

**REPARACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DEL
MOTOR TOYOTA 14B**

**YEISON ANDRES ARIAS LIZCANO
IVAN GONZALO GARCIA ANGEL
LUIS CARLOS TORRES TORRES**

**UNIVERSIDAD ECCI
INGENIERÍA MECÁNICA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ, D.C.
2022**

**REPARACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DEL
MOTOR TOYOTA 14B**

**YEISON ANDRES ARIAS LIZCANO
IVAN GONZALO GARCIA ANGEL
LUIS CARLOS TORRES TORRES**

**ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ MARTIN
MAGISTER EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**UNIVERSIDAD ECCI
INGENIERÍA MECÁNICA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTA, D.C.
2022**

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	11
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 Descripción del problema	11
1.2 Formulación del problema	12
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
3.1 Justificación	13
3.2 Delimitación.....	13
4. TIPO DE INVESTIGACIÓN	14
5. DISEÑO METODOLÓGICO	15
5.1 Análisis documental	15
5.2 Observación	15
5.3 Comprobación.....	15
5.4 Investigación-acción.....	15
6. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	16
6.1 Fuentes primarias	16
6.2 Fuentes secundarias	16
7. RECURSOS	17
7.1 Recursos financieros.....	17
7.2 Recursos materiales	18
7.3 Recursos humanos.....	18
7.4 Recursos tecnológicos.....	19
7.5 Recursos administrativos	19
8. CRONOGRAMA.....	20
CAPÍTULO II.....	21
9. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	21
9.1 Marco teórico.....	21
9.1.1 Depósito de combustible	22
9.1.2 Líneas de combustible	23
9.1.3 Bomba rotativa de embolo axial VE	23
9.1.4 Funciones de los grupos de componentes	25
9.2 Marco histórico	26

9.3	Marco legal	29
10.	PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS	29
10.1	Procedimiento	29
10.1.1	Recepción del motor.....	29
10.1.2	Prueba de opacidad.....	30
10.1.3	Inyectores	32
10.1.3.1	Desmante de inyectores	32
10.1.3.2	Pruebas diagnósticas inyectores.....	33
10.1.3.2.1	Prueba de presión de apertura.....	33
10.1.3.2.2	Prueba de retorno.....	35
10.1.3.2.3	Prueba de pulverización	36
10.1.3.2.4	Resultados pruebas inyectores	37
10.1.3.3	Inspección de componentes internos inyectores	37
10.1.3.3.1	Desensamble inyectores.....	37
10.1.3.3.2	Verificación tobera y aguja	42
10.1.3.4	Diagnostico inyectores	43
10.1.4	Bomba de inyección	44
10.1.4.1	Desmontaje bomba de inyección.....	44
10.1.4.2	Montaje y prueba en banco.	44
10.1.4.3	Desensamble de la bomba de inyección.....	54
10.1.4.4	Inspección de los componentes de la bomba	66
10.1.4.4.1	Cabezal de distribución	67
10.1.4.4.2	Válvula de suministro	68
10.1.4.4.3	Anillos y rodillos.....	70
10.1.4.4.4	Eje impulsor	71
10.1.4.4.5	Disco de levas.....	72
10.1.4.4.6	Contrapesos.....	74
10.1.4.4.7	Bomba de alimentación o levante.....	74
10.1.4.4.8	Anillo de rebose.....	75
10.1.4.4.9	Resorte del embolo distribuidor	76
10.1.4.4.10	Carcaza de la bomba.....	77
10.1.4.5	Diagnostico bomba de inyección.....	77
10.2	Resultados.....	79
11.	CONCLUSIONES	89
12.	ANEXOS	90
13.	BIBLIOGRAFÍA	91

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA VEHÍCULOS (PARDIJA, 2012).....	22
ILUSTRACIÓN 2. LÍNEA DE COMBUSTIBLE (PARDIJA, 2012).....	23
ILUSTRACIÓN 3. BOMBA VE (BOSCH , 2002).....	24
ILUSTRACIÓN 4. FUNCIONES DE LOS GRUPOS DE COMPONENTES (BOSCH , 2002).....	25
ILUSTRACIÓN 5. RECEPCIÓN Y VERIFICACIÓN DEL MOTOR (AUTORES, 2022).....	30
ILUSTRACIÓN 6. RESULTADOS OPACIDAD (PULIDO SEGURA, Y OTROS, 2022).....	31
ILUSTRACIÓN 7. INYECTORES DESMONTADOS (AUTORES, 2022)	32
ILUSTRACIÓN 8. MONTAJE DEL INYECTOR EN EL PROBADOR (AUTORES, 2022).....	33
ILUSTRACIÓN 9. COMBUSTIBLE EN EL DEPOSITO (AUTORES, 2022).....	34
ILUSTRACIÓN 10. PRESIÓN DE AIRE EN MANÓMETRO (AUTORES, 2022) ..	34
ILUSTRACIÓN 11. MANÓMETRO DE PRESIÓN (AUTORES, 2022).....	35
ILUSTRACIÓN 12. PRESIÓN DE APERTURA (AUTORES, 2022).....	35
ILUSTRACIÓN 13. PRUEBA DE GOTEO DE INYECTOR (AUTORES, 2022)	36
ILUSTRACIÓN 14. PRUEBA DE PULVERIZACIÓN (AUTORES, 2022).....	36
ILUSTRACIÓN 15. MONTAJE PARA DESENSAMBLAR LOS INYECTORES (AUTORES, 2022).....	38
ILUSTRACIÓN 16. DESAJUSTE TUERCA DE RETENCIÓN (AUTORES, 2022)	39
ILUSTRACIÓN 17. EXTRACCIÓN DEL RESORTE DE PRESIÓN (AUTORES, 2022).....	40
ILUSTRACIÓN 18. LIMPIEZA DE COMPONENTES (AUTORES, 2022)	41
ILUSTRACIÓN 19. DESPIECE INYECTORES (AUTORES, 2022)	41
ILUSTRACIÓN 20. COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE LA AGUJA (AUTORES, 2022).....	42
ILUSTRACIÓN 21. TOBERA Y AGUJA (AUTORES, 2022).....	43
ILUSTRACIÓN 22. BOMBA DE INYECCIÓN DISPUESTA EN EL BANCO DE PRUEBA (AUTORES, 2022).....	45
ILUSTRACIÓN 23. BANCO DE PRUEBA (AUTORES, 2022).....	45
ILUSTRACIÓN 24. ENTREGA DE COMBUSTIBLE (KARILLA, AICHI NIPONDENSO , 1995).....	50
ILUSTRACIÓN 25. PRESIÓN DE TRASFERENCIA. (KARILLA, AICHI NIPONDENSO , 1995).....	52
ILUSTRACIÓN 26. AVANCE DE INYECCIÓN. (KARILLA, AICHI NIPONDENSO , 1995).....	54

ILUSTRACIÓN 27. INICIO DESENSAMBLE DE LA BOMBA (AUTORES, 2022)	54
ILUSTRACIÓN 28. RETIRO DE TUERCA ALMENADA (AUTORES, 2022)	55
ILUSTRACIÓN 29. TAPA DEL GOBERNADOR (AUTORES, 2022)	56
ILUSTRACIÓN 30. GOBERNADOR (AUTORES, 2022)	56
ILUSTRACIÓN 31. DESCONEXIÓN DEL CABLE DEL SOLENOIDE (AUTORES, 2022)	57
ILUSTRACIÓN 32. TUERCA DEL EJE DE BLOQUEO (AUTORES, 2022)	57
ILUSTRACIÓN 33. DESENSAMBLE DE LA CABEZA DE DISTRIBUCIÓN (AUTORES, 2022)	58
ILUSTRACIÓN 34. BOMBA SIN CABEZAL (AUTORES, 2022)	59
ILUSTRACIÓN 35. DESENSAMBLE DE TORNILLOS ESPECIALES (AUTORES, 2022)	60
ILUSTRACIÓN 36. PALANCA DEL REGULADOR (AUTORES, 2022)	61
ILUSTRACIÓN 37. PLATO DE LEVAS (AUTORES, 2022)	62
ILUSTRACIÓN 38. ANILLO DE RODILLOS (AUTORES, 2022)	63
ILUSTRACIÓN 39. EJE CONDUCTOR (AUTORES, 2022)	64
ILUSTRACIÓN 40. DESENSAMBLE DEL AVANCE (AUTORES, 2022)	65
ILUSTRACIÓN 41. EMBOLO DEL AVANCE (AUTORES, 2022)	65
ILUSTRACIÓN 42. BOMBA DE LEVANTE (AUTORES, 2022)	66
ILUSTRACIÓN 43. EMBOLO DEL CABEZAL (AUTORES, 2022)	67
ILUSTRACIÓN 44. VERIFICACIÓN JUEGO LIBRE EMBOLO Y CABEZAL (AUTORES, 2022)	68
ILUSTRACIÓN 45. VÁLVULA DE SUMINISTRO (AUTORES, 2022)	69
ILUSTRACIÓN 46. ANILLOS Y RODILLOS (AUTORES, 2022)	70
ILUSTRACIÓN 47. VERIFICACIÓN ALTURA RODILLOS (AUTORES, 2022)	71
ILUSTRACIÓN 48. VERIFICACIÓN DEL ASIENTO DE LA CUÑA (AUTORES, 2022)	71
ILUSTRACIÓN 49. EJE DE MANDO (AUTORES, 2022)	72
ILUSTRACIÓN 50. DISCO DE LEVAS (AUTORES, 2022)	73
ILUSTRACIÓN 51. ALTURA DE LA LEVA DE LAMINILLA DE AJUSTE (AUTORES, 2022)	73
ILUSTRACIÓN 52. CONTRAPESOS (AUTORES, 2022)	74
ILUSTRACIÓN 53. BOMBA DE ALIMENTACIÓN O LEVANTE (AUTORES, 2022)	75
ILUSTRACIÓN 54. ANILLO DE REBOSE (AUTORES, 2022)	75
ILUSTRACIÓN 55. RESORTE DEL EMBOLO DISTRIBUIDOR (AUTORES, 2022)	76
ILUSTRACIÓN 56. REVISIÓN DE LA RECTITUD DEL RESORTE (AUTORES, 2022)	76
ILUSTRACIÓN 57. JUEGO AXIAL ENTRE CARCASA Y EJE DE MANDO (AUTORES, 2022)	77

<i>ILUSTRACIÓN 58. EQUIPO OPACÍMETRO. (PULIDO SEGURA, Y OTROS, 2022)</i>	86
<i>ILUSTRACIÓN 59. VALORES FINALES DE OPACIDAD. (PULIDO SEGURA, Y OTROS, 2022)</i>	87

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RECURSOS FINANCIEROS (AUTORES, 2022)	17
TABLA 2. RECURSOS MATERIALES (AUTORES, 2022).....	18
TABLA 3. RECURSOS HUMANOS (AUTORES, 2022)	19
TABLA 4. PROYECTOS A FINES (AUTORES, 2022).....	28
TABLA 5. RESULTADOS PRUEBA DIAGNÓSTICA DE INYECTORES (AUTORES, 2022).....	37
TABLA 6. COMPROBACIONES BÁSICAS BOMBA INYECCIÓN TOYOTA 14B (KARILLA, AICHI NIPONDENSO , 1995).....	46
TABLA 7. RESULTADOS PRUEBA DINÁMICA EN EL BANCO DE PRUEBA (AUTORES, 2022).....	48
TABLA 8 RESULTADOS CALIBRACIÓN DE INYECTORES. (AUTORES, 2022)	79
TABLA 9. TABLA COMPARATIVA. (AUTORES, 2022)	82

LISTA DE ANEXOS

1. Manual de servicio Denso
2. Ficha Técnica Bomba de inyección
3. Manual se servicio motor Toyota 14B

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1. RPM VS ENTREGA (AUTORES, 2022)	49
GRAFICA 2. RPM VS PRESIÓN DE TRASFERENCIA. (AUTORES, 2022)	51
GRAFICA 3. RPM VS AVANCE. (AUTORES, 2022)	53
GRAFICA 4. RPM VS ENTREGA. (AUTORES, 2022)	83
GRAFICA 5. AVANCE VS RPM (AUTORES, 2022)	84
GRAFICA 6. RPM VS PRESIÓN TRASFERENCIA. (AUTORES, 2022)	85

CAPÍTULO I

REPARACION Y PUESTA APUNTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DEL MOTOR 14B

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Se muestra que la educación mejora significativamente cuando se acompaña de herramientas que se encuentren en buen estado y estén direccionadas hacia las prácticas según la teoría vista en cátedra, logrando que el estudiante logre ser competente debido a su conocimiento teórico y práctico.

Los laboratorios de tecnología en mecánica automotriz de la universidad ECCI debido al alto volumen de estudiantes en las asignaturas específicas tecnológicas evidencian deterioro de las herramientas de enseñanza como lo son los motores de combustión interna para prácticas de ajuste de motores y laboratorio diésel, esto genera que los estudiantes no tengan un mismo nivel de apropiación del conocimiento, debido a que el número de estudiantes por herramienta de enseñanza es elevado y esto implica que no se pongan en práctica los conocimientos adquiridos durante las clases teóricas.

Una forma para llegar a reducir esta problemática es la implementación de proyectos educativos donde los estudiantes generen la mejora de las ayudas didácticas, esto permitiría que se ponga en práctica todos los conocimientos adquiridos durante su proceso de formación y así fortalecer las competencias

requeridas en el mercado laboral.

1.2 Formulación del problema

Mediante un proyecto educativo en el cual los estudiantes realicen la mejora de una de las herramientas de ayuda a la enseñanza del laboratorio diésel de la Universidad ECCL, ¿Se logrará mejorar las condiciones del laboratorio y la apropiación de los conocimientos adquiridos durante la formación de los estudiantes, con la reparación del sistema de inyección del motor Toyota 14B?

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Objetivo general

Lograr la puesta a punto del sistema de inyección del motor Toyota 14B, verificando su funcionamiento, con base a la especificación del fabricante y ejecutando las reparaciones necesarias.

2.2 Objetivos específicos

- Efectuar un dictamen del estado actual del sistema de inyección del motor Toyota 14B.
- Hacer la comprobación de tolerancias y medidas del sistema de inyección del motor Toyota 14B.
- Ejecutar la reparación y puesta a punto del sistema de inyección del motor Toyota 14B.

3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Justificación

Por medio de este proyecto se va a recuperar una herramienta de enseñanza que estaba en proceso para darle de baja, la cual es el motor Toyota 14B ubicado en el aula de laboratorio diésel de la Universidad ECCI.

Gracias a este proyecto se va a tener una herramienta más en el aula para la disposición de la universidad y próximos alumnos, mejorando así su experiencia en la asignatura; los participantes de este proyecto consolidarán sus conocimientos teóricos adquiridos durante las cátedras gracias a la experiencia adquirida en el proceso.

3.2 Delimitación

La dedicación para el desarrollo de este proyecto se estima en un tiempo estimado de 250 horas para lo que tiene que ver con la reparación del sistema de inyección y la redacción del documento de monografía, se llevará a cabo entre las fechas 3 al 28 de junio, y posteriormente en los meses de julio y agosto para la redacción del documento, el desarrollo del proyecto se dará en las instalaciones de la universidad, para la verificación y reparación del sistema de inyección se utilizarán los equipos disponibles en el aula de laboratorio diésel 1009 , contando con la asesoría del profesor ARMANDO HERNANDEZ, todo esto logrado con un presupuesto de \$2.500.000 aproximadamente.

4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Dado que se busca documentar el proceso de reparación y puesta a punto del sistema de inyección del motor Toyota 14b mediante el uso de información contenida en documentos establecidos como lo son: manual de servicio del vehículo, ficha técnica de la bomba de inyección y conocimientos adquiridos en el proceso de formación en el programa tecnológico en mecánica automotriz impartida por la universidad ECCI, el siguiente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico de tipo documental y de campo.

La investigación de tipo documental es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, manuales, etc.).

Un tipo específico de investigación documental es la investigación secundaria, dentro de la cual podremos incluir a la investigación bibliográfica y toda la tipología de revisiones existentes (revisiones narrativas, revisión de evidencias, meta-análisis. (Rodríguez, 2016)

La investigación de campo es el proceso de recolección de datos nuevos utilizando fuentes primarias para un objetivo específico. La investigación de campo es de gran utilidad para obtener información cualitativa a través de la observación, comprensión e interacción con el objeto en estudio.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se plantearon cuatro estadios que son:

5.1 Análisis documental

Esta es la fase en la cual se dispone a la búsqueda de artículos técnicos. la información para la puesta a punto del sistema de inyección.

5.2 Observación

En esta fase se dispone un diagnóstico visual del sistema de inyección montado en el motor, facilidad de encendido, pérdidas de potencia y gases emitidos.

5.3 Comprobación

En esta fase se dispone a realizar la verificación de medidas del servicio de los componentes del sistema de inyección por medio de los equipos especializados ubicados en el aula 1009j de la universidad ECCI.

5.4 Investigación-acción

En esta fase se dispone a recopilar. logrando así que las medidas de los componentes estén dentro de los límites de servicio especificados por el fabricante.

6. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

A continuación, se menciona las diferentes fuentes de investigación que se pretenden usar para la elaboración del proyecto:

6.1 Fuentes primarias

Como fuentes de información primarias para el desarrollo de este proyecto se cuenta, con la asesoría del profesor Armando Hernández, el encargado del aula 1009J, la universidad ECCI, la cual nos facilita las herramientas e instalaciones para el desarrollo del proyecto.

6.2 Fuentes secundarias

Como fuentes de información secundarias se cuenta con la biblioteca de la universidad ECCI, la cual cuenta con una serie de herramientas de búsqueda de información como lo son: los libros por suscripción, bases de datos por suscripción, revistas digitales, repositorios y convenios con interbibliotecarios.

7. RECURSOS

Para la realización de este proyecto se pretende contar con los siguientes recursos

7.1 Recursos financieros

Para la realización de este proyecto se pretende contar con los siguientes recursos financieros con el fin de poderlo llevar a cabo:

RECURSO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
Puntas de Inyección	Tobera, agujas, resortes, shims	\$ 800.000
Empaquetadura	O-rings retenedores, sellos	\$ 400.000
Elementos bomba	Partes internas de la bomba	\$ 1.300.000
Papelería	Proyecto en físico	\$ 150.000
Transporte	Cotización y compra de repuestos	\$ 150.000
Imprevistos	Gastos generados por emergencia sanitaria COVID 19	\$ 200.000
		\$ 3.000.000

Tabla 1. Recursos financieros (autores, 2022)

7.2 Recursos materiales

Para realizar las pruebas que se establecen dentro del proyecto es necesario contar con los siguientes recursos indispensables:

Descripción del equipo	Propósito fundamental del equipo en el trabajo	Actividades en las cuales se utiliza primordialmente	Costo miles de pesos			
			Importancia	Local	Arrendada	Propria
Planta física laboratorio diésel	Brindar locación para el desarrollo del proyectó	Todas	Alta			
Banco de pruebas	Calibración y puesta a punto de bomba de inyección	Verificar y puesta apunto	Alta			
Probador de inyectores	Calibración y puesta a punto de inyectores	Verificar y puesta apunto	Alta			
Herramientas de mano	Ensamble y desensamble del sistema de inyección	Todas	Alta			
Compresor de aire	Limpieza de las piezas	Todas	Alta			

Tabla 2. Recursos Materiales (autores, 2022)

7.3 Recursos humanos

Para la elaboración del proyecto se hace necesario contar con recursos humanos que se encargaran de llevar a cabo el proyecto.

Nombres y apellidos	Profesión básica	Función básica dentro del proyecto	Dedicación horas/semana	Duración
Yeison Andrés Arias Lizcano	Tecnólogo	Investigador	25 horas/semana	250 horas
Ivan Gonzalo Garcia Ángel	Tecnólogo	Investigador	25 horas/semana	250 horas
Luis Carlos Torres Torres	Tecnólogo	Investigador	25 horas/semana	250 horas
Armando Hernández Alfredo	Docente	Asesor	25 horas/semana	250 horas

Tabla 3. Recursos humanos (autores, 2022)

7.4 Recursos tecnológicos

Para la realización de este proyecto se hacen necesarios los siguientes conocimientos técnicos para la elaboración de este:

Conocimiento acerca de la norma colombiana de emisiones contaminantes.

Conocimiento técnico acerca de la realización de la prueba de emisiones.

7.5 Recursos administrativos

Para la elaboración del proyecto es importante el apoyo de la universidad al brindar los espacios para la elaboración de las prácticas y la sustentación del proyecto.

8. CRONOGRAMA

MES	MAYO-JULIO	AGOSTO														SEPTIEMBRE					2019-2020	2022						JULIO			
ACTIVIDADES	1 AL 30	12	13	14	15	16	20	21	22	23	26	27	28	29	30	2	3	4	5	6	9 AL 13	2021	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN			
Redacción y aprobación del Anteproyecto	█																														
Reconocimiento y encendido del motor		█																													
Desmontaje del sistema de inyección		█	█																												
Pruebas de funcionamiento en el banco			█	█																											
Toma de medidas de los componentes del sistema de inyección						█	█																								
Diagnostico							█																								
Cotización de repuestos								█	█																						
Compra de repuestos									█	█	█																				
ensamble										█	█	█	█																		
Pruebas de funcionamiento en el banco											█	█																			
Montaje del sistema de inyección												█	█																		
Pruebas de funcionamiento en motor y puesta a punto													█	█																	
Entrega del motor																					█										
Pandemia																						█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Redacción																							█	█	█	█	█	█	█	█	█
Monografía de grado																							█	█	█	█	█	█	█	█	█

CAPÍTULO II

9. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

9.1 Marco teórico

Para el desarrollo del presente proyecto se deben tener como referencia de conceptos básicos del funcionamiento de un sistema de inyección mecánica para motores diésel.

Un sistema de inyección mecánica para motores diésel está compuesto por los siguientes elementos:

Tanque

líneas de combustibles

Bomba de levante

Filtros de combustible

Bomba de transferencia

Bomba de alta presión

Tubería

Bujías de precalentamiento

Inyectores

El sistema de inyección es el encargado de alimentar el motor Diésel de combustible, para llevar el combustible desde el tanque hasta la cámara de combustión, interactúan todos elementos que componen el sistema de la siguiente manera:

9.1.1 Depósito de combustible

Como su nombre lo describe es el encargado de contener el combustible en este caso el diésel y/o ACPM, es de gran importancia ya que su tamaño nos puede dar una buena autonomía fabricado en materiales resistentes como plástico y aceros.

En la **Ilustración 1**. Se puede observar un tanque de fabricación común para automotores en metal.



Ilustración 1. Tanque de combustible para vehículos (Pardija, 2012)

9.1.2 Líneas de combustible

Son los conductos empleados para trasladar el combustible a todo el circuito de suministro de combustible. **En la Ilustración 2.** Se aprecian algunas de las más usadas.



Ilustración 2. Línea de combustible (Pardija, 2012)

9.1.3 Bomba rotativa de embolo axial VE

La Bomba VE la cual consta de varios sistemas integrados en su carcasa, nuevos componentes se agregaron a su sistema básico a lo largo del tiempo, con la finalidad de mejorar el torque, reducir la emisión de contaminantes, hacer más eficiente el arranque en frío y garantizar más seguridad. Esos factores dependen de la aplicación o hasta incluso del país donde el vehículo será utilizado.

En la **Ilustración 3.** Se puede observar una bomba de inyección Diesel del tipo ve.

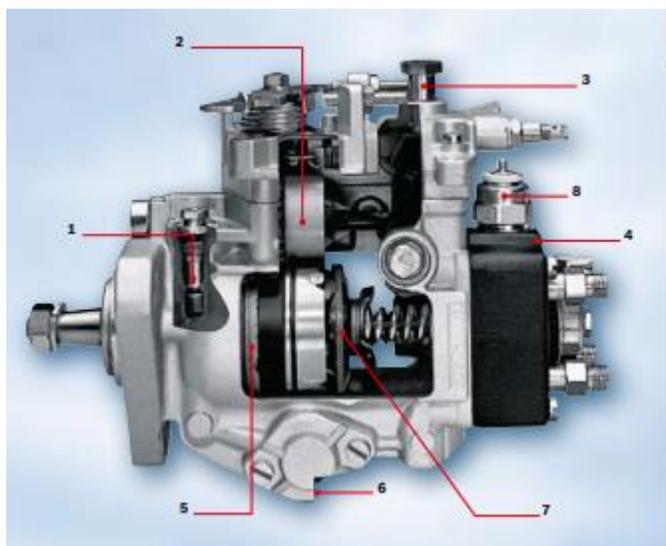


Ilustración 3. Bomba VE (BOSCH , 2002)

1. Válvula reguladora de presión
2. Grupo del regulador
3. Estrangulador
4. Cuerpo del distribuidor con bomba de alta presión
5. Bomba de alimentación
6. Regulador de inyección
7. Disco de levas
8. Válvula electromagnética de parada (ELAB)

9.1.4 Funciones de los grupos de componentes

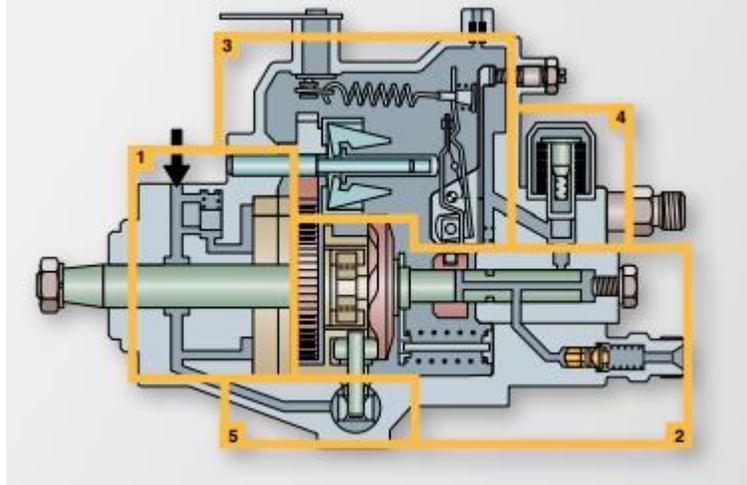


Ilustración 4. Funciones de los grupos de componentes (BOSCH , 2002)

- Bomba de alimentación con válvula reguladora de presión: aspira combustible y produce presión en la cámara interna de la bomba
- Bomba de alta presión con distribuidor: produce presión de inyección, alimenta y distribuye combustible
- Regulador mecánico de rotación: efectúa la regulación de la rotación, modifica el volumen de débito por medio del dispositivo de regulación en el rango de regulación
- Válvula electromagnética de parada (ELAB): interrumpe el débito de combustible
- Avance de inyección: regula el inicio de la inyección dependiendo de la rotación y, en parte, de la carga.

9.2 Marco histórico

Black Mistress. Ese era el mote privado con el que Rudolf Diesel se solía referir al proyecto que acaparó gran parte de su vida y que, en cierto modo, acabó matándolo la noche del 29 al 30 de septiembre de 1913. Endeudado, deprimido y asediado por recurrentes jaquecas, Rudolf saltó por la borda de un barco a medio camino entre Inglaterra y Holanda. (sauras, 2017)

Rudolf Diesel durante el proceso de desarrollo del motor diésel, sufrió varios accidentes en los cuales casi pierde la vida, algunos de ellos son relatado a continuación: En 1888, estuvo a punto de morir asfixiado mientras trataba de emplear amoniaco como combustible, durante la primera demostración pública de su motor, estuvo a punto de perder la cabeza –literalmente– cuando, tras algo más de un minuto de funcionamiento, el prototipo estalló debido a la alta presión generada en la cámara de combustión, en esta prueba se demostró el gran potencial que tenía este tipo de motor . Poco antes de suicidarse, Rudolf escribió: estoy convencido de que, tarde o temprano, mi motor propulsará al automóvil y podré dar por terminada mi misión en esta vida. (sauras, 2017)

El sistema clásico de alimentación de los motores diésel habían sido las bombas lineales, en su mayoría de los vehículos pesados a los semipesados; luego de más tiempo de investigación y desarrollo se introducen las bombas rotativas de émbolos radiales y de émbolo axial tipo ve, las cuales permiten aumentar rango de rpm en motor lo cual género que pudiese ser más ágil y comparados motores que usaban bombas lineales. Con la llega de la electrónica las bombas lineales o rotativas han sido ampliamente superadas en potencia, consumos y emisiones contaminantes, debido a los sistemas de gestión electrónica que tienes estas bombas rotativas, las cuáles cuentan con control electrónico de avance a la inyección, de caudal de inyección o ambos al mismo tiempo, a su vez han desarrollado capacidad de

suministrar presiones de inyección más elevadas. (Cifuentes Erazo, y otros, 2014)

En el siguiente cuadro se relacionan proyectos, los cuales está en la misma dirección del presente documento, los cuales han brindado información y orientación para el desarrollo del presente proyecto

TITULO PROYECTO	INSTITUCIÓN	AÑO	OBJETIVO GENERAL
Sistemas de inyección en motores Diesel	Universidad de Sevilla	2014	Este trabajo se circunscribe en este contexto y trata de completar e integrar la formación del autor en este campo, por tanto, no trata de presentar nada nuevo si no muestra de manera estructurada los sistemas de inyección de los motores Diesel recopilando lo publicado en distintas referencias bibliográficas e integrándolo en un cuerpo de doctrina con un hilo conductor .
Mantenimiento a motores a Diesel	Universidad tecnológica del sur del estado de México	2013	Que cada empleado conozca que debe hacer en dado caso de que el motor presente una falla y así tratar de darle un mantenimiento correctivo y que también conozca que si se le hace un mantenimiento preventivo hay menos probabilidad que la maquina tarde más en descompensarse.
Repotenciación de un motor Diesel e implementación a un banco didáctico para el laboratorio de motores de la escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH	Escuela superior politécnica de Chimborazo	2014	Repotenciar un motor Diesel e implementarlo a un banco didáctico para el laboratorio de motores de la escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH

Ajuste del sistema auxiliar convencional para optimizar el rendimiento volumétrico en motores Diesel sobre 298 kW	Universidad nacional del centro de Perú	2010	Ajustar los parámetros principales de los sistemas auxiliares para optimizar la variación del rendimiento volumétrico en motores Diesel sobre 298 kW
Empleo de la regulación de la presión inicial de inyección para mejorar los índices económicos de los motores Diesel automotrices en los regímenes de vacío y de cargas parciales	Universidad Nacional	1999	Demostrar experimentalmente que el método de regulación de la presión inicial en la línea de alta presión (desde de la de alimentación o baja presión) es el método más simple y efectivo para mejorar los índices económicos y parámetros efectivos de los motores Diesel con sistema de inyección de tipo separado en los regímenes de cargas parciales y de vacío.

Tabla 4. Proyectos a fines (autores, 2022)

9.3 Marco legal

Para el control de emisiones se encuentran las siguientes normas colombianas:

Norma técnica colombiana NTC 5375

“Revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores” (ICONTEC, 2012)

Norma técnica colombiana NTC 4231

“procedimientos de evaluación y características de los equipos de flujo parcial necesarios para medir las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con ciclo diésel. Método de aceleración libre” (ICONTEC, 2012)

Resolución 1111 de 2013 que modifica la norma 910 de 2008, donde especifica en su artículo cuarto, límites máximos de emisión permisibles para vehículos diésel. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2013)

10. PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

10.1 Procedimiento

10.1.1 Recepción del motor.

Se recibe el motor Toyota 14B, el cual está ubicado en el aula de laboratorio Diesel, este es un motor de cuatro cilindros y ocho válvulas de árbol a la cabeza, el cual nos cubica 3660 cm³, entrega 113 hp a 3400 rpm y un toque máximo de 265 Nm a 2000 rpm, el cual se podría encontrar el los modelos de Toyota utilitarios como el Toyota Dina y el Toyoace.

Se inicia realizando una verificación visual a los componentes del sistema de inyección, se enciende el motor para verificar el estado en que se encuentra, se evidencia que el motor presento dificultad para el encendido, pequeñas fugas de combustible, por las líneas de alimentación de los inyectores, humo negro excesivo en el escape e inestabilidad en marcha mínima.



Ilustración 5. Recepción y verificación del motor (autores, 2022)

10.1.2 Prueba de opacidad

Antes de proceder a realizar el desensamble del sistema de inyección, se procede a realizar prueba de opacidad según lo descrito en el numeral 9.3.2.2. (ICONTEC, 2012), en la cual se encontraron los siguientes resultados.

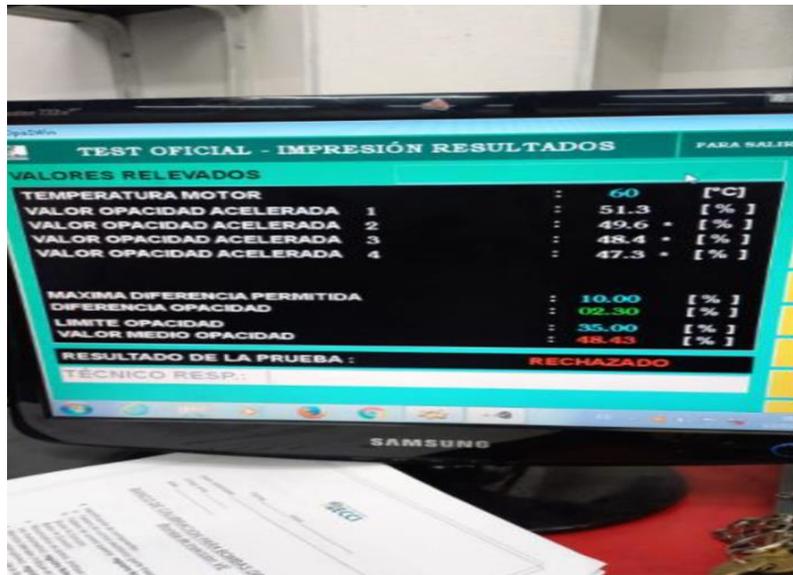


Ilustración 6. Resultados opacidad (Pulido Segura, y otros, 2022)

- Temperatura para la prueba 60° C+
- Primera aceleración 51.3 %
- Segunda aceleración 49.6 %
- Tercera aceleración 48.4 %
- Cuarta aceleración 47.3 %
- Límite de opacidad 35%
- Valor medio 48.43%

De lo anterior se evidencia que esta 13.43% por encima del límite máximo permitido según la resolución 910 de 2008 (35%), lo que es una razón válida para realizar una revisión del sistema de inyección.

10.1.3 Inyectores

10.1.3.1 Desmonte de inyectores

Líneas de inyección - retirada

Aflojar las tuercas de las uniones de las líneas de combustible.

Retire los 3 tornillos de las sujeciones de las líneas de combustible.

Líneas de retorno - retirada

Desconecte la manguera de la línea de retorno del combustible.

Retire los pernos huecos y los 8 empaques.

Inyectores - retirada

Marque cada uno de los inyectores para saber su orden.

Retire los 2 pernos, la boquilla, el anillo de empaque y el asiento.

Retire los 4 inyectores.



Ilustración 7. Inyectores desmontados (autores, 2022)

10.1.3.2 Pruebas diagnósticas inyectoros

10.1.3.2.1 Prueba de presión de apertura

- Realice el montaje del inyector en el probador manual.



Ilustración 8. Montaje del inyector en el probador (autores, 2022)

- Verifique que hay combustible en el depósito.



Ilustración 9. Combustible en el deposito (autores, 2022)

- Purgue el aire por la tuerca de unión.



Ilustración 10. Presión de aire en manómetro (autores, 2022)

ADVERTENCIA

Por ningún motivo coloque la mano o los dedos en el orificio de inyección para evitar accidentes

- Accione la bomba mediante la palanca lo más rápido posible para limpiar el carbón o sedimento que se encuentre en la punta de la boquilla.
- Accione nuevamente la bomba mediante la palanca, con un movimiento continuo y suave, tome nota de la presión de apertura registrada cuando empieza a caer.



Ilustración 11. Manómetro de presión (autores, 2022)

10.1.3.2.2 Prueba de retorno

- Mantenga la presión aproximadamente entre 142 y 284 PSI y verifique que no haya goteo por la boquilla o por el cuerpo del inyector manteniendo esta presión Durante 10 segundos.



Ilustración 12. Presión de apertura (autores, 2022)



Ilustración 13. Prueba de goteo de inyector (autores, 2022)

10.1.3.2.3 Prueba de pulverización

- La boquilla de inyección debe abrir a una velocidad de bombeo de 15 a 60 veces (boquilla antigua) y de 30 a 60 veces (boquilla nueva) por minuto.
- Chequee el patrón de pulverización durante la apertura.

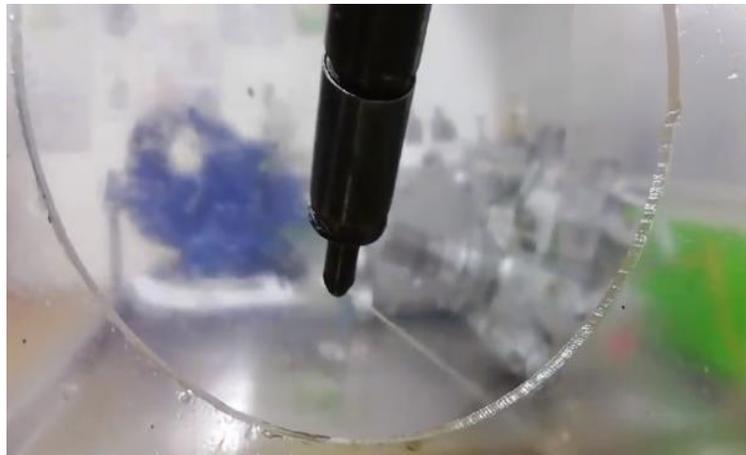


Ilustración 14. Prueba de pulverización (autores, 2022)

NOTA

**Si el patrón de rociado no es correcto la boquilla debe limpiarse o
reemplazarse.**

- Repita para el resto de los inyectores.

10.1.3.2.4 Resultados pruebas inyectores

INYECTOR	PRESIÓN DE APERTURA	RETORNO	FUGAS	PULVERIZACION
1	2755 PSI	Malo	SI	NO
2	No hay	Malo	Si	NO
3	3000 PSI	Malo	Si	NO
4	3200 PSI	Malo	Si	NO

Tabla 5. Resultados prueba diagnóstica de inyectores (autores, 2022)

10.1.3.3 Inspección de componentes internos inyectores

10.1.3.3.1 Desensamble inyectores

Luego de realizar la prueba de los inyectores en el banco de prueba, se procede a realizar el desensamble de los inyectores, para verificar los componentes de estos.



Ilustración 15. Montaje para desensamblar los inyectores (autores, 2022)

- Con una copa # 14 mm desenrosque la tuerca de retención del soporte de la horquilla.



Ilustración 16. Desajuste tuerca de retención (autores, 2022)

NOTA

Tenga sumo cuidado al desensamblar y no deje caer ningún elemento interno del inyector.

- Retire el resorte de presión, cuña de ajuste, pasador de presión.



Ilustración 17. Extracción del resorte de presión (autores, 2022)

- Lave la boquilla con un cepillo y limpiador para partes Diesel.

NOTA

No toque las superficies de contacto de la boquilla con los dedos.

- Retire el carbón adherido a la punta de la boquilla.
- Use un cepillo y remueva el carbón en el exterior del cuerpo del inyector.



Ilustración 18. Limpieza de componentes (autores, 2022)



Ilustración 19. Despiece inyectores (autores, 2022)

10.1.3.3.2 Verificación tobera y aguja

- Verifique el cuerpo del inyector en busca de quemaduras o corrosión.
- Verifique la aguja del inyector en busca de daños o corrosión; Si hay presencia de alguna de estas remplace.



Ilustración 20. Comprobación del estado de la aguja (autores, 2022)

- Lave la boquilla con combustible limpio.
- Inclíne el inyector a 60 grados, extraiga la aguja, extraiga 1/3 de su longitud y suéltela, esta debe introducirse fácilmente por su propio peso, repita la prueba después de girar la aguja ligeramente.



Ilustración 21. Tobera y aguja (autores, 2022)

10.1.3.4 Diagnostico inyector

Al llevar a cabo las diferentes pruebas y verificaciones que con antelación se describieron en los numerales (10.1.2.2 y 10.1.2.3) sumándose a estas los datos recolectados en las pruebas los cuales están consignado en la tabla 6; se evidencia en la inspección visual, que los cuerpos, tuercas de retención y roscados no presentan desgastes ni defectos que alteren el funcionamiento de los inyectores.

Al verificar los componentes internos se evidencia que los resortes de presión, cuñas de ajuste y pasadores de presión no presentan desviaciones ni roturas.

Se realiza inspección visual de las toberas y agujas, se evidencia que las superficies de las agujas presentan desgaste, esto genera falta de movimiento libre de la aguja entre la tobera, por lo tanto, no cumplen con la prueba de hundimiento, por lo cual se deben sustituir por unas nuevas; esto demuestra la relación directa que tienen estas piezas, con tolerancias muy pequeñas, intervienen con el funcionamiento de

los inyectores, lo cual se evidencia en los resultados de las pruebas de apertura, pulverización y retorno cuyos datos están consignados en la (Tabla 7).

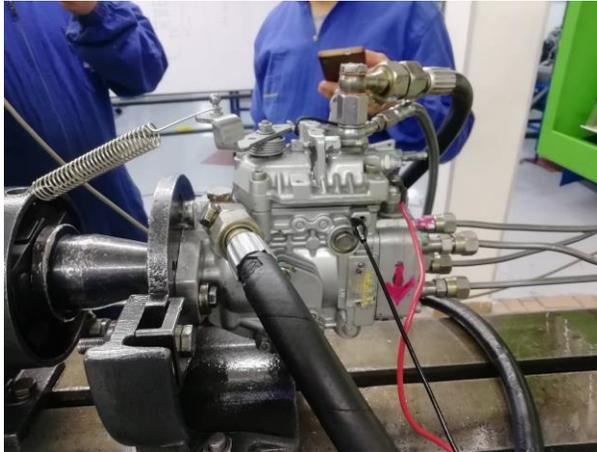
10.1.4 Bomba de inyección

10.1.4.1 Desmontaje bomba de inyección

- Retire las líneas de combustible.
- Retire la biela del acelerador.
- Retire el cable (guaya) del acelerador.
- Retire la manguera del retorno del combustible.
- Retire la tubería de derivación de agua junto con su manguera.
- Suelte los cuatro pernos que sostienen la bomba de inyección al bloque.
- Antes de retirar la bomba de inyección verifique si las marcas están alineadas, de no ser así marque para su posterior instalación.
- Retire las dos tuercas y la bomba de inyección.
- Retire la junta tórica (o-ring) de la brida de la bomba de inyección.

10.1.4.2 Montaje y prueba en banco.

Se realiza el montaje de la bomba de inyección en el banco de prueba Bosch, para realizar comprobaciones básicas de funcionamiento, las cuales esta especificadas en la tabla 8.



***Ilustración 22. Bomba de inyección dispuesta en el banco de prueba
(autores, 2022)***



Ilustración 23. Banco de prueba (autores, 2022)

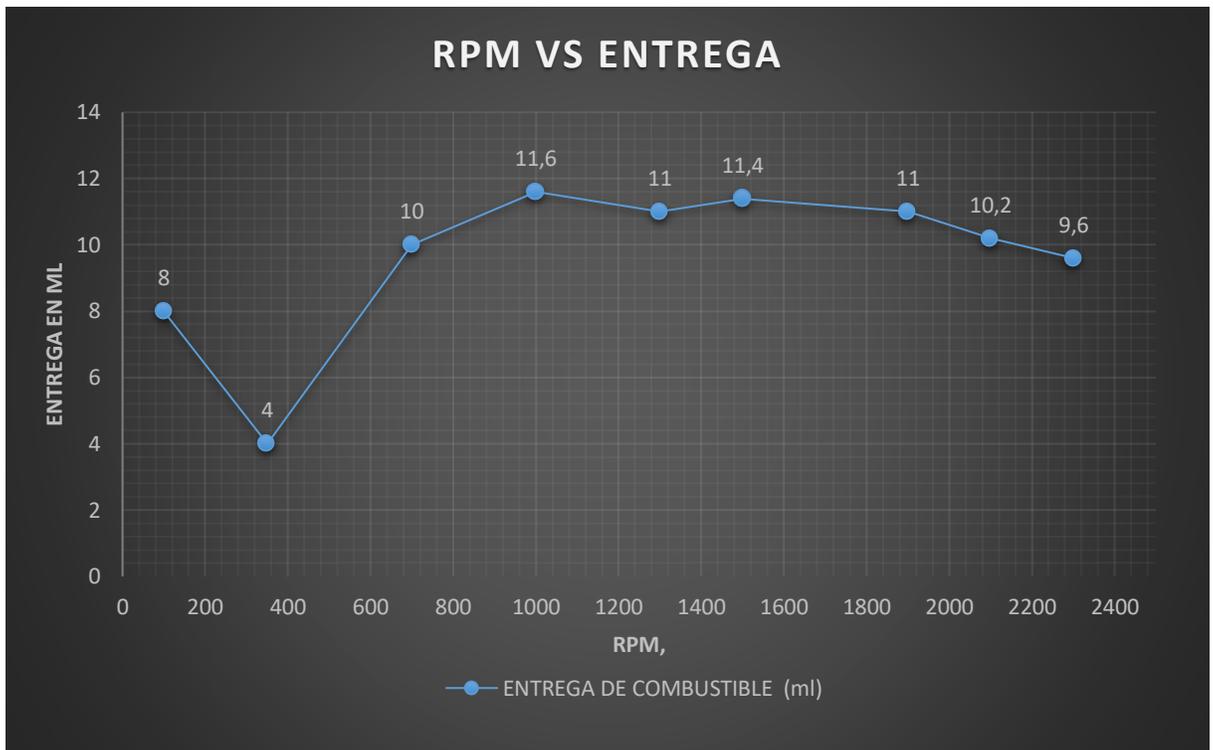
Cuadro de comprobaciones básicas		
Prueba	RPM	parámetro
Presión	1600	6.5kg/cm
Avance	1400	3mm
Consumo	1100	15 cc/200 str
Minima	375	9.5cc/500 str
Alta	2675	4cc/200 str
Cabezote	100	20 cc/200 str

***Tabla 6. Comprobaciones básicas Bomba inyección Toyota 14B
(Karilla, Aichi Nipondenso , 1995)***

PRUEBA A REALIZAR	PARÁMETRO DE MANUAL	MEDIDA ENCONTRADA
entrega de combustible en arranque 100 rpm/ 100 inyecciones	>8 ml en promedio	8 ml
entrega de combustible en mínima 350 rpm/100 inyecciones	1,8 ml a 2,5 ml en promedio	4ml
entrega de combustible en alta 1100 rpm/ 200 inyecciones "nota: se prueba con la palanca de aceleración en posición totalmente accionada"	10 ml a 11 ml en promedio	23,2 ml
corte en baja 100 rpm/ 200 inyecciones "se prueba con la palanca de aceleración en posición totalmente cerrada"	verificar que evidencie ausencia de inyección de combustible	a 500 rpm se evidencia que se realiza el corte de combustible
corte en alta 1500 rpm/ 200 inyecciones "nota: se prueba con la palanca de aceleración en posición totalmente accionada e ir aumentando revoluciones"	corte de inyección de combustible entre 2000 y 2200 rpm	en 2350 rpm se evidencio corte de inyección

para verificar corte"		
avance y presión de transferencia "100 Rpm /200 inyecciones	presión de transferencia por encima de 0 psi y evidenciar movimiento en la herramienta de visualización del banco de calibración	presión 30 psi avance aproximadamente se mueve y cero avances marcas de la escala

Tabla 7. Resultados prueba dinámica en el banco de prueba (autores, 2022)



Grafica 1. Rpm vs Entrega (autores, 2022)

En la (gráfica 1) Se observa el comportamiento de la entrega de combustible en función del rpm, esta grafica demuestra que hay problemas en el la entrega de combustible a lo largo de casi todas las rpms y no se está realiza el corte en altas , ya que la mayor entrega de combustible se debe hacer en el arranque es decir a bajas rpm y en el rango medio debe disminuir, dependiendo de la carga que se le aplique al motor, hasta llegar al corte en altas en carga completa. tal como lo podemos ver en la ilustración 24 .

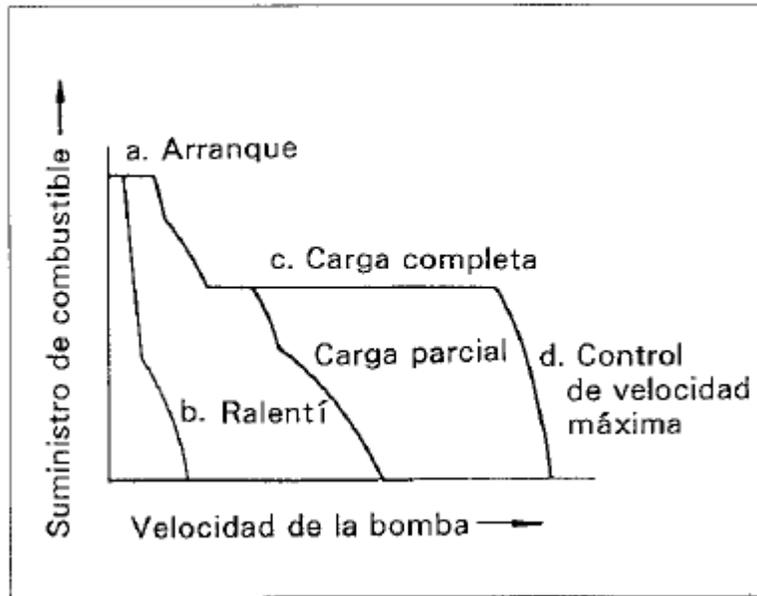
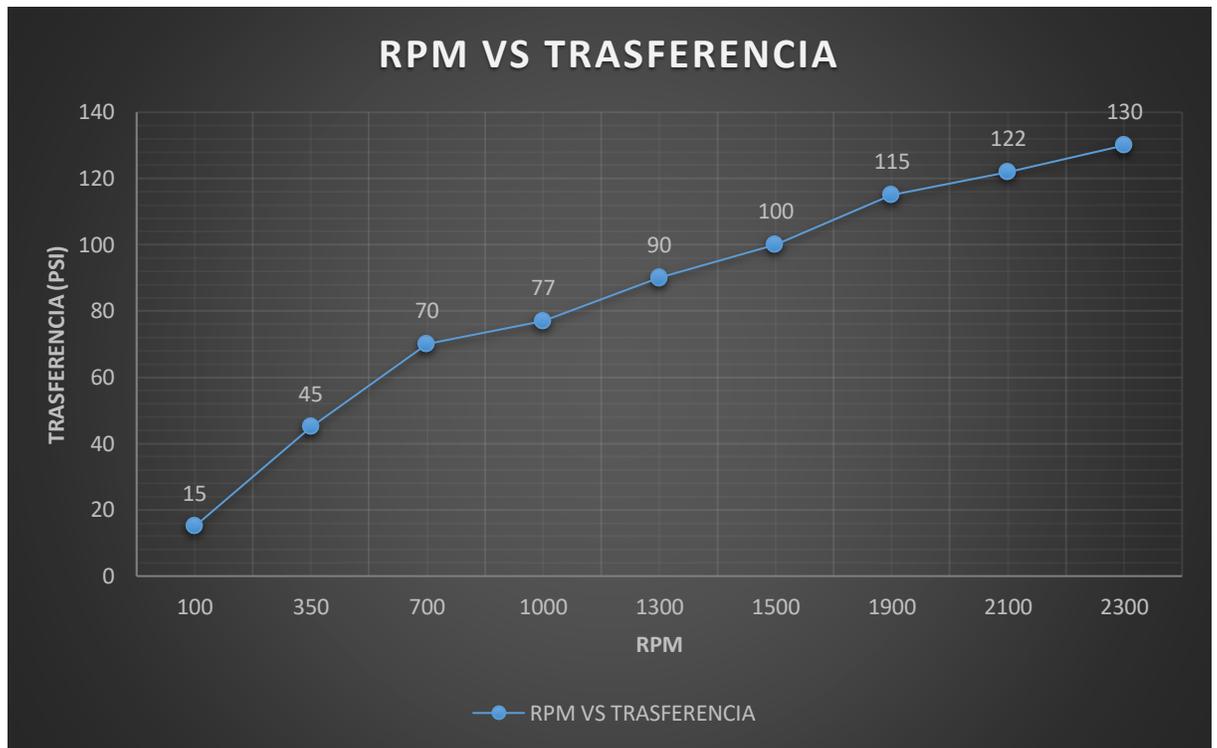


Ilustración 24. Entrega de combustible (Karilla, Aichi Nipondenso , 1995)



Grafica 2. Rpm vs presión de trasferencia. (autores, 2022)

Observando en la gráfica 2, se evidencia un funcionamiento correcto del sistema de presión de trasferencia, ya que, al aumento de rpm, aumenta de manera exponencial la presión de trasferencia, lo cual también indica que la válvula reguladora de presión está funcionando correctamente.

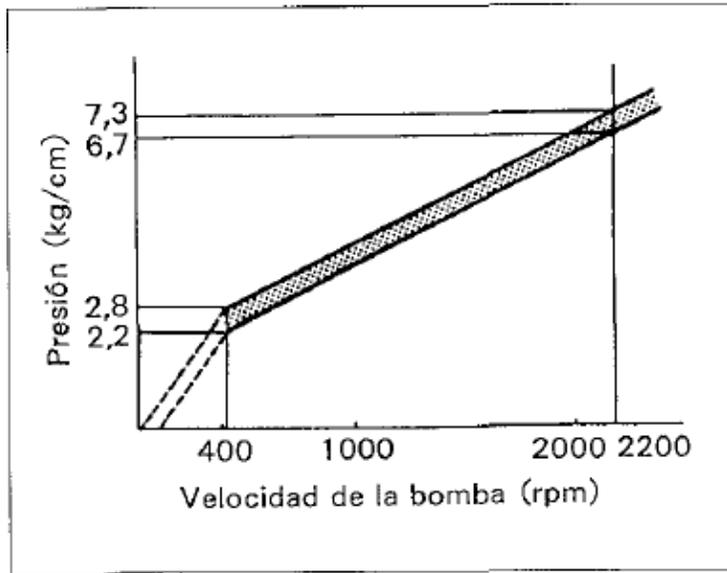
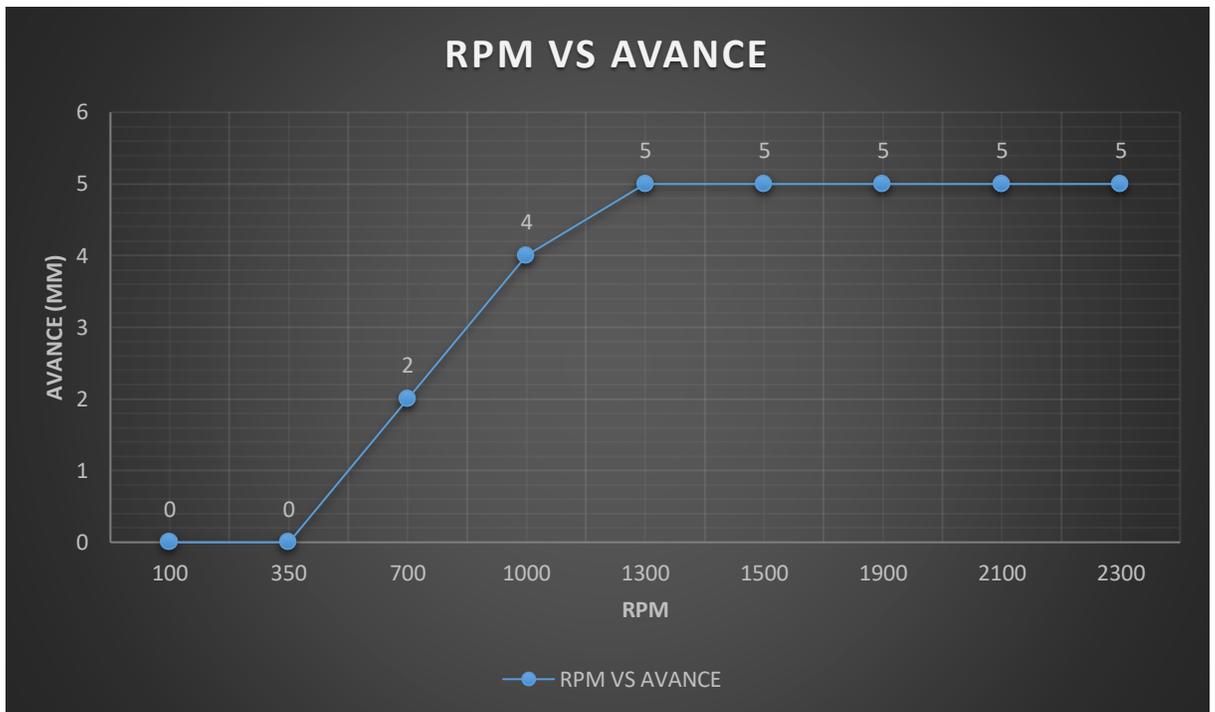


Ilustración 25. Presión de trasferencia. (Karilla, Aichi Nipondenso , 1995)



Grafica 3. Rpm vs avance. (autores, 2022)

En la grafica 3, se observa el funcionamiento de sistema de avance de inyeccion de la bomba VE toyota 14b, lo cual indica que se encuentra en dentro de parametros, para un funcionamiento normal, ya que como se observa en la imagen 21, el avance en bajas revoluciones es cero; ya que no se necesita avance en el encendido, a medida que el aumentan las rpm, por encima de 400 rpm se evidencia que entra el en accion el sistema de avance, este es proporcional a la cantidad de rpms de a bomba de combustible generando una grafica de forma exponencial, hasta llegar a al punto maximo de avance, como se observa en la ilustracion 26.

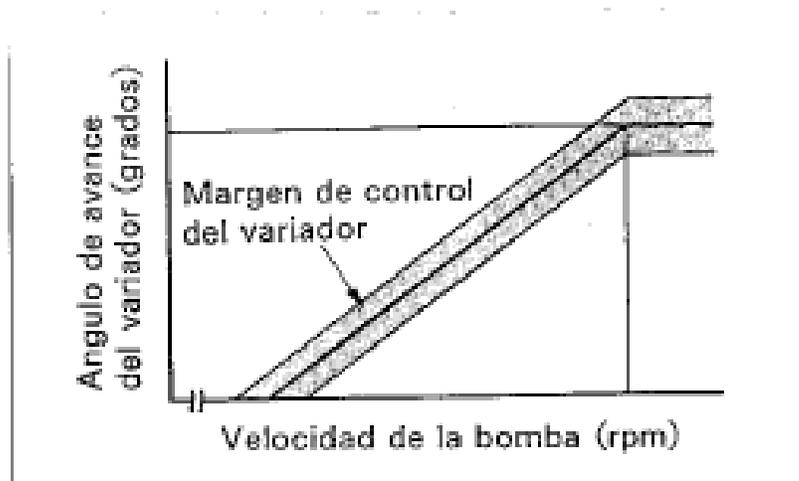


Ilustración 26. Avance de inyección. (Karilla, Aichi Nipondenso , 1995)

10.1.4.3 Desensamble de la bomba de inyección

- Monte la bomba de inyección en un banco donde la pueda sujetar para su desarmado.



Ilustración 27. Inicio desensamble de la bomba (autores, 2022)

NOTA

Recuerde la importancia de utilizar los equipos de protección necesarios para realizar este tipo de tareas.

- Retire la tuerca almenada y la arandela elástica.
- Retire el eje estriado.



Ilustración 28. Retiro de tuerca almenada (autores, 2022)

- Retirar la cubierta del gobernador.
 - ✓ Usando una llave Allen retirar los cuatro tornillos.
 - ✓ Retire el resorte de control de velocidad.
 - ✓ Remueva el asiento y el resorte.
 - ✓ Retire la cubierta del gobernador y su empaque.

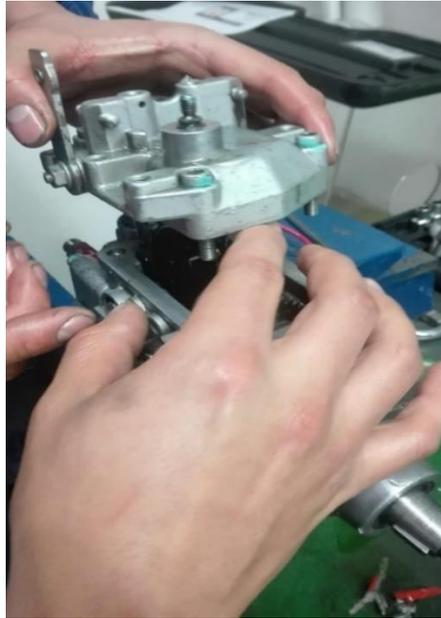


Ilustración 29. Tapa del gobernador (autores, 2022)

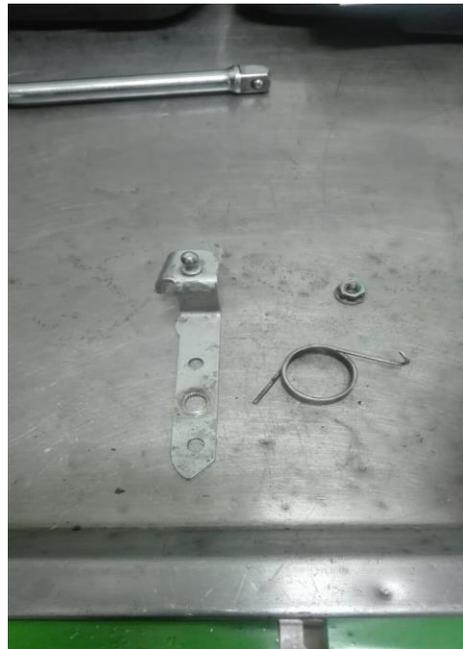


Ilustración 30. Gobernador (autores, 2022)

- Remueva el solenoide de corte de combustible
 - ✓ Desconecte el cable del solenoide.

- ✓ Remueva el solenoide de corte de combustible, el resorte y la válvula.



Ilustración 31. Desconexión del cable del solenoide (autores, 2022)

- Remueva el eje gobernador y la porta pesas
 - ✓ Afloje la tuerca del bloqueo del eje regulador en sentido horario.



Ilustración 32. Tuerca del eje de bloqueo (autores, 2022)

NOTA

El eje gobernador y la tuerca de bloqueo son de rosca izquierda.

- ✓ Sostenga el subensamble de la porta pesas y retire el tapón de la cubierta del eje del gobernador.

}NOTA

Tenga cuidado de que no caigan arandelas en la carcasa.

- Remueva los tornillos de la cabeza de distribución.
 - ✓ Usando una llave Allen, remueva los cuatro tornillos.



Ilustración 33. Desensamble de la cabeza de distribución (autores, 2022)

- Remueva la cabeza de distribución
 - ✓ Remueva la cabeza de distribución y las siguientes partes:
 - a. Leva de soporte de los resortes.

- b. Embolo de guía de resorte.
- c. Arandelas de ajuste.
- d. Asientos superiores de resorte.
- e. Resortes.



Ilustración 34. Bomba sin cabezal (autores, 2022)

- Remueva el embolo de la bomba.
 - ✓ Usando una llave especial, remueva el embolo de la bomba y las arandelas de ajuste con las siguientes partes:
 - a. Buje.
 - b. Asiento de resorte inferior.
 - c. Arandela superior.
 - d. Arandela inferior.

NOTA

No toque con la mano la superficie deslizante del embolo de la bomba.

- Remueva la conexión del gobernador.
 - ✓ Con una llave especial remueva los dos tornillos del soporte y la conexión del gobernador.



**Tornillos
especiales**

Ilustración 35. Desensamble de tornillos especiales (autores, 2022)

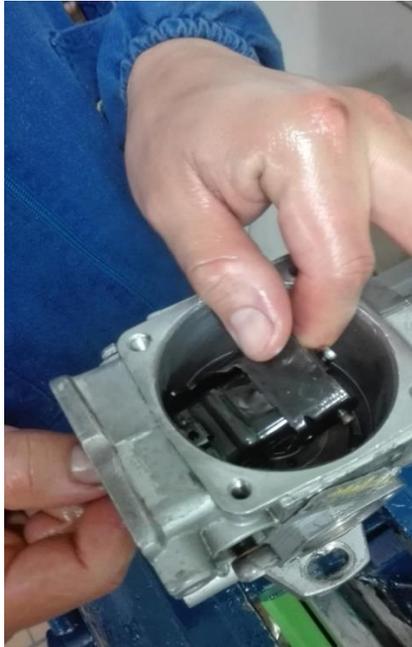


Ilustración 36. Palanca del regulador (autores, 2022)

- Remueva el plato de levas y el acoplamiento.
- Remueva el plato de levas, el resorte y el acople
- Remueva el plato de levas y el acoplamiento.
- Remueva el plato de levas, el resorte y el acople.



Ilustración 37. Plato de levas (autores, 2022)

- Remueva el anillo de rodillos y el eje conductor.
 - ✓ Remueva el clip de tiempo y pin tapón.
 - ✓ Empuje el pasador deslizante.
 - ✓ Presione el eje conductor y remueva el anillo de rodillos.



Ilustración 38. Anillo de rodillos (autores, 2022)

NOTA

**Tenga cuidado de no dejar caer los rodillos.
No alterar la posición o el ensamble de los rodillos.**

- ✓ Remueva el eje conductor con el gobernador conductor de marcha.
- ✓ Remueva a arandela del eje conductor.



Ilustración 39. Eje conductor (autores, 2022)

- Remueva el avance.
 - ✓ Afloje la tuerca de seguridad del tornillo de ajuste del temporizador.
 - ✓ Remueva las dos cubiertas y las juntas tóricas (o-ring)
 - ✓ Remueva las siguientes partes
 - a. Resorte
 - b. Embolo
 - c. Sub - embolo
 - d. Tuerca del tornillo de sujeción del avance
 - e. Tornillo de sujeción del avance
 - f. Junta tórica



Ilustración 40. Desensamble del avance (autores, 2022)



Ilustración 41. Embolo del avance (autores, 2022)

- Remueva la bomba de levante
 - ✓ Remueva los dos tornillos
 - ✓ Usando un alambre retire la cubierta de la bomba de levante
 - ✓ Remueva el rotor de la bomba, las cuatro palas y el revestimiento



Ilustración 42. Bomba de levante (autores, 2022)

NOTA

Tenga cuidado de no intercambiar el orden de las palas

- Remueva la válvula reguladora

10.1.4.4 Inspección de los componentes de la bomba

Para iniciar con la inspección de los componentes se realiza la limpieza de los mismos, utilizando combustible limpio.

10.1.4.4.1 Cabezal de distribución

- Se realiza inspección visual de desgaste, rayones, deformaciones o impurezas en el embolo del cabezal



Ilustración 43. Embolo del cabezal (autores, 2022)

- Se verifica el juego libre entre el embolo y el cabezal de la bomba de inyección, para esto se debe lubricar el embolo del cabezal, con combustible limpio. Se debe inclinar el cabezal aproximadamente 60 grados, y hale 15mm el embolo hacia afuera, se suelta el embolo y este debe deslizarse como mínimo 3mm, esta acción se debe realizar cuatro veces girando 90°, para probar todo el contorno del embolo.



Ilustración 44. Verificación juego libre embolo y cabezal (autores, 2022)

10.1.4.4.2 Válvula de suministro

Se realiza la inspección visual, buscando desgaste, golpes, o deformaciones, tanto como la válvula y en el asiento de las misma.





Ilustración 45. Válvula de suministro (autores, 2022)

10.1.4.4.3 Anillos y rodillos

Se realiza inspección visual de los anillos y rodillos, buscando que no tengan rayaduras ni picaduras.



Ilustración 46. Anillos y rodillos (autores, 2022)

Se procede a realizar la revisión de la altura de los rodillos, la diferencia máxima entre los rodillos debe ser de 0,02mm más o menos

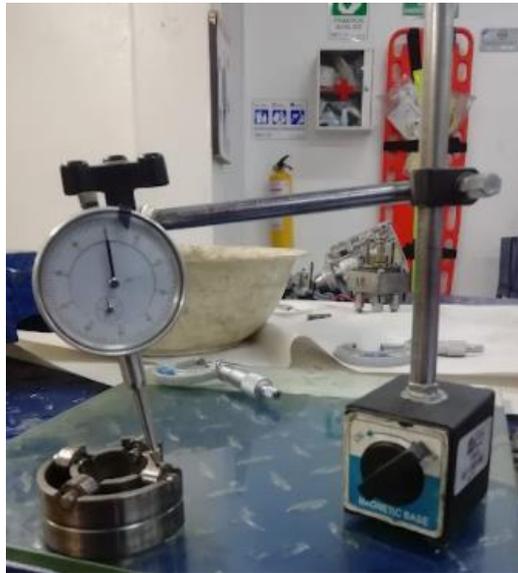


Ilustración 47. Verificación altura rodillos (autores, 2022)

10.1.4.4 Eje impulsor

Se verifica el área del asiento de la cuña del piñón y el estado de la rosca buscando que no tenga desgaste y picaduras.

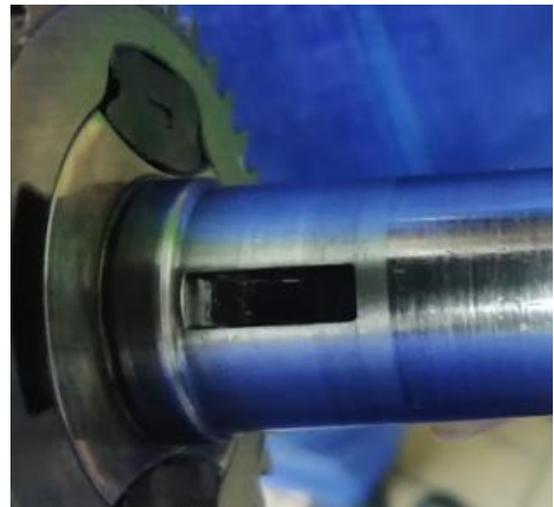


Ilustración 48. Verificación del asiento de la cuña (autores, 2022)

Se verifica el área de contacto entre el retenedor y el eje de mando, que no tenga desgaste excesivo.



Ilustración 49. Eje de mando (autores, 2022)

10.1.4.4.5 Disco de levas

Se realiza inspección visual del disco de levas, buscando que no tengan rayaduras, o desgastes anormales.

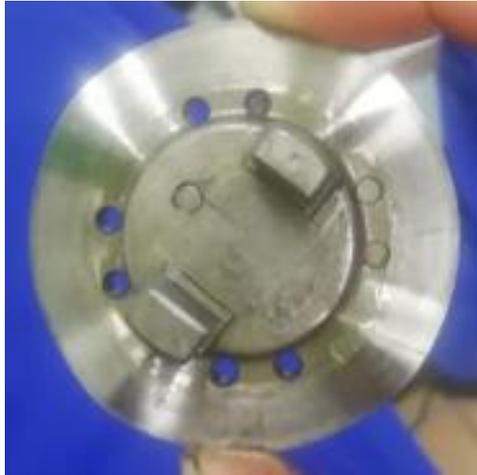


Ilustración 50. Disco de levas (autores, 2022)

Se comprueba la altura de la de la leva de la laminilla de ajuste, la altura mínima debe ser de 4,2 mm.



Ilustración 51. Altura de la leva de laminilla de ajuste (autores, 2022)

10.1.4.4.6 Contrapesos

Se inspecciona el área de la superficie de contacto de los contrapesos, para medir el desgaste, este no puede ser mayor de 0,2mm.



Ilustración 52. Contrapesos (autores, 2022)

10.1.4.4.7 Bomba de alimentación o levante

Se inspecciona la superficie de la carcasa de la bomba, que no tenga rayaduras, oxidación, o desgaste excesivo, de igual manera la cubierta, rotor, paletas, llegado el caso que presente este se debe cambiar el conjunto completo.



Ilustración 53. Bomba de alimentación o levante (autores, 2022)

10.1.4.4.8 Anillo de rebose

Se comprueba que ajuste entre el anillo de rebose y al pasador de bola de la palanca de del regulador, no debe haber juego excesivo, debe inclinarse con suavidad y no debe atrancarse en ningún momento.

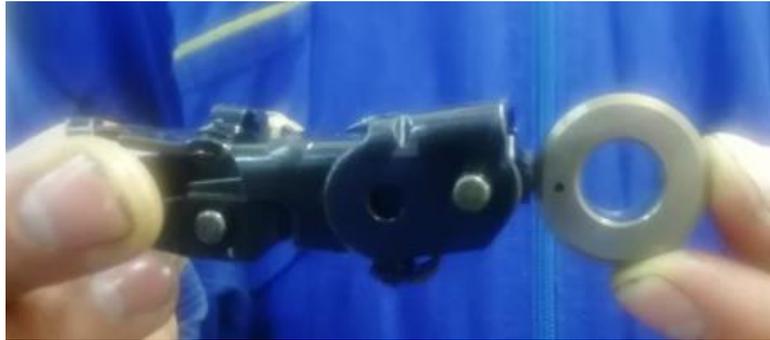


Ilustración 54. Anillo de rebose (autores, 2022)

10.1.4.4.9 Resorte del embolo distribuidor

Se inspecciona el estado del resorte, buscando fisuras, o daños en el resorte.



Ilustración 55. Resorte del embolo distribuidor (autores, 2022)

Se debe revisar la rectitud del resorte, esto se debe colocar el resorte una escuadra, si el resorte no hace contacto con la parte superior de la escuadra, mientras la inferior hace contacto con la parte inferior, el límite de la separación no debe ser mayor a dos milímetros.



Ilustración 56. Revisión de la rectitud del resorte (autores, 2022)

10.1.4.4.10 Carcaza de la bomba

Se realiza inspección en la superficie de contacto de la bomba y el eje de mando, para encontrar posible desgaste o daños, luego de esto se debe medir el juego de axial.

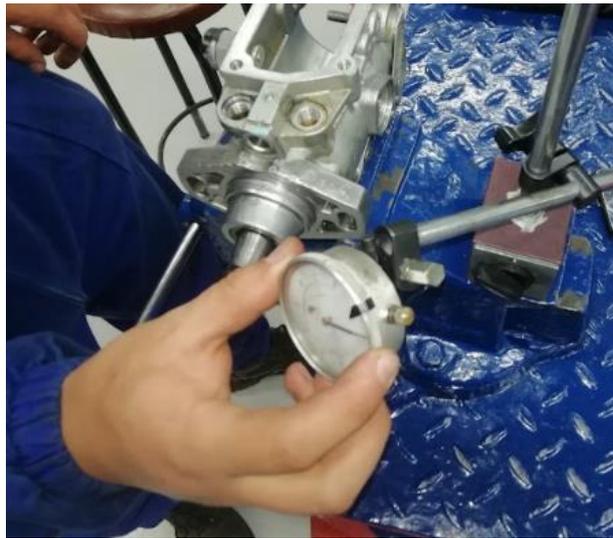


Ilustración 57. Juego axial entre carcasa y eje de mando (autores, 2022)

10.1.4.5 Diagnostico bomba de inyección

Al iniciar el diagnostico de sistema de inyección del motor Toyota 14b, el motor se evidencia dificultad para el encendido, fugas de combustible por diferentes juntas y empaques, inestabilidad en ralentí y exceso de humo por el escape, de color negro. Se procede a realizar el desmontaje, siguiendo las indicaciones del fabricante, se realiza el montaje de la bomba de combustible en el banco de prueba BOSH EPS 807 del laboratorio Diesel de la universidad ECCI, para realizar las pruebas descritas en el manual de servicio de la bomba denso VE, se obtuvieron los datos

que se consignan en la tabla 7 con los cuales se determinó que la bomba de inyección tiene problemas en el cabezal de distribución, ya que la entrega de combustible no está el parámetro de servicio, tal como se muestra en la gráfica 1. Se realiza el desensamble de la bomba, en el orden que se describe en el numeral 10.1.3.2, luego del desensamble se procede a realizar la inspección de los componentes como se indica en el numeral 10.1.3.3, donde se evidencian piezas con defectos y desgastes; en el cabezal de distribución se evidencio presencia de marcas, rayones anormales; al realizar la prueba de movimiento libre, el embolo no deslizo en el cuerpo del cabezal como lo indica el Manual de servicio, por lo cual se debe cambiar el conjunto completo por uno nuevo. La válvula de suministro se encuentra deformada por múltiples ajustes, se decide cambiarla.

En la sección de anillos y rodillos se realiza inspección visual donde se verifico que no tiene rayones ni picaduras; se realiza medición de altura donde la diferencia de altura entre los rodillos no supera los 0,02mm, lo cual indica que se encuentra en entre parámetro de servicio. Se realiza inspección visual de cuerpo del eje impulsor, el cual no presenta daños en la rosca, los alojamientos de las cuñas y en la superficie de contacto del retenedor.

En el disco de levas se realiza inspección visual, no presenta rayones o deformaciones por uso, se verifica la altura de la laminilla de ajuste la cual está por encima de 4,2mm, por lo cual se determina que está por encima del límite de servicio. En la bomba de alimentación y en la carcasa de la bomba se realiza inspección visual en la cual no se evidencian rayones, oxidación, o desgaste excesivo.

Retenes, empaquetaduras, o 'ring y arandelas de ajuste de sellado, se deben cambiar por recomendación del fabricante cada vez que se realice el desensamble, y se debe realizar puesta a punto en el banco de prueba BOSH EPS 807.

10.2 Resultados

En base a la información recolectada en el numeral anterior, se realiza el remplazo de las partes que no están dentro de los límites de servicio indicados por el manual de servicio, se realiza el ensamble de la bomba de inyección e inyectores siguiendo los lineamientos del fabricante.

Se procede a realizar el ajuste y prueba de los inyectores en el probador de inyectores del aula de laboratorio Diesel de la UECCI, donde se encontraron los siguientes datos.

	Inyector 1	Inyector 2	Inyector 3	Inyector 4
Pulverización alta 4 orificios	Buen patron	Buen patron	Buen patron	Buen patron
Pulverización baja 4 orificios	Buen patron	Buen patron	Buen patron	Buen patron
Retorno	Entre parámetros	Entre parámetros	Entre parámetros	Entre parámetros
Presión Apertura	2940 psi	2950 psi	2850 psi	2960 psi
Fugas	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta

Tabla 8 Resultados calibración de inyectores. (autores, 2022)

Se puede concluir al comparar los datos de la tabla 7 con la tabla 10, que al realizar el cambio de las toberas, y el ajuste correcto con los shim de calibración, se logró llegar a los parámetros exigidos por el manual de servicio.

Posteriormente se realiza el montaje de la bomba de combustible al banco de prueba BOSH EPS 807 para realizar la puesta a punto basándonos en la ficha técnica del sistema de inyección. En esta puesta a punto, se ajustó la entrega de combustible, ajuste del avance de inyección, ajuste de presión de transferencia,

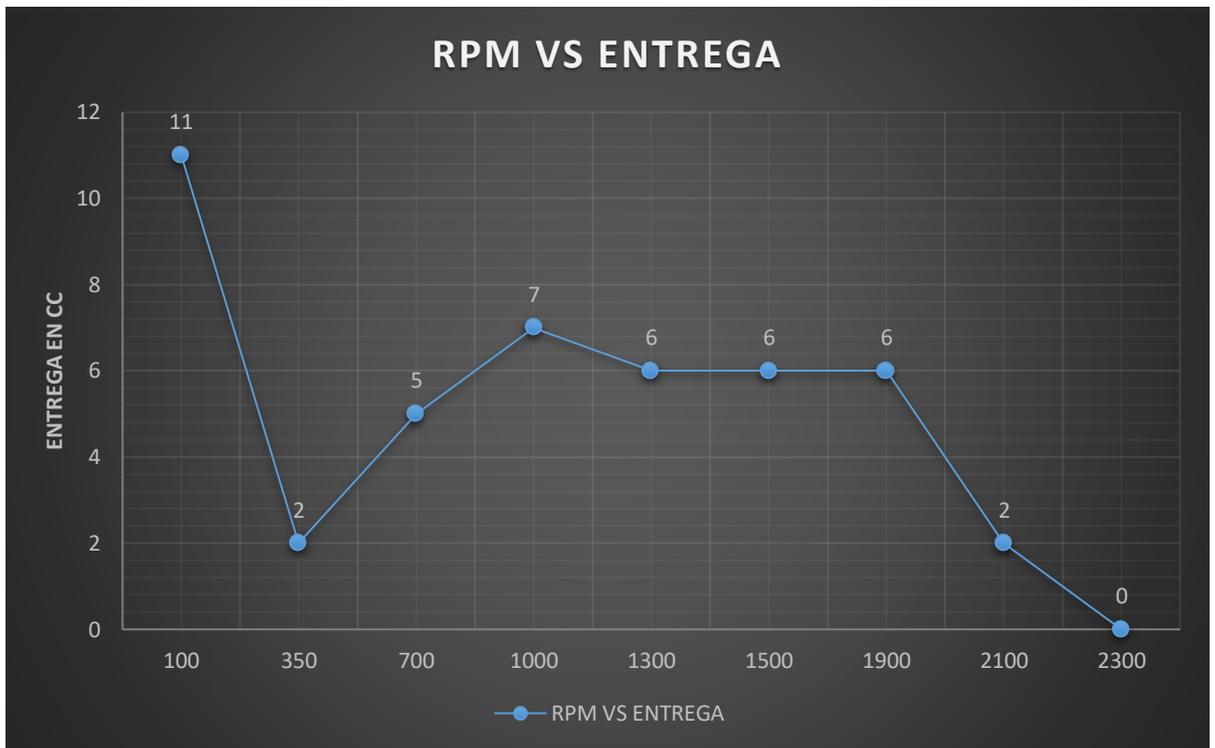
ajuste de corte en bajas y altas RPM.

En la tabla 10, se relaciona la información obtenida antes y después de realizar el mantenimiento correctivo al sistema de inyección, esta se recolecto de la prueba inicial y los datos de la puesta a punto realizada luego del ensamble de la bomba de combustible.

Prueba realizada	Parámetro manual de servicio	Final	Inicial
		Medida	Medida
Entrega de combustible en arranque 100 rpm/ 100 inyecciones	>8 ml en promedio	11 ml en promedio	8 ml
Entrega de combustible en mínima 350 rpm/100 inyecciones	1,8 ml a 2,5 ml en promedio	2 ml en promedio	4ml
Entrega de combustible en alta 1100 rpm/ 200 inyecciones "nota: se prueba con la palanca de aceleración en posición totalmente accionada"	10 ml a 11 ml en promedio	11 ml en promedio	23,2 ml
Corte en baja 100 rpm/ 200 inyecciones "se prueba con la palanca de aceleración en posición totalmente cerrada"	Verificar que evidencie ausencia de inyección de combustible	A 395 rpm se evidencia ausencia de inyección de combustible	A 500 rpm se evidencia que se realiza el corte de combustible
Corte en alta 1500 rpm/ 200 inyecciones "nota: se prueba con la palanca de aceleración en posición totalmente accionada e ir aumentando revoluciones para verificar corte"	Corte de inyección de combustible entre 2000 y 2200 rpm	En 2150 rpm se evidencio corte de inyección	En 2350 rpm se evidencio corte de inyección

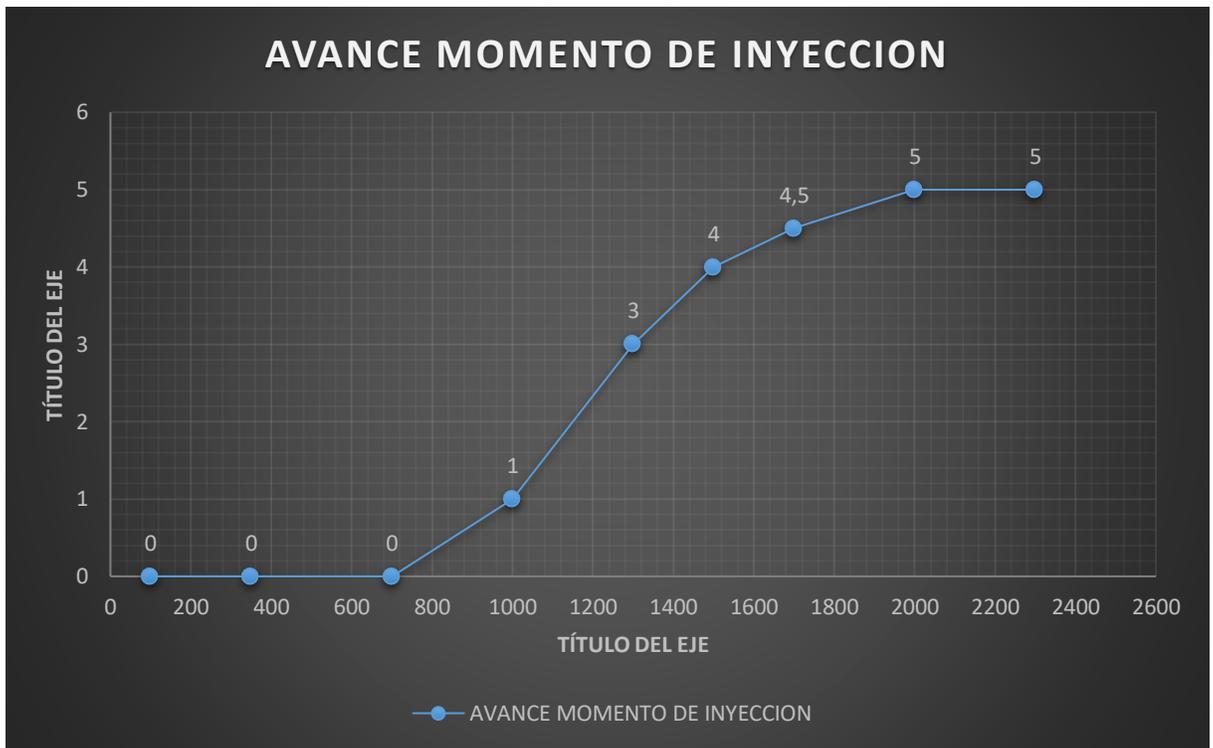
<p>Avance y precio de transferencia "100 Rpm /200 inyecciones</p>	<p>Presión de transferencia por encima de 0 psi y evidenciar movimiento en la herramienta de visualización del banco de calibración</p>	<p>Presión 55 psi avance aproximadamente se mueve 2 marcas de la escala</p>	<p>Presión 30 psi avance aproximadamente se mueve y cero avances marcas de la escala</p>
---	---	---	--

Tabla 9. Tabla comparativa. (autores, 2022)



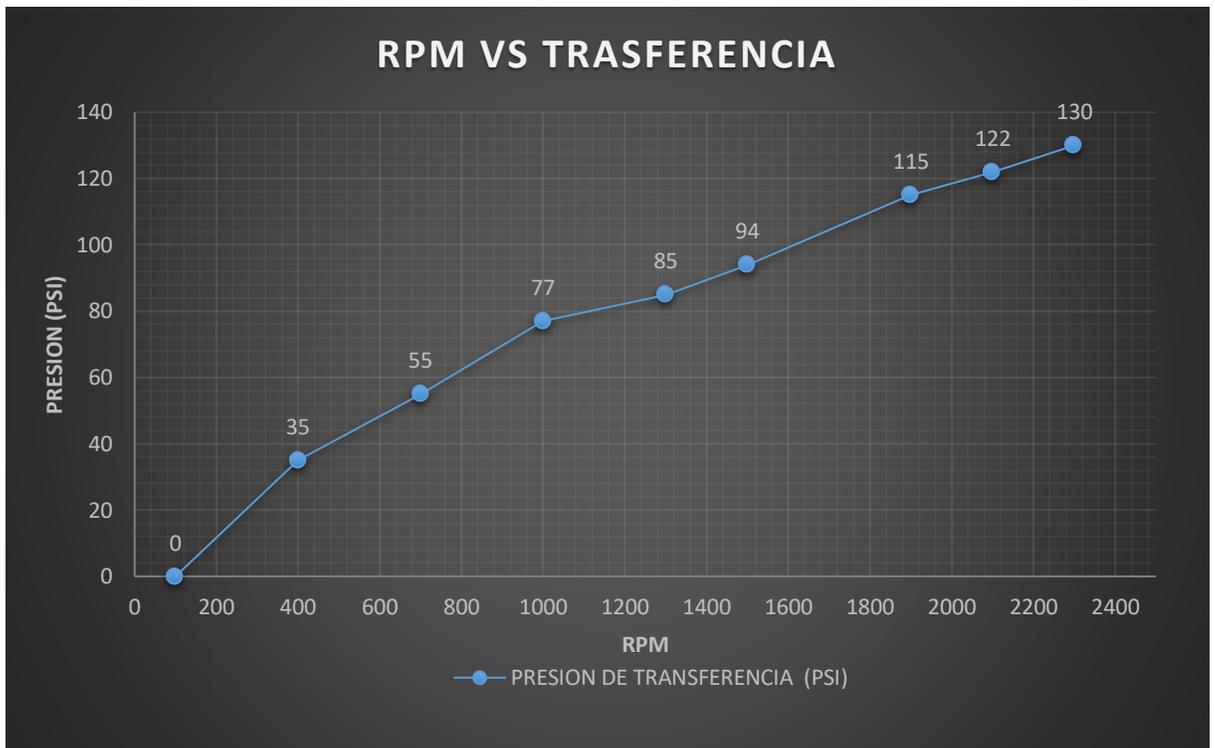
Grafica 4. Rpm vs Entrega. (autores, 2022)

En la grafica 4. Se evidencia la mejora en la entrega de combustible a lo largo de todo el rango de rpm, logrando demostrar que el cambio del cabezal de la bomba de inyección, ajustando la entrega de combustible, y el corte en altas, se logra el comportamiento esperado que se observa en la ilustración 25.



Grafica 5. Avance vs rpm (autores, 2022)

En la grafica 5 se evidencia la mejora del avance de la inyección, aunque el avance no se encontró demasiado lejos del parámetro del manual, ,esta mejora se logró realizando el cambio de los chinos de ajuste y realizando la prueba en el banco, buscó una mejora intentando llegar a comportamiento ideal el cual se refleja en la ilustración 27.



Grafica 6. Rpm vs Presión trasferencia. (autores, 2022)

En la gráfica 6. Se evidencia el ajuste en la presión de trasferencia, ya que la válvula reguladora se instaló nueva, esto genera un comportamiento más cercano al estimado por el fabricante el cual está plasmado en la ilustración 26.

Luego de realizar los ajustes y calibración de los componentes del sistema de inyección Toyota 14b, se procede a realizar la instalación de los mismo en el motor, se colocan las arandelas de sello nuevas, se realiza purga del sistema y se realiza la puesta en marcha del motor, se verifica el correcto funcionamiento del sistema ya con el motor en marcha.

Para lograr un resultado más real, se procede a realizar prueba de opacidad para certificar la correcta calibración y ajuste de los componentes del sistema de inyección, y del motor se utiliza el equipo OPA 100 ubicado en el aula de laboratorio Diesel de la UECCI.



Ilustración 58. Equipo opacímetro. (Pulido Segura, y otros, 2022)

Para realizar esta prueba se realiza el protocolo relacionado en el numeral 9.3.2.2 (ICONTEC, 2012; ICONTEC, 2012).



Ilustración 59. Valores finales de opacidad. (Pulido Segura, y otros, 2022)

La comprobación de la prueba final de opacidad luego de desensamblar, reemplazar componentes y calibrar el sistema de inyección dio como resultado:

- Temperatura para la prueba 60° C+
- Primera aceleración 21.6 %
- Segunda aceleración 7.9 %
- Tercera aceleración 7.7 %
- Cuarta aceleración 7.4 %
- Limite de opacidad 35%
- Valor medio 7.67%

De lo anterior se evidencia una disminución de un 40% con respecto a la medida inicial, siendo esto un soporte valioso de los resultados que se obtuvieron al realizar las reparaciones del sistema de inyección, finalmente cabe resaltar que el valor final de 7.67%, está muy por debajo del límite máximo en más de un 25%.

11. CONCLUSIONES

- Se realizó el dictamen del estado en el que se encontró el sistema de inyección del motor Toyota 14B, por medio de la recopilación de recursos que incluyen: el entrenamiento adquirido en la cátedra inyección Diesel, las herramientas del laboratorio de la universidad ECCL, el apoyo del instructor Armando Hernández en cuanto a su conocimiento y experiencia, colaboración del encargado del laboratorio y el trabajo colaborativo de los autores del proyecto.
- Se elaboró la comprobación de tolerancias y medidas del sistema de inyección del motor Toyota 14B, con ayuda de la metrología la cual es la ciencia que estudia el fenómeno de las longitudes, esto teniendo en cuenta que las tolerancias en equipos Diesel suelen ser demasiado pequeñas y cualquier variación en la medida o imperfección en la pieza puede generar un mal funcionamiento.
- Se identificó la importancia del estudio de la metrología, ejecutando los conocimientos adquiridos para este proyecto, donde se validó la ejecución de los instrumentos de medición, el desgaste de las piezas y la interpretación de los manuales.
- Se recolectaron los datos del estado de la inyección del motor Toyota 14B, donde se identificaron las piezas a reemplazar, los ajustes a realizar, la calibración del conjunto con las piezas nuevas.
- Con base en la información consignada en el manual del fabricante se realizan los ajustes de entrega, avance y transferencia con el fin de culminar el proceso de reacondicionamiento de la inyección del motor Toyota 14B

12. ANEXOS

Manual de servicio denso bomba de inyección
Manual motor Toyota 14B
Ficha Técnica Bomba de inyección Denso

13. BIBLIOGRAFÍA

- autores De los [Arte]. - Bogota : UECCI.
- BOSCH Manual de la tecnica del automovil [Libro]. - [s.l.] : Robert Bosch, 2002. - Vol. 4 .**
- Bosch Diesel Fuel Injection Handbook Bosch [Libro]. - [s.l.] : Sae The Engineering.**
- Ceac Manual Ceac del Automóvil [Libro]. - Madrid : Dossat 2000, 2002.**
- Chiltron C Manual Diesel de Reparación Mantenimiento 1978-84 [Libro]. - Barcelona : Chilton Celtrum, 1987.**
- Ferrer Ruiz Dominguez Soriano Tecnicas de mecanizado para el mantenimiento de vehiculos [Libro]. - 2008. - Vol. Editex.**
- INCONTEC Norma NTC 4231 // PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN Y. - Bogota : [s.n.], 2012.**
- Karilla, Aichi Nipondenso Manual de servicio Bomba Inyeccion VE [Libro]. - Japon : [s.n.], 1995 .**
- Llanes Edilberto [y otros] Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección [Publicación periódica] // Ingenius. - 2019. - págs. 38-46.**
- MAY E Mecánica para motores diesel: teoría, mantenimiento y reparación [Libro]. - MEXICO : McGraw-Hill Interamericana, 1990. - Vol. 2.**
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible suin-juriscal [En línea] // suin-juriscal. - Septiembre de 2013. - <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=30033833>.**
- Norton R Diseño de Máquinas [Libro]. - Naulcapan de Juarez : Prentice hall, 1999.**
- Pardija J Sistemas auxiliares del motor [Libro]. - Madrid : Editex, 2012.**
- Pulido Segura Sebastian , Alfonso Lizaraso Edgar Andres y Gonzalez Bautista Ruben Dario REPARACIÓN SEGÚN PARÁMETROS DE FABRICANTE Y VERIFICACIÓN DE UN MOTOR DIÉSEL TOYOTA 14B [Informe]. - Bogota. : [s.n.], 2022.**
- Randall M Engine Management Systems Manual Petrol and Diesel Engines Car and commercial 001 [Libro]. - [s.l.] : Haynes Publishing.**
- Randall The Haynes Manual on the Diesel Engines, [Libro]. - [s.l.] : Haynes Publishing.**
- Rodríguez Luis Javier Martínez Cómo buscar y usar información científica: Guía para estudiantes universitarios 2016 [Libro]. - Santander : [s.n.], 2016.**
- SANCHEZ J TENA Circuitos electrónicos básicos: Sistemas de carga y [Libro]. - [s.l.] : parainfo, 2009.**
- sauras alvaro Black Mistress [Publicación periódica]. - España : Car y tecno , 2017.**

**Tschoke Diesel Distributor Fuel-Injection Pumps, [Libro]. - [s.l.] : Dipl.-Ing.
(FH) Horst Bauer, 1999.**