



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL
SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA
VOLKSWAGEN AMAROK EN LA
REGION PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL
SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA
VOLKSWAGEN AMAROK EN LA
REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE


Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

PRIMER MIEMBRO


Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

SEGUNDO MIEMBRO


Ing. ABELARDO LEON MIRANDA

ASESOR DE TESIS


M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 198-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 23 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 2790, presentado por el señor (a) BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN EL PROVEIDO - N° 235 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 013 -2024 del integrante del comité de investigación EPIM de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 013 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el o (la) Bachiller: BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente M.Sc. **MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASMILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓNDr. Eusebio Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 451-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 6461 por el o (la) Bachiller: **BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 461 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 002 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: **BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Raulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 002 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
D. MILTON QUISPE HUANGA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
.....
Dr. Efraín Palma Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 773-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 9929 presentado por el (la) Bachiller: **BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Mgrt. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **1er Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
- * **2do Miembro** : MSc. ABELARDO LEON MIRANDA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **MSc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 16 de agosto del 2024
- * **HORA** : 10:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 204 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



[Firma]
Dr. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



[Firma]
Dr. Efraim Paillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo



ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL MOTOR COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGION PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	pdffox.com Fuente de Internet	9%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

TÍTULO DE LA TESIS	
ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGION PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73771381
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-2798-6761
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	16660865
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-3158-198X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ABELARDO LEON MIRANDA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40198643



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno</p> <p>Coordenadas: Latitud: -15.5014724 Longitud: -70.1319647</p> <p>https://maps.app.goo.gl/kNjJLqWILiZ7uZxn6</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 – Agosto 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería mecatrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</p> <p>Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03</p>



Dr. Elrain Parado Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BRIYAN ABELARDO ANCO CALLO, identificado con DNI Nro. 73771381, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA MECATRONICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

“ ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGION PUNO ”

Asesorado por: M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 03 de septiembre del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

Doy gracias a la divinidad por permitirme experimentar la vida y por su constante presencia en cada paso que tomo. Reconozco su influencia en fortalecer mi espíritu y enriquecer mi mente, así como por haberme conectado con individuos que han brindado su apoyo y colaboración a lo largo de mi período de estudio.

A mis Padres en especial, Abelardo Anco, Feliciano Callo Agradezco por su apoyo inquebrantable, sus valiosos consejos y principios, así como la continua motivación que me ha guiado hacia ser una persona de integridad. Sin embargo, lo más significativo de todo es el amor que generosamente me han brindado.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud eterna a Abelardo Anco y Feliciano Callo, mis padres, por su apoyo inquebrantable que fue fundamental para mi éxito en la finalización de mi carrera académica.

Agradezco a los profesores de la EPIM de la UANCV filial Puno, quienes me brindaron motivación y apoyo en diversas formas, lo que fue fundamental para mi continuo avance. Sin su respaldo, este logro no habría sido posible.



ÍNDICE DE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Formulación del problema	1
1.2. Descripción del problema	2
1.2.1. Análisis de la situación problemática	3
1.3. Planteamiento del problema	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Justificación de estudio	4
1.4.1. Justificación práctica	5
1.4.2. Justificación teórica	5
1.4.3. Justificación metodológica	5
1.5. . Objetivos de la investigación	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
1.6. Limitación de la investigación	6



- 1.7 . Hipótesis de la investigación 7
 - 1.7.1. Hipótesis general 7
 - 1.7.2. Hipótesis específicas 7
- 1.8. Variables de investigación 8
 - 1.8.1. Variables independientes..... 8
 - 1.8.2. Variables dependientes 8
- 1.9. Operacionalización de variables..... 8
 - 1.9.1. Definición conceptual 8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 10
 - 2.1.1. Antecedentes a nivel internacional 10
 - 2.2.2. Antecedentes a nivel nacional 13
- 2.2. Bases teóricas 16
 - 2.2.1. Planta de producción amarok 16
 - 2.2.2. Ubicación del módulo físico 20
- 2.3. DEFINICION DE TERMINOS..... 21
 - 2.3.1. Sistema de inyección CRDI 22
 - 2.3.2. Funcionamiento del sistema 24
 - 2.3.3. Sistema CRDI Bosch 25
 - 2.3.4. Estructura del sistema Bosch 26
 - 2.3.5. Sistema de baja presión 26
 - 2.3.6. Sistema de alta presión 29
 - 2.3.7. Inyectores..... 32
 - 2.3.8. Ventajas del uso de Inyectores piezoeléctricos Bosch..... 36



- 2.3.9. Principio piezoeléctrico 38
- 2.3.10. Principio piezoeléctrico inverso 40
- 2.3.11. Parámetros de inyección 40
- 2.1.12. Geometría de los orificios de la tobera..... 46
- 2.3.13. Verificaciones del inyector 49
- 2.3.14. Comprobación de la atomización y la orientación del chorro 49
- 2.3.15. Verificación de la estanqueidad..... 52
- 2.3.16. Verificación de fuga de retorno..... 53
- 2.3.17. Verificación de goteo 53

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Tipo y metodología de investigación 55
- 3.2. Ámbito de la investigación..... 55
- 3.3. Ubicación geográfica del estudio del proyecto..... 56
- 3.4. Población y muestra 56
 - 3.4.1. Población 56
 - 3.4.2. Muestra 57
- 3.5. Técnicas e instrumentos..... 57

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

- 4.1. Máquinas y dispositivos..... 58
- 4.2. Análisis e interpretación de resultados..... 62
- 4.3. Datos obtenidos banco de pruebas..... 65
- 4.4. Discusión de resultados 72

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74**



CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de fabricación de Volkswagen Amarok.....	17
Figura 2 Camioneta Amarok cabina simple y doble.....	17
Figura 3 Dimensión exterior perfil.....	18
Figura 4 Dimensión exterior vertical.....	18
Figura 5 Dimensión exterior frontal.....	19
Figura 6 Dimensión exterior posterior.....	19
Figura 7 Camioneta usado en el proyecto.....	21
Figura 8 Banco de pruebas nos permitirá el análisis de los inyectores, existente para la camioneta diésel Volkswagen Amarok 4x4.....	21
Figura 9 Presentación del módulo.....	22
Figura 10 La disposición básica del sistema de inyección CRDI.....	24
Figura 11 Depósito de combustible.....	27
Figura 12 Filtro de combustible.....	28
Figura 13 Bomba de alimentación.....	29
Figura 14 Bomba de alimentación.....	29
Figura 15 Operación de la bomba de presión elevada.....	30
Figura 16 Riel de inyectores.....	31
Figura 17 Regulador de presión de la válvula.....	32
Figura 18 Partes del inyector piezoeléctrico.....	35
Figura 19 Principio de piezoelectricidad.....	38
Figura 20 Elemento piezoeléctrico.....	38
Figura 21 Elemento piezoeléctrico.....	39
Figura 22 Inverso del principio piezoeléctrico.....	40
Figura 23 Orden de activación de una inyección en el inyector piezoeléctrico.....	41



Figura 24 Curva de inyección	42
Figura 25 Gráficos de la tensión y la corriente durante el inicio de la inyección en un inyector piezoeléctrico.	43
Figura 26 Gráfica del voltaje y la corriente cuando un inyector piezoeléctrico se encuentra en posición abierta.....	44
Figura 27 Gráficos de la tensión y la corriente al concluir la inyección en un inyector piezoeléctrico.	44
Figura 28 Patrón de inyección Sistema Cammon Rail	45
Figura 29 Descripción de las propiedades geométricas de los orificios de la tobera.....	46
Figura 30 Ubicación de los orificios de inyección.....	46
Figura 31 Patrón de rociado del inyector cammon rail.....	47
Figura 32 Amplitud de Pulverización	48
Figura 33 Configuraciones de pulverización	50
Figura 34 Configuraciones de atomización	51
Figura 35 Categorías de inyección A. Chorro óptimo B. Chorro inadecuado ...	52
Figura 36 Goteo de inyector	54



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables de estudio	8
Tabla 2 Especificaciones del inyector 0445110369	62
Tabla 3 Datos obtenidos banco de pruebas	65



RESUMEN

Esta tesis se enfoca en investigar y examinar la operación de los inyectores electrónicos en el sistema Common Rail del pickup Volkswagen Amarok 2.0 BiTDI Power Plus 4x4, particularmente en condiciones de altitud en el departamento de Puno. La altitud puede tener un impacto significativo en el rendimiento de los motores diésel, y el sistema Common Rail es esencial para el suministro de combustible de manera eficiente.

El estudio examina la eficacia de estos inyectores en regiones altiplánicas, donde la densidad del aire es más baja y se requiere una mezcla óptima de combustible y aire para un funcionamiento adecuado del motor. Se lleva a cabo un análisis funcional detallado, que posiblemente incluya pruebas, mediciones y evaluaciones de rendimiento en condiciones de altitud.

Los resultados de la tesis podrían ofrecer datos importantes acerca de la adaptación de los inyectores electrónicos y el sistema Common Rail a diferentes condiciones geográficas, lo que podría ser relevante para la optimización de vehículos diésel en regiones con altitudes elevadas.

Palabras Claves: Volkswagen Amarok, inyectores eléctricos, banco de pruebas diagnóstico.



ABSTRACT

This thesis focuses on investigating and analyzing the operation of electronic injectors in the Common Rail system of the Volkswagen Amarok 2.0 BiTDI Power Plus 4x4 truck, particularly in altitude conditions in the Puno Region. Altitude can have a significant impact on the performance of diesel engines, and the common rail system is essential for efficient fuel delivery.

The study examines the effectiveness of these injectors in highland regions, where air density is lower and an optimal fuel-air mixture is required for proper engine operation. A detailed functional analysis is carried out, possibly including tests, measurements and performance evaluations under altitude conditions.

The results of the thesis could provide valuable information on the adaptation of the electronic injectors and the Common Rail system to different geographical conditions, which could be relevant for the optimization of diesel vehicles in regions with high altitudes.

Keywords: Volkswagen Amarok, electric injectors, diagnostic test bench.



INTRODUCCIÓN

Actualmente en el ámbito de estudio de la E.P. de Ingeniería Mecatrónica es amplio dividido en varios rubros como uno de los principales es en la línea autotrónica es necesario de objeto didáctico para ser utilizado como recurso educativo que contribuya a fortalecer la comprensión en el campo de la autotrónica.

Y en un contexto donde la tecnología avanza constantemente a pasos firmes y significativos, la seguridad en el ámbito automovilístico adquiere una importancia cada vez mayor, en optimización, calidad y comodidad del vehículo, De esta manera se ha realizado en la industria del área de autotrónica en la seguridad de la conducción por el usuario como gran importancia siendo los inyectores eléctricos, así añadiendo varios tipos de sistemas relacionada con los inyectores pero con el mismo trabajo, de tener unos inyectores seguro.

Actualmente los objetos y materiales didácticos son una ayuda adicional ya que es de vital importancia a alumnos para concretar, percibir y maniobrar los dispositivos mecánicos, hidráulicos, neumáticos, electrónicos, para mejor comprensión de nuestra área de estudio es muy esencial.

El análisis funcional de los inyectores electrónicos del pickup Volkswagen Amarok Diesel debe cumplir y satisfacer las exigencias de los usuarios a si dando a un mejor funcionamiento del vehículo y no ponernos en riesgos para los usuarios y así dando un mejor uso a los automóviles.

Para establecer un sistema de mantenimiento altamente efectivo, es esencial tener la capacidad de diagnosticar el estado técnico de cada uno de los componentes que conforman el vehículo Volkswagen Amarok en las áreas



previamente mencionadas. Este diagnóstico se enfoca en obtener datos de medidas específicas para cada elemento en lugar de agruparlos. Para lograr este objetivo, se ha enmarcado en un área de la ingeniería mecánica automotriz que tiene la responsabilidad de investigar y evaluar el estado teórico de cada componente mediante un enfoque individual, conocido como análisis funcional del vehículo.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Formulación del problema

Las situaciones climáticas en el departamento de Puno son variadas, lo cual se debe a la topografía irregular de la zona Puno, ubicado en una altitud de 3,827 m.s.n.m., pero su geografía incluye descensos hasta los 1,000 m.s.n.m. Y elevaciones que superan los 3,827 m.s.n.m. Este rango geográfico diverso implica un mayor desgaste en los sistemas de los vehículos que operan en la región. Por lo tanto, se ha considerado necesario llevar a cabo un análisis funcional de los inyectores eléctricos en los vehículos Volkswagen Amarok 4x4 para evaluar su rendimiento en este entorno.

En la región Puno el aumento del parque automotor incrementa anualmente debido a esta problemática la carrera de Ingeniería Mecatrónica es de realizar una revisión de las posibles fallas de los sistemas funcionales de los vehículos de mayor complejidad como es la pickup Volkswagen Amarok 4x4, estos análisis funcionales de los inyectores eléctricos son realizados en la corroboración de la eficiencia del funcionamiento de la unidad vehicular de tal manera que se realizara para la comunicación hombre maquina mediante una estación de prueba con el fin de analizar los inyectores eléctricos e identificar



posibles defectos del sistema mediante las pruebas de los inyectores de combustible para evaluar el estado e indicar sus códigos de errores en dicha camioneta.

No cuenta con mucha información de material informativo del sistema de inyectores de este tipo de tecnología actual.

Para el aprendizaje teórico y práctico mediante un análisis sintetizado de las principales pruebas de un vehículo, la camioneta Volkswagen Amarok, recurso que nos ayudara a conceptualizar mejor acerca del funcionamiento de los inyectores en diversas actividades.

1.2. Descripción del problema

La ingeniería Mecatrónica se enfoca en abordar las deficiencias presentes en los sistemas altamente complejos de las unidades vehiculares integradas. En esta investigación, se ha realizado la evaluación del rendimiento de los inyectores eléctricos en la pickup Volkswagen Amarok. Esta elección se basa por la preferencia de los usuarios por la Volkswagen Amarok en sus ocupaciones, y también en consideración de la complejidad de su fabricación y la dedicación del fabricante a la seguridad de los usuarios, dado que los inyectores desempeñan un papel esencial en el funcionamiento del vehículo.

Durante la última década, la ingeniería Mecatrónica ha emergido como una respuesta eficaz para abordar las deficiencias inherentes a los sistemas complejos presentes en las unidades vehiculares de fabricación avanzada. Ha llegado a ser una solución fundamental para corregir las fallas en los componentes integrados de vehículos, contribuyendo significativamente en tareas de mantenimiento, mejora del producto y fortalecimiento del grado de contenido del cliente.



Las actuales circunstancias, caracterizadas por un aumento en la carga tributaria y regulaciones más estrictas en cuanto a emisiones, especialmente en el ámbito de los vehículos, se están traduciendo en un estímulo para la creación de proyectos como el que se presenta aquí. Este proyecto, centrado en el sistema de inyectores, busca minimizar las posibles deficiencias del sistema y mejorar la eficiencia en respuesta a estas normativas más rigurosas.

1.2.1. Análisis de la situación problemática

Actualmente hemos sido testigos del rápido avance de la tecnología automotriz, tanto en lo que respecta a los sistemas de gasolina como diésel. En este contexto, el sistema de inyección diésel directa Common Rail se destaca por sus notables avances tecnológicos en la industria automotriz. Es diferente de los sistemas de inyección más antiguos en comparación con el funcionamiento del sistema CRDi, conocido por su acrónimo, se basa en la participación de una ECU de alto rendimiento, lo que resulta en un consumo de combustible mínimo. Además, este sistema se caracteriza por su eco amigable, ya que genera emisiones de gases contaminantes significativamente inferiores en comparación con los anteriores sistemas.

La UANCV ha experimentado un notable avance tanto en su infraestructura como en su excelencia académica. Por lo tanto, como futuros profesionales de Ingeniería Mecatrónica, estamos comprometidos a contribuir al continuo crecimiento y reconocimiento de esta institución, en particular de nuestra carrera. Para lograrlo, hemos decidido desempeñar un papel activo en la consecución de estos importantes hitos, a través de la presentación de una propuesta que beneficie directamente a profesores y alumnos, así como a la reputación de nuestra institución.



1.3. Planteamiento del problema

A partir de lo que se ha presentado, es posible identificar las cuestiones planteadas como desafíos de investigación.

1.3.1. Problema general

¿De qué manera se podría mejorar el análisis funcional de los inyectores electrónicos del sistema Common Rail del automóvil Volkswagen Amarok 4x4 en zonas altiplánicas de la región Puno?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo determinar el análisis funcional de los inyectores electrónicos del sistema Cammon Rail, en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4?
- ¿Cuál es el procedimiento correcto de interacción entre hombre maquina en el análisis de los inyectores electrónicos en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4?
- ¿Qué herramientas se pueden utilizar para llevar a cabo la evaluación funcional de los sensores y actuadores de los inyectores electrónicos en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4?

1.4 Justificación de estudio

La electrónica automotriz ha emergido como una solución fundamental para abordar los desafíos en el sector de vehículos. Desde tareas de mantenimiento y mejorando en la operatividad y fiabilidad, la Autotrónica ha demostrado su eficacia, especialmente en empresas que operan con maquinaria y equipos avanzados. Por lo tanto, la investigación se fundamenta en tres dimensiones para otorgar solidez al estudio, basándose en una de ellas.



1.4.1. Justificación práctica

Los notables avances en el ámbito de la ingeniería, en términos científicos y tecnológicos, han sido una de las fundamentales motivaciones para la elección del tema de investigación sobre los inyectores electrónicos en el sistema Common Rail de los vehículos Volkswagen Amarok 4x4. Volkswagen Amarok es una de las empresas líderes que ha alcanzado importantes ventajas y rendimientos tanto para sus clientes como para la sociedad en general, gracias a su compromiso con la manufactura de vehículos de bajas emisiones mediante la aplicación de tecnologías avanzadas en su producción. Esto la posiciona como una de las marcas de vehículos más tecnológicamente avanzadas y sofisticadas.

Por lo tanto, el estudio de este tema representa una contribución significativa a la teoría de la ingeniería Mecatrónica, aportando contenido teórico valioso para las investigaciones en esta área tecnológica.

1.4.2. Justificación teórica.

La investigación proporciona conocimiento gracias a su sólida base teórica, que está cuidadosamente fundamentada y analizada en cada etapa de estudio, junto con los indicadores de investigación. De esta manera, se está demostrando la viabilidad de mejorar las unidades vehiculares a través de un análisis funcional de los inyectores electrónicos en el sistema Common Rail.

1.4.3. Justificación metodológica

La investigación sigue un enfoque metodológico secuencial en su desarrollo, que implica primero analizar los sistemas de estudio y sus parámetros, y después se detalla los fenómenos relacionados con las diversas frecuencias de los inyectores electrónicos en el sistema Common Rail. Esta secuencia de pasos nos permitirá medir de manera efectiva el defecto y realizar



un examen exhaustivo para exponer las fallas e identificarlos en el funcionamiento a una altitud de 3800 m.s.n.m.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Analizar adecuadamente los inyectores electrónicos del sistema Cammon Rail de la camioneta Volkswagen Amarok 2.2 bitdi power plus 4x4 en las zonas altiplánicas de la región Puno.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el monitoreo de instrumentación automotriz en los sensores y actuadores para verificar los parámetros y operatividad a 3850 msnm en la camioneta diesel Volkswagen Amarok 4x4
- Interpretar el protocolo CR3000A-708 para la comunicación hombre maquina en el análisis de los inyectores electrónicos en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4.
- Aplicar el osciloscopio y la pinza amperimétrica automotriz para hacer la evaluación de sensores y actuadores de cada uno de los inyectores en la camioneta Volkswagen Amarok diésel 4x4.

1.6 Limitación de la investigación

Entre las restricciones que hemos tenido en cuenta en nuestra investigación, podemos plantear las siguientes preguntas.

- La disponibilidad de información fue limitada, ya que encontramos una escasez significativa de investigaciones relacionadas con el tema propuesto, lo que restringió el progreso regular de nuestra investigación.



- La insuficiencia de tiempo disponible se debió a la aparición de actividades no planificadas que no estaban contempladas en el desarrollo de este trabajo.
- El exceso de alcance de este proyecto resultó en un desequilibrio presupuestario con respecto a lo que se había estimado inicialmente en la propuesta, lo que requirió una inversión adicional para obtener el producto final.

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general

Se logra analizar los inyectores electrónicos del sistema Cammon Rail con instrumentos automotrices que permitió establecer las fallas y así solucionar para la correcta operatividad de la camioneta Volkswagen Amarok 4x4 a 3850 msnm.

1.7.2. Hipótesis específicas

- Usando la instrumentación automotriz se pudo diagnosticar el funcionamiento de cada uno de los inyectores en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4.
- Mediante el protocolo de comunicación CR3000A-708 se logra la comunicación hombre maquina en la camioneta diésel Volkswagen Amarok 4X4.
- El uso del osciloscopio automotriz se pudo simular el desempeño de los principales sensores y actuadores, viéndolo en voltajes y señales en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4.



1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variables independientes

- Inyectores piezoeléctricos Bosch

1.8.2. Variables dependientes

- Parámetros mecánicos y eléctricos.

1.9. Operacionalización de variables

1.9.1. Definición conceptual

Podemos describirlo como el proceso de identificar los problemas de funcionamiento en el sistema altamente complejo de una Volkswagen Amarak mediante un análisis experimental, con el fin de diagnosticar cualquier defecto.

1.9.2. Definición operacional

El método utilizado consiste en examinar los inyectores eléctricos del sistema Common Rail mediante un banco de pruebas, además de utilizar un osciloscopio para medir el voltaje y la corriente que llegan a los inyectores.

Tabla 1

Operacionalización de las variables de estudio

Variable	Dimensión	Indicadores	Método	Instrumento
Análisis de los inyectores eléctricos del sistema Common Rail	Inyectores eléctricos del sistema Common Rail	Análisis de fallas Análisis de los inyectores	Directo	Equipo probador de inyectores
	Examinar los inyectores eléctricos del sistema Common Rail	Examinación de los inyectores eléctricos		



Camioneta Volkswagen Amarok	Verificar los parámetros y operatividad del motor	Parámetros de operatividad	Diseño cuasi Experimental	Manómetro Automotriz
	Motor, inyectores piezoeléctricos	Presión de operación Tipo de tobera		

Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Armas & Vaca (2013) En su proyecto de investigación "Módulo didáctico de la bomba de inyección de alta presión Common-Rail de la camioneta Volkswagen Amarok 4x2", tienen su origen en 1927 con la fabricación en bombas de inyección en serie y boquillas fabricadas por Robert Bosch. A lo largo del tiempo, estos sistemas han evolucionado, pasando por diferentes etapas tecnológicas. Incluyen bombas en línea, bombas rotativas y sus reguladores electrónicos.

En 1997, Bosch presentó el sistema de inyección Common Rail (CRS), y para el año 2002, logró desarrollar el sistema Common Rail con un regulador piezoeléctrico, marcando así un importante progreso en avances tecnológicos en los sistemas de inyección de gasóleo.

Dentro de las bombas de inyección lineales, existe un dispositivo de bombeo en cada cilindro del motor que opera en coordinación con la sincronización del motor con el fin de aumentar la fuerza ejercida por el combustible. En el caso de las bombas de inyección unitaria, se encargan de controlar el flujo de combustible a través de un regulador específico.



Dentro del mecanismo de inyección conocido como unidad bomba-inyector (UIS), el dispositivo de bombeo y el dispositivo que inyecta se combinan en un solo dispositivo. En el caso de las bombas de inyección que funcionan mediante rotación, se emplea un controlador mecánico de revolución con el fin de gestionar el flujo de infiltración.

Por contraste, el sistema Common Rail es un método de inyección directa de gasóleo controlado electrónicamente. En este dispositivo, el combustible se extrae del depósito y se dirige hacia una bomba de presión elevada que lo transporta a una tubería compartido utilizado por todos los inyectores. La gestión y control de este proceso se lleva a cabo a través de una unidad de control electrónica que utiliza sensores y actuadores para optimizar su funcionamiento.

La bomba Common Rail contiene una bomba de engranajes que pre incrementa la presión del combustible. La regulación electrónica, a través de una indicación, regula la válvula de dosificación de combustible según las necesidades, lo que determina la cantidad de combustible enviada hacia el compartimiento de incremento de presión de la bomba. Esta bomba puede alcanzar tensiones de hasta 500 bares en marcha lenta y 1500 bares en cargas altas, logradas en el conducto de alta presión debido a una válvula reguladora de presión controlada electrónicamente.

Correa (2016) "Diseño y construcción de un sistema didáctico funcional de limpieza de inyectores electrónicos diésel Bosch "El propósito de este proyecto consiste en concebir y fabricar una estación de limpieza destinado a inyectores diésel Bosch, así como un equipo educativo para prácticas de inyección. Este sistema emplea conductos y tuberías para recircular aditivos junto con combustible diésel mediante el sistema de inyección de un automóvil.



Esto tiene como objetivo principal eliminar depósitos de carbono en los inyectores y mejorar la precisión de la inyección, lo que resulta en mejoras en el arranque en clima frío, eficiencia de diésel, desempeño del motor y reducción de exhalaciones perjudiciales al medio ambiente.

Para llevar a cabo este proyecto, se realizó una investigación exhaustiva a través de fuentes bibliográficas. Se aplicaron métodos inductivos y deductivos para describir el proceso de simulación de los inyectores. Se utilizó un enfoque experimental prototipo del diseño del banco de pruebas. Además, igualmente se hicieron síntesis y desglose de los logros para verificar su funcionamiento.

Estévez & Granda (2014) Este trabajo se enfoca en la creación de un módulo educativo centrado en los componentes de inyección del sistema Common Rail que se encuentran en la camioneta Volkswagen Amarok. El módulo ofrece una oportunidad de aprendizaje tanto para docentes y como para estudiantes. Su objetivo es proporcionar conocimientos acerca de los inyectores piezoeléctricos del mecanismo Common Rail de manera educativa y práctica.

Para desarrollar este trabajo, se estableció un marco teórico sólido relacionado con los inyectores piezoeléctricos, lo que facilita una comprensión profunda teóricamente y operatividad de los inyectores CRDi. Consta de dos partes, cada una de ellas compuesta por una parte teórica y una sección dedicada al mantenimiento de los inyectores. Adicionalmente, se incorporan actividades y valoraciones vinculadas a cada sección.

También, se proporciona una descripción detallada de los inyectores piezoeléctricos utilizados en la camioneta Amarok, abordando su configuración, elementos y operación. Esta sección se centra principalmente en aspectos teóricos.



La segunda unidad se centra en las prácticas de mantenimiento de los inyectores, permitiendo a los estudiantes aprender cómo realizar un mantenimiento adecuado. Se llevan a cabo diversos estudios, como la medición del volumen y el retorno de combustible, que ayudan a verificar la calidad de la pulverización y a evaluar el desgaste del cuerpo de la tobera y la aguja a través de la observación del suministro y la recuperación de combustible en el equipo de pruebas. En esta sección combina nociones de mantenimiento y los presenta de manera instructiva y aplicada a los alumnos.

Después de cada unidad, el docente puede llevar a cabo actividades didácticas en las que los alumnos aplican las prácticas de los saberes adquiridos en la camioneta Amarok, que está disponible en el taller de la carrera.

2.2.2. Antecedentes a nivel nacional

Cueva (2020) La investigación "Probador secuencial automotriz para el aprendizaje de diagnóstico de inyectores electrónicos en estudiantes del Instituto Tecnológico IDAT, Lima" llevada a cabo tenía como objetivo principal establecer la efectividad del probador secuencial automotriz como herramienta de estudio para la evaluación de inyectores electrónicos por los alumnos del Instituto IDAT. Este estudio forma parte de la investigación aplicada con un enfoque experimental. Se aplicaron métodos de observación, medición y experimentación en el proceso que se investiga.

Empleando el enfoque de diseño de investigación preexperimental, con un único sector de estudio que fue evaluado antes y después de la implementación del probador secuencial automotriz utilizando una prueba pedagógica diseñada específicamente para evaluar el diagnóstico de inyectores



electrónicos. El equipo de investigación fue conformado por 18 alumnos cuya edad media fue de 21 años.

Los resultados obtenidos demostraron que el probador secuencial automotriz resultó ser efectivo como herramienta de aprendizaje para la evaluación de los inyectores que son electrónicos en los alumnos del Instituto IDAT. Esta herramienta permitió que los alumnos adquirieran habilidades para la evaluación de inyectores electrónicos y generó un mayor interés en el tema.

Chambilla (2019) El objetivo fundamental de este proyecto "Análisis de fallas de la bomba de alta presión Common rail de la camioneta Volkswagen Amarok para zonas Altiplánicas de la Región Puno" fue evaluar los problemas en la bomba que genera presión elevada Common Rail de la pickup Volkswagen Amarok en las áreas elevadas de Puno. Para lograrlo, se empleó un enfoque de investigación experimental que implicó la realización de pruebas bajo condiciones específicas, con el propósito de conseguir mediciones y datos cuantitativos. Estas pruebas se llevaron a cabo mediante un procedimiento metodológico que involucró repeticiones en el tratamiento experimental, cuyos resultados se analizaron de manera cuantitativa.

La técnica empleada en la investigación consistió en evaluar el desempeño operativo del sistema de bombeo de alta presión Common Rail, utilizando instrumentación automotriz. Mientras se efectuaba el procedimiento de creación de elevada presión en el sistema, se consiguió llegar a un valor de 1000 bares como indicador. En resumen, se puede afirmar que la bomba de presión elevada funcionó de manera correcta, ya que permitió activar el arranque y se registró un voltaje de 4.8 voltios, lo que cuantitativamente equivalió a 1000 bares,



de acuerdo a lo registrado en el tercer experimento del sistema durante la máxima aceleración, según se observó en el manómetro.

A través del empleo de un escáner automotriz, se examinaron las variables de funcionamiento del sistema de inyectores electrónica Common Rail, y se recopilaron datos provenientes de sensores y dispositivos de control utilizando el conector OBDII.

Arotoma (2018) En el "Sistema de inyección electrónica a gasolina multipunto" Tiene como finalidad estudiar el conjunto de Inyección Electrónica Multipunto de combustible de gasolina, que destaca por su naturaleza avanzada dentro del campo de la inyección electrónica. Este procedimiento de sistema electrónico de gestión del motor abarca tanto el suministro de carburante como la ignición, siendo gobernado por una (ECU) que recopila información sobre el funcionamiento del motor y emite señales para supervisar y dirigir su rendimiento adecuado.

Dentro del proceso de inyección electrónica de gasolina, se logra la atomización del combustible dentro de la cámara de combustión por medio de los inyectores electrónicos que son regulados por el módulo de control. Este fenómeno tiene lugar durante la fase de compresión, siguiendo el ciclo de encendido, lo que da lugar a una combinación ideal de aire y combustible dentro del motor. La optimización conduce a una mayor eficiencia en la entrega de potencia, lo que resulta en un mejor uso del poder contenida en la combinación aire - gasolina y, en última instancia, en un ahorro de combustible.

Además de los beneficios en términos de rendimiento y eficiencia, la inyección electrónica contribuye a la disminución de emisiones de gases nocivos,



lo que es fundamental para preservar el medio ambiente y cumplir con las regulaciones ambientales en todo el mundo.

El escáner, empleado en automóviles que cuentan con inyección electrónica de gasolina, se enlaza al puerto de conexión del módulo de control con el fin de precisar el instante preciso de la inyección en el motor. Este proceso busca incrementar la capacidad de rendimiento del motor de combustión interna y evitar el gasto excesivo de gasolina, al mismo tiempo que protege el medio ambiente.

En resumen, es esencial utilizar el octanaje adecuado para el vehículo con el fin de lograr una combustión eficiente. Adicionalmente, es esencial garantizar que el motor obtenga la temperatura mínima de operación y que el sistema de inyección sea eficiente en los cuatro inyectores.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Planta de producción amarok

Amarok se ensambló en Argentina, específicamente en la planta de Pacheco. Conjuntamente con Amarok, asimismo en la misma instalación se fabrica el modelo Suran. Esta fábrica abarca un área total de aproximadamente 710,000 metros cuadrados, de los cuales alrededor de 100,000 metros cuadrados están destinados a la fabricación y el almacenamiento. Dentro de las instalaciones de producción, se incluyen líneas de ensamblaje para varios modelos de automóviles, una factoría especializada en la fabricación de carrocerías, una instalación de recubrimiento propia y un área de pruebas diseñada para pruebas internas de la fábrica. Se tiene la expectativa de que la planta de Pacheco sea capaz de alcanzar una fabricación anual de entre 100,000 unidades del modelo Amarok.

Figura 1

Planta de fabricación de Volkswagen Amarok



Nota. (Volkswagen Amarok, 2023)

¿Qué es el significado Amarok?

El término "Amarok" tiene sus raíces en el idioma inuit, que es hablado por el pueblo inuit, una comunidad indígena que reside en las regiones árticas del centro y noreste de Canadá, como en Groenlandia. Este nombre hace semejanza a una criatura mítica de la mitología inuit, un lobo gigante conocido por cazar exclusivamente durante la noche.

Figura 2

Pickup Amarok cabina simple y doble



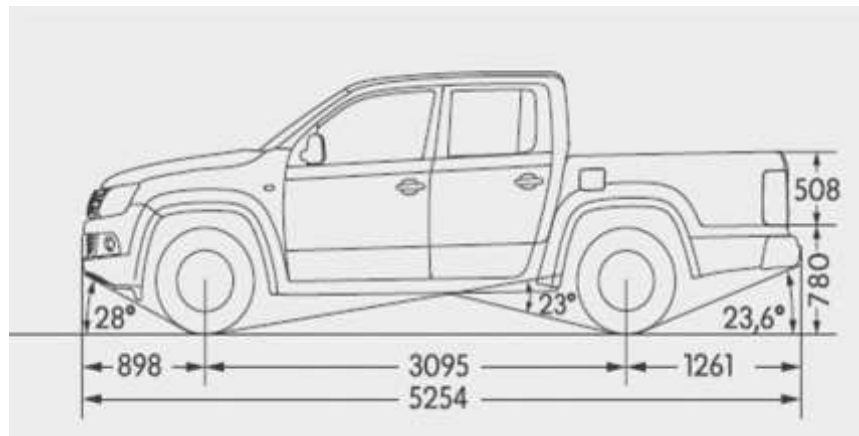
Nota. (Volkswagen Amarok, 2023)

dimensiones de la camioneta Amarok

La unidad que estamos analizando tiene las siguientes dimensiones exteriores en el caso de la pickup Volkswagen Amarok 4X4.

Figura 3

Dimensión exterior perfil



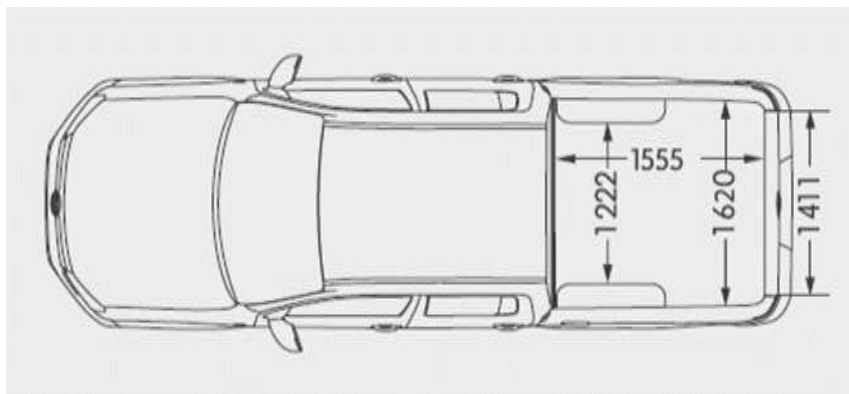
Nota. (Volkswagen Amarok, 2023)

Dimensión exterior vertical

El vehículo, que corresponde a una camioneta Amarok 4x4 en proceso de estudio, exhibe las dimensiones descritas en la figura 4, tal como se ilustra en una imagen en posición vertical.

Figura 4

Dimensión exterior vertical



Nota. (Volkswagen Amarok, 2023)

Dimensión exterior frontal

La unidad, que se trata de una camioneta Amarok 4x4 en proceso de estudio, presenta las siguientes dimensiones según se ilustra en la imagen 6, que corresponde a una imagen frontal. La medida de ancho del eje de las llantas alcanza los 1648, con una altura que va desde la base del piso hasta los 1834, y un aumento de 249 desde el suelo hasta la sección inferior desde el principio, tal como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Dimensión exterior frontal



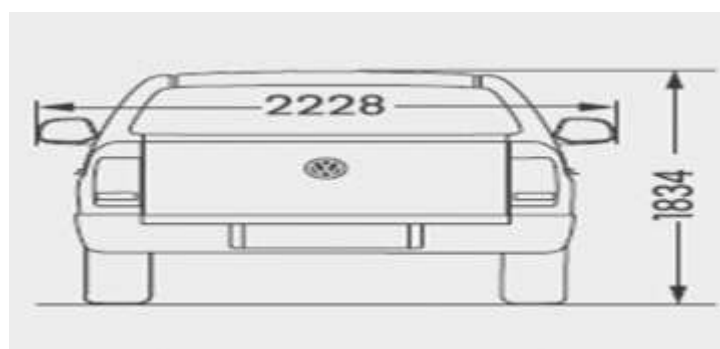
Nota. (Volkswagen Amarok, 2023)

Dimensión exterior posterior

El vehículo en estudio, que es una camioneta Amarok 4x4, exhibe las medidas que se detallan en la imagen 6, la cual corresponde a una imagen de la parte posterior del vehículo.

Figura 6

Dimensión exterior posterior



Nota. (Volkswagen Amarok, 2023)



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE AMAROK

Se encuentra ofrecida en versiones de cabina simple o doble.

- Como opciones de motorización, los consumidores pueden seleccionar entre motores de gasolina o diésel adaptados a las necesidades de cada región en particular.
- Cambio manual de 6 velocidades.
- Los compradores tienen la opción de seleccionar entre tracción 4 MOTION,
- Diseño resistente del tren de rodaje.
- El eje posterior está inmovilizado y cuenta con suspensión de ballestas, ofreciendo dos variantes.
- Capacidad de remolque máxima de 2,800 kilogramos.
- Espaciosa área de carga.

2.2.2. Ubicación del módulo físico

El estudio se realizó en la provincia de Puno, específicamente en la UANCV. La investigación se enfocó en los inyectores electrónicos empleados en el conjunto Common Rail de una pickup Volkswagen Amarok 4X4 del año 2012. Estos inyectores piezoeléctricos posibilitan un control sumamente preciso, a nivel electrónico, tanto del momento como de la cantidad de combustible inyectado. Además, la tecnología common rail, con su mayor presión, mejora la atomización del combustible, que exhibe las siguientes particularidades.

Figura 7

Camioneta usada en el proyecto



Nota. Elaboración propia

2.3. DEFINICION DE TERMINOS

- **Banco de prueba common rail modelo CR3000A – 708**

Banco de pruebas que nos ayuda a análisis el estado y funcionamientos de los inyectores.

Figura 8

Banco de pruebas nos permitirá el análisis de los inyectores, disponible para el pickup diésel Volkswagen Amarok 4x4.



Nota. Elaboración propia

Figura 9

Presentación del módulo

**Nota.** Elaboración propia

2.3.1. Sistema de inyección CRDI

Brinda la aptitud de controlar de manera individual tanto el adelanto de la distribución como la cantidad de flujo de combustible, lo que posibilita una gestión precisa de la combustión en cada cilindro. Asimismo, la presión de insuflar logra ser ajustada en un variado intervalo de valores, en función de la condición de operación del motor. Si el motor opera en ralentí o con carga baja, se emplea una presión de inyección reducida, alrededor de los 200 bares, lo que admite una velocidad de inyección menor y una regulación sumamente exacta de la cantidad de combustible inyectada (Autodoc Club, 2023).

- Cuando el motor funciona a máxima carga, la presión de inyección aumenta, alrededor de los 1400 bares, garantizando que se atomice en forma fina el combustible.



- En condiciones de marcha lenta y baja carga, con una presión de inyección baja, mas o menos 200 bares, permite lograr una tasa de inyección reducida y una regulación extremadamente precisa de la proporción de combustible inyectado (p.3).

(Bocsh, 2017) En los procedimientos ´ sistemas de inyección diésel tradicionales, se requiere que la presión del diésel se produzca de manera única por todo ciclo de infiltración. No obstante, en el mecanismo Common Rail, se genera la presión y la infiltración del combustible se hacen de manera independiente. Esto implica que el carburante se encuentra constantemente utilizable y se encuentra a la presión correcta para su inyección. Se genera la presión mediante una bomba de presión elevada la cual somete a presión el carburante y lo conduce hasta el conducto principal común a través de una tubería de presión elevada. Este raíl actúa como la acumulación de presión elevada que es compartido por todos los inyectores, de ahí la denominación de "Common Rail"

(Bocsh, 2017) Este sistema proporciona notable versatilidad que concierne a la capacidad de adaptar la inyección según los requisitos del motor. Este logro se consigue mediante:

- ✓ Presiones de inyección elevadas de hasta alrededor de 1600 bar, posiblemente llegando a 1800 bar más adelante.
- ✓ Variación en la presión de inyección según las condiciones de funcionamiento (rango que va desde 200 hasta 1800 bares).
- ✓ Habilidad para llevar a cabo múltiples inyecciones anteriores y posteriores, incluyendo inyecciones posteriores con retrasos significativos (p.5).

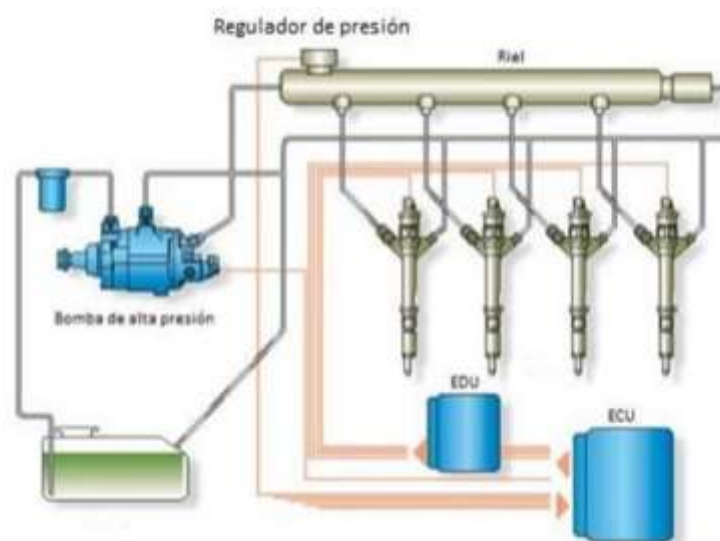
2.3.2. Funcionamiento del sistema

Según lo señalado por Barros & Pulla (2016), se destacan los siguientes:

- ✓ La alta presión de inyección contribuye a una atomización más efectiva del carburante.
- ✓ Se puede ajustar la presión de inyección en un rango muy amplio.
- ✓ La temporización y cantidad de combustible inyectado son ajustables de manera flexible.
- ✓ Es posible realizar múltiples inyecciones en el cilindro mejorando la combustión.
- ✓ Existe precisión en la programación del progreso y periodo de la inyección.
- ✓ Se obtiene un desempeño del motor superior.
- ✓ Se reduce la contaminación ambiental de manera significativa.

Figura 10

La disposición básica del sistema de inyección CRDI.



Nota. Bosch, 2015



Según lo indicado por Castro & Hermógenes (2002) Castro, Se explica que en el riel se retiene la presión, la cual se regula mediante un regulador de presión. Cuando la unidad de control electrónica (ECU) emite una señal electrónica a la electroválvula del sistema de inyección, esta se despliega por el lapso en términos de fracciones de segundo que ha sido previamente calculado y procesado por la ECU. En consecuencia, el flujo de combustible se dirige hacia la cámara donde se produce la combustión del motor.

Al cerrarse la boquilla, la inyección de diésel se detiene, sin embargo, la presión en el riel se mantiene constante. Cualquier pequeña variación en la presión, que se encuentra bajo control gracias al regulador de presión incorporado en el propio raíl, no necesita ser considerada.

2.3.3. Sistema CRDI Bosch

Bosch (2015) Explica que representa la última tecnología en sistemas de inyección electrónica. Realizando una clara separación entre la generación de la compresión del diésel y el proceso de infiltración. Esto implica que la bomba produce una elevada presión que se encuentra a disposición de todos los inyectores a través de un conducto compartido. Esta presión puede regularse de manera autónoma, sin estar sujeta a la velocidad de giro del motor.

La unidad de regulación calcula con precisión tanto la fuerza aplicada al combustible como el instante exacto de comienzo y finalización de la infiltración, con base en la información proporcionada por diversos sensores situados en el motor. El método se traduce en un rendimiento sobresaliente, niveles reducidos de ruido y emisiones mínimas de gases contaminantes.



Dicho sistema altamente adaptable puede ser implementado en una amplia gama de vehículos, incluyendo automóviles ligeros, camiones y autobuses.

Presenta un gran un considerable potencial para futuras aplicaciones en motores diésel.

2.3.4. Estructura del sistema Bosch

Conformado por los siguientes componentes:

- ✓ **Sistema de Baja Presión:** Este comprende los componentes relacionados con la suministración de combustible.
- ✓ **Sistema de Alta Presión:** Incluye la bomba de presión elevada, el raíl usualmente, los inyectores y los conductos de presión elevada para el combustible.
- ✓ **Sistema de Regulación Electrónica Diésel (EDC):** Este sistema integra detectores, una ECU y dispositivos reguladores que supervisan y gestionan la totalidad del mecanismo.

2.3.5. Sistema de baja presión

- **Bomba de combustible del tanque**

Según lo señalado por Bosch (2011), la bomba eléctrica de combustible tiene la capacidad de estar ubicada dentro del tanque de combustible. Su función principal es actuar similar a una bomba de extracción, suministrando combustible hacia la bomba de engranaje que está asociado en la bomba de presión elevada.

- **Tanque de combustible**

Según lo indicado por Bosch (2011), cuando se enciende el mecanismo de encendido del vehículo, la bomba de combustible situada en el tanque se

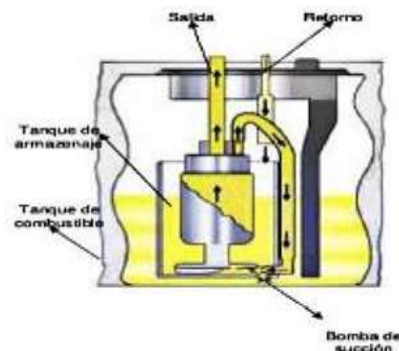
enciende y comienza su funcionamiento. Esta bomba trabaja un tiempo alrededor de 3 seg.

Una vez que el motor está operativo, el mecanismo de suministro de combustible comienza a proporcionar de manera continua el combustible dentro del sistema circuito de baja presión. Esta bomba de combustible extrae el combustible del depósito y lo envía al filtro de combustible.

En la parte superior de la bombona, el combustible se bifurca en dos partes. Una fracción del combustible se dirige hacia la bomba de engranes, mientras que la segunda parte se utiliza para crear la transmisión necesaria para transportar el combustible desde el tanque de combustible al interior de la bombona. Esto permite que el combustible sea succionado del tanque y dirigido hacia la bomba de forma eficiente.

Figura 11

Depósito de combustible



Nota. Bosch (2011)

- Filtros de combustible

De acuerdo con lo mencionado por FRAM (2023), el propósito fundamental del filtro de combustible de tipo diésel es salvaguardar el sistema de inyección utilizado en vehículos diésel. Estos filtros tienen la función de

eliminar las impurezas existentes en el combustible, las cuales se originan en diversas fuentes.

De acuerdo con lo señalado en el guía de Bosch (2011), La parte superior del filtro de combustible cuenta con una unidad de calefacción, que puede ser eléctrico o mecánico. Este calentador se activa mediante un relé que se encuentra ubicado sobre el filtro. Su función principal es calentar el combustible, controlado por el módulo electrónico, Con el fin de evitar que se desarrollen cristales parafínicos en situaciones de temperaturas ambientales bajas.

Figura 12

Filtro de combustible



Nota. Bosch (2011)

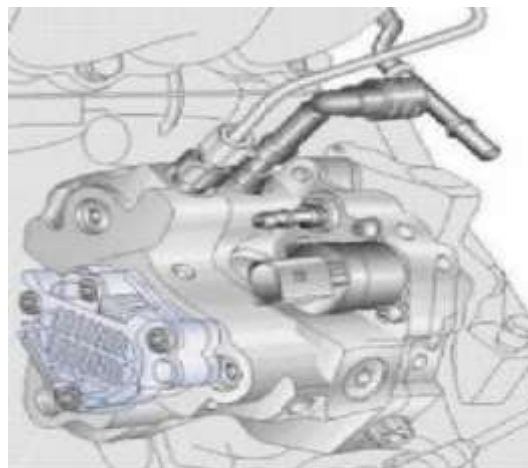
- **Bomba de alimentación**

Según lo indicado por Bosch en 2011, el mecanismo Bosch utiliza una bomba con mecanismo de engranajes que opera exclusivamente de manera mecánica. La función de esta bomba de alimentación es asegurar un suministro constante de diésel a la bomba de presión elevada en todas las formas de operatividad. La bomba de engranajes se encuentra directamente acoplada a la bomba de presión elevada o al cárter del motor, y las dos bombas son impulsadas por el mismo eje central.

La bomba de suministro se compone de dos ruedas dentadas dispuestos en un contenedor. Uno de los engranajes está impulsado a lo largo del eje del motor. A medida que las ruedas dentadas giran, el diésel es aspirado entre sus protuberancias y dirigido a lo largo de cavidades hacia la zona de creación de presión. Luego, ingresa al recubrimiento de la bomba de presión elevada. La configuración de los dientes de los engranajes previene el retroceso del diésel.

Figura 13

Bomba de alimentación



Nota. Bosch (2011)

Figura 14

Bomba de alimentación



Nota. Bosch (2011)

2.3.6. Sistema de alta presión

- **Bomba de alta presión**

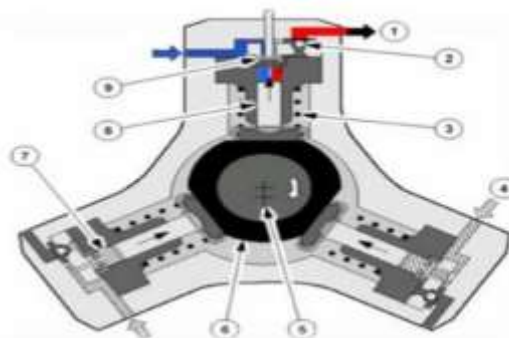
Según lo mencionado por Gómez (2012), el proceso de inyección de diésel se inicia cuando el diésel fluye desde la bomba de transferencia a través del conducto señalado en azul y se dirige hacia la tubería de presión reducida. A medida que el eslabón del aparato de bombeo, que se encuentra conectado a la leva excéntrica, comienza a girar, se crea una compresión del combustible en cada una de las cámaras. Para lograr esto, es necesario vencer la resistencia del resorte mencionado como número 3.

Cuando el émbolo de bombeo (número 8) realiza su movimiento descendente, succiona el combustible de baja presión al interior de la cámara (número 7), esto, a su vez, ocasiona la apertura de la válvula de entrada (número 9). Luego, cuando la excéntrica permite que el émbolo ascienda nuevamente, el combustible se comprime hasta superar el nivel necesario para abrir la válvula de salida (número 2). Esto dirige el diésel a presión hacia la pendiente de inyección.

En resumen, la calidad de la inyección se ve mejorada en todas las situaciones de operación del motor debido a la constante alta presión en el sistema.

Figura 15

Operación de la bomba de presión elevada



Nota. Gómez (2012)

- Riel

Según lo mencionado por Gómez (2012), es referido como tubo acumulador de presión, Está elaborado a partir de metal forjado y desempeña dos tareas esenciales:

- ✓ Almacenar el diésel a presión elevada para la inyección en todos los cilindros.
- ✓ Minimizar las fluctuaciones de fuerza que se originan a través de la bomba de gran presión.

Según lo indicado por Bosch en 2011, El combustible, que es impulsado por la bomba de presión elevada, alcanza el raíl a mediante un conducto de presión elevada y posteriormente se distribuye a los distintos inyectores mediante las tuberías de inyección, Estas tiene que mantener una longitud específica para garantizar un rendimiento uniforme del sistema.

Figura 16

Riel de inyectores



Nota. Carola (2011)

- Válvula reguladora de presión

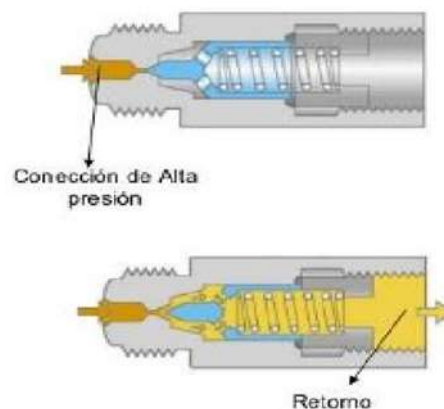
De acuerdo con lo explicado por Bosch (2011), a válvula de control de presión puede ser un componente con operación completamente mecánica o

electrónica. Esta válvula está instalada en el depósito de presión mediante una espiral (p. 19).

Según lo mencionado por Gómez (2012), Si la presión del diésel sobrepasa un límite máximo predeterminado, la llave de regulación de presión se activa, permitiendo que el diésel fluya desde el conducto de diésel de regreso hacia el contenedor, lo que reduce la presión.

Figura 17

Regulador de presión de la válvula.



Nota. Bosch, 2011

2.3.7. Inyectores

Según Gómez (2012), en los sistemas Common Rail, los inyectores funcionan mediante activación eléctrica, en contraste con los sistemas que emplean bombas rotativas, donde la inyección es mecánica. Esto resulta en una mayor precisión durante el momento de inyectar combustible y simplifica el sistema de infiltración. Para lograr esto, es necesario:

- ✓ Posibilitar múltiples inyecciones.
- ✓ Facilitar la inyección de cantidades progresivamente menores.



- ✓ Realizar inyecciones a presiones elevadas.
- ✓ Garantizar una distribución homogénea de la proporción inyectada

Con el objetivo de lograr una combustión altamente eficiente, se ha fragmentado el proceso de inyección en dos etapas distintas: una fase de preinyección y una etapa de inyección principal.

- ✓ **Inyectores con tecnología Bosch**

La tecnología de Bosch ha dado lugar a dos tipos de inyectores: los inyectores electromagnéticos y los inyectores piezoeléctricos.

- ✓ **Inyectores electromagnéticos**

Según lo señalado por Gómez (2012), dado que las presiones de inyección más elevadas alcanzan alrededor de 2000 bar, se enfrentan desafíos significativos al tratar de levantar la punta del inyector directamente mediante un dispositivo que se activa mediante un campo electromagnético. Esto se debe a que sería necesario utilizar corrientes extremadamente altas, lo que resultaría en tiempos de respuesta incompatibles con los requeridos para inyecciones múltiples. Además, el uso de corrientes intensas requeriría componentes electrónicos de potencia voluminosos, lo que generaría un calentamiento tanto en el actuador como en el ECM (Módulo de control del motor).

- ✓ **Inyectores piezoeléctricos**

Según lo mencionado por Augeri (2023), el inyector piezoeléctrico posibilita la realización de intervalos de inyección cortos, permitiendo así la inyección precisa de del volumen de combustible necesaria en los cilindros, en función de las condiciones de manejo. Puede llevar a cabo hasta 10 inyecciones individuales en un solo ciclo de trabajo. Este proceso de inyección es altamente adaptable y flexible, lo que contribuye a la economía de combustible, la reducción



de las emisiones de dióxido de carbono y la reducción de los vertidos de sustancias contaminadores y del nivel de ruido del motor.

El inyector piezoeléctrico es controlado por un actuador piezoeléctrico que consiste en múltiples estratos de cerámica con propiedades piezoeléctricas. La cerámica se expande en micrómetros cuando se emplea un voltaje, lo que provoca el movimiento de la aguja de la boquilla. Esta unión entre el dispositivo de accionamiento y la aguja de la boquilla posibilita intervalos de respuesta sumamente breves y la posibilidad de realizar inyecciones de pequeñas cantidades de combustible de manera precisa (puede haber preinyecciones muy pequeñas).

✓ **Funcionamiento**

En estos inyectores, se sustituye el solenoide tradicional que solía encargarse de abrir y cerrar la llave para facilitar el retorno del combustible diésel a través del émbolo, mediante un dispositivo piezoeléctrico. El Módulo de Control del Propulsor (PCM) supervisa el sistema interno del inyector que gestiona las variaciones de presión y el desplazamiento físico, lo que a su vez permite el flujo de combustible hacia el cilindro.

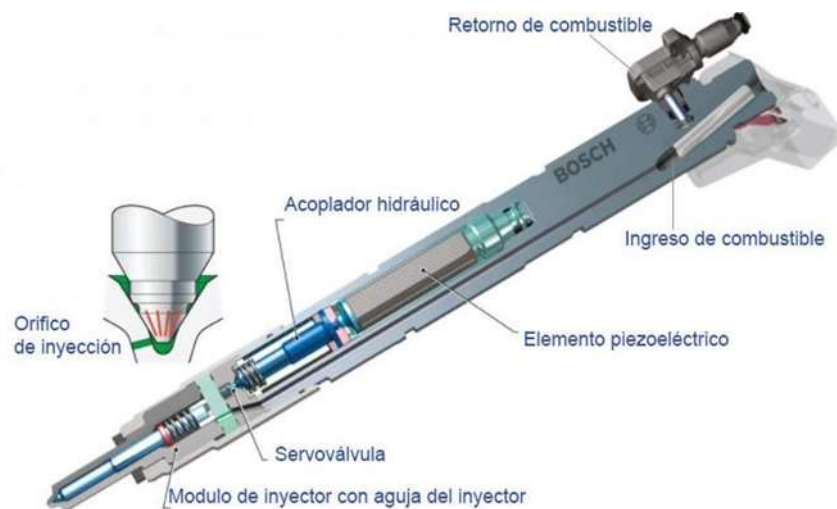
Con este propósito, el PCM suministra inicialmente una tensión de alrededor de 70 V al elemento piezoeléctrico durante un lapso de 0,2 milisegundos. Una vez dentro del componente, los cristales tienen la capacidad de aumentar este voltaje a aproximadamente 140V, lo cual requiere otros 0,2 milisegundos y se consigue mediante una corriente de alrededor de 7 (A). Este procedimiento es referido como carga de voltaje y carga de corriente.

Este incremento de presión se realiza debido al roce entre los cristales mismos, lo que permite amplificar el resultado de la tensión inicial.

Para finalizar la etapa de inyección, se requiere la aplicación de un último impulso de voltaje denominado "tiempo de liberación", que tiene una duración de alrededor de 0,2 milisegundos.

Figura 18

Partes del inyector piezoeléctrico



Nota. (Audi Technology Portal, 2023)

✓ **Características de los Inyectores piezoeléctricos Bosch**

Según Wiesinger (2023), Indica lo siguiente:

- ✓ **Cantidades de Inyección:** En un vehículo, las cantidades de inyección varían desde 1 mm³ en preinyección hasta 50 mm³ en condiciones de carga. Para dar una idea de magnitud, 1 mm³ es aproximadamente la mitad del volumen de una cabeza de alfiler. En el caso de un camión en carga completa, la inyección puede llegar a ser de alrededor de 350 mm³, equivalente a la cantidad equivalente al volumen de 12 gotas de lluvia de gran tamaño.
- ✓ **Frecuencia de Apertura:** Los inyectores de combustible se abren y cierran aproximadamente 5000 veces en un minuto, teniendo en cuenta tanto las fases de preinyección como las de inyección posterior.



- ✓ **Juego de la Aguja de la Boquilla:** El juego, o espacio de separación, el diámetro en la punta de la aguja es sumamente reducido., de solo 0.002 mm. Para comparar, esto es 30 veces más delgado que un cabello humano.
- ✓ **Dispersión del Combustible Comprimido:** Cuando el combustible comprimido se inyecta, se dispersa a una velocidad equivalente a la de un avión supersónico, lo que muestra la fuerza y la velocidad con la que se hace el proceso de inyección.
- ✓ **Presión de los Inyectores Piezoeléctricos de Bosch:** Se encuentran disponibles con el propósito de operar en rangos de compresión que varían desde 2.000 hasta 2.700 bar, lo que indica la alta presión a la que pueden funcionar para garantizar una inyección precisa y eficiente.

2.3.8. Ventajas del uso de Inyectores piezoeléctricos Bosch

Según lo mencionado por Morán & Passo (2016), los inyectores piezoeléctricos presentan una respuesta de activación que es cuatro veces más rápida en contraste con los actuadores controlados por electroválvulas. Además, esta tecnología piezoeléctrica implica una reducción del 75 % en la masa que se mueve en la aguja del inyector. Esto abre la opción de llevar a cabo inyecciones múltiples en un único ciclo de funcionamiento y una dosificación precisa de las cantidades de combustible a inyectar.

Se pueden indicar lo siguiente:

- **Flexibilidad en la Inyección:** La capacidad de realizar inyecciones múltiples con un inicio flexible de la inyección y ajuste del espacio entre ellas.



- Reducción de Tamaño y Peso: La disminución en las dimensiones y el peso del inyector, pesando tan solo 270 gramos en comparación con los 490 gramos de otras variantes.
 - Mejora en la Eficiencia del uso de diésel: Beneficios en el uso de diésel con una reducción del 3%.
 - Precisión en la Inyección de Pequeños Volúmenes: La capacidad de inyectar volúmenes muy pequeños de combustible en la inyección previa.
 - Menor Nivel de Ruido: Una disminución de hasta 3 decibeles (dB [A]) en el nivel de ruido del motor.
 - Aumento en la Potencia del Motor: Posibilidad de lograr un incremento del 7% en la potencia del motor.
 - Reducción de las emisiones de gases de escape: Contribuye a una gran disminución de hasta el 20% en las emisiones de gases contaminantes.
- **Comparación inyectores (Inductivo – Piezoeléctrico)**

De acuerdo con D'Ambrosio & Ferrari (2018), las principales discrepancias en el rendimiento entre los inyectores solenoides y los inyectores piezoeléctricos que operan de forma indirecta se pueden asociar primordialmente a las diferencias en las soluciones de diseño internas de los inyectores, esto se refiere a componentes como la cámara de gestión, la válvula piloto de equilibrio de presión y el cuerpo del dispositivo de inyección, en lugar de la unidad de inyección en sí. Si ambos tipos de inyectores, solenoides y actuadores piezoeléctricos de efecto indirecto, expondrán el diseño hidráulico interno idéntico, las disparidades en su productividad serán menores. Por consiguiente, dado que los inyectores solenoides son aún más económicos de fabricar en comparación con los piezoeléctricos, tecnológicamente los

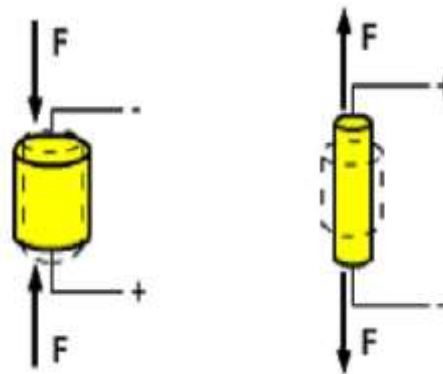
solenoides se considera la elección preferida cuando se evalúan inyectores de acción indirecta.

2.3.9. Principio piezoeléctrico

Los componentes piezoeléctricos operan de acuerdo con el siguiente principio: cuando los piezocristales experimentan presión, generan una carga eléctrica. De manera inversa, estos cristales se dilatan mientras se someten a voltaje eléctrico. (Archilla, 2015)

Figura 19

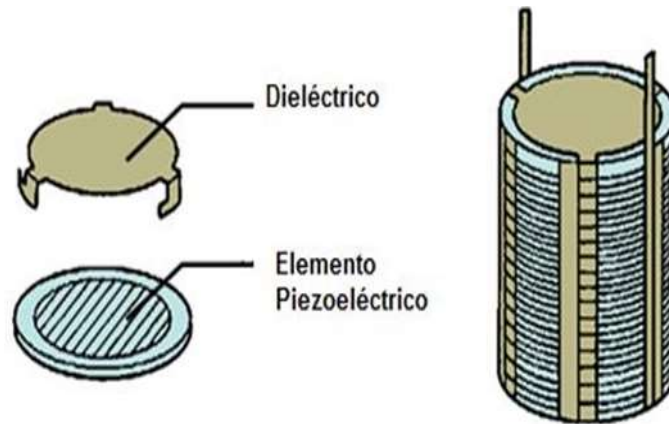
Principio de piezoelectricidad



Nota. (Archilla, 2015)

Según lo señalado por Augeri (2023), el componente piezoeléctrico está compuesto por placas metálicas dispuestas con separación y ubicadas a distancia unas de otras por un material dieléctrico de cuarzo, siguiendo una estructura similar a la de un condensador que tiene placas planas.

Figura 20
Elemento piezoeléctrico



Nota. (Gómez, 2012)

Los elementos metálicos, identificables por su color dorado, se encuentran en presencia del cuarzo, que cumple la función de aislante y se distingue por su tono gris.

Figura 21
Elemento piezoeléctrico



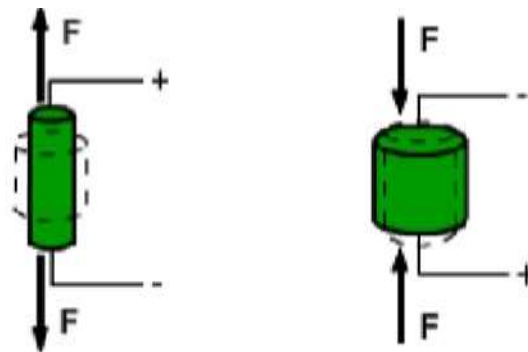
Nota. (Augeri, 2023)

2.3.10. Principio piezoeléctrico inverso

Según Archilla (2015), al aplicar una tensión con polaridad a un cristal (como cuarzo o turmalina), se provoca su elongación. En contraste, si la tensión que se aplica al material tiene una dirección contraria, se genera un apriete en el vidrio.

Figura 22

Inverso del principio piezoeléctrico.



Nota. (Archilla, 2015)

2.3.11. Parámetros de inyección

✓ Inicio de la inyección

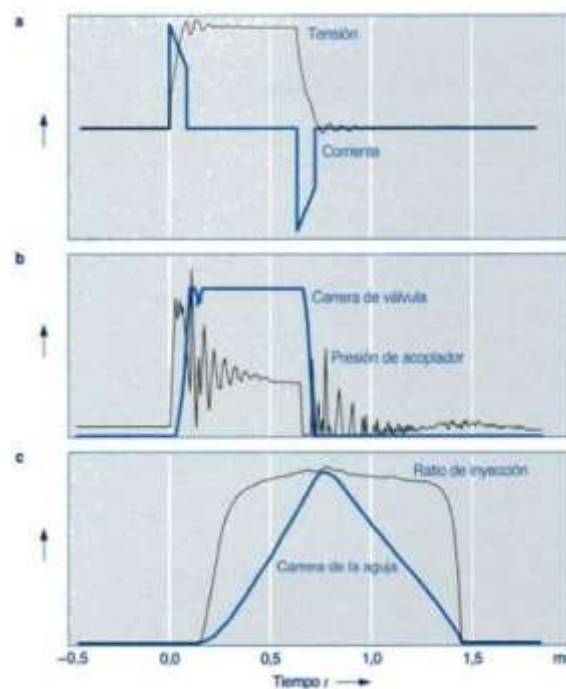
Según lo indicado por Bosch (2005), la activación del inyector piezoeléctrico se lleva a cabo a través de la ECU del motor, y en la última fase de ha concebido el diseño específicamente para este tipo de inyectores. Se define una tensión de inicio estándar en base a la compresión en la conducción compartida durante el funcionamiento ajustado. El flujo se suministra en modo de pulsos incluso que se logra al mínimo discrepancia entre el voltaje de referencia y el voltaje de control. El aumento en la tensión se convierte de manera proporcional en el movimiento del actuador piezoeléctrico.

A través del principio de multiplicación hidráulica, el movimiento del actuador provoca un aumento en la presión en el acoplador, lo cual resulta en la

eliminación del equilibrio de fuerzas actuando sobre la válvula de control y, como consecuencia, la apertura de dicha llave. Una vez que la válvula de control llega a su posición final, la presión dentro de la cámara de gestión empieza a reducirse de manera progresiva a medida que la aguja se desplaza, lo que da inicio al proceso de inyección. (p. 37).

Figura 23

Orden de activación de una inyección en el inyector piezoeléctrico



Nota. (Bosch, 2005)

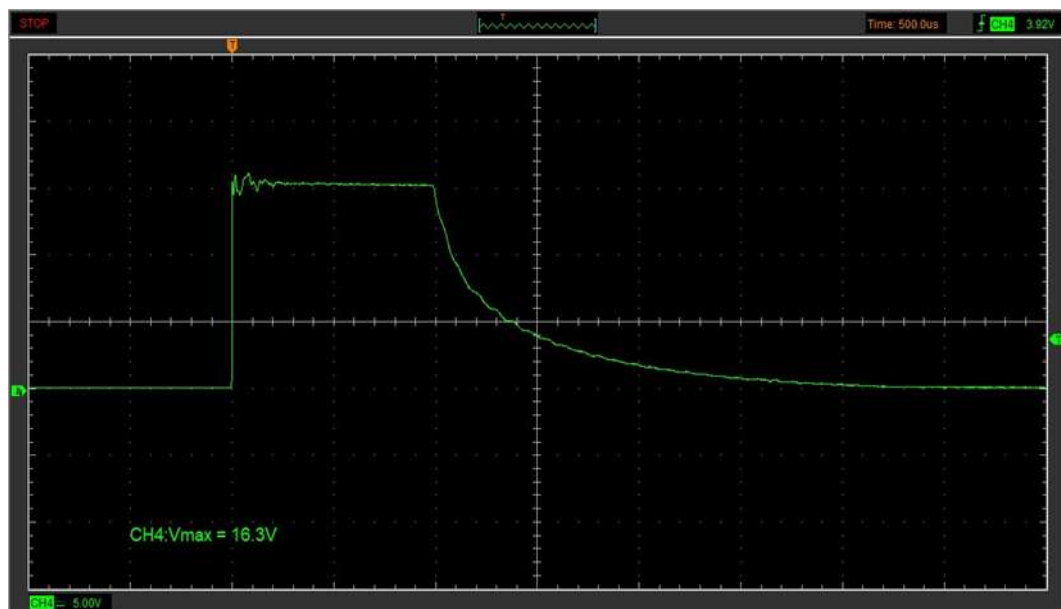
✓ Curva de la inyección

Según lo señalado por Castillejo (2014), en estos sistemas, una bomba se encarga de generar la presión requerida en el combustible de manera independiente al ciclo de inyección. Esta presión permanece básicamente invariable en el transcurso de todo el procedimiento de inyección. En un sistema que opera con presión fija, la proporción de diésel inyectada está directamente

relacionada con el tiempo durante el cual el inyector se mantiene desbloqueado, lo cual no depende de la velocidad tanto del motor como de la bomba. Obteniendo resultados como una gráfica de inyección prácticamente cuadrada, con inyecciones breves y prácticamente estables, esto habilita ritmos de atomización elevadas durante condiciones de carga máxima, esto se refleja en última instancia en un aumento de la potencia específica del motor.

Figura 24

Curva de inyección



Nota. Elaboración propia

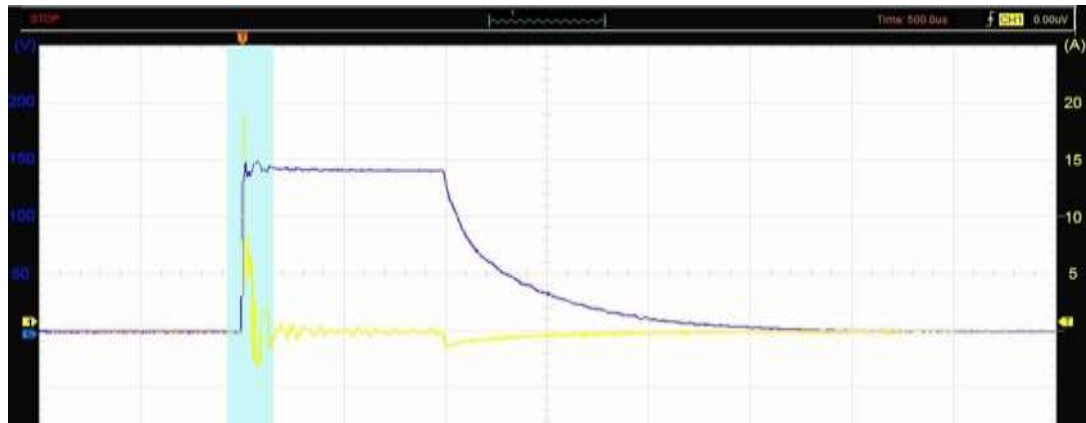
✓ Inyector cerrado – inicio de inyección

Los dispositivos de inyección piezoeléctricos suelen operar con tensiones que alcanzan hasta 200 V. En su estado de reposo, cuando no reciben estimulación, el actuador piezoeléctrico mantiene el inyector en posición cerrada. Para activarlo el inyector, se utiliza una señal eléctrica de cien unidades de voltaje, lo que amplifica su movimiento a través de un pequeño brazo de palanca. De manera análoga a los inyectores que son electromecánicos, a diferencia de

los discos piezoeléctricos no solo regulan el movimiento de la aguja, sino que además operan una llave de pequeño tamaño.

Figura 25

Gráficos de la tensión y la corriente durante el inicio de la inyección en un inyector piezoeléctrico.



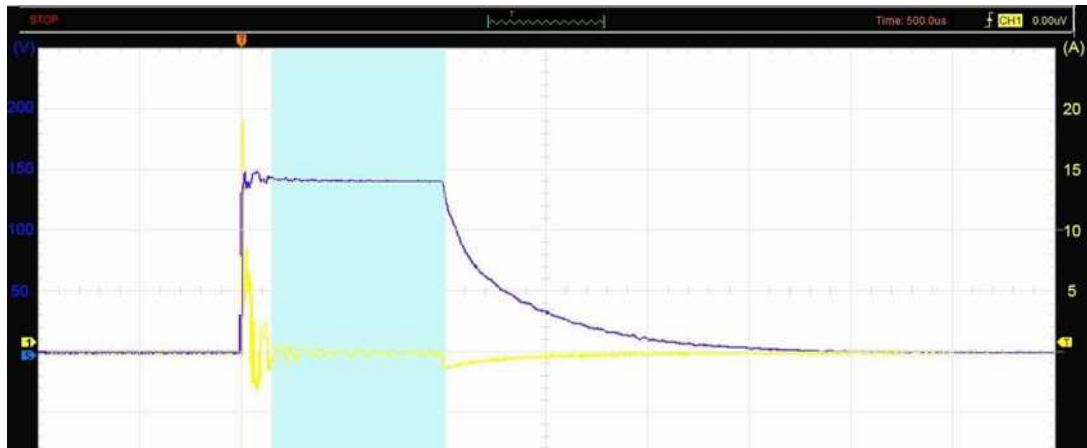
Nota. Elaboración propia

✓ Inyector abierto – inyección

Una vez que el inyector se encuentra en estado abierto, deja de recibir excitación. El actuador opera de manera similar a un condensador, manteniendo la carga eléctrica y, en consecuencia, permaneciendo dilatado para permanecer el inyector en estado de apertura. Es necesario destacar que no se debe desconectar el conector del inyector cuando el motor está en funcionamiento, ya que, si el inyector se encuentra en estado de apertura, existe la posibilidad de que bloquee el motor hidráulicamente con el combustible diésel (PicoTechnology).

Figura 26

Gráfica del voltaje y la corriente cuando un inyector piezoeléctrico se encuentra en posición abierta



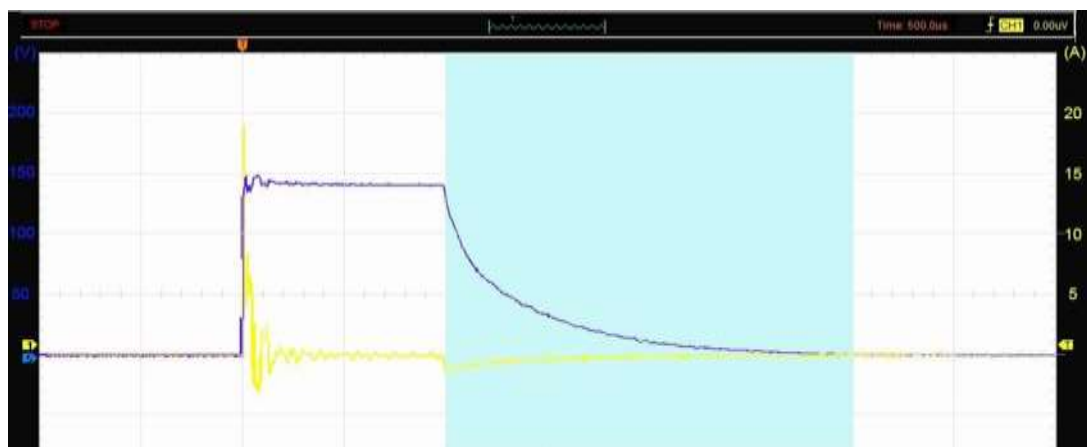
Nota. Elaboración propia

✓ Inyector cerrado – final de la inyección

Para que el inyector retorne a su posición cerrada, la unidad actúa como un elemento que disipa energía, liberando el voltaje almacenado en el actuador.

Figura 27

Gráficos de la tensión y la corriente al concluir la inyección en un inyector piezoeléctrico.



Nota. Elaboración propia

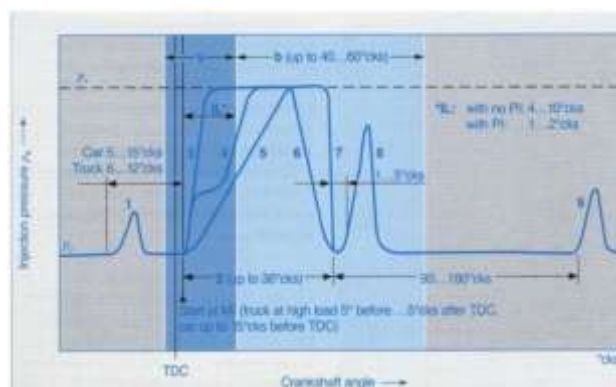
✓ Patrones de inyección

En consonancia con lo señalado por Castillejo (2014), es importante destacar que, según de la aplicación específica para la cual se enfoca el motor, se necesitan ciertas funcionalidades tal como se ilustra en la Figura 23.

1. La pre-inyección (1) tiene como objetivo disminuir tanto el sonido de la combustión como las emisiones de NO_x, en especial de motores de inyección directa.
2. El incremento gradual en la inyección principal (3) con un gradiente positivo contribuye a disminuir las emisiones de NO_x en los motores que no cuentan con válvula EGR.
3. El control de la presión en dos fases (4) durante la etapa principal de inyección resulta eficaz en la reducción de las emisiones de NO_x y partículas en motores que no cuentan con EGR.
4. El mantenimiento de una alta presión constante durante la inyección principal (3,7) tiene el propósito de reducir las emisiones de partículas en el proceso de funcionamiento de motores con EGR.
5. La implementación de inyecciones secundarias avanzadas (8 y 9) contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de partículas.

Figura 28

Patrón de inyección Sistema Cammon Rail



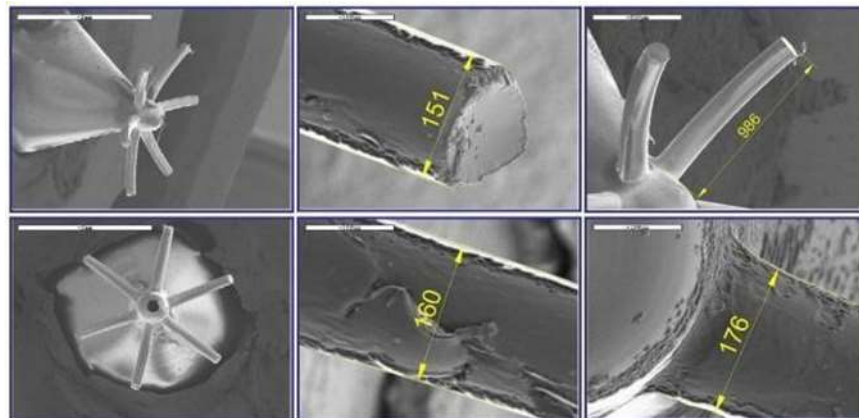
Nota. (Pechout, 2023)

2.1.12. Geometría de los orificios de la tobera

Salvador y otros (2014) señalan que en el gráfico se puede observar que estos orificios son coincidentes, un aspecto relevante desde la perspectiva de la hidráulica, ya que esto implica que los agujeros no tienen tendencia a experimentar cavitación.

Figura 29

Descripción de las propiedades geométricas de los orificios de la tobera.

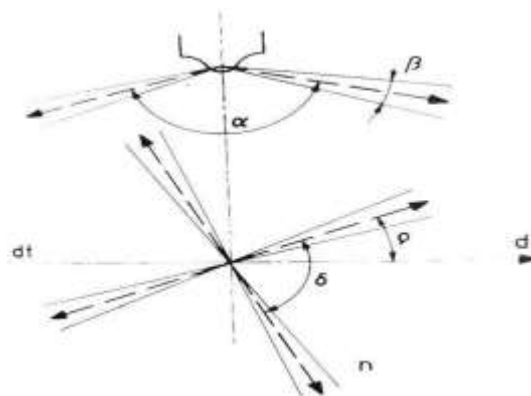


Nota. Salvador y otros (2014)

El ángulo α del cono generado durante la fase de inyección, como ilustra en la imagen, debe ser apropiado. para la configuración de la cámara de combustión, lo que limita la margen de error a valores reducidos.

Figura 30

Ubicación de los orificios de inyección.



Nota. (Imperial, 1991)

(Imperial, 1991) Afirma que la presión del aire utilizada en la combustión es el factor principal que afecta principalmente el ángulo β en el proceso de atomización de la inyección.

Conforme la presión se incrementa, el ángulo β de esparcimiento del chorro también experimenta un aumento. La cantidad de aberturas y su distribución horizontal, que está determinada por los ángulos δ en la parte delantera y ρ en la parte trasera del motor, desempeñan un rol crucial en esta operación. Además, el número de orificios n y su diámetro d determinan la sección de salida, que a su vez afecta el caudal y el tiempo de cada embolada, lo que establece la velocidad de expulsión.

✓ Ángulo de pulverización

(Calleja, 2015) explica que el inyector se compone de varios agujeros dispuestos de manera que forman un ángulo entre sí, conocido como el ángulo de los orificios pulverizadores, que puede alcanzar hasta 180° . En el caso de inyectores con múltiples orificios, comúnmente se encuentran hasta 12 de ellos dispuestos de manera simétrica. Estos inyectores se emplean en motores de inyección directa y presentan una presión de apertura que oscila entre 150 y 250 bares. La imagen ilustra cómo se distribuyen de manera simétrica los ángulos en la boquilla de inyección.

Figura 31

Patrón de rociado del inyector cammon rail.



Nota. (ResearchGate, 2023)

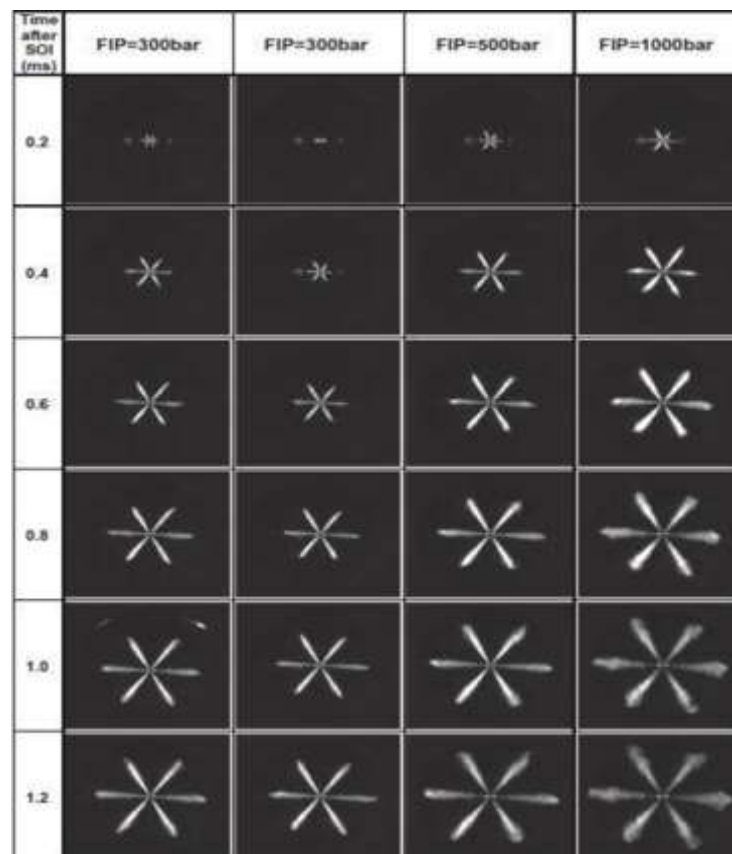
✓ Condición de pulverización

Agarwal (2014) concluye a través de un estudio experimental que, Tal y como se ilustra en la imagen, la profundidad de penetración en un momento específico se incrementa en consecuencia que aumenta la presión del combustible durante la inyección. El transcurso de desarrollo de la pulverización está mayormente influenciado por la disparidad de presión entre la presión de inyección del combustible y la presión atmosférica en la cámara de atomización.

Conforme se muestra en el esquema, la longitud de la pulverización aumenta proporcionalmente en relación con el tiempo y la presión de inyección.

Figura 32

Amplitud de Pulverización



Nota. (Agarwal, 2014)



2.3.13. Verificaciones del inyector

✓ Verificación y control de inyecciones

(Agarwal, 2014) indica en un sistema utiliza múltiples inyecciones piloto, que consisten en reducidas cantidades de combustible entregadas antes de la inyección principal en cada cilindro durante el proceso de combustión. Estas inyecciones piloto tienen el propósito de suavizar la naturaleza abrupta de la combustión en motores diésel, haciéndola más similar a la de motores de gasolina.

No obstante, el efecto final no se restringe únicamente a la disminución del ruido de la combustión, sino que también conlleva una disminución de las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx). La inyección posterior se refiere a una cantidad de combustible igualmente reducida que se inyecta después de la inyección principal.

La tecnología Common Rail presenta un gran potencial para disminuir las emisiones de partícula en esta capacidad. La pequeña inyección posterior se lleva a cabo en un momento específico, óptimo para minimizar la liberación de partículas.

2.3.14. Comprobación de la atomización y la orientación del chorro

(Agarwal, 2014) Utilizando inyectores piezoeléctricos contribuye a la pulverización precisa del diésel, lo que tiene un impacto indirecto en la eficiencia del gasto de combustible. En motores diésel, la inyección de combustible se lleva a cabo en el cilindro del motor al final de la fase de compresión. Durante la fase llamada "retardo de encendido", el dispositivo de atomización convierte el combustible en diminutas partículas que se evaporan y se mezclan con el aire.

Conforme el pistón prosigue su desplazamiento hacia el punto muerto superior, la temperatura de la mezcla llega al umbral de ignición del combustible, desencadenando la ignición de una porción de la mezcla previamente combinada de combustible y aire. La porción restante del combustible, que no se había consumido en la combustión premezclada, se quema durante la etapa de combustión regulada por la velocidad del motor.

La configuración del atomizador influye de manera directa en la calidad de la combustión al modificar su interacción con el aire. Por ejemplo, en motores diésel de inyección directa con cámara abierta, un ángulo de dispersión más amplio podría ocasionar que el combustible se ubique en la parte superior del pistón y se escape de la cámara de combustión.

Este escenario podría dar lugar a una emisión excesiva de humo, lo cual es un indicativo de una combustión incompleta, debido a la restricción en la entrada de combustible al aire disponible en la cámara de combustión. El gráfico representa la forma en que se realiza la pulverización del inyector en el interior de la cámara de combustión.

Figura 33

Configuraciones de pulverización

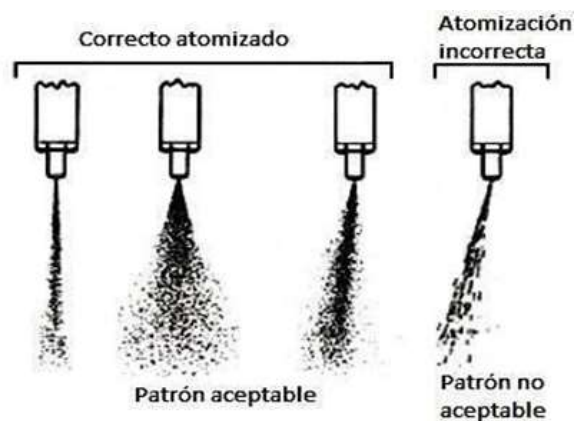


Nota. (AngelFire, s.f.)

En la ilustración que sigue, se muestran varios esquemas de inyección, considerando tres idóneos para conseguir una combustión eficaz del diésel, entre tanto que el patrón no adecuado daría lugar a una combustión insatisfactoria.

Figura 34

Configuraciones de atomización



Nota. (Shashank, 2015)

Uno de los exámenes fundamentales que se deben llevar a cabo en un inyector es la evaluación del patrón de pulverización. Este proceso se puede realizar utilizando un banco de pruebas como el CR3000A - 708, donde se pueden variar diversas categorías de funcionamiento, como el tiempo de inyección, el número de golpes y la presión de trabajo. Esta evaluación permite identificar posibles obstrucciones en los orificios del inyector, que pueden causar problemas como tirones en el motor debido a una pulverización incorrecta.

- ✓ A se exhibe una adecuada descarga del combustible. El flujo debería mostrar la atomización típica de estos inyectores.

- ✓ En el caso de C, se observa una atomización deficiente.

Figura 35

Categorías de inyección A. Chorro óptimo B. Chorro inadecuado



Nota. (Slideshare.net, 2023)

2.3.15. Verificación de la estanqueidad

(Acuña & Morales, 2015) La prueba tiene como objetivo evaluar el cierre del inyector sin que se produzcan fugas, utilizando una presión ligeramente inferior a la presión de operación. Cuando la presión disminuye en un rango de 15 a 20 bares por debajo de la presión de funcionamiento, la válvula de desconexión del manómetro se activa, lo que permite mantener la presión en el circuito hidráulico interno del inyector.

Siguiendo estas clases, es esencial que la aguja cierre de manera impecable en su asiento, y no debe haber goteo ni humedad en la punta del inyector, lo que indicaría una estanqueidad perfecta. En caso contrario, si se observa humedad en la punta del inyector, se comienza a llevar a cabo un suave rectificado del asiento de la aguja, un proceso similar al limado de válvulas.



2.3.16. Verificación de fuga de retorno

(Arellano & Falconí, 2015) Significa que cuando se pone en marcha la bomba en el dispositivo de prueba y se llega a una presión en el inyector que es aproximadamente 10 bares por debajo de la presión de ajuste, el dispositivo de control de flujo de combustible integrado en el dispositivo de prueba se apaga. En estas circunstancias, se debería observar una disminución gradual de la aguja en el medidor, lo que indica el nivel de fuga en el sistema de retorno. Por lo general, se supone que un inyector funciona correctamente en términos de su fuga de retorno si la presión se mantiene por encima de 50 bares durante un lapso de seis segundos o más, comenzando desde una presión inicial de 100 bares.

La fuga de retroceso está vinculada al volumen de combustible que se mueve desde la varilla de la válvula de aguja hacia el cuerpo de la boquilla y luego se dirige hacia el sistema de retorno. Esta fuga es fundamental para una lubricación adecuada de estos componentes. Si la fuga es escasa, esto sugiere que la separación entre la aguja y la boquilla es insuficiente. Por otro lado, si la fuga es excesiva, significa que existe una holgura mayor de la necesaria entre estos componentes, lo que requerirá la sustitución o reparación de la tobera.

Es importante destacar que el flujo de retorno siempre debe ser menor que el flujo de inyección; de lo contrario, se concluye que el inyector no está funcionando correctamente y requiere ser sometido a reparaciones.

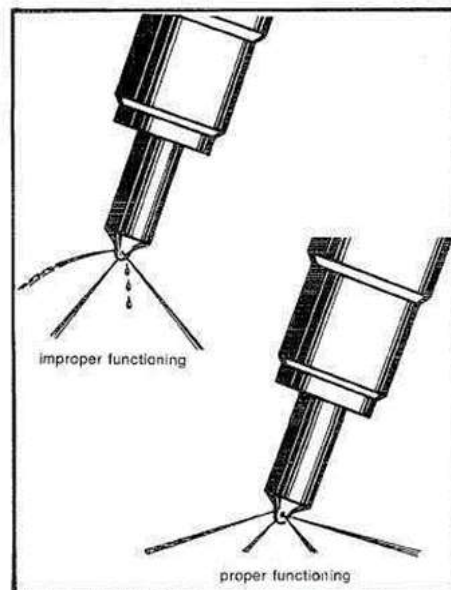
2.3.17. Verificación de goteo

(Estévez & Granda, 2014) indica que un escape interno en el inyector provoca una disminución de la presión en su interior, requerido a una falta de estanqueidad. Es importante tener presente que el estado óptimo de los

inyectores es un factor crítico para la operación adecuado del motor. La acumulación de suciedad o el desgaste pueden generar una alteración en su desempeño, lo que conlleva problemas como la pérdida de potencia y la emisión de humo negro, entre otros. La figura se ilustra un funcionamiento impropio que se produce en el interior del recinto de ignición.

Figura 36

Goteo de inyector



Nota. (Slideshare.net, 2023)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y metodología de investigación

El tipo de la investigación es experimental, porque no se manipula variables, los hechos se observan tan cual se muestran en la realidad y es de carácter transeccional porque los hechos se observan en un determinado momento en el tiempo. La investigación adopta un enfoque que combina aspectos cuali - cuantitativos.

La investigación es de tipo exploratoria; Es necesario investigar una realidad poco explorada, es decir, investigar, analizar y descubrir nuevas oportunidades o perspectivas, nos ayudará a establecer una base desde la cual llevar a cabo una investigación más exhaustiva.

Por tal la razón que el investigador recolectará datos como se dan en la realidad y sin modificarlos, y luego en base a éstos se procede a describir, interpretar y analizar la formulación y desarrollo de las variables del estudio.

3.2. Ámbito de la investigación

El estudio del proyecto de investigación fue desarrollado para la región de Puno. Ubicado en la ciudad de Puno. Para el efecto se llevó en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez-sede Puno.

3.3. Ubicación geográfica del estudio del proyecto

El estudio se desarrolló en la ciudad de Puno provincia de Puno, en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Facultad de Ciencias Puras, Carrera en Ingeniería Mecatrónica, en el laboratorio de Ingeniería Mecatrónica sede-Puno.

Figura 37

Ubicación de la región Puno



Nota. Elaboración propia

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La investigación se basa en una población que consiste en los registros de ingreso de 21,184 vehículos de diferentes modelos y marcas a la región de Puno entre el año 2012 y el 31 de mayo del año actual, según datos proporcionados por la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos, A partir de esta población, se ha seleccionado un grupo que cuenta con un vehículo



operativo de tipo Volkswagen Amarok 4x4. Esto es indicativo de un incremento significativo en el uso de automóviles en los últimos cinco años.

3.4.2. Muestra

La muestra de investigación ha sido limitada a un solo vehículo de tipo camioneta Volkswagen Amarok 4x4 que está siendo estudiado.

3.5. Técnicas e instrumentos

Las técnicas que consideramos fueron la búsqueda de la información fundamental y diagnóstico de los libros existentes como también otros medios informativos.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Máquinas y dispositivos

- El banco de pruebas CR3000A - 708

Se trata de un conjunto de evaluación que analiza el estado de un inyector bajo diversas condiciones ajustables, como el número de inyecciones, el tiempo durante el cual el inyector permanece abierto en milisegundos, y la presión a la que se inyecta en bares. Esto permite evaluar tanto su rendimiento eléctrico como mecánico.

Este equipo está equipado con un panel digital que posibilita efectuar los ajustes requeridos para adecuarse a diversas situaciones de operación. También cuenta con un mando utilizado para regular la presión de trabajo.

El banco de pruebas está equipado con dos cilindros de pulverización y dos probetas, empleados para monitorear la inyección de combustible y el retorno de los inyectores.

Figura 38

Banco de pruebas CR3000A – 708

**Nota.** Elaboración propia**- Pinza amperimétrica Brain Bee**

Se trata de un dispositivo que, en conjunto con el osciloscopio Hantek, muestra la representación esquema de la corriente, específicamente en el caso de los inyectores piezoeléctricos. La pinza cuenta con dos opciones de conversión que se ajustan según las necesidades: una opción de 60A que se convierte a 10mV/A y otra de 20A que se convierte a 100mV/A.

Figura 39

Pinza amperimétrica Brain Bee

**Nota.** Elaboración propia

- Osciloscopio Hantek 1008c

Es una herramienta que, a través de un programa de instalación, permite la visualización de señales eléctricas en una computadora. Tiene la capacidad de utilizar 8 canales de forma simultánea. Las gráficas producidas pueden ser examinadas y modificadas a través de las escalas de medición, regulando el tiempo en el eje horizontal y el voltaje en el eje vertical. La conectividad al puerto USB es suficiente para garantizar un funcionamiento adecuado del osciloscopio Hantek.

Figura 40

Osciloscopio Hantek 1008c



Nota. Elaboración propia

- **Inyector piezoeléctrico Bosch 0445110369 Volkswagen Amarok**

Los inyectores Common Rail posibilitan una regulación electrónica precisa tanto del instante como de la cantidad de combustible inyectado. La tecnología Common Rail, al proporcionar una presión superior, mejora la dispersión del combustible.

Para reducir el ruido del motor, el sistema de control electrónico puede llevar a cabo una inyección de diésel de pequeña escala justo antes de la inyección principal, esta acción se denomina "inyección piloto". Este enfoque contribuye a minimizar la detonación y las vibraciones, al mismo tiempo que ajusta de manera eficiente el tiempo y el volumen de inyección para adaptarse a las fluctuaciones en la calidad del combustible, el arranque en frío y otros factores.

Incluso diversos sistemas avanzados de Common Rail tienen la capacidad de realizar hasta cinco inyecciones durante cada ciclo del motor.

Figura 41

Inyector piezoeléctrico Bosch 0445110369



Nota. Elaboración propia

Figura 42

Inyector piezoeléctrico Bosch 0445110369



Nota. Elaboración propia

Tabla 2

Especificaciones del inyector 0445110369

Unidad	Característica
Dimensiones	25x12x6 (cm)
Poder	20 W
Voltaje	DC 12V-160V
Función	DC 12V-14V

Nota. Elaboración propia

4.2 Análisis e interpretación de resultados

- **Evaluación de la información acerca de la funcionalidad tanto mecánica como electrónica de los inyectores piezoeléctricos de Bosch en el sistema de inyección CRDI del automóvil Volkswagen Amarok.**

Luego de definir el procedimiento de evaluaciones tanto mecánicas como eléctricas detallado en el capítulo 4, procedimos a llevar a cabo estas pruebas



en los inyectores piezoeléctricos de Bosch, específicamente el modelo "0445110369". Durante estas pruebas, recopilamos datos en condiciones de funcionamiento específicas. Los resultados obtenidos representan una valiosa contribución para investigaciones futuras centradas en el sector automotriz.

- **Pruebas Mecánicas**

Las pruebas mecánicas se llevaron a cabo utilizando el banco CR3000A-708, y se ejecutaron bajo condiciones de operación específicas. Estas condiciones incluyeron la variación del número de ciclos de inyección, el tiempo de inyección y la presión de trabajo. Los resultados de estos análisis quedaron registrados en las muestras de inyección y retorno. Además, se obtuvieron datos relacionados con los ángulos de dispersión, que incluyen el ángulo de dispersión y el ángulo de disparo.

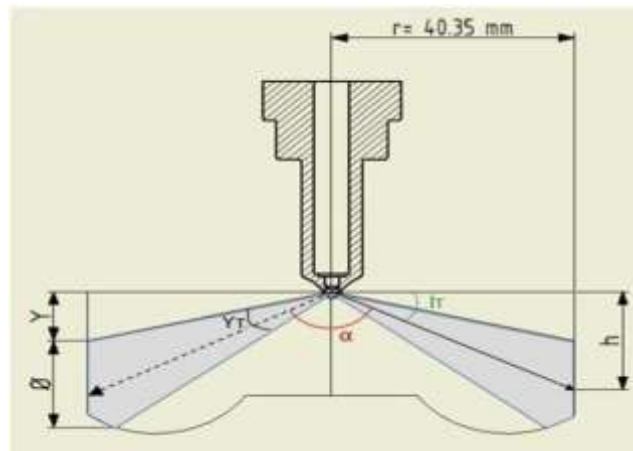
- **Pruebas Eléctricas**

Los estudios se llevaron a cabo utilizando el osciloscopio Hantek 1008c junto con su software correspondiente. También se empleó una pinza amperimétrica de Brain Bee. Donde se utilizó para realizar las mediciones eléctricas.

- **Procedimiento para calcular el ángulo de pulverización**

Figura 43

Geométrica de Pulverización

**Nota.** Elaboración propia

Datos con su respectiva nomenclatura:

 $r = \text{radio del cilindro} = 40,35$ $mm \ h = \text{altura}$ $\varnothing_{\text{chorro}} = \text{diámetro chorro} = 6,18 \text{ mm}$ $r_{\text{chorro}} = \text{radio del chorro} = 3,09 \text{ mm}$ $\text{Punta del inyector a los orificios} = 1,62 \text{ mm}$ $\text{Punta del inyector hasta la parte máxima del chorro} = 2,5 \text{ mm}$ $lT = \text{ángulo de disparo}$ $Y = \text{diferencia de alturas}$ $YT = \text{ángulo de dispersión}$

- Inyector piezoeléctrico Bosch 0445110369

El inyector piezoeléctrico Bosch "0445110369" se utiliza en el vehículo Volkswagen Amarok 2.0, que es de tracción 4x4 y Está equipado con un motor configurado en línea que consta de 4 cilindros. Este inyector está diseñado específicamente para funcionar en un sistema de riel común y cumple con los estándares de emisiones contaminantes de la norma europea EURO 5.

4.3. Datos obtenidos banco de pruebas

- Resultados obtenidos del inyector piezoeléctrico (Volkswagen Amarok)

Figura 44

Instalación de los inyectores piezoeléctricos "0445110369"



Nota. Elaboración propia

Tabla 3 Datos obtenidos banco de pruebas

VALOR DE PRUEBA ml.	Entrega # 1 (ml)	Entrega #2 (ml)	Entrega # 3 (ml)	Entrega # 4 (ml)	Retorno # 1 (ml)	Retorno # 2 (ml)	Retorno # 3 (ml)	Retorno # 4 (ml)
CLEAR (LIMPIEZA)	7	7	5.2	3	0	0	6.4	0



LEAK (FUGA)	0	0	0	0	1.6	3.0	4	1
VL (PLENA CARGA)	42	46	52	44	22	23	32	36
LL (RALENTI)	7.2	7.6	6.9	6	7.4	8.4	11	8
EM (EMISIÓN)	12	8	10	13	8	10	13	6
VE (PREINYEC CIÓN)	2.2	2.0	1.8	2.9	7.2	9.0	10.9	4.9

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la tabla 3 son adquiridos durante la realización del protocolo de pruebas a una presión de 200 bar. En estos resultados, se observa que el caudal de inyección y el caudal de retorno aumentan de manera directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de ciclos de inyección. Esto indica que el volumen de combustible inyectada en el cilindro está correlacionado de manera directa con estos factores.

Adicionalmente, se observa que el período de inyección coincide con el período de activación, lo cual se debe a la forma de activación característico de los inyectores piezoeléctricos.

El intervalo de retención permanece invariable a esta presión operativa, ya que no está influenciado por los datos que se variaron en el banco de pruebas. El resultado obtenido es un tiempo de $1.80 \text{ ms} \pm 0.01 \text{ ms}$, que representa el tiempo que el elemento piezoeléctrico tarda en retornar a su estado inicial, también conocido como tiempo de sujeción-descarga.

Figura 45

Caudal de inyección y retorno

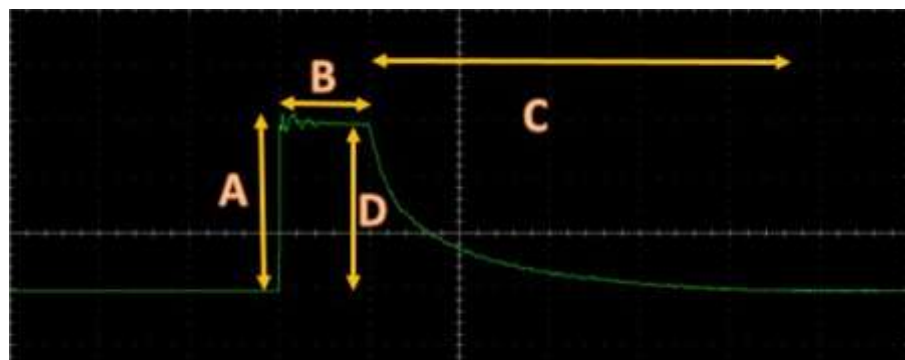


Nota. Elaboración propia

- Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector piezoeléctrico Bosch 0445110369

Figura 46

Oscilograma de voltaje del inyector piezoeléctrico



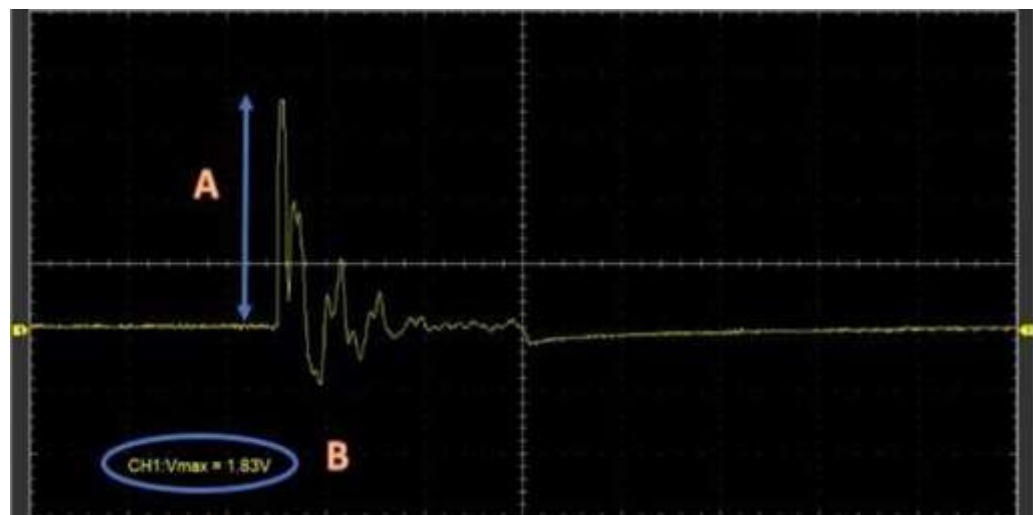
Nota. Elaboración propia

El gráfico del voltaje del inyector piezoeléctrico exhibe varios parámetros que se detallan de la siguiente manera:

- (A) Corresponde al voltaje necesario para activar el inyector piezoeléctrico, y debe multiplicarse por diez debido a la escala de las sondas del osciloscopio.
- (B) Indica el período de activación, y es equivalente al tiempo de inyección, dado que se trata de un inyector piezoeléctrico.
- (C) Simboliza el lapso de retención-descarga.
- (D) Corresponde al voltaje de retención-descarga, y debe multiplicarse por diez debido a la escala de las sondas del osciloscopio.

Figura 47

Oscilograma de corriente del inyector piezoeléctrico



Nota. Elaboración propia

El gráfico de corriente del inyector piezoeléctrico engloba varios parámetros que se explican de la siguiente manera:

- (A) Representa la corriente necesaria para activar el inyector piezoeléctrico.
- (B) Indica la corriente de activación del oscilograma, y este valor se ajusta según la escala seleccionada en el protocolo de pruebas, que es de 100 mV/A, para expresarlo en unidades de corriente.



(C) El oscilograma de voltaje y el de corriente en un inyector piezoeléctrico comparten idénticos parámetros, con la única distinción evidente siendo el tiempo de inyección o de activación, y este se manifestará en los resultados futuros.

- **Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector piezoeléctrico Volkswagen Amarok 04451160369**

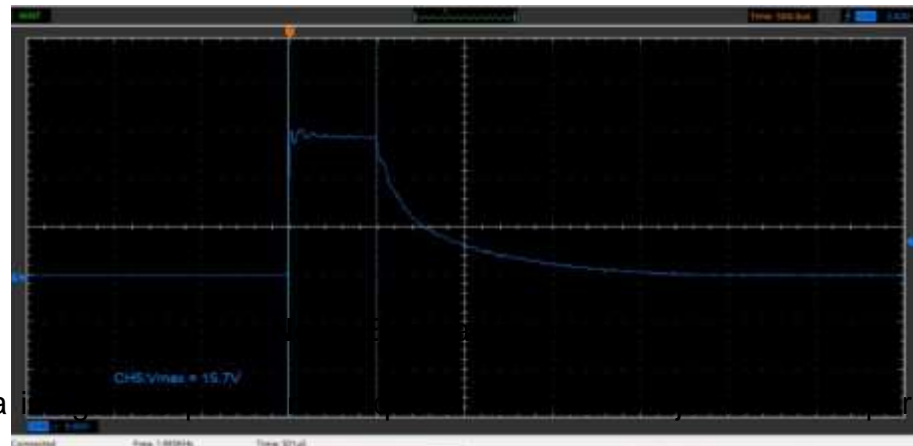
La calibración para el oscilograma de voltaje se configuró con un período de 500 microsegundos en el eje horizontal (eje de las "x") y un voltaje de 5 voltios en el eje vertical (eje de las "y"). Estas configuraciones se mantuvieron invariables en todas las evaluaciones de voltaje.

Para el oscilograma de corriente, la calibración se definió con un tiempo de 200 microsegundos en algunas pruebas y 500 microsegundos en otras en el eje de las "x", junto con un voltaje de 500 milivoltios en el eje de las "y" para representar la corriente. Estos valores de calibración se aplicaron de manera consistente en todas las pruebas de corriente, dependiendo de los casos específicos.

- **Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector Volkswagen Amarok 04451160369 con un tiempo de inyección de 0,5 ms.**

Figura 48

Oscilograma de voltaje para un tiempo de inyección de 0,5 ms

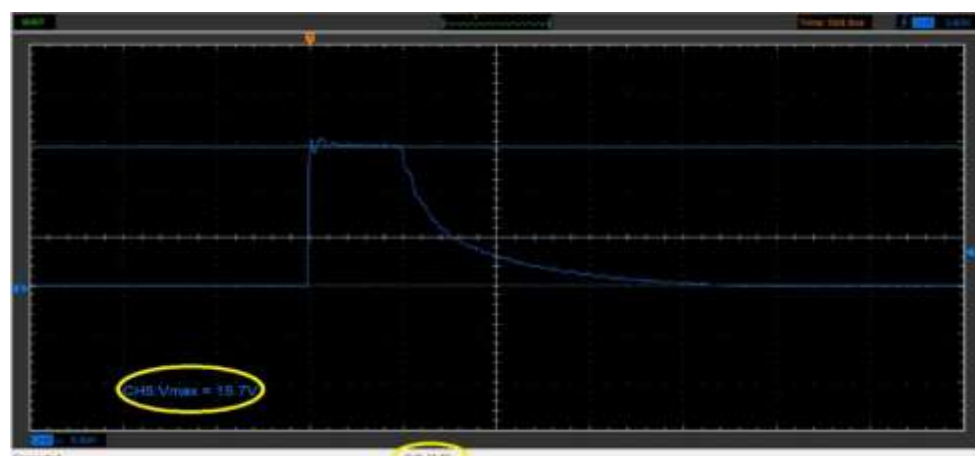


En la imagen se puede observar que para la activación en el oscilograma es de 157 voltios, y este valor se mantiene constante sin cambios cuando se modifican los parámetros de presión en el banco de pruebas o los pulsos de inyección.

Además, se verifica que el período de activación es de 501 microsegundos, lo que está en línea con los exámenes anteriores, es decir, es idéntico al lapso de inyección, que en esta situación es de 0.5 milisegundos (ms).

Figura 49

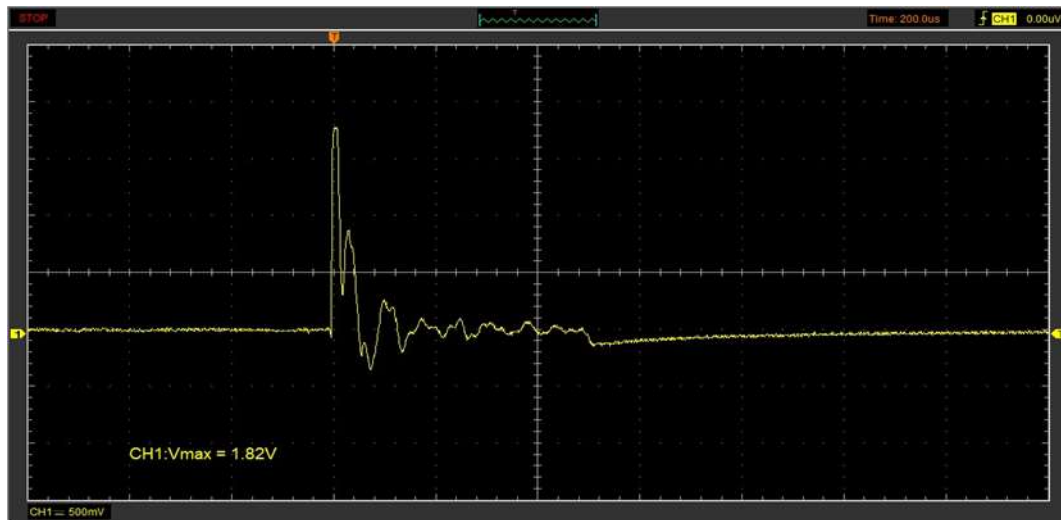
El valor del voltaje de retención-descarga es de 144 V.



Nota. Elaboración propia

Figura 50

Oscilograma de corriente para un tiempo de inyección de 0,5 ms

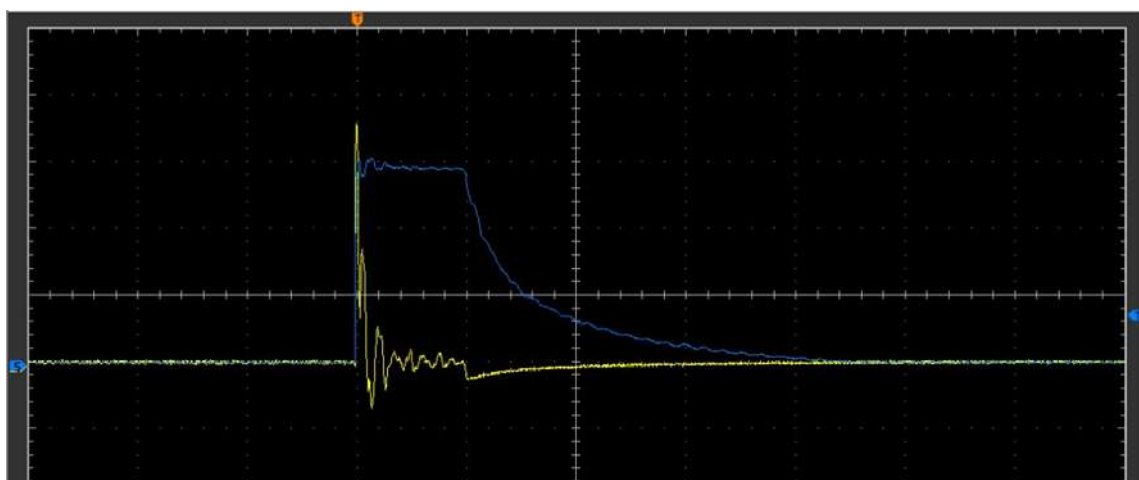


Nota. Elaboración propia

En la gráfica se registró un voltaje de activación de 1,83 V, que, cuando se ajusta según la escala, corresponde a un valor de corriente de activación de 18,3 A.

Figura 51

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 0,5 ms



Nota. Elaboración propia



En la imagen se puede observar la activación conjunta de los oscilogramas de tensión y corriente. El pico de voltaje de activación en ambas señales ocurre prácticamente al mismo tiempo. Luego de que concluye el período de activación, ambas señales disminuyen en la región de retención-descarga y, finalmente, se estabilizan, conservando sus valores.

4.4. Discusión de resultados

Se investigó el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores piezoeléctricos de series 0445110369 de la marca Bosch del sistema de inyección CRDI (Common rail diésel injection).

La camioneta Volkswagen Amarok viene equipada con un motor a diésel y su principal componente del sistema de inyección diésel son los cuatro inyectores que se encuentran en la parte superior del motor. Éstos funcionan con presiones muy elevadas alrededor de 2000 bar por tal razón su funcionamiento interno es muy preciso para que pueda realizar la cantidad de entrega de combustible exacta para un funcionamiento correcto del motor.

Se realizó las pruebas mecánicas siguiendo el protocolo establecido en el banco tester CR3000A – 708 bajo parámetros de variación disponibles en el mismo tales como presión de trabajo, tiempo de inyección pulsos de inyección.

Se realizó las pruebas eléctricas en los inyectores objeto de estudio con el uso de equipos específicos para este tipo de pruebas tales como: Osciloscopio Hantek, pinza amperimétrica, multímetro automotriz.

Se determinó los parámetros ideales de funcionamiento de los inyectores piezoeléctricos mediante las pruebas realizadas, obteniendo valores reales de caudal de entrega y retorno, tiempos de inyección, tiempo de retención, tiempo de descarga, voltaje y corriente de activación, voltaje de descarga y ángulos de



pulverización, conseguidos bajo ciertos parámetros de operación del banco
CR3000A – 708.

.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En primer lugar, se consiguió establecer los valores óptimos de operación de los inyectores piezoeléctricos a través de las evaluaciones efectuadas. Este proceso facilitó la obtención de mediciones reales relacionadas con el flujo de inyección y retorno, los intervalos de inyección, el lapso de retención, el tiempo de descarga, el voltaje y la corriente de activación, el voltaje de descarga, así como los patrones de dispersión. Estos datos se obtuvieron en base a ciertos ajustes de funcionamiento específicos realizados en el banco CR3000A-708.

En segundo lugar, Se efectuó un análisis que reveló que los resultados obtenidos son significativamente distintos entre los diferentes inyectores. Se observaron variaciones sustanciales en el flujo de inyección y retorno, los tiempos de inyección, el período de retención, el tiempo de descarga, el voltaje y la corriente de activación, el voltaje de descarga, además de los ángulos de dispersión. Se observó que únicamente los valores relacionados con el flujo de inyección y retorno presentaban similitudes gradualmente a medida que se incrementaba la presión de trabajo. Estas diferencias se explican por el hecho de que cada inyector está diseñado para funcionar específicamente con un motor de determinada cilindrada y para satisfacer las exigencias específicas de funcionamiento del vehículo al que está destinado.

En tercer lugar, se concluyó que al operar con un tiempo de inyección de 0.5 milisegundos y una presión de 200 bar, que son valores bastante bajos, el patrón de pulverización es bastante limitado. Cuando la presión disminuye por debajo de este nivel, la pulverización prácticamente desaparece y el flujo



excesivo generado por el inyector es de tipo laminar. Esto se debe a que al inicio del inyector oscila en un rango de presión que va de 150 a 250 bar.



RECOMENDACIONES

En primer lugar, este trabajo de investigación representa una contribución teórica significativa al campo de la Ingeniería Mecatrónica. Los conceptos desarrollados en el estudio se respaldan tanto con información primaria como secundaria, y es esencial que se utilicen de manera responsable. Esto se debe a que los resultados se obtuvieron a través de un riguroso proceso experimental. Al interpretar estos resultados, se debe ejercer precaución, ya que las posibles fallas pueden ser el resultado de complicaciones en otros sistemas que están fuera del alcance de este análisis. En consecuencia, los resultados adquiridos a través de la instrumentación automotriz son confiables. y aplicables para futuros estudios en casos específicos.

En segundo lugar, la comprensión del procedimiento secuencial empleada para obtener los resultados se fundamentó en un proceso sistemático que implicó el análisis de posibles fallos en la bomba de alta presión, enfocado específicamente en vehículos de la marca Volkswagen Amarok, modelo biturbo del año 2012. Este material tendrá un gran valor tanto en la industria automotriz como para los alumnos de la EPIM.

En tercer lugar, es crucial llevar a cabo los procesos de evaluación necesarios para identificar potenciales defectos en el sistema mediante el uso de la instrumentación apropiada. La falta de instrumentación adecuada puede llevar a lecturas incorrectas de los parámetros y, lo que es más importante, podría causar daños en el vehículo. Por lo tanto, es fundamental contar con la herramienta adecuada para un análisis preciso y seguro.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, B., & Morales, S. (2015). análisis del comportamiento de los materiales de fabricación del inyector y la bomba de alta presión al trabajar con mezcla combustible obtenido a partir del aceite. Ingenierías. Universidad de Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/presentacin-de-powerpoint-objetivos-especificos-levantar-informacin-sobre.html?page=2>
- Agarwal, A. (2014). Applied Energy. sciencedirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/journal/applied-energy>
- Arellano, H., & Falconí, D. (2015). Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos motores diesel. Ingenierías . Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba , Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/4045>
- Armas, B., & Vaca, G. (2013). Módulo didáctico de la bomba de inyección de alta presión Common-Rail de la camioneta Volkswagen Amarok 4x2. Ingenierías. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador . Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3406>
- Arotoma, E. (2018). Sistema de inyección electrónica a gasolina multipunto. Ingenierías. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima , Perú. Obtenido de <http://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/7140>
- Audi Technology Portal. (02 de 10 de 2023). Audi Technology Portal - Piezo-Injektoren. Obtenido de Audi Technology Portal: <https://www.audi-technology-portal.de/de/antrieb/motor-effizienztechnologien/piezo-injektoren>
- Augeri, F. (29 de 09 de 2023). Funcionamiento de Inyectores Piezoeléctricos. Obtenido de Cise.com: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/140-funcionamiento-de-inyectores-piezoelctricos.html>
- Autodoc Club. (27 de 09 de 2023). Guía paso a paso de reparación y mantenimiento por su cuenta para KIA. Obtenido de club.autodoc.es: <https://club.autodoc.es/manuals/kia>



- Barros, L., & Pulla, C. (2016). Análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible de un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi basado en curvas de osciloscopio. Ingenierías. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador . Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15360>
- Bosch, R. (2005). Sistemas de inyección diesel por acumulador Common rail. Alemania: Reverte. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=3Jl1hs3QiMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Calleja, D. (2015). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel. Paraninfo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/640952699/Mantenimiento-de-sistemas-diesel>
- Carola. (13 de 05 de 2011). High Pressure Common Fuel Supply Rail. Obtenido de [WordReference Forums: https://forum.wordreference.com/threads/high-pressure-common-fuel-supply-rail.2147841/](https://forum.wordreference.com/threads/high-pressure-common-fuel-supply-rail.2147841/)
- Castillejo, A. (2014). Sistemas de Inyección en Motores Diesel. Ingenierías. Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>
- Castro, V., & Hermógenes, G. (2002). Inyección electrónica diesel. España: CEAC. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=202408>
- Chambilla, M. (2019). "Análisis de fallas de la bomba de alta presión Common rail de la camioneta Volkswagen Amarok para zonas Altiplánicas de la Región Puno". Ingenierías. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú . Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4428>
- Correa, A. (2016). Diseño y construcción de un sistema didáctico funcional de limpieza de inyectores electrónicos diésel Bosch. Ingenierías. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Cueva, C. (2020). Probador secuencial automatizado para el aprendizaje de diagnóstico de inyectores electrónicos en estudiantes del Instituto



- Tecnológico IDAT, Lima. Ingenierías. Universidad Nacional del Centro del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6016>
- D'Ambrosio, S., & Ferrari, A. (1 de 02 de 2018). Diesel engines equipped with piezoelectric and solenoid injectors: hydraulic performance of the injectors and comparison of the emissions, noise and fuel consumption. Obtenido de [Applied Energy: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917316641?via%3Di%20hub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917316641?via%3Di%20hub)
- Estévez, S., & Granda, R. (2014). Módulo didáctico de los inyectores del sistema COMMON RAIL de la camioneta Volkswagen Amarok. Ingenierías. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador . Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4200>
- FRAM. (29 de 09 de 2023). Filtros Diésel. Obtenido de [fram-europe: https://www.fram-europe.com/es/productos/filtros-de-diesel.html](https://www.fram-europe.com/es/productos/filtros-de-diesel.html)
- Gómez, D. (2012). Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectores del sistema Common Rail Bosch. Ingenierías. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador . Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1433>
- Imperial, J. (1991). Bombas de Inyección Diesel. Perú: CEAC. Obtenido de <https://books.google.com/sv/books?id=pc-QcfNZyoUC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Morán, C., & Passo, M. (2016). Diseño y construcción del sistema de activación y control de inyectores diesel riel común CRDI. Ingenierías. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador . Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12412>
- Pechout, M. (02 de 10 de 2023). TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI FAKULTA STROJNÍ Katedra vozidel a motorů Vysokotlaké vstřikování biopaliv se systémem Common Rail High pressure injection of biofuels by the Common Rail fuel system DIPLOMOVÁ PRÁCE. Obtenido de [chrome: https://dspace.tul.cz/server/api/core/bitstreams/05e4d28c-da65-4ac3-8420-2cd8538d4366/content](https://dspace.tul.cz/server/api/core/bitstreams/05e4d28c-da65-4ac3-8420-2cd8538d4366/content)
- ResearchGate. (02 de 10 de 2023). Figure 10. Spray pattern of the diesel common-rail injector. Obtenido de [ResearchGate:](https://www.researchgate.net/publication/354111111)



https://www.researchgate.net/figure/Spray-pattern-of-the-diesel-common-rail-injector_fig5_258150468

- Salvador, F., Plazas, A., Gimeno, J., & Carreres, M. (2014). Complete modelling of a piezo actuator last generation injector for diesel injection systems. Ingenierías. Universidad Politecnica Valencia, Valencia , España. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51287/PR-2014-04%20Salvador_et_al_IJER_versi%C3%B3n_autor.pdf?sequence=3
- sanchez, a. (2023). Mantenimiento. JUliaca: Mgrill. Obtenido de <https://cilindros-neumaticos.mx/>
- Slideshare.net. (2 de 10 de 2023). Inyectores. Obtenido de Slideshare.net: <https://es.slideshare.net/albetoabarka/inyectores-236106325>
- Volkswagen Amarok. (27 de 06 de 2023). Manual de Volkswagen Amarok 2010. Obtenido de mecanicoautomotriz.org: https://drive.google.com/file/d/0B4uwxwKUzRinalVvdXZUQWlQdE0/view?pli=1&resourcekey=0-FXwz_vbdgKO3GXTQCYW4rg
- Wiesinger, J. (29 de 09 de 2023). Kfztech.de. Obtenido de Von der Einspritzdüse zum Injektor 2: <https://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/diesel/duesen/duesen2.htm>





ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

OBJETIVO	PREGUNTAS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODO
<p>Analizar adecuadamente los inyectores electrónicos del sistema Cammon Rail de la camioneta Volkswagen Amarok 2.2 bitdi power plus 4x4 en las zonas altiplánicas de la región Puno.</p> <p>Realizar el monitoreo de los sensores y actuadores para comprobar los parámetros y el funcionamiento a una altitud 3850 m.s.n.m. en la camioneta diésel Volkswagen Amarok 4x4.</p> <p>Interpretar el protocolo CR3000A-708 para la comunicación hombre maquina en el análisis de los inyectores electrónicos en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4.</p> <p>Aplicar el osciloscopio y la pinza amperimétrica automotriz para hacer la evaluación de sensores y actuadores de cada uno de los inyectores en la camioneta Volkswagen Amarok diésel 4x4.</p>	<p>¿De qué manera se podría mejorar el análisis funcional de los inyectores electrónicos del sistema common rail del automóvil Volkswagen Amarok 4x4 en zonas altiplánicas de la región Puno?</p> <p>¿Cómo determinar el análisis funcional de los inyectores electrónicos del sistema Cammon Rail, en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4?</p> <p>¿Cuál es el procedimiento correcto de interacción entre hombre maquina en el análisis de los inyectores electrónicos en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4?</p> <p>¿Qué herramientas se pueden utilizar para llevar a cabo la evaluación funcional de los sensores y actuadores de los inyectores electrónicos en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4?</p>	<p>Se logrará analizar los inyectores electrónicos del sistema Cammon Rail con instrumentos automotrices que permitió establecer las fallas y así solucionar para la correcta operatividad de la camioneta Volkswagen Amarok 4x4 a 3850 msnm.</p> <p>Usando la instrumentación automotriz se pudo diagnosticar el funcionamiento de cada uno de los inyectores en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4.</p> <p>Mediante el protocolo de comunicación CR3000A-708 se logra la comunicación hombre maquina en la camioneta diésel Volkswagen Amarok 4X4.</p> <p>El uso del osciloscopio automotriz se pudo simular el desempeño de los principales sensores y actuadores, viéndolo en voltajes y señales en la camioneta Volkswagen Amarok 4x4.</p>	<p>Camioneta Volkswagen Amarok</p> <p>Inyectores piezoeléctricos Bosch 0445110369</p> <p>Banco de pruebas CR3000A – 708</p> <p>Pinza amperimétrica BRAIN BEE</p> <p>Osciloscopio HANTEK 1008C</p>	<p>Monitoreo de instrumentación automotriz</p> <p>Operatividad de los inyectores a 3450 msnm en la camioneta diésel Volkswagen Amarok 4x4.</p> <p>Interpretar protocolo CR3000A – 708</p> <p>Comunicación hombre maquina en la Unidad de control electrónica</p>	<p>Diseño cuasi Experimental</p>

Anexo 2. Panel fotográfico







Anexo 3. Validez de instrumentos

Características técnicas de la camioneta Volkswagen Amarok 4x4 año 2012

Categoría	N1 – CMTA PICKUP
Modelo	AMAROK 2.0 BITDI POWER PLUS 4x4
Marca	Volkswagen
Cilindraje	19681
Motor potencia máxima	4 cilindros de línea 4000 RPM
Numero de ejes	2
Tipo de combustible	Diesel

Especificaciones técnicas del banco CR3000A – 708

Unidad	Características
Tipo de accionamiento	Neumático
Lubricante	Viscor
Alimentación	110v
Presión de entrada	4 bar
Presión máxima de trabajo	800 bar
Tipo de inyectores	Piezoeléctricos /inductivos
Numero de cilindros	2
Numero de probetas	4
Strk	0 – 990
Tiempo de inyección	0.25 – 2(ms)
Peso	65 kg
Diámetro interno del cilindro de pulverización	80,70 mm

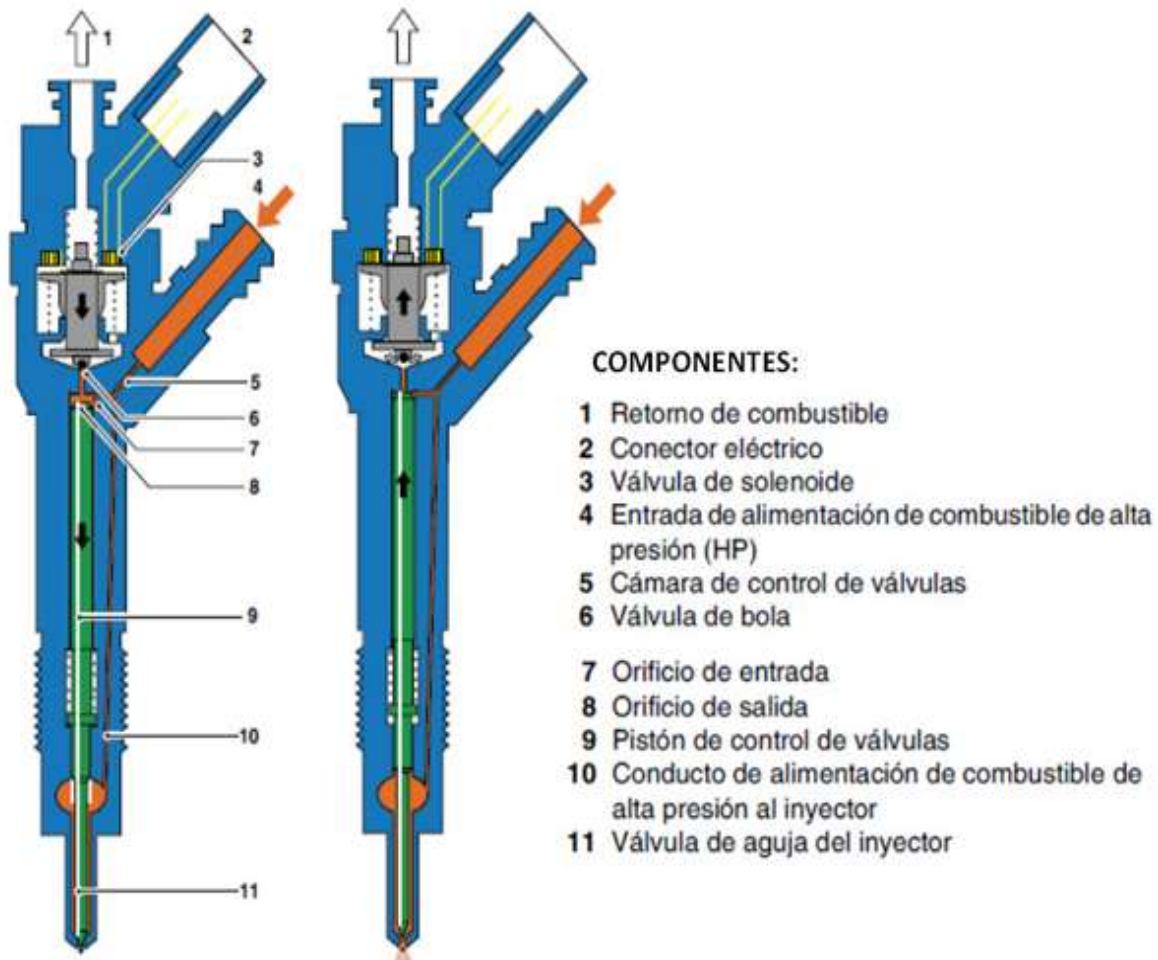
Características del osciloscopio Hantek 1008c

Unidad	Característica
Numero de canales	8 canales
Resolución	18 bits
Impedancia de entrada	1m
Rango de frecuencia	0-250 kHz
Alimentación	Conexión directa al computador
Acoplamiento de entrada	DC
Instalación	CD de instalación (software)
Interfaz	USB 2.0
Peso	350 g

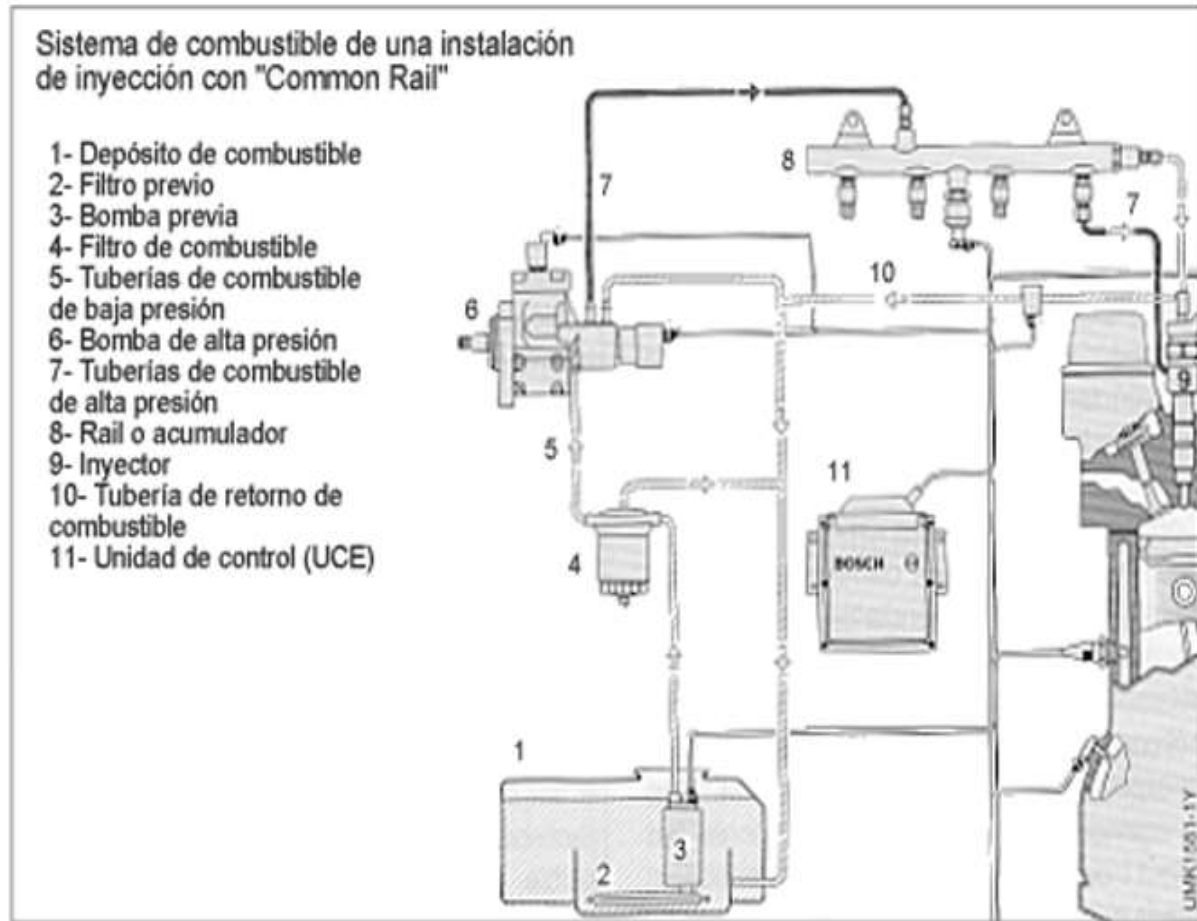
Características de la pinza amperimétrica

Unidad	Característica
Importe	60A Max AC/DC
Producción	10mV/A, 100mV/A
Voltaje MAX	240VAC/300VDC

Esquema inyectores piezoeléctrico



Esquema básico Cammon Rail





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 03 de septiembre 2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BREYAN ADELARDO ANCO CALLO

Dirección: PJE SAN PEDRO N° 138

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73771381

Teléfono: 916684967 email: brayan-ac@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LOS INYECTORES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK EN LA REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): VOLKSWAGEN AMAROK, INYECTORES ELECTRICOS

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Titulo
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21

Firma de Autor



huella digital

03 de Septiembre 2024

Fecha