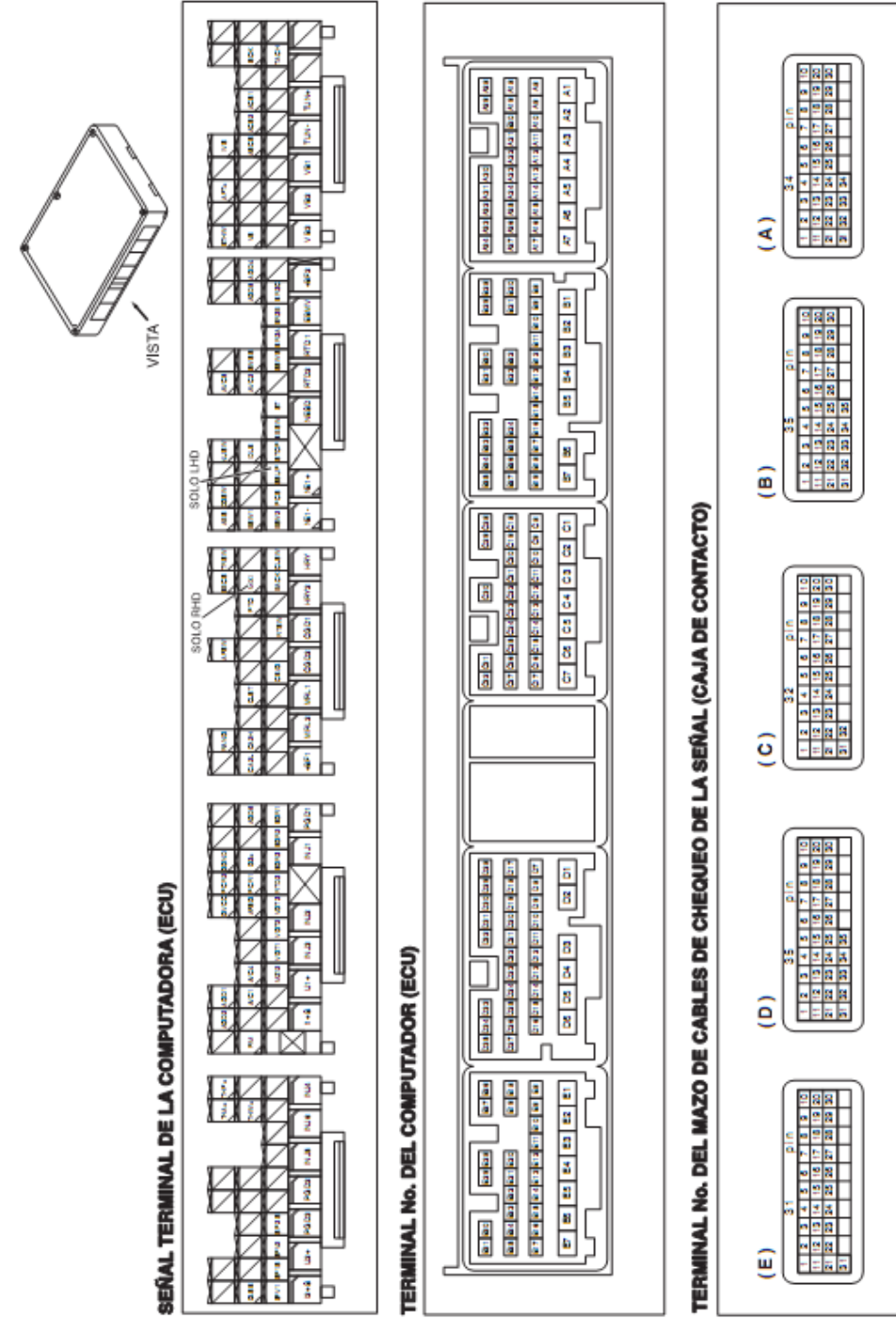
Diagrama de arnés de cables hacia la ECU y el vehículo.





## ANEXO 2

### Denominación de sockets hacia la ECU



## ANEXO 3

### Denominación caja de contacto socket A

CAJA DE CONTACTO (A)					
No.	Señal	Destino de la conexión	No.	Señal	Destino de la conexión
1	-		21	ACS1	Sensor del acelerador (Señal 1)
2	-		22	ACS2	Sensor del acelerador (Señal 2)
3	-		23	ACCS	Sensor del acelerador del P.T.O. (Señal)
4	-		24	-	
5	VB1	Relé principal de la ECU	25	-	
6	VB2	Relé principal de la ECU	26	-	
7	VB3	Interruptor del embrague de escape	27	VS	Convertor del pulso de la velocidad del vehículo
8	-		28	-	
9	TACH	Tacómetro	29	-	
10	-		30	IVS	Ajustador de ralentí (Señal)
11	-		31	-	
12	-		32	AFT+	Sensor de flujo de aire [Potencia (Temperatura)]
13	-		33	-	
14	-		34	-	
15	-				
16	-				
17	BATT	Fusible 25 (Luz de salón)			
18	-				
19	ISOK	Conector de diagnóstico (16P)			
20	-				

## ANEXO 4

### Denominación de caja de contacto socket B

CAJA DE CONTACTO (B)					
No.	Señal	Destino de la conexión	No.	Señal	Destino de la conexión
1	+BF2	Interruptor de embrague de escape	21	AGD5	Sensor del acelerador (Tierra 2)
2	EBMV	Válvula magnética del freno de escape	22	SWSS	Fusible 39 [Motor (M)]
3	-		23	AVC4	Sensor del acelerador (Potencia 1) Ajustador de ralenti (Potencia) Sensor del acelerador del P.T.O. (Potencia)
4	-		24	IDLE	Interruptor del acelerador
5	NESD	Tierra del blindaje del sensor principal de la velocidad del motor	25	-	
6	NE1+	Sensor principal (+) de la velocidad del motor	26	-	
7	NE1-	Sensor principal (-) de la velocidad del motor	27	BSW1	Interruptor de la luz de parada Unidad integrada
8	-		28	-	
9	-		29	EGS2	Sensor de elevación 1 del EGR
10	-		30	-	
11	-		31	AVC5	Sensor del acelerador (Potencia 2)
12	SSWS	Fusible 39 [Motor (M)]	32	NUSW	Interruptor del neutro
13	-		33	-	
14	ST	Reé del arrancador	34	DGSW	Interruptor de diagnóstico
15	EBSW	Interruptor del freno del retardador y lavador	35	-	
16	-				
17	-				
18	-				
19	BSW2	Interruptor del freno			
20	AGD4	Sensor del acelerador (Tierra 1) Ajustador de ralenti (Tierra) Sensor del acelerador del P.T.O. (Tierra)			

## ANEXO 5

### Denominación caja de contacto socket C

CAJA DE CONTACTO (C)					
No.	Señal	Destino de la conexión	No.	Señal	Destino de la conexión
1	-		21	BUSW	Ralenti 2 del aire acondicionado
2	-		22	-	
3	CGD1	Tierra del sensor	23	-	
4	CGD2	Tierra del sensor	24	RES	Interruptor de fijación del control de cruceo (Reanudar)
5	MRL1	Relé principal de la ECU	25	-	
6	MRL2	Relé principal de la ECU	26	CA2H	Línea de comunicación CAN (H)
7	+BF1	Interruptor del embrague de escape	27	CA2L	Línea de comunicación CAN (L)
8	CLSW	Interruptor del embrague de escape	28	-	
9	-		29	-	
10	-		30	-	
11	-		31	-	
12	FIUP	Ralenti 1 del aire acondicionado	32	-	
13	CE/G	Luz de chequeo del motor Interruptor de diagnóstico			
14	-				
15	-				
16	-				
17	-				
18	-				
19	-				
20	PTO	Interruptor del P.T.O.			

## ANEXO 6

### Denominación caja de contacto socket D

CAJA DE CONTACTO (D)					
No.	Señal	Destino de la conexión	No.	Señal	Destino de la conexión
1	PGD1	Tierra de potencia	21	AFSG	Sensor de flujo de aire [Señal (Flujo)]
2	INU1	Inyector No. 1 de combustible (-)	22	AVC3	Sensor de elevación 2 del EGR
3	INU2	Inyector No. 2 de combustible (-)	23	-	
4	INU3	Inyector No. 3 de combustible (-)	24	AVC2	Sensor de presión del common rail
5	IU1+	Inyector No. 1 de combustible (+)	25	AVC1	Sensor de presión de impulsión (Potencia)
6	I1+S	Inyector No. 2, 3 de combustible (+)	26	EGS1	Sensor de elevación 1 del EGR
7	EGR1	Válvula 1 del EGR	27	PIM	Sensor de presión de impulsión (Señal)
8	EGR2	Válvula 2 del EGR	28	-	
9	-		29	-	
10	-		30	GGND	Sub-sensor de la velocidad del motor (Tierra)
11	-		31	PCR2	Sensor de presión del common rail (Señal)
12	-		32	GVCC	Sub-sensor de la velocidad del motor (Potencia)
13	-		33	AGD1	Sensor de presión de impulsión (Potencia) Sensor de presión del common rail (Potencia)
14	-		34	AGD2	Sensor de la temperatura del enfriante (Tierra) Sensor de la temperatura del combustible (Tierra) Sensor de flujo de aire [Tierra (Temperatura)]
15	-		35	AGD3	Sensores de elevación 1 y 2 del EGR
16	-				
17	ADG6	Sensor de flujo de aire [Tierra (Flujo)]			
18	-				
19	G3+	Sub-sensor de la velocidad del motor (Señal)			
20	PCR1	Sensor de presión del common rail (Señal)			

## ANEXO 7

### Denominación caja de contacto socket E

CAJA DE CONTACTO (E)					
No.	Señal	Destino de la conexión	No.	Señal	Destino de la conexión
1	INU4	inyector No. 4 de combustible (-)	21	CANH	Controlador VNT
2	INU6	inyector No. 6 de combustible (-)	22	CANL	Controlador VNT
3	INU5	inyector No. 5 de combustible (-)	23	-	
4	PGD2	Tierra de potencia	24	-	
5	PGD3	Tierra de potencia	25	CASE	Tierra del motor
6	IJ2+	inyector No. 4, 5 de combustible (+)	26	-	
7	I2+S	inyector No. 6 de combustible (+)	27	THF+	Sensor de temperatura del combustible (+)
8	SCVL	Válvula de control de succión	28	-	
9	SCVL	Válvula de control de succión	29	-	
10	SCVH	Válvula de control de succión	30	-	
11	SCVH	Válvula de control de succión	31	-	
12	-				
13	-				
14	-				
15	-				
16	-				
17	-				
18	-				
19	THW+	Sensor de temperatura del enfriante (+)			
20	-				

## ANEXO 8

### Denominación de número de pines computador.

SOCKET A

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>			
<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>
<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>
<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>32</u>	<u>33</u>	<u>34</u>			

SOCKET B

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>				
<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>
<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>			
<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>32</u>	<u>33</u>	<u>34</u>			

SOCKET C

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>					
<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>
<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>
<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>32</u>			

SOCKET D

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>					
<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	
<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>
<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>32</u>	<u>33</u>	<u>34</u>	<u>35</u>			

SOCKET E

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>			
<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>
<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>		
<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>				

## ANEXO 9

### Pruebas de cableado principal del sistema CRDI.





## ANEXO 10

### Instalación arnés principal en el banco de pruebas.



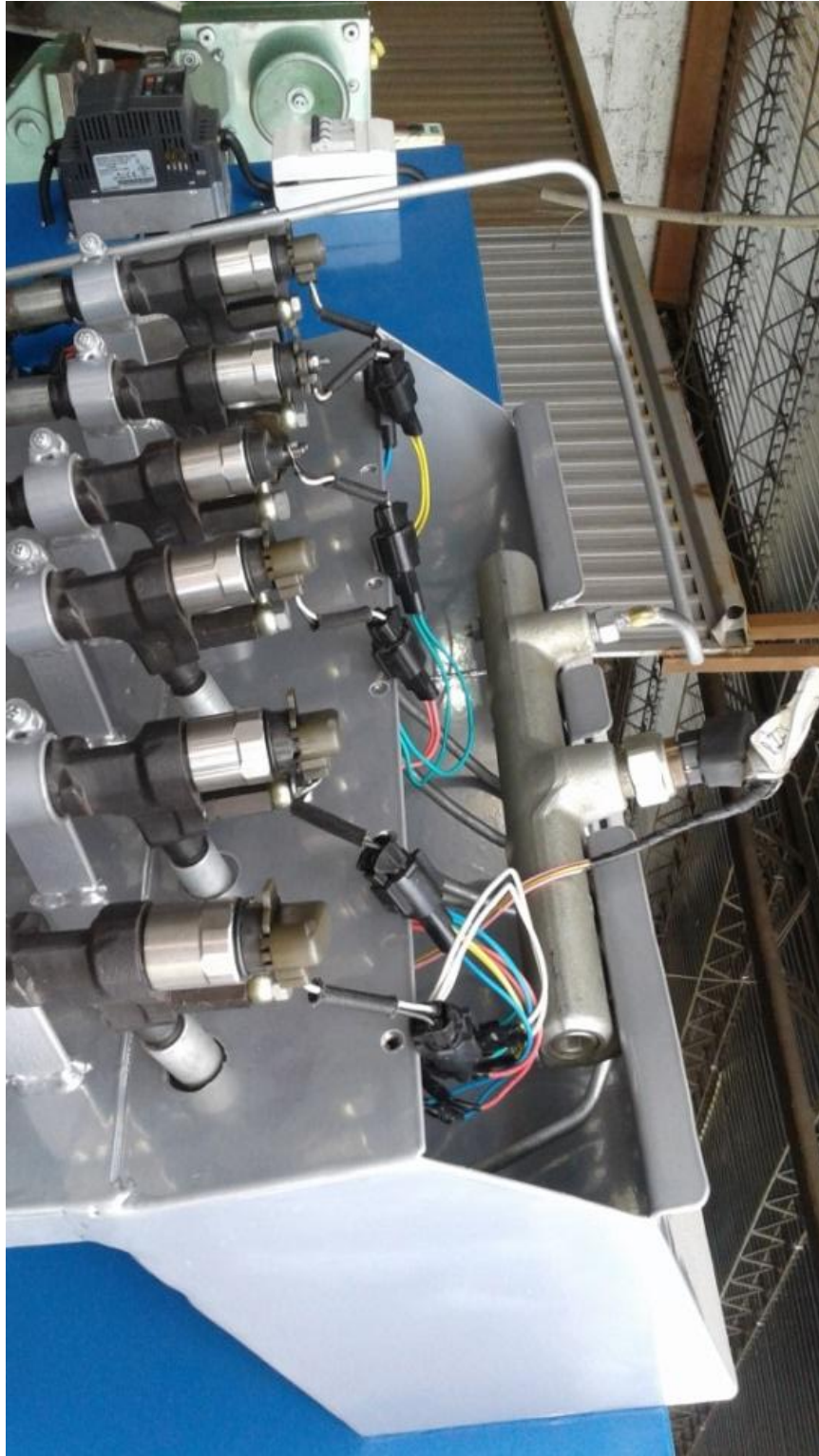
## ANEXO 11

### Conexión de tablero de instrumentos.



## ANEXO 12

### Conexión de Inyectores y Riel.



**ANEXO 13**  
**Conexión de bomba de alta presión.**



## ANEXO 14

### Conexión computador ECU.



## ANEXO 15.

### Manual de uso banco de pruebas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
DE LA  
INGENIERÍA

MANUAL DE USO BANCO DE PRUEBAS SISTEMA  
DE INYECCIÓN COMMON RAIL CRDI

#### Elementos de alta tensión AC (Corriente alterna)

- Accionamiento de motor eléctrico trifásico 220V de línea a través de un Breaker industrial que energiza al sistema de alta tensión.



- El Breaker energiza al variador de frecuencia el cual permite controlar las rpm del motor eléctrico que brinda una potencia máxima de 5HP hasta las 1700rpm.



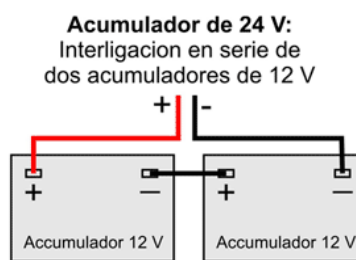
- Switch ON-OFF que energiza al motor de accionamiento piñón de señal sensor CMP que trabaja a 110V de línea.  
Este motor debe brindar una revolución de 300 rpm para lograr generar señal hacia computador y permita inyectar diésel dentro de las probetas.



Esta imagen muestra que el sistema se encuentra a 300rpm

### Elementos de baja tensión C/C ( Corriente continua)

- Swich de encendido del sistema de inyección CRDI el cual trabaja con 24 voltios de corriente continua brindada por dos baterías. Para realizar las pruebas de inyección el banco cuenta con 2 lagartos de señal positiva y negativa además cuenta con dos lagartos externos al proyecto para realizar el puente de conexión de las dos baterías para lograr generar la corriente deseada de 24 voltios que permite energizar al sistema.



### Prueba de funcionamiento del banco de pruebas.

- Se acciona el Breaker trifásico que energiza al variador de frecuencia y al motor el cual brinda movimiento rotacional a la bomba de alta la cual genera presión de inyección dentro del sistema.
- Para realizar la pruebas de funcionamiento se empieza dando pulsos de inyección por medio del sensor CMP a través del motor de 110V que brinda movimiento al piñón que genera la señal.
- En esos momentos se va observar que los inyectores van empezar a trabajar.



Se observa cómo trabajan los Inyectores pulverizando diésel hacia las probetas.

- Para realizar las pruebas de funcionamiento establecer comunicación con el sistema para verificar parámetros de un correcto funcionamiento.
- Verificar el nivel de inyección que genera cada inyector dentro del sistema y retorno para poder brindar un diagnóstico del estado del inyector.

#### **Recomendaciones**

- Tener precaución con los elementos de alta tensión como Breaker de variado de frecuencia de 220V y swich ON-OFF de motor de 110V.
- Tener siempre en cuenta que hay que establecer comunicación con el sistema a través de un scanner el cual nos permita tener datos en vivo de funcionamiento.
- Usar gafas de protección y guantes aislantes de corriente ya que al momento de manipular los inyectores se puede recibir una gran descarga de hasta 110 V los cuales reciben esa energía para realizar su trabajo.
- Al momento de conectar cañerías tener siempre en cuenta un buen ajuste de al menos 50 lbs-f de torque para evitar accidentes, sabiendo de antemano que es un sistema que trabaja a grandes presiones de hasta 2000 bares.
- Siempre mantener precaución al momento de manipular elementos electrónicos y eléctricos y evitar quemar los diferentes elementos del sistema ya que son de un alto costo de adquisición.
- Evitar el generar contacto con eje de acople motor trifásico y bomba de alta presión.



## ANEXO 16.

### Guía de practica #1

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL			
 <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b></p>	<p><b>GUIA DE PRACTICA SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI</b></p>	<p><b>PRACTICA Nº 1</b></p>	
<b>ESTUDIANTE (S):</b>			
<b>FACULTAD:</b>	Ciencias de la Ingeniería	<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Automotriz
<b>DOCENTE:</b>			
<b>FECHA PRACTICA:</b>	2016 – MM - DD	<b>FECHA ENTREGA INFORME PRACTICA:</b>	2016 – MM - DD
<b>Practica:</b> Prueba de osciloscopio de sensores y actuadores del sistema CRDI			
<b>Objetivo general:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar pruebas de osciloscopio de sensores y actuadores del sistema CRDI</li> </ul>			
<b>Objetivos específicos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el oscilograma de sensores y actuadores del sistema CRDI</li> <li>• Identificar la manera de conectar un osciloscopio para generar forma de onda.</li> </ul>			
<b>Accesorios y materiales</b>		<b>Especificaciones</b>	
Voltímetro		Automotriz	
Osciloscopio		Automotriz	
Scanner		Multimarca	
<b>Instrucciones y/o procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor CMP ( Posición de árbol de levas)</li> </ul> <p>Se procede a identificar qué tipo de sensor es con la ayuda de un voltímetro. En este caso es un sensor tipo hall de tres cables, a continuación se conecta el osciloscopio de una manera correcta ubicando masa y cable de señal para generar oscilograma. Este tipo de sensor trabaja con 12 V de referencia.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor IPR (Sensor presión de riel)</li> </ul> <p>En este tipo de sensor de presión se identifica que numero de cables tiene y con el</p>			

apoyo del voltímetro se identifica masa, corriente y señal. Por consiguiente con la ayuda del osciloscopio se identifica el oscilograma del sensor.



- Inyectores

Para el análisis de los actuadores en este caso inyectores se utiliza osciloscopio directamente y en este tipo de actuador no se utiliza pin de masa si no los dos pines de osciloscopio van hacia inyector y se observa la forma de osciloscopio para generar un análisis del funcionamiento.



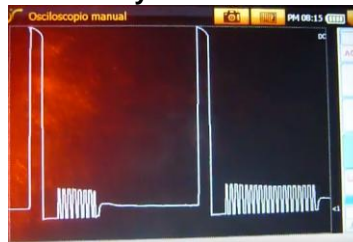
- Válvula SCV ( Válvula de control de succión de combustible)

Este actuador está localizado en la bomba de alta de presión por lo tanto trabaja normalmente abierto con voltaje de 9 V de computador, para realizar la prueba de osciloscopio se debe conecta pin de masa hacia chasis y pin de corriente hacia actuador se va observar forma de onda cuadrada en contacto y en trabajo.



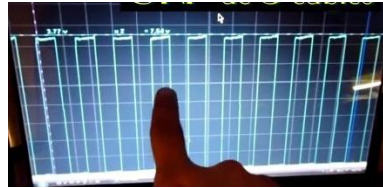
**Resultados obtenidos:**

- ¿Cuál es la forma de onda de los inyectores?



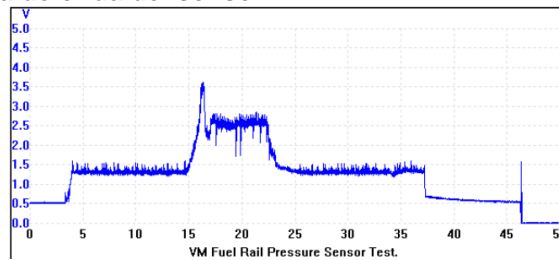
Se observa la forma de onda del inyector y se mira que la onda izquierda es la pre-inyección y la onda derecha es la forma de onda principal.

- ¿Cuál es la forma de onda del sensor CMP?



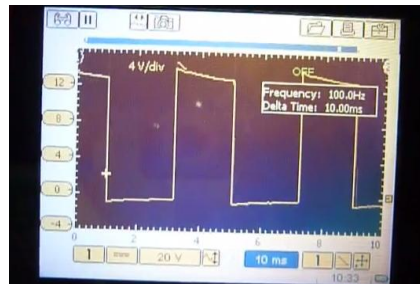
Se observa que esta onda es cuadrada es de un sensor hall y se observa el desfase que indica el principio de inyección.

- ¿Cuál es la forma de onda del sensor IPR?



Esta forma de onda muestra la presión de inyección aunque para este tipo de sensor es mejor la utilización de un scanner que nos muestra la presión real de funcionamiento.

- ¿Cuál es la forma de onda de la válvula SCV?



Esta válvula se va encargar de regular el paso de combustible de acuerdo a las necesidades que se encuentre el sistema.

**Conclusiones:**


- Se concluye que los diferentes actuadores y sensores nos permiten realizar un estudio más profundo de los mismos de acuerdo a los oscilogramas de cada uno de estos y con esto lograr dar un diagnóstico más preciso de acuerdo a las fallas que presente el sistema.
- En caso del sensor IPR utilizar un scanner que permita visualizar la presión real del sistema y generar un diagnóstico preciso.

**Recomendaciones:**

- Se recomienda siempre verificar cables de señal y masa antes de realizar pruebas de osciloscopio y evitar quemar los diferentes equipos.

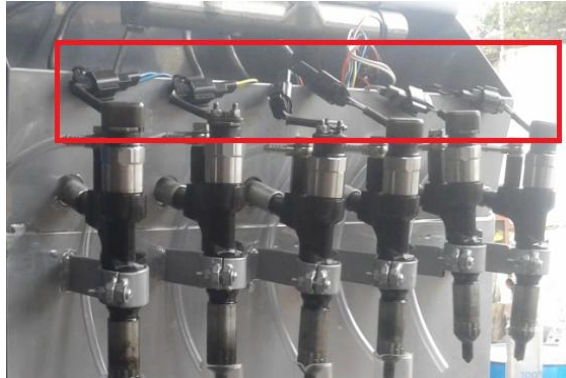
## ANEXO 17.

### Guía de practica #2

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL			
 <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b></p>	<p><b>GUIA DE PRACTICA SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI</b></p>	<p><b>PRACTICA Nº 2</b></p>	
<b>ESTUDIANTE (S):</b>			
<b>FACULTAD:</b>		Ciencias de la Ingeniería	<b>CARRERA:</b>
			Ingeniería Automotriz
<b>DOCENTE:</b>			
<b>FECHA PRACTICA:</b>		2016 – MM - DD	<b>FECHA ENTREGA INFORME PRACTICA:</b>
			2016 – MM - DD
<p><b>Practica:</b> Prueba de correcto funcionamiento de Inyectores con inyección de combustible.</p>			
<p><b>Objetivo general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la prueba de correcto funcionamiento de Inyectores con la utilización de banco de pruebas.</li> </ul>			
<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el estado de trabajo de un Inyector.</li> <li>• Determinar un diagnóstico del estado de un inyector en buen o mal estado.</li> </ul>			
<b>Accesorios y materiales</b>		<b>Especificaciones</b>	
Banco de pruebas		Sistema Common Rail	
Osciloscopio		Automotriz	
<p><b>Instrucciones y/o procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para realizar la prueba del estado de un inyector se la ejecuta dentro del banco de pruebas el cual permite plasmar pruebas de inyección a una determinada revolución.</li> <li>• Primero realizamos todas las conexiones de corriente alterna y continua que se detallan dentro del manual de uso del banco de pruebas.</li> <li>• Luego de haber realizado esto procedemos a verificar que los inyectores a probar se encuentren bien conectados hacia cañerías de entrada de combustible y retorno para evitar accidentes laborales.</li> </ul>			



- Luego verificar que sockets de inyectores estén bien conectados y aislados ya que estos generan un voltaje de 110 V para iniciar trabajo y se estabilizan en 80V



- Ya establecido todo esto se procede a realizar las pruebas de Inyección de los inyectores en la siguiente imagen se observa el nivel de inyección de cada uno de estos en un tiempo determinado estipulado por el operario de la prueba.



Como se observa en la figura cada inyector genera 30ml en un tiempo de 5 minutos a 300rpm que genera la señal del sensor CMP y en retorno se obtuvo 15ml por inyector.

**Resultados obtenidos:**

- **¿Cómo determinar si el inyector se encuentra en mal estado?**

Se determina por medio del uso del banco de pruebas por nivel de inyección en ml (mililitros) es decir si tenemos más retorno que inyección el inyector se encuentra en mal estado y debe ser revisado en un laboratorio de inyección diésel.

- **¿Con que voltaje trabajan este tipo de Inyectores?**

Normalmente inician con 110 voltios en arranques y se estabiliza hasta 80V ya con motor en marcha.

**Conclusiones:**

- Se concluye que los Inyectores se pueden comprobar y dar un diagnóstico más claro con la ayuda de este tipo de bancos de pruebas.
- Otra manera de comprobar este tipo de Inyector se la puede realizar con un osciloscopio y verificar forma de onda de Pre inyección e Inyección principal.

**Recomendaciones:**

- Se recomienda al momento de manipular este tipo de Inyector realizarla con guantes aislantes de corriente ya que sabemos que trabajan con altos voltajes de trabajo.