



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA PARA PRUEBAS Y
CALIBRACIÓN DE INYECTORES MECÁNICOS DIESEL.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

ORELLANA CRUZ OSCAR STALIN

GUAYAQUIL, 2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Fredy Morquecho

CERTIFICA

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA PARA PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES MECÁNICOS DIESEL.”** realizado por el estudiante Oscar Orellana Cruz, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el reglamento de Estudiantes.

Debido que constituyen un trabajo de excelentes contenidos científicos que coadyuvará a la aplicación de conocimiento y al desarrollo profesional, SI recomienda su publicación. El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza a: Oscar Orellana, que sea entregado a la biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Febrero del 2015



Ing. Fredy Morquecho.

DIRECTOR

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Oscar Orellana Cruz

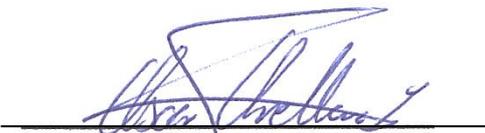
DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominado **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA PARA PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES MECÁNICOS DIESEL.”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Este trabajo es de autoría propia apoyado en la guía constante de nuestro docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Febrero del 2015



Oscar Stalin Orellana Cruz

C.I.: 092315474-4

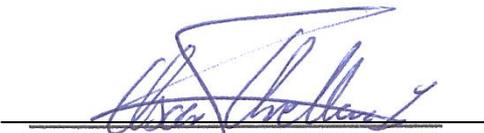
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Oscar Orellana Cruz

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la institución, de la investigación de cátedra: **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA PARA PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES MECÁNICOS DIESEL.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son mi exclusiva responsabilidad y autoría así como el uso del área equipada como donación para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

Guayaquil, Febrero del 2015



Oscar Stalin Orellana Cruz

C.I.: 09231547-4

AGRADECIMIENTO

A Dios por la fuerzas pese a la adversidad...

David Littuma, jefe de producto de Equipos de Taller, así como a Hans Witte, Vicepresidente Comercial de Tecnova por el apoyo para poder implementar este proyecto con equipos Bosch lo cual garantiza la calidad del trabajo a realizar.

Ing. Edwin Puente, Director Académico de la UIDE, así como al Ing. Fredy Morquecho, Tutor de Tesis, por el apoyo y confianza para sacar adelante el proyecto y culminar este sueño con gran proyección para mi vida profesional.

A cada una de las personas que fueron parte de mi vida y apoyaron de alguna manera este largo pero gratificante camino.

Gracias.

Oscar Orellana

DEDICATORIA

Padre y madre quienes pese a la duda apoyaron este sueño y puedo demostrar ahora que no fue un error.

Hermanos, ya que como hermano mayor espero poder ser ejemplo y con esto ver que pueden lograr lo que se propongan.

Abuelos Ruperto y Segundo, así como Ángel Monar (padrino) que aunque no están entre nosotros ahora, sus enseñanzas y principios han sido pilares fundamentales para luchar por mis ideales.

Tío Juan Cruz, primos Byron Rojas y Glenda Monar y mejor amigo (hermano) Luis Ángel Cruz por ser apoyo durante todo este camino siendo ejemplo de vida que aunque con altos y bajos al final lo más importante es alcanzar la felicidad junto a la familia.

Por último a mis tíos abuelos María y René quienes me acogieron como a un hijo en Cuenca y en mi inicio de carrera formaron bases sólidas de ética y honestidad así como humildad y solidaridad.

Oscar Orellana

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPÍTULO I.....	19
MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.	19
1.1. Definición del problema.....	19
1.2. Delimitación Geográfica	20
1.3. Formulación del problema.....	20
1.4. Sistematización del problema.....	21
1.5. Objetivos de la investigación	21
1.5.1. Objetivo General	21
1.5.2. Objetivo Específicos.....	21
1.6. Alcance	22
1.6.1. Delimitación Temporal.....	22
1.6.2. Delimitación del Contenido.....	22

1.7.	Justificación e importancia de la investigación	22
1.7.1.	Justificación Teórica.....	22
1.7.2.	Justificación Metodológica.....	22
1.7.3.	Justificación Práctica.....	23
1.7.4.	Análisis del mercado diésel por justificación del campo de aplicación del proyecto	24
1.8.	Hipótesis	26
1.9.	Variables de Hipótesis.....	27
1.10.	Operación de Variables.....	27
CAPÍTULO II.....		28
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.		28
2.1.	Área de trabajo con equipos para comprobar inyectores mecánicos.	28
2.2.	Motor Diésel.....	29
2.3.	Sistemas de Inyección Diésel.....	29
2.4.	Bomba de Inyección.....	33
2.5.	Inyector	33
2.5.1.	Concepto general	34
2.5.2.	Concepto específico.....	51
2.6.	Comprobador EPS 100	67
2.7.	Aspirador EPS 738.....	69
2.8.	ISO-Standard 4113 test oil	70
2.9.	Riesgo aceptable	71
2.10.	Peligro.....	71
2.11.	Identificación de peligros.....	71
2.12.	Riesgo.....	71

2.13. Evaluación del riesgo	71
CAPÍTULO III.....	72
ESTUDIO Y DISEÑO DEL ÁREA DE TRABAJO.	72
3.1. Elaboración de planos	72
3.2. Diseño dimensional de la estructura metálica.....	74
3.3. Análisis para la instalación de equipos de comprobación.....	76
3.4. Estudio de instalación eléctrica y neumática requerida para los equipos en el taller	77
3.5. Identificación de señalética de seguridad necesaria en el lugar de trabajo	77
CAPÍTULO IV	79
IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA DE TRABAJO	79
4.1. Instalación de mesa de trabajo.....	79
4.2. Instalación de conexiones eléctricas	81
4.3. Instalación de conexiones neumáticas	82
4.4. Instalación de equipos.....	83
4.4.1. EPS 100	83
4.4.2. EPS 738.....	87
4.5. Instalación de señalética de seguridad en el área de trabajo.	89
4.6. Montaje y acabado final.....	89
CAPÍTULO V	92
COMPROBACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES EN EL ÁREA DE PRUEBAS.....	92
5.1. Verificar equipos instalados.....	92
5.2. Establecer el procedimiento general para comprobar inyectores mecánicos.....	93

5.2.1. Limpieza de los inyectores	94
5.2.2. Conexión del conjunto inyector	95
5.2.3. Comprobación.....	98
5.2.4. Estanqueidad de la Tobera (Alojamiento).....	100
5.2.5. Prueba de estanqueidad del conjunto	101
5.2.6. Forma del chorro	102
5.2.7. Emisiones sonoras.....	104
5.3. Despiece y ensamblaje de inyector mecánico según fabricante Bosch.	104
5.3.1. Seguridad.....	104
5.3.2. Examen visual.....	104
5.3.3. Manejo	105
5.3.4. Sustitución de piezas	105
5.3.5. Sonido y forma de chorro	107
5.4. Uso de Esitronic.....	111
CAPÍTULO VI	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
6.1. Conclusiones.....	115
6.2. Recomendaciones.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventas de vehículos por año / 2002-2013	24
Tabla 2. Operación de Variables.....	27
Tabla 3. Causas-Problemas Toberas.....	32
Tabla 4. Presiones	101
Tabla 5. Presiones	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Mapa Ciudad de Guayaquil, Prov. De El Guayas	20
Figura 2. Parque automotor nacional por marca	25
Figura 3. Antigüedad del parque automotor al 2013	26
Figura 4. Diseño del área para prueba de inyectores mecánicos diésel.....	28
Figura 5. Inyectores Bosch	30
Figura 6. Sección inyector CAV	35
Figura 7. Aspecto exterior de un inyector.....	37
Figura 8. Inyector con regulación por tornillo	38
Figura 9. Inyector con regulación por arandelas	39
Figura 10. Despiece inyector con ajuste por tornillo.	40
Figura 11. Componentes de la tobera.	41
Figura 12. Sección de una tobera.	42
Figura 13. Tipos de toberas.	43
Figura 14. Toberas de orificios.....	44
Figura 15. Tobera de tetón cilíndrico.....	45
Figura 16. Tobera de espiga cónica.....	46
Figura 17. Tobera con espiga de estrangulación.	47
Figura 18. Tobera con orificio auxiliar.	48
Figura 19. Inyector con el portatobera de doble muelle.....	50
Figura 20. Sección de dos inyectores con portatobera de doble muelle.....	51
Figura 21. Inyector de Tetón.....	54
Figura 22. Inyector de Orificios	57
Figura 23. Formas de inyector	58
Figura 24. Inyector/Portainyector con inyector de tetón	60
Figura 25. Portainyector con inyector de orificios.....	61
Figura 26. Portainyector de dos muelles.....	63
Figura 27. Conjunto porta tobera	64
Figura 28. Designación de un porta-inyector Bosch.....	65
Figura 29. Designación de tipo de tobera Bosch.....	66
Figura 30. EPS 100.....	68
Figura 31. EPS 738.....	69

Figura 32. Estudio del área de trabajo	72
Figura 33. Designación del área de trabajo.....	73
Figura 34. Tomas eléctricas y neumáticas.	74
Figura 35. Diseño dimensional del mueble de trabajo.....	75
Figura 36. Señales de protección y seguridad.	77
Figura 37. Ubicación de la mesa de trabajo dentro del taller.....	79
Figura 38. Accesorios adicionales dentro de la mesa.	80
Figura 39. Cajetín de breakers eléctricos.....	81
Figura 40. Conexiones eléctricas.....	82
Figura 41. Conexión neumática.	83
Figura 42. Pieza de apriete EPS 100.	84
Figura 43. Equipos instalados sobre mueble de trabajo.....	86
Figura 44. Ubicación del comprobador EPS 100.....	90
Figura 45. Ubicación del comprobador EPS 738.....	91
Figura 46. Verificación de equipos.	93
Figura 47. Radios de flexión de cañerías.	96
Figura 48. Ajuste de tuerca tensora.	97
Figura 49. Ajuste de tuerca tensora.	106
Figura 50. Grupo I Evaluación del sonido	108
Figura 51. Grupo II Evaluación del sonido	109
Figura 52. Grupo III Evaluación del Sonido	110
Figura 53. Instalación en el motor	111
Figura 54. Acceso ESITRONIC por marca y modelo.....	113
Figura 55. Acceso Información Bosch por marca y modelo.....	113
Figura 56. Detalle de repuestos por marca y modelo	114

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo lograr implementar un área adecuada así como instalar equipos para garantizar pruebas de inyectores mecánicos con la reducción de riesgos dentro del taller de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz (FIA) de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

Al momento el taller de la FIA cuenta con proyectos que permiten el estudio de sistemas convencionales diésel sin embargo hay que considerar que muchas de estas pruebas se realizan con fluido a alta presión y que el mismo al no seguir un correcto procedimiento puede contaminar el área siendo perjudicial para todas las personas que se encuentren en ese momento dentro del taller. Es por esto que se planteó el proyecto de implementar un área específica dentro del taller para realizar pruebas de inyectores diésel con la finalidad de garantizar limpieza y seguridad para los estudiantes.

El proyecto tiene como alcance la prueba de inyectores mecánicos los mismos que alcanzan una presión aproximada de hasta 400 bar, que es la capacidad de la bomba manual para comprobar estos componentes.

La aplicación de esta tecnología aún sigue vigente en muchos vehículos del medio, pese al ingreso nuevas tecnologías como los inyectores de riel común comandados electrónicamente, cabe destacar que el principio de inyección de combustible se mantiene y realizar prácticas con estos componentes dentro del taller es más seguro ya que sistemas de riel común manejan presiones superiores a los 2000 bar.

Para la realizar este proyecto se procedió a investigar áreas de trabajos para poder implementar el más adecuado para el lugar asignado dentro del taller, esto aprovechando la oportunidad de visitar varios laboratorios del país dentro del red de servicios diésel Bosch así como laboratorios independientes como Diesel Power en Guayaquil, Laboratorio Superturbo en La Troncal y Miguel Sánchez en Santo Domingo.

La selección de los equipos se realizó considerando equipo original para verificar inyectores Bosch así como de otros fabricantes.

Para lograr demostrar la funcionalidad del lugar se realizaran pruebas con inyectores usados en vehículos comerciales aplicando el procedimiento de pruebas indicado por el fabricante.

SUMMARY

The present work aims to successfully implement an appropriate area and install equipment to guarantee testing of mechanical injectors with risk reduction in the workshop of the Faculty of Mechanical Engineering in Automotive (FIA) from International University of Ecuador, Guayaquil extension.

At the moment the workshop of the FIA has projects that allow the study of conventional diesel systems however consider that many of these tests are performed with high pressure fluid and the same by not following proper procedure may contaminate the area being harmful to all persons present at that time in the workshop. That is why the project to implement a specific area within the workshop for testing diesel injectors in order to ensure clean and safe for students was raised.

The project's extent mechanical testing injectors to a pressure 400 bar, which is the ability of the hand pump to check these components.

The application of this technology is still in place in many vehicles income spite of the new technologies such as common rail injectors electronically commanded, note that the principle of fuel injection is maintained and exercising these components within the workshop is over safe as common rail systems handled over 2000 bar pressure.

For this project we proceeded to investigate areas of work to implement the most appropriate for the assigned location within the workshop, this taking the opportunity to visit several laboratories in the country within the service network Bosch diesel and independent laboratories as Diesel Power in Guayaquil, Laboratory Superturbo in La Troncal and Miguel Sanchez in Santo Domingo.

The selection of equipment were examined from original equipment to verify Bosch injectors and other manufacturers.

To achieve demonstrate the functionality of the site testing injectors used in commercial vehicles using the test procedure specified by the manufacturer were made.

INTRODUCCIÓN

Dentro de un laboratorio diésel es importante que el área de comprobación de inyectores mecánicos diésel sea estudiada previa a la implementación considerando riesgos y normas de seguridad y salud ocupacional.

Dentro del taller se cuenta ya con pequeños proyectos para comprobar estos inyectores sin embargo con el desarrollo de esta tesis se plantea como objetivo principal implementar un área para el desarrollo de prácticas por comprobaciones de inyectores mecánicos con la finalidad de que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz tengan además de conocimiento, destrezas adquiridas con el desarrollo de prácticas en un lugar seguro y con equipos certificados.

El proyecto se enfoca en la importancia del mantenimiento preventivo de las toberas ya que son importantes para el buen funcionamiento del vehículo y para el ahorro del cliente respecto al consumo del combustible y costos de reparación, además con la implementación de la inspección vehicular un mal funcionamiento de las mismas incrementa las emisiones de gases contaminantes impidiendo la renovación de matrícula anual.

Consideraré la compra de equipos Bosch ya que estos son los aprobados para garantizar, siguiendo los pasos de comprobación indicados por el fabricante, una correcta verificación de los inyectores.

CAPÍTULO I

MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. Definición del problema

Es necesaria la implementación del área para pruebas y calibración de inyectores mecánicos diésel dentro del taller de la Universidad ya que a pesar de ser una tecnología antigua aún estos sistemas siguen implementados en vehículos nuevos. Debido a la calidad del diésel de nuestro país, sistemas de inyección con inyectores mecánicos siguen siendo una opción fiable, sin embargo para garantizar un buen rendimiento del motor y mantener las emisiones de gases dentro los parámetros dados por el fabricante es necesario analizar y comprobar el correcto funcionamiento de los inyectores. Vale mencionar que las emisiones serán verificadas dentro de líneas de inspección vehicular que se están implementado en Guayaquil por lo cual es importante realizar el estudio de un área dentro del taller para la implementación del proyecto para pruebas y calibración de inyectores mecánicos diésel.

Este trabajo se enmarca y justifica dentro del plan nacional del buen vivir del Gobierno Nacional del Ecuador, 2013-2017 en los siguientes objetivos:

- Objetivo 3. Mejorar la calidad de vida de la población.
- Objetivo 4. Fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía.
- Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.

Este trabajo también se enmarca y justifica dentro de la línea de investigación de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ – EXTENSIÓN GUAYAQUIL en asesoría y apoyo tecnológico con todas sus sublíneas.

1.2. Delimitación Geográfica

La delimitación geográfica es en base al lugar en donde se desarrollará la investigación, en la Ciudad de Guayaquil, Tomas Martínez y Vicente Rocafuerte, en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil donde se llevara a cabo.

Figura 1. Mapa Ciudad de Guayaquil, Prov. De El Guayas



Fuente: (Google Maps, 2014)

Editado por: Oscar Orellana

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación del área de pruebas de inyectores mecánicos dentro del taller incrementará la capacidad de ganar experiencia a estudiantes de la UIDE?

1.4. Sistematización del problema

- ¿Se justifica la implementación del área de pruebas para inyectores mecánicos?
- ¿Qué equipos se requieren para probar inyectores mecánicos?
- ¿Dónde se instalarán estos equipos y cuál sería el área física asignada?
- ¿Cuáles son los requerimientos para instalar los equipos?
- ¿Qué pruebas se podrá realizar con los equipos instalados?
- ¿Qué equipos de protección son necesarios utilizar en el área de pruebas?
- ¿Con qué información se cuenta para establecer un procedimiento de pruebas?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Diseñar e implementar el área para pruebas y calibración de inyectores mecánicos diésel dentro de la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

1.5.2. Objetivo Específicos

- Estudiar el área asignada dentro del taller de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil para la instalación de equipos para el desarrollo del proyecto.
- Revisar las prestaciones de los equipos sugeridos para la implementación del área de pruebas y calibración de inyectores mecánicos.
- Estudiar los riesgos y aplicar las normas de seguridad necesarias dentro del área de trabajo.
- Realizar las conexiones eléctricas y neumáticas necesarias para el funcionamiento de los equipos.
- Instalar un mueble metálico donde serán instalados los equipos luego del estudio del área asignada.

- Probar la funcionalidad del área de trabajo con el desarrollo de prácticas con inyectores mecánicos.
- Comprobar y comparar los resultados reales contra los teóricos según el fabricante.
- Con los resultados obtenidos comprobar y verificar los objetivos del proyecto.

1.6. Alcance

1.6.1. Delimitación Temporal

La delimitación temporal se establece durante los meses de mayo 2014 a febrero del año 2015, tiempo en el que se desarrollará la investigación y se presentará.

1.6.2. Delimitación del Contenido

La delimitación del contenido se decreta en base a los manuales de los equipos a usar, software automotriz Esi-tronic, también se considerarán textos y autores con temas relacionados motores de combustión interna diésel y sistemas de inyección mecánica diésel.

1.7. Justificación e importancia de la investigación

1.7.1. Justificación Teórica

La justificación teórica del trabajo se constituye en la bibliografía que permita respaldar el contenido del proyecto, las referencias que se toman en cuenta en esta investigación, son de autores e investigadores diferentes, citados en el proceso lo que ayudará a desarrollar y entender el trabajo.

1.7.2. Justificación Metodológica

La justificación metodológica se constituye directamente en la metodología de investigación aplicada, se determinará el tipo de investigación así como las técnicas y equipos que se necesitaran para conseguir la

información que ayudara determinar la posibilidad de implementar el área para pruebas de inyectores mecánicos diésel y desarrollo de comprobación de inyectores mecánicos.

1.7.3. Justificación Práctica

En la implementación del área de pruebas de inyectores mecánicos diésel realizaré un modelo de mesa de trabajo según las medidas del área asignada con bandejas para el almacenamiento de herramientas, además utilizaré un comprobador manual de inyectores Bosch modelo EPS 100, aspirador de partículas Bosch EPS 738 e inyectores usados para que junto con el aceite de pruebas ISO 4113, verificar el estado de estos.

En la implementación del área de pruebas de inyectores mecánicos diésel realizaré un modelo de mesa de trabajo según las medidas del área asignada con bandejas para el almacenamiento de herramientas, además utilizaré un comprobador manual de inyectores Bosch modelo EPS 100, aspirador de partículas Bosch EPS 738 e inyectores usados para que junto con el aceite de pruebas ISO 4113, verificar el estado de estos.

El desarrollo de este proyecto tiene su justificación práctica en la necesidad de diseñar e implementar el área de trabajo para pruebas de inyectores mecánicos diésel y desarrollo de comprobación de los mismos dentro del taller de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil, pensando en los beneficios con los que contribuye el manejo de los diferentes equipos para comprobar inyectores de sistemas diésel convencionales.

Los inyectores mecánicos se presentan en gran parte del parque automotor en nuestro país siendo aún implementado en modelos nuevos en varias marcas pese a existir nuevas tecnologías como por ejemplo el sistema Common Rail. En vista a que existe un número considerable de vehículos en nuestro medio con sistemas de inyección diésel con inyectores mecánicos y que la comprobación como reparación de estos inyectores forma la base para comprender las nuevas determiné la necesidad de implementar un pequeño

laboratorio dentro del taller de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

1.7.4. Análisis del mercado diésel por justificación del campo de aplicación del proyecto

Para justificar la aplicación del proyecto, realicé un análisis del parque automotor para ver la aplicación del mismo tomando como fuente de información el anuario 2013 proporcionado por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE, 2013).

Según los datos proporcionados por la AEADE respecto a las ventas desde el 2002 (Tabla 1), deberían circular alrededor de 1'161.135 de vehículos en el país desde este año hasta el 2013. Me concentraré en los vehículos diésel ya que son hacia donde se dirige el proyecto, sin embargo dentro de la investigación segmentaré esto con modelos con sistemas de inyección convencional.

Tabla 1. Ventas de vehículos por año / 2002-2013

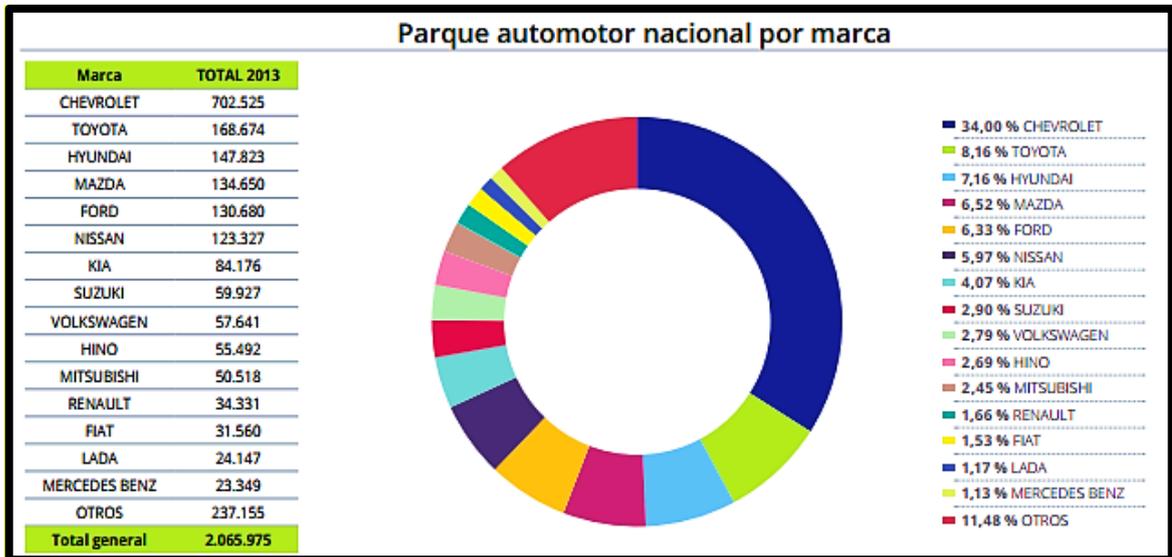
Ventas de vehículos por año / 2002 - 2013							
AÑO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	SUV'S	VAN'S	CAMIONES	BUSES	TOTAL
2002	29.296	16.103	12.910	2.664	7.290	1.109	69.372
2003	27.565	14.113	9.050	2.947	3.837	583	58.095
2004	28.474	14.198	10.009	2.372	3.557	541	59.151
2005	41.695	17.734	12.647	2.054	5.264	1.016	80.410
2006	42.932	19.251	15.968	1.563	8.669	1.175	89.558
2007	38.565	20.660	19.769	1.917	9.570	1.297	91.778
2008	46.846	27.963	22.710	2.207	11.521	1.437	112.684
2009	35.869	21.336	24.727	1.895	7.919	1.018	92.764
2010	57.278	27.808	32.972	3.702	9.180	1.232	132.172
2011	62.585	27.469	31.712	5.678	10.788	1.661	139.893
2012	53.526	23.922	27.118	4.463	10.954	1.463	121.446
2013	47.102	22.047	27.067	5.159	11.085	1.352	113.812

Fuente: (AEADE, 2013)

Editado por: Oscar Orellana

Si vemos la distribución del parque automotor nacional por marca (Figura 2), la práctica para mostrar la aplicación del área de trabajo se realizará con varios inyectores que tengan rotación en el mercado.

Figura 2. Parque automotor nacional por marca

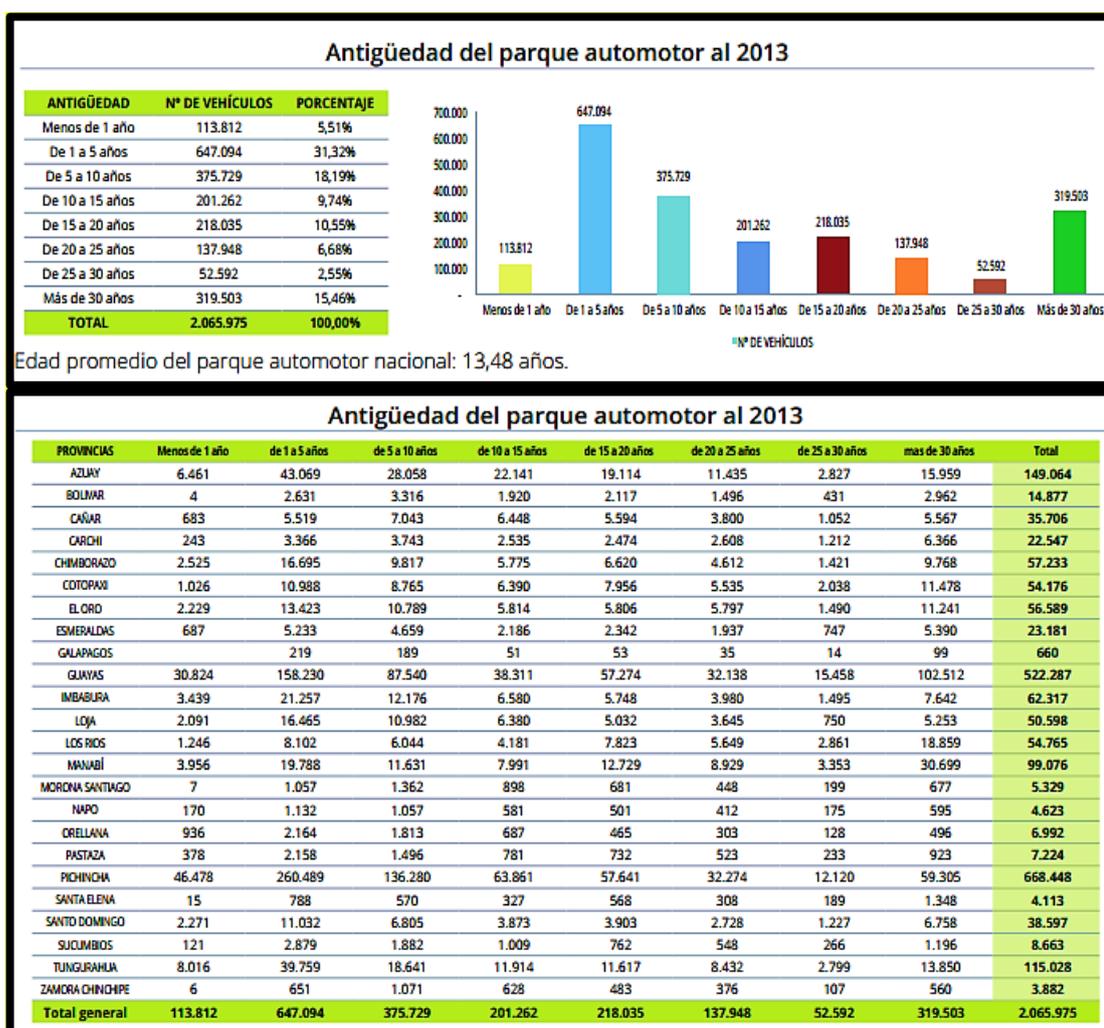


Fuente: (AEADE, 2013)

Editado por: Oscar Orellana

Otro factor importante a considerar es la antigüedad del parque automotor al 2013 (Figura 3), ya que teniendo en cuenta el ingreso de modelos con nuevas tecnologías en sistemas de inyección diésel con riel común entre 2003 a 2004, recién esta tecnología comenzó a ser aceptada luego que se mejoró la calidad de diésel comercializado en nuestro país en el 2012 (Hoy, 2012), por lo que gran parte del parque automotor tiene sistemas de inyección diésel convencionales instalados.

Figura 3. Antigüedad del parque automotor al 2013



Fuente: (AEADE, 2013)

Editado por: Oscar Orellana

1.8. Hipótesis

La hipótesis para el presente trabajo se determina de la siguiente manera: “Puedo implementar un área para pruebas de inyectores mecánicos diésel dentro del taller de la Universidad”, para beneficio de la comunidad.

1.9. Variables de Hipótesis

- Variable independiente: Inyectores Mecánicos.
- Variables dependientes: Mueble para banco de pruebas, herramientas, equipos y procedimientos técnicos.

1.10. Operación de Variables

Tabla 2. Operación de Variables

<i>Variable</i>	<i>Tipo de Variable</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Indicadores</i>
INYECTORES.	INDEPENDIENTE	Adquisición de inyectores.	Inyectores nuevos o usados
MUEBLE PARA BANCO DE PRUEBAS. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS	DEPENDIENTE	Diseño del Banco Selección de Herramientas y Equipos Organigrama de Procedimientos Técnicos	Diseño a partir de los equipos a instalar. En base a la necesidad durante el desarrollo del proyecto. Desarrollado por el autor basándose en procedimientos dados por el fabricante.

Editado por: Oscar Orellana

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Área de trabajo con equipos para comprobar inyectores mecánicos.

Los equipos a utilizar para realizar las comprobaciones de los inyectores mecánicos diésel son: comprobador manual Bosch modelo EPS 100 y el aspirador de diésel EPS 738, ambos equipos de origen alemán, los mismos que irán montados sobre un mueble metálico para la comprobación de inyectores mecánicos diésel considerando normas de seguridad para el operador de los equipos (Figura 4).

Figura 4. Diseño del área para prueba de inyectores mecánicos diésel



Fuente: (Oscar Orellana, SketchUp 2013)

Editado por: Oscar Orellana

2.2. Motor Diésel

Por motor diésel se entiende por un motor de embolo con formación de mezcla interior y heterogénea y autoencendido. En el tiempo de compresión se comprime el aire a unos 30 a 55 bar en los motores de aspiración o a unos 80 a 110 bar en los motores sobrealimentados, y se calienta a unos 700 a 900 °C. Esta temperatura resulta suficiente para provocar el autoencendido del combustible inyectado justo antes de alcanzar el punto muerto superior del embolo. El desarrollo de la subsiguiente combustión, así como el aprovechamiento del aire de combustión aspirado y, con ello, la presión media alcanzable, dependen de forma determinante de los procedimientos heterogéneos de la formación de la mezcla¹.

2.3. Sistemas de Inyección Diésel

Robert Bosch dio su contribución decisiva para los motores Diésel cuando en 1923 desarrolló un sistema de inyección pulverizado a presión. Hizo variable este sistema en 1927 cuando la primera bomba en línea fue producida.

El motor Diésel es un motor autoencendido, que aspira solamente aire sometiéndolo a alta compresión. Es una máquina motriz a combustión con máximo grado de eficiencia.

El rendimiento fiable y económico de los motores Diésel requiere sistemas de inyección que trabajen con alta precisión. Con esos sistemas, el combustible inyectado en los cilindros del motor bajo alta presión y en el momento adecuado para que la potencia sea alcanzado².

Según lo descrito en la publicación, en los sistemas diésel se maneja una alta presión y precisión en el momento adecuado de la inyección del mismo. El proyecto se concentra en tener el área de comprobación implementada para comprobar el elemento que se encarga de la correcta dosificación dentro de la cámara de combustión, el inyector.

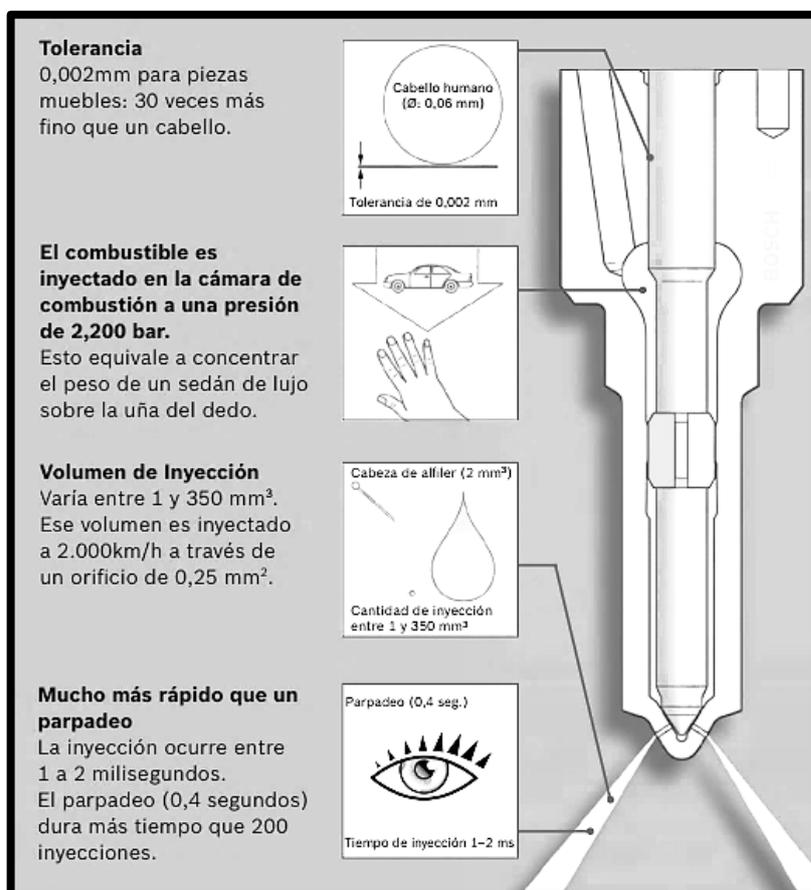
¹ Robert Bosch GmbH. (2005). Manual de la técnica del automóvil. Alemania: AA-DG/MKT5.

² Robert Bosch GmbH. Sistemas de Inyección Diesel. Brasil.

La tarea del inyector es pulverizar el combustible en el momento preciso y con el volumen necesario para el correcto funcionamiento del motor, esto influye en el consumo de combustible, la aceleración y la potencia del motor.

Los inyectores funcionan bajo condiciones extremas de precisión como pueden ver en el cuadro (Figura 5). Para garantizar su desempeño y proporcionar mayor economía de combustible, preservación del medio ambiente y menores gastos con mantenimiento, los procesos de producción Bosch y Zexel tienen la más alta tecnología y todas las fábricas de inyectores poseen certificación ISO/TS 16949³.

Figura 5. Inyectores Bosch



Fuente: (Bosch, Bosch Mx)

Editado por: Oscar Orellana

³ Bosch. Inyectores Bosch. , de Bosch Sitio web: [http://www.boschautopartes.mx/BAP_Technical_Resources%2fDiesel%2fFolleto%20Inyectores%20Diesel%202013%20\(LR\).pdf](http://www.boschautopartes.mx/BAP_Technical_Resources%2fDiesel%2fFolleto%20Inyectores%20Diesel%202013%20(LR).pdf)

En este texto comenzamos a ver la importancia de las normas de seguridad y calidad. En diagrama que se presenta a continuación (Figura 6) vemos el enfoque de la Norma ISO 16949.

Figura 6. ISO 16949



Fuente: (Normas-ISO.)

Editado por: Oscar Orellana

Una tobera en malas condiciones puede traer pérdidas, dentro de la Tabla 3 veremos varios ejemplos de las causas y problemas que esto genera.

Tabla 3. Causas-Problemas Toberas

<i>Causa</i>	<i>Problema</i>
Desgaste en los orificios de inyección.	Baja presión de inyección con pérdida de potencia y aumento de emisiones de gases debido a quema irregular de combustible en la cámara de combustión.
Aumento de la tolerancia entre el cuerpo y la aguja de la tobera.	Aumenta el retorno de combustible inyectado, lo que hace que el vehículo tenga pérdida de rendimiento y potencia.
Falta de estanqueidad entre la punta de la aguja y el cuerpo de la tobera.	El combustible que se queda dentro de la tobera gotea dentro de la cámara de combustión dañando los anillos de vedación del pistón, provocando aumento de temperatura en puntos específicos dentro de la cámara, lo que genera un nuevo encendido.

Fuente: (Bosch, OriginalBosch)

Editado por: Oscar Orellana

La tobera puede dañarse de dos maneras:

Con durabilidad superficial baja, la punta de la aguja, que tiene un movimiento vertical golpea la línea de vedación, puede dañar la cúpula de la tobera causando deformaciones permanentes en la misma, lo que cambia las características de inyección.

Con durabilidad superficial alta, la tobera puede romperse en funcionamiento y causar daños en el motor debido a las partículas que se destruyen y se van al interior del motor.

Cabe recalcar que dentro de estas fallas de materiales no se ha considerado el desgaste que puede producir un combustible contaminado y un sistema de filtrado deficiente.

Con lo antes señalado es importante comprobar el estado de los componentes que forman parte del sistema de inyección desde los componentes básicos como filtros, bomba de transferencia e inyectores y luego con la bomba de inyección cuya verificación y reparación tiene un costo elevado⁴.

Para resumir, el equipo de inyección tiene la misión de inyectar el combustible en la cámara de combustión en el instante preciso, en cantidad perfectamente determinada de acuerdo con el régimen de carga, en la forma adecuada al procedimiento de combustión de cada caso y durante un espacio de tiempo exactamente fijado. Pertenecen al equipo de inyección los siguientes elementos: bomba de combustible, filtro de combustible, bomba de inyección con regulador y variador de avance, así como portainyector e inyector. El combustible es aspirado del depósito por la bomba de combustible. La bomba lo impulsa entonces a través de un filtro de combustible a la cámara de aspiración de la bomba inyectora. La bomba inyectora empuja combustible a través de los inyectores que lo proyectan en las cámaras de combustión de los distintos cilindros⁵.

2.4. Bomba de Inyección

La bomba de inyección tiene la misión de dosificar, elevar la presión y mandar, el combustible a los inyectores en el momento preciso⁶.

2.5. Inyector

Para la definición de inyector utilizaré dos fuentes, una general del Manual CEAC del automóvil y otra de una marca específica (Bosch) tomada del Manual de la técnica del automóvil de Bosch.

⁴ Robert Bosch GmbH. Original Bosch. Alemania.

⁵ GTZ. (1980). Tecnología del Automóvil. Stuttgart: Reverté, S.A..

⁶ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(341). España: Ceac.

2.5.1. Concepto general

Para que el diésel pueda arder en su totalidad es imprescindible que cada una de sus moléculas esté en contacto con el oxígeno necesario. El inyector introduce el diésel en forma de pequeñísimas gotas, de las que como es lógico, sólo la parte exterior está en contacto con el aire; para llegar al estado molecular tiene que vaporizarse.

La disposición de los inyectores en el cabezote, la presión de inyección y la forma del chorro, son factores determinantes en la elección del tipo de inyector que ha de equipar el motor.

La bomba de inyección es la encargada de dosificar, en función de la carga del motor, la cantidad de combustible que el inyector introducirá, cada vez, en la cámara de combustión; crea en cada dosis una alta presión, superior a la del tarado de los inyectores, y las distribuye entre ellos en los momentos oportunos.

Todos los inyectores funcionan bajo el mismo principio, sus diferencias estriban, fundamentalmente, en sus dimensiones, en la forma de la salida del combustible, en la disposición de la entrada y del retorno del diésel, y en el sistema de anclaje en el cabezote⁷.

Son más de mil millones de carreras de apertura y cierre a las que llega una aguja de inyector durante su vida útil de inyección. Asegura la estanqueidad hasta los 2050 bar, que equivale a la presión que se genera al colocar un vehículo liviano sobre la uña de un dedo.

La duración de inyección asciende a 1...2 milisegundos. En un milisegundo una onda acústica consigue alejarse solamente unos 33 cm.

Los caudales de inyección varían entre 1 mm³ (inyección previa) y 50 mm³ (plena carga), para vehículos livianos entre 3 mm³ (inyección previa) y 350 mm³ (plena carga) para camiones. Los 350 mm³ equivalen a 12 gotas de agua grandes de lluvia, la misma que es obligada a atravesar en apenas 2 ms, los

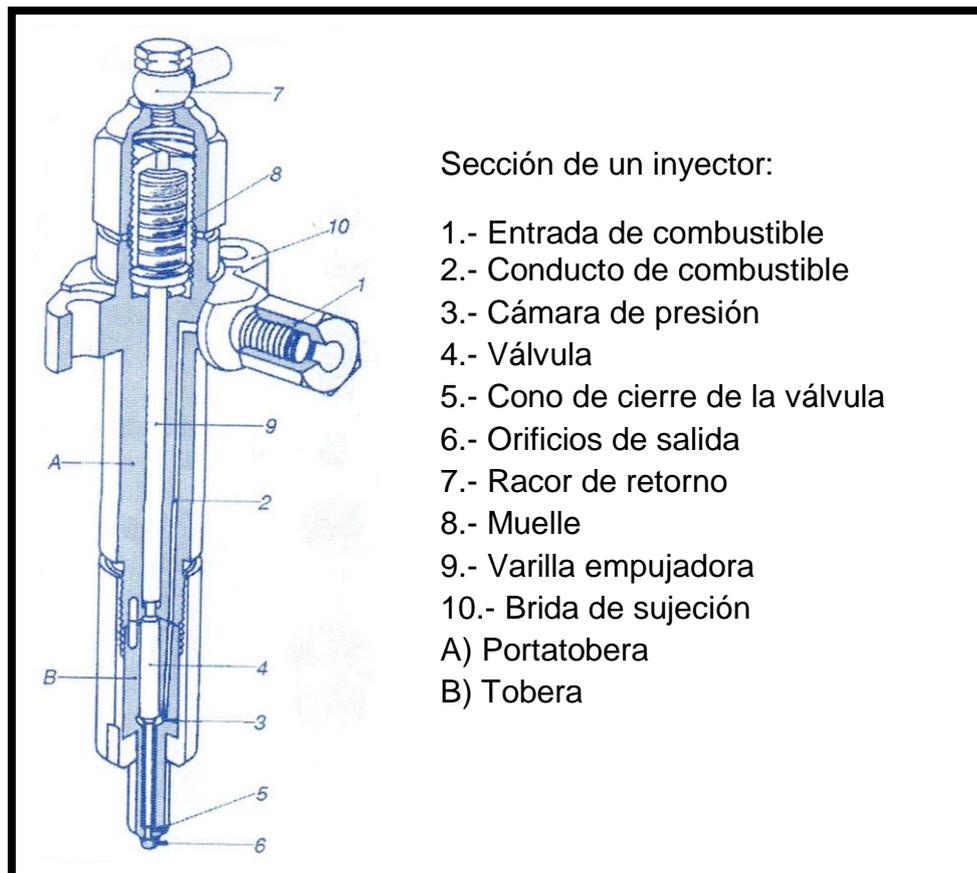
⁷ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(341). España: Ceac.

agujeros de las toberas de 0,25mm² de sección; lo cual implica que el combustible sale a velocidades de 2000 km /h.

El juego que tiene la aguja y el cuerpo de la tobera, ascienden a 0,002 mm (2 μm). El diámetro de un pelo humano es 30 veces más grueso (0,06 mm) que esta tolerancia⁸.

En la figura 6 se muestra la sección de un inyector fabricado por CAV Condiesel.

Figura 6. Sección inyector CAV



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

⁸ Tecnova. (2011). Toberas Bosch y Zexel. Catálogo Toberas Bosch y Zexel 2011, 1, A15.

El diésel llega al racor 1 con la elevada presión procedente de la bomba de inyección, y por el canal 2 a la cámara de presión 3. Debido a que la aguja 4 de la válvula tiene la parte superior de mayor diámetro que la inferior, la presión que se establece en la cámara 3 empuja a la aguja hacia arriba y por intermedio de la varilla empujadora 9 vence la fuerza del muelle tarado 8, lo que permite que la aguja se desplace separándose del cono de cierre 5, y deje salir el combustible a presión por los orificios 6 de inyección. Las pequeñas fugas de diésel que se puedan producir por la caña de la válvula (que sirven para su lubricación), salen del inyector por el racor de sobrante 7.

Al descender la presión del combustible mandado por la bomba de inyección, el muelle 7 hace bajar la válvula, cerrándola por el cono 5. El inyector consta de dos partes esenciales: el portatobera A y la tobera B⁹.

Portatoberas

El portatoberas, o cuerpo del inyector, asume las siguientes funciones:

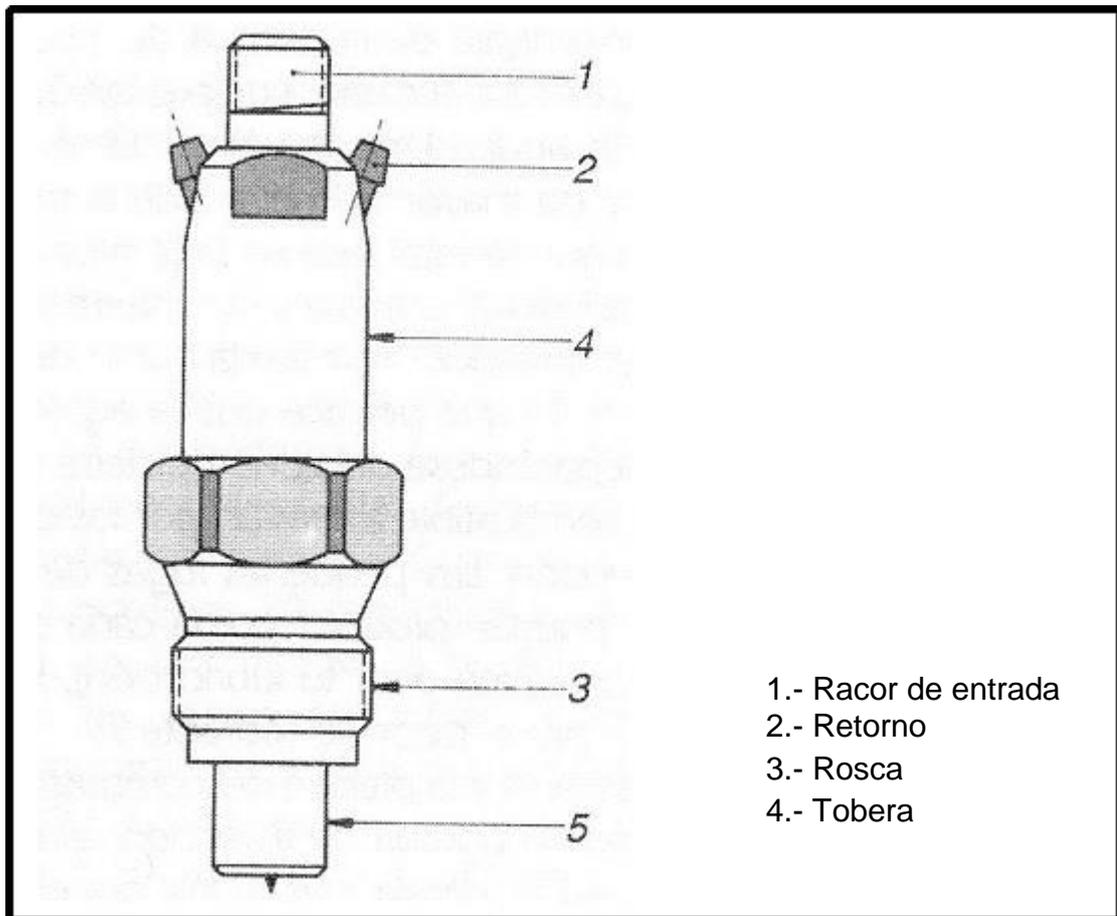
- Soportar y fijar la tobera en la posición correcta.
- Alojarse el muelle de presión del inyector y el dispositivo de tarado del mismo.
- Permitir, a través de conductos practicados en él, el paso del combustible de fuga de la tobera.
- Conducir el combustible de fuga de la tobera hasta el racor de retorno.

Hay dos clases de portatoberas que se diferencian, principalmente, en el sistema de tarado del muelle. En la figura 7 se ve el aspecto exterior de un inyector con el tarado del muelle por arandelas calibradas; en la entrega de diésel 1 está en la parte superior. Las salidas de retorno 2 se empalman con tubos de plástico de un inyector a otro, y se fijan al cabezote por medio de las rosta 3 con interposición de una junta de cobre, aunque también pueden ir fijados con una brida¹⁰.

⁹ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(341). España: Ceac..

¹⁰ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(341-342). España: Ceac.

Figura 7. Aspecto exterior de un inyector



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

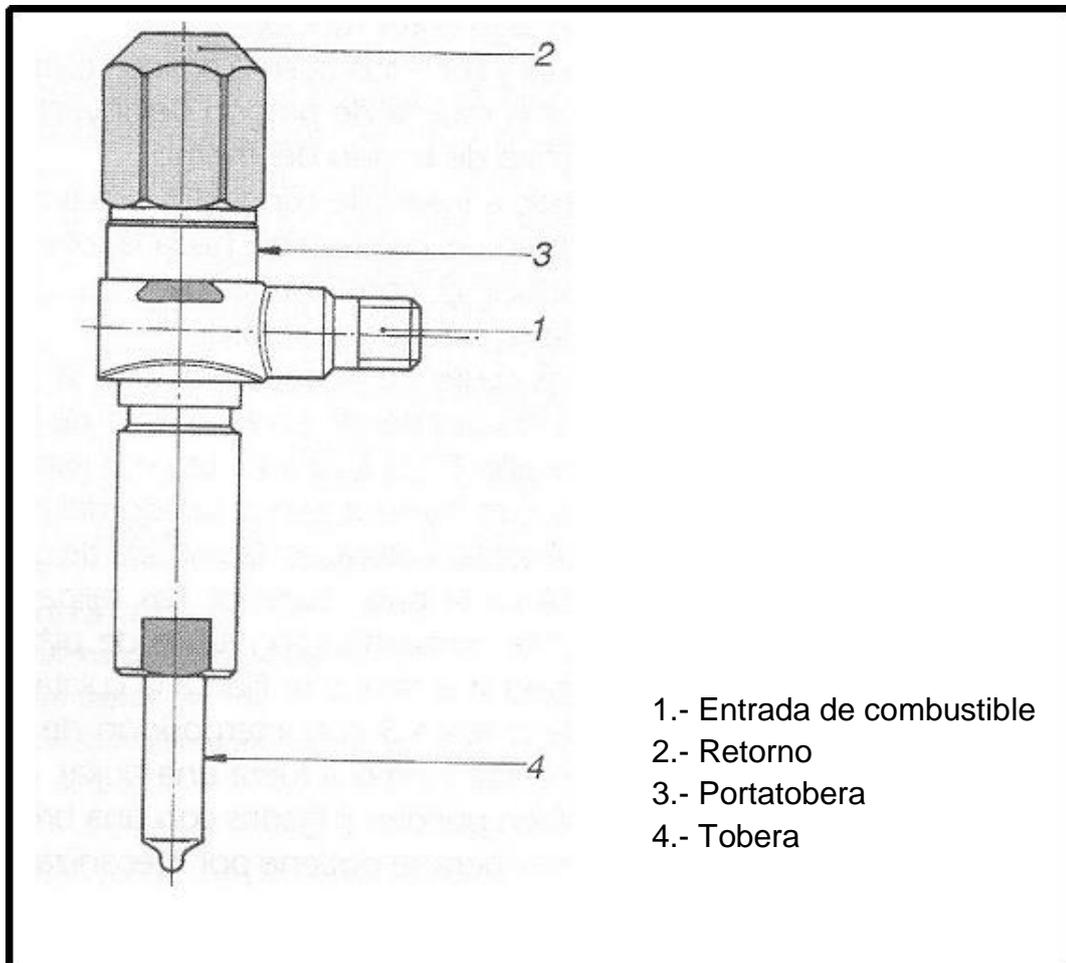
El portatobera se obtiene por mecanización a partir de una barra de acero.

El inyector de la figura 8 es de los que tienen la regulación por medio de un tornillo; la entrada de combustible 1 está situada lateralmente y el retorno 2 por arriba.

La fijación al cabezote se hace mediante una brida, que puede ser de la misma pieza del cuerpo del inyector o una pieza aparte, que se aprieta contra

el cabezote por uno o dos tornillos o espárragos. El portatobera se construye de acero forjado¹¹.

Figura 8. Inyector con regulación por tornillo



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

El despiece de un inyector con regulación por arandelas se representa en la figura 9.

1 es un manguito con doble rosca. La exterior es la que fija el inyector en el cabezote, y la interior se rosca en el portatobera para situar la tobera².

3 es un separador, que en su interior aloja al empujador 4.

¹¹ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(342). España: Ceac.

5 es el muelle de la válvula; 6 arandelas de reglaje; 7 el portatobera o cuerpo del inyector; 8 el tapón para obturar el lugar de conexión del racor retorno en los casos en que se monta así y 9 un capuchón protector.

El separador 3 se apoya en la tobera 2, y el empujador 4 comunica la fuerza del muelle 5 y la superficie de asiento del muelle en el interior del cuerpo, cuanto mayor sea el grueso de las arandelas mayor será el tarado del muelle , y por lo tanto, la presión de inyección¹².

Figura 9. Inyector con regulación por arandelas



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

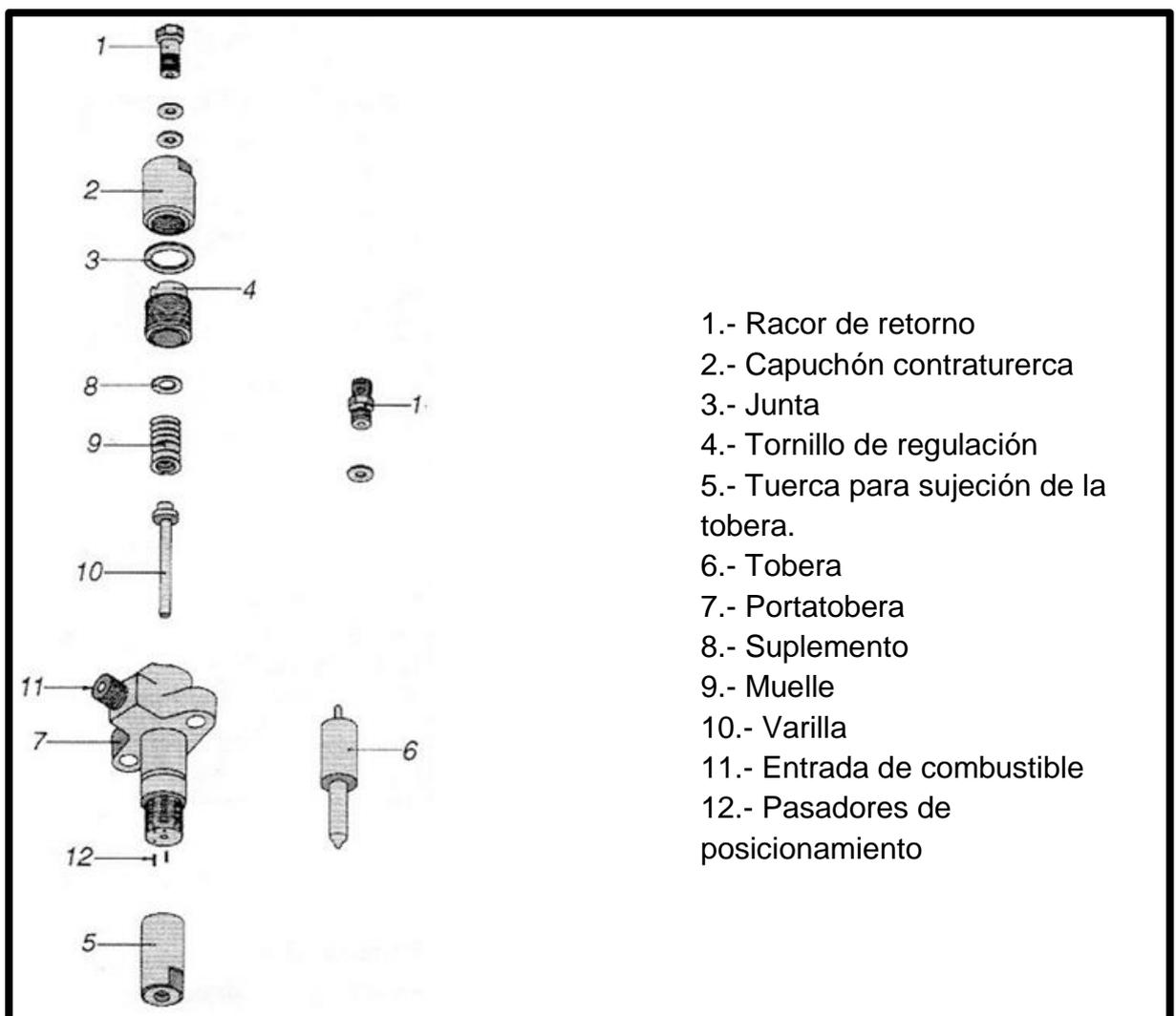
En la figura 10 se muestra el despiece de un inyector con tarado del muelle mediante un tornillo. 1 es el racor de retorno; 2 es un capuchón contratureca para que no se mueva el manguito de regulación 4; 3 es una junta de cobre; 5 es una tuerca para fijar la tobera al portatobera; 6 es la tobera; 7 el portatobera o cuerpo del inyector; 8 una arandela de tope de acero para que el muelle no asiente directamente sobre el fondo del tornillo de regulación; 9 el

¹² Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(342). España: Ceac.

muelle; 10 la varilla empujadora que transmite la fuerza del muelle a la aguja de la válvula; 11 la entrada de combustibles; 12 son unos pasadores que encajan en el cuerpo y en la tobera para determinar la posición de ésta con el cuerpo.

La regulación del tarado se efectúa, sin necesidad de desmontar totalmente el inyector, girando el tornillo hueco 4. Si se aprieta aumenta la tensión del muelle, y por lo tanto la presión de inyección¹³.

Figura 10. Despiece inyector con ajuste por tornillo.



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

¹³ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(343). España: Ceac.

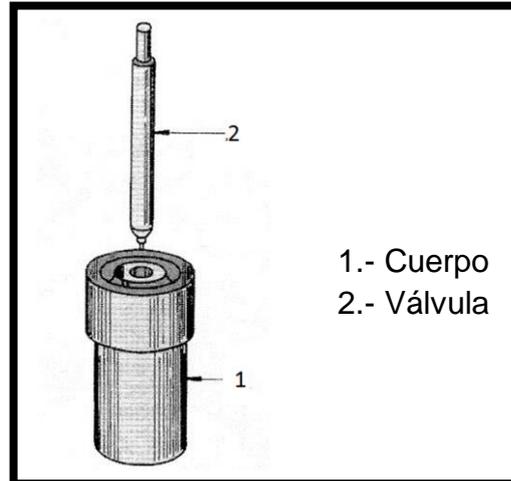
Toberas

La tobera o pulverizador tiene las siguientes misiones:

- Pulverizar finamente el combustible que se inyecta, dándole al chorro la forma adecuada.
- Cerrar la salida de combustible por debajo de una presión determinada.
- Colaborar, en cierta medida, con la bomba de inyección para dar en cada momento de la inyección la velocidad adecuada al chorro pulverizado.
- Impedir que los gases de combustión puedan penetrar en el circuito del diesel.

La tobera consta de dos piezas: el cuerpo de la tobera y la válvula, ambas fabricadas con acero duro y tratado térmicamente¹⁴, ver Figura 11.

Figura 11. Componentes de la tobera.



Fuente: (CEAC, 2004)

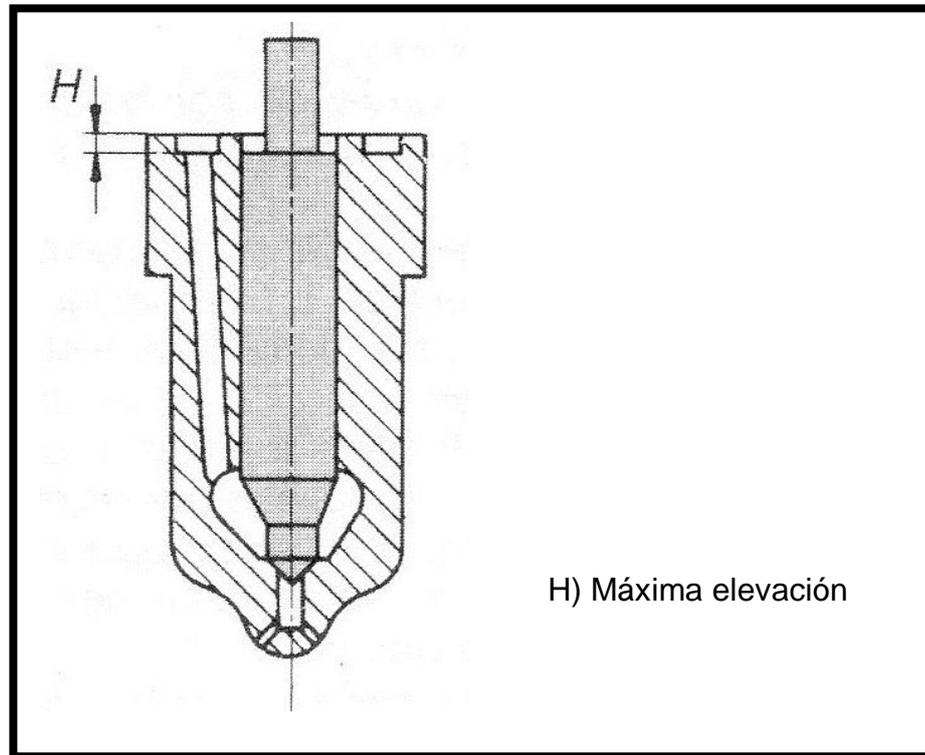
Editado por: Oscar Orellana

En la figura12 se ve la sección de las dos piezas montadas. En la parte superior se distingue un canal anular, que tiene por objeto coincidir con el

¹⁴ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(343). España: Ceac.

agujero de paso de combustible del portatobera, cualquiera que sea la posición en que se monte¹⁵.

Figura 12. Sección de una tobera.



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

Del canal parte un taladro que lleva el diésel a la cámara de presión de la válvula. El cierre de la válvula es cónico, siendo el ángulo del asiento un poco más cerrado (unos 2°) que el de la aguja, con el fin de la que, al hacer contacto sobre una estrecha franja, se consiga, por una cierta deformación elástica del cono, un cierre perfecto.

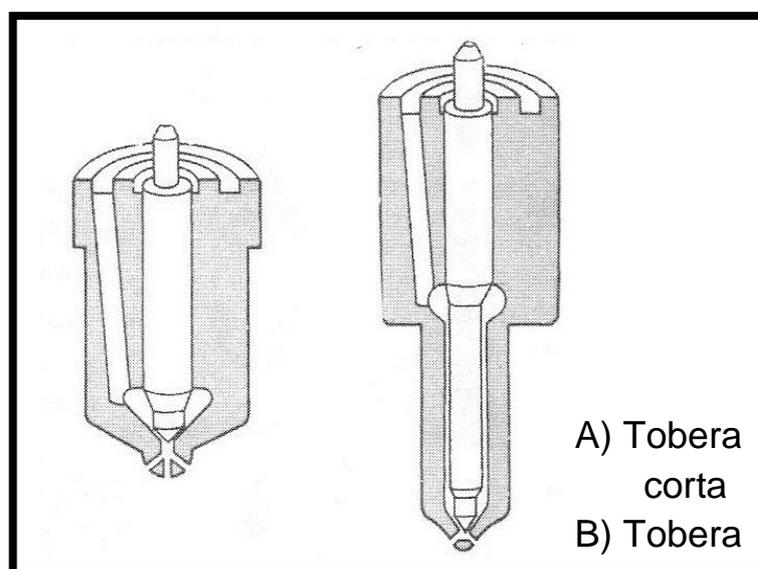
El máximo desplazamiento de la válvula es una distancia H de, aproximada, 0,5 mm; después de este recorrido la válvula hace tope con el plano del portatobera.

¹⁵ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(343). España: Ceac.

Tanto el interior de la tobera como el cuerpo de la válvula y los asientos cónicos de ambas, están fabricados con la máxima precisión. Ambas piezas están hermanadas y, es tal su ajuste, que asegura la estanqueidad entre ellas aún a la elevada presión del combustible; por eso, no se puede sustituir una sola de ellas, sino en conjunto.

Las toberas pueden ser cortas o largas, figura 13. Las cortas son las normales; las largas (que tienen el cuello y la aguja de mayor longitud), exponen menor superficie al calor y se montan en motores donde deba disminuirse la temperatura del inyector, o simplemente cuando el diseño del cabezote lo exige¹⁶.

Figura 13. Tipos de toberas.



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

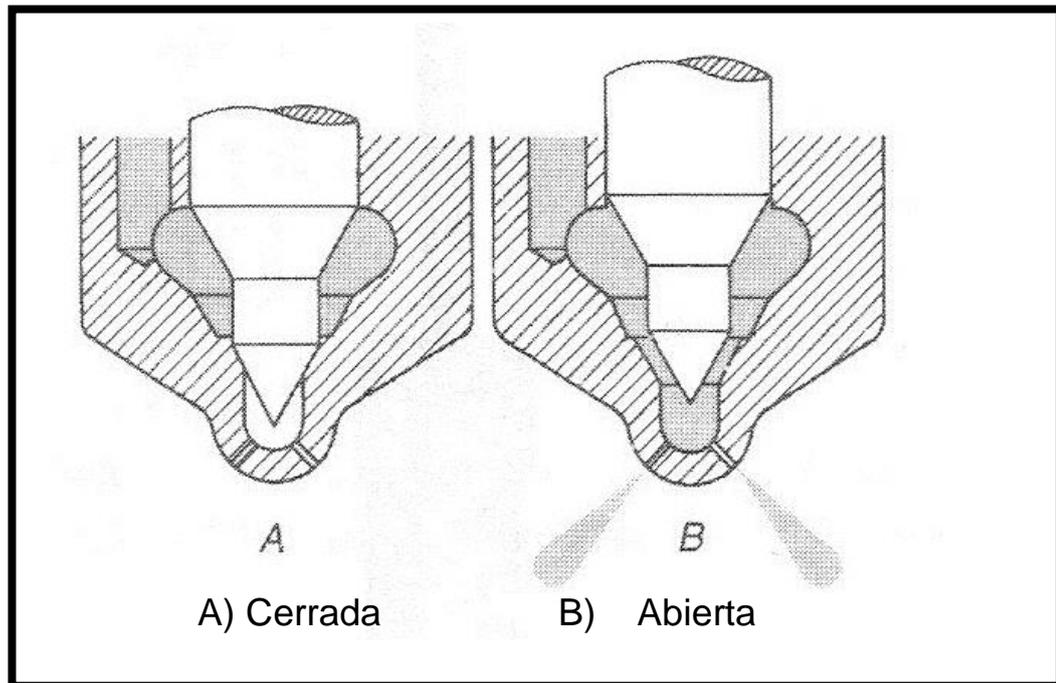
Respecto a la forma de la boquilla de inyección, las toberas pueden ser de dos clases: de orificios y de espiga.

Las de orificios en la figura 14, que pueden tener desde uno hasta 8 o más, se emplean en motores de inyección directa, con presiones de hasta

¹⁶ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(344). España: Ceac.

300 bar. Los orificios suelen estar dispuestos simétricamente, y los chorros de combustible que salen por ellos pueden formar ángulos de hasta 180°. Su longitud y el achaflanamiento de sus extremos tienen gran influencia sobre la forma y la penetración del chorro que se inyecta¹⁷.

Figura 14. Toberas de orificios.



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

En los motores con cámara de precombustión, o con cámara de turbulencia, se emplean las toberas de espiga (llamadas también de tetón) con presiones de inyección comprendidas entre 110 y 135 bar.

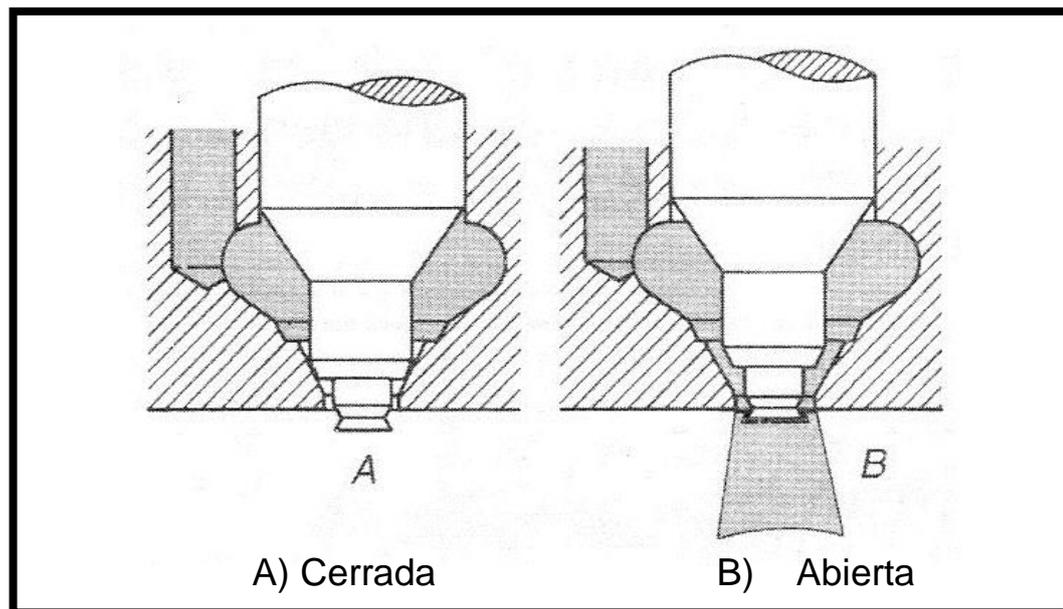
La espiga es una prolongación de la válvula, que según la forma que tenga modifica el chorro y, además, mantiene limpio de incrustaciones el orificio de la tobera.

¹⁷ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(344). España: Ceac.

Hay 4 tipos de tobera de espiga: de espiga cilíndrica, de espiga cónica, de espiga de estrangulación y de orificio auxiliar (Pintaux).

La de espiga cilíndrica, Figura 15, tiene en su parte inferior un tetón cilíndrico, que abre ligeramente el chorro. En la figura se representa cerrada y en posición de inyección¹⁸.

Figura 15. Tobera de tetón cilíndrico.



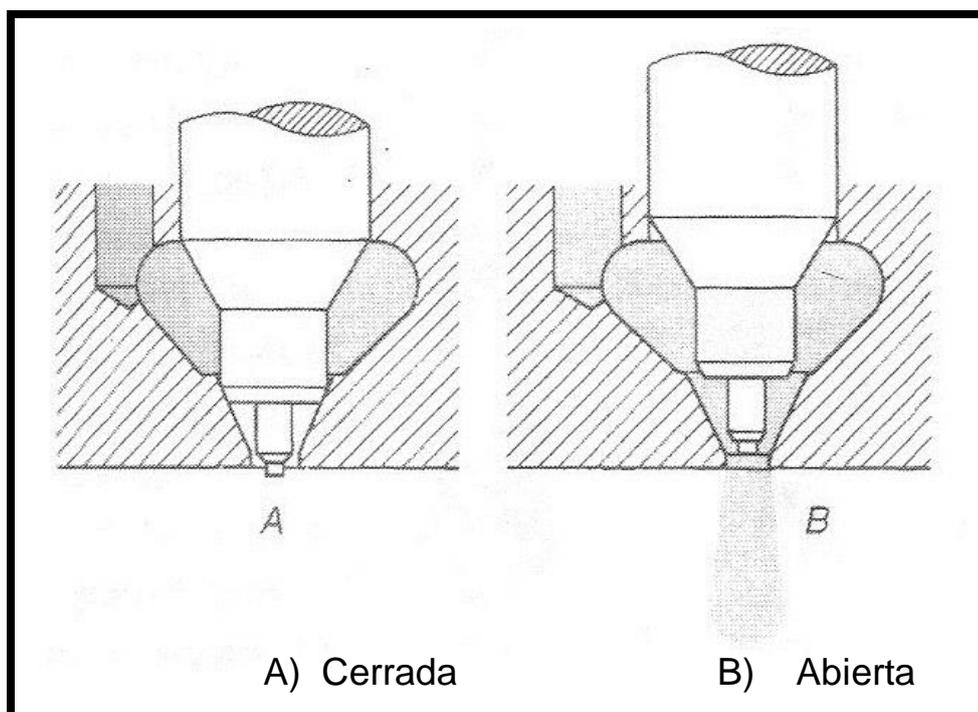
Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

La tobera de espiga cónica, Figura 16, tiene este nombre por tener esta forma el tetón; debido a él, el chorro forma un cono más amplio.

¹⁸ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(345). España: Ceac.

Figura 16. Tobera de espiga cónica.



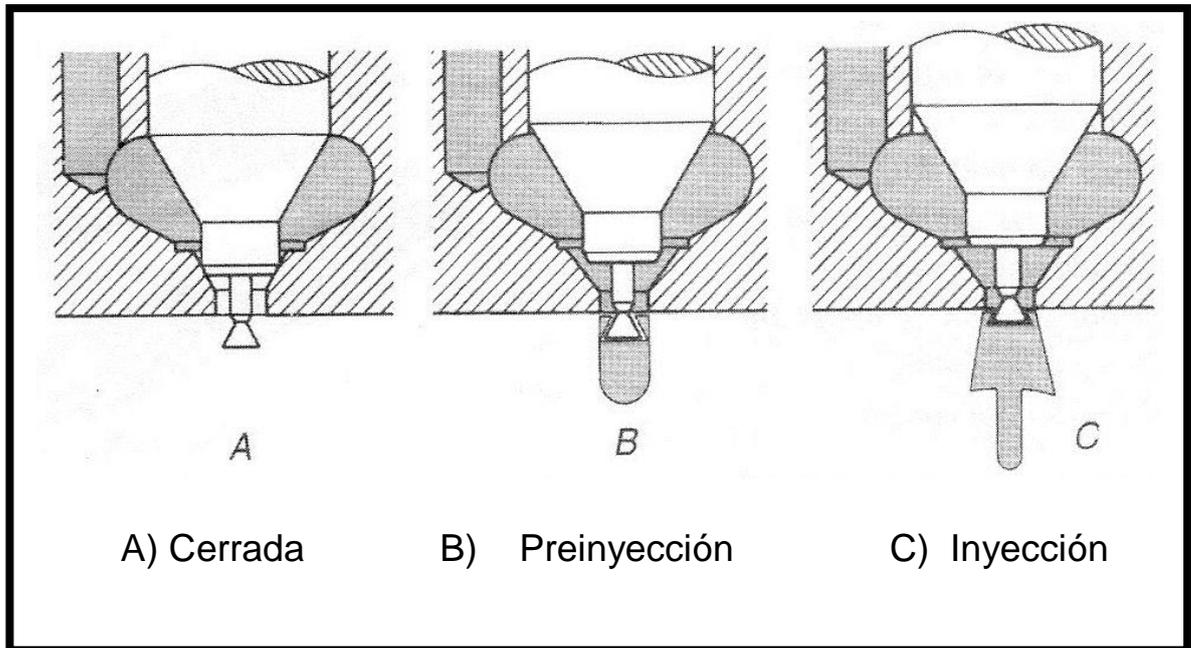
Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

La de espiga de estrangulación o de retardo, Figura 17, es parecida a la anterior, pero difiere en su funcionamiento. El agujero de la tobera es más largo y la parte cilíndrica del tetón penetra en él. En la figura se ve en 3 posiciones: A cerrada, B preinyección y C inyección. En la posición de cerrada la aguja obtura el agujero en el cono de cierre; cuando la presión empieza a levantar la aguja, la parte cilíndrica del tetón deja libre un espacio anular en el agujero de la tobera, que deja salir una pequeña parte de la inyección; al levantarse más la aguja, el agujero queda libre la parte cilíndrica del tetón, y el cono hace que el chorro se abra, produciéndose así el grueso de la inyección. Este comportamiento hace que la combustión se inicie con poca cantidad de diésel, dando lugar a un funcionamiento más suave¹⁹.

¹⁹ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(345). España: Ceac.

Figura 17. Tobera con espiga de estrangulación.



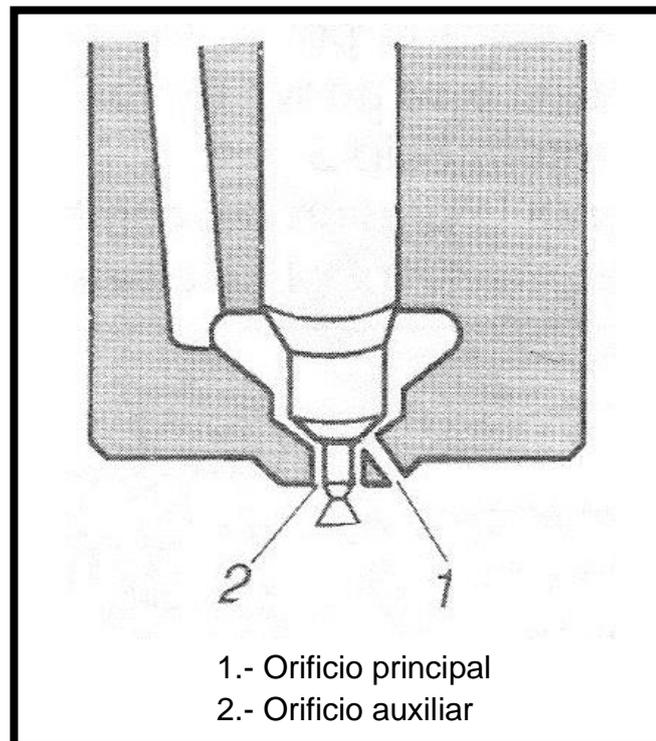
Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

En la figura 18 se muestra una tobera de espiga, con orificio auxiliar. El orificio auxiliar tiene como misión mejorar el arranque en frío del motor. Su efecto sólo se deja notar a bajas velocidades. A las pocas revoluciones que el arranque imprime al motor, el funcionamiento de la bomba de inyección también es lento. Esto hace que el aumento de presión en el inyector se haga más despacio, que las fugas en la caña de la válvula sean mayores y, por lo tanto, menor el levantamiento de la aguja. En estas condiciones es beneficiosa la acción del orificio auxiliar que, situado en el cono de cierre, es el primero que se abre dando lugar a un chorro que por su inclinación va dirigido al canal de entrada de aire de la precámara, con el cual se encuentra frontalmente, facilitando el comienzo de la combustión.

A mayores revoluciones todo sucede más deprisa, y como el orificio auxiliar es muy pequeño, apenas influye en el funcionamiento de la salida principal, que es del tipo de espiga de estrangulamiento²⁰.

Figura 18. Tobera con orificio auxiliar.



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

Portainyectores con el portatobera de doble muelle

Con el fin de suavizar la violenta elevación de la presión de combustión, especialmente en los motores de inyección directa, se han desarrollado los portainyectores de doble muelle. Con estos inyectores se introduce primeramente una pequeña cantidad de combustible (preinyección) en la cámara de combustión para que se inicie el encendido. De esta forma se logra un aumento progresivo de la presión, con la consiguiente mejoría del proceso de

²⁰ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(345). España: Ceac.

combustión y la reducción de las altas cargas a que está sometido el pistón, disminuyendo, a su vez, el nivel de ruidos del motor.

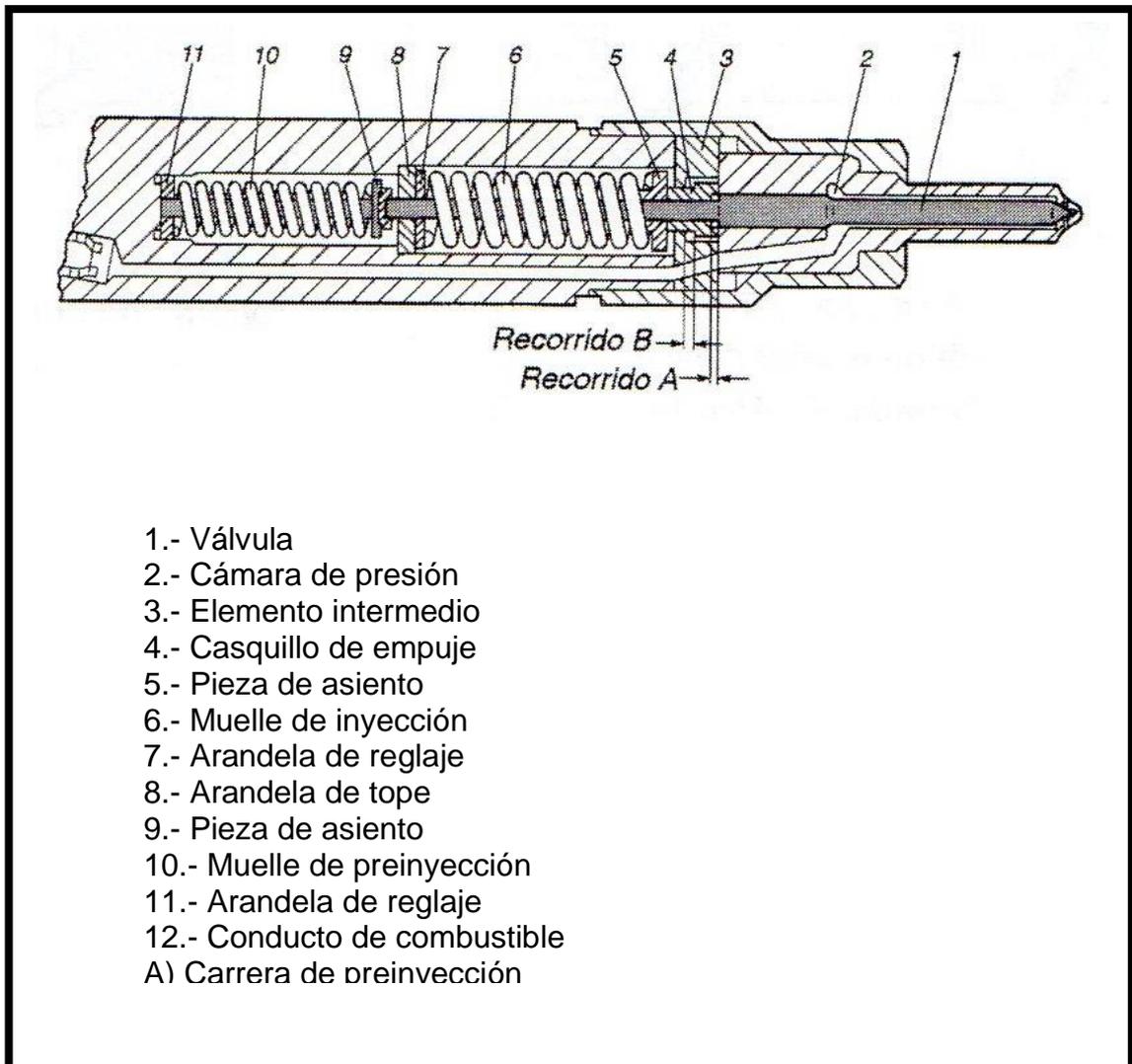
En la figura 19 se muestra la sección de un inyector de este tipo. En su interior hay dos muelles: el 10 de preinyección y el 6 de inyección, siendo este último de mayor fuerza. El muelle 10 se apoya por su parte superior en la arandela de reglaje 11 y por su parte inferior en el vástago de la válvula 1. A su vez, el muelle 6 se apoya por arriba en la arandela de tope 8, con interposición de la arandela de reglaje 7, y por abajo en el elemento intermedio 3 y en el casquillo de empuje 4. En la posición de reposo, la válvula se mantiene cerrada por la fuerza del muelle 10, ya que el 6 se apoya también en el elemento fijo intermedio 3.

Cuando aumenta la presión del combustible en la cámara 2 la válvula 1 se eleva venciendo la fuerza del muelle 10, hasta que después de recorrido el espacio A la parte de mayor diámetro de la válvula hace tope con el fondo interior del casquillo de empuje 4. Esta apertura de la válvula es suficiente para inyectar la pequeña cantidad de combustible necesaria para el funcionamiento en ralentí, consiguiendo, gracias a menor fuerza del muelle 10, una prolongación del tiempo de inyección que proporciona una combustión suave; igualmente esta primera fase supone una preinyección cuando la cantidad a inyectar es mayor.

Para cargas medias y altas del motor la cantidad de combustible a inyectar es mayor, y en ese caso, la pequeña apertura de la válvula durante la preinyección no impide que la presión en la cámara 2 aumente, con lo que la válvula continua subiendo, y arrastrando al casquillo 4 y a la pieza de asiento 5 vence la fuerza del muelle 6, que se suma a la del muelle 10. En esta situación se inyecta la cantidad principal de combustible. El recorrido máximo de la válvula en esta segunda fase es el espacio B que hay entre el casquillo de empuje 4 y el elemento intermedio 3²¹.

²¹ Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(346). España: Ceac.

Figura 19. Inyector con el portatobera de doble muelle



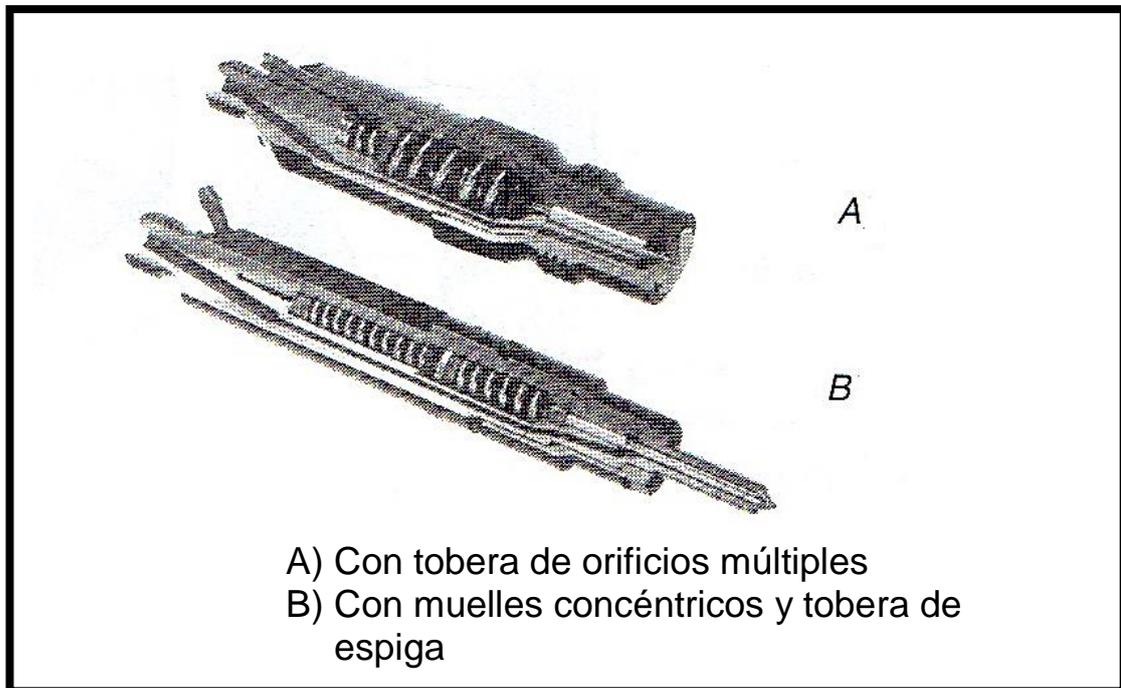
Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

En la figura 20 se puede ver seccionados dos inyectores con portatoberas de doble muelle: el A, con la tobera de orificios múltiples y el B, que con el mismo funcionamiento monta los muelles concéntricos y tiene la tobera de espiga²².

²² Ceac. (2004). Motor diesel . En Manual Ceac del automóvil(345). España: Ceac.

Figura 20. Sección de dos inyectores con portatobera de doble muelle



Fuente: (CEAC, 2004)

Editado por: Oscar Orellana

2.5.2. Concepto específico

Los inyectores y porta-inyectores tienen como tarea en todo sistema diésel ser el nexo entre el sistema de inyección y el motor²³.

Sus tareas son:

- Dosificar la inyección.
- Preparar el combustible.
- Conformar el desarrollo de inyección.
- Estanqueizar la cámara de combustión.

²³ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(707). Alemania: Bosch.

En los sistemas con bombas de inyección separadas (bombas en línea, distribuidoras y bombas PF), los inyectores están integrados en portainyectores. En los sistemas de unidad bomba-inyector (UIS) y Common Rail, las toberas son parte integrante del conjunto inyector.

El gasóleo se inyecta a alta presión. La presión máxima asciende hasta los 2.000 bar, aunque en el futuro será incluso más elevada. En estas condiciones, el combustible ya no se comporta como un fluido rígido, sino que es más bien comprimible. Durante la breve duración de la alimentación (aprox. 1 ms), el sistema de inyección se “infla” localmente. Con una presión y un tiempo de inyección concretos, la sección del inyector determina la cantidad de combustible que penetrará en la cámara de combustión del motor.

Con la longitud y el diámetro de los orificios, la dirección del chorro y (con limitaciones) la forma de los orificios, el inyector influye en la preparación del combustible, y en consecuencia, en la potencia, en el consumo de combustible y en la emisión de contaminantes del motor.

El desarrollo deseado de la inyección se puede alcanzar dentro de determinados límites gracias al correcto control de la sección del flujo del inyector (en función de la carrera de la aguja del inyector) y a un control del movimiento de la aguja del inyector. Finalmente, el inyector debe estanqueizar el sistema de inyección frente a los gases de combustión calientes (hasta unos 1.000 °C) y con gran presión. Para impedir que estos gases se aspiren cuando el inyector está abierto, la presión de la cámara de presión del inyector debe ser siempre mayor a la presión de combustión. Según esto, es importante que, sobre todo al final de una inyección (con una presión de inyección que ya ha descendido y con una presión de combustión en gran aumento), se produzca una cuidadosa coordinación²⁴.

²⁴ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(707). Alemania: Bosch.

Modelos constructivos

Los dos modelos constructivos de motor Diesel, que se pueden clasificar en motores con cámara de combustión dividida (motores con antecámara o cámara de turbulencia) y cámara de combustión no dividida (motores de inyección directa), requieren diferentes construcciones de inyectores.

Para los motores con antecámara o cámara de turbulencia con cámara de combustión dividida, se utilizan inyectores de tetón con un chorro coaxial y una aguja del inyector que habitualmente abre hacia adentro.

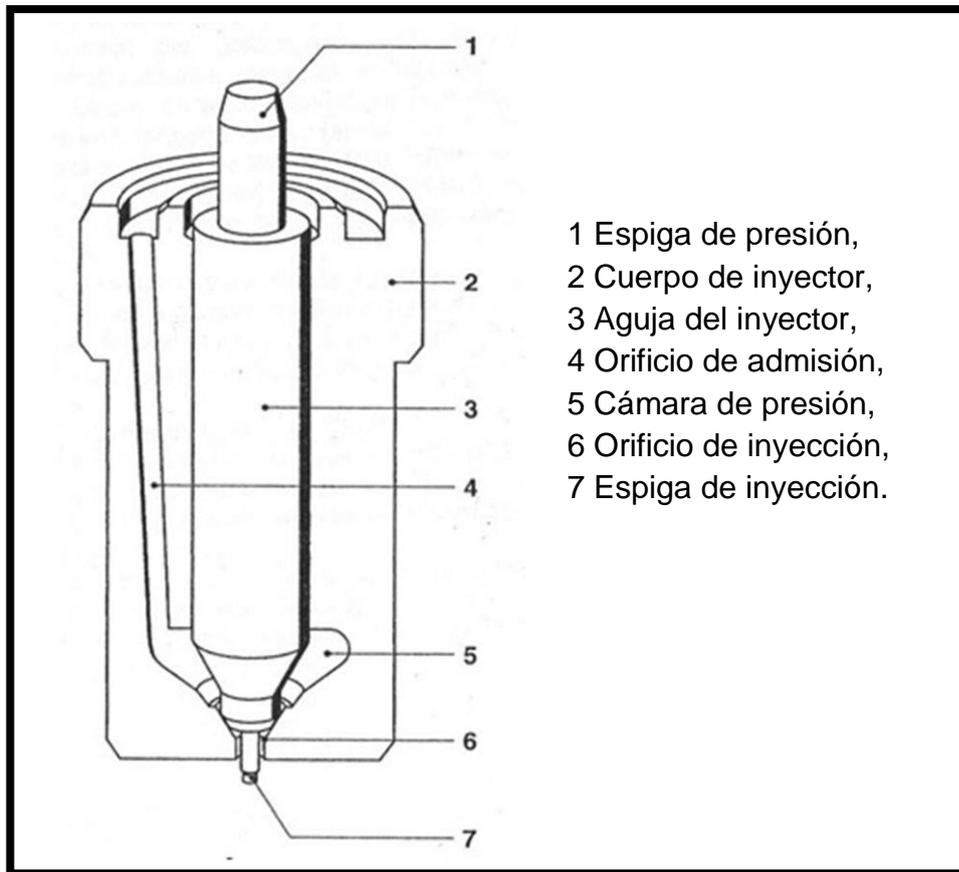
Para los motores de inyección directa con una cámara de combustión principal no dividida se utilizan inyectores de orificios²⁵.

Inyectores de tetón

Un inyector (tipo DN..SD..) y un portainyector (tipo KCA con rosca) constituyen la combinación de inyector/portainyector estándar para motores con antecámara y cámara de turbulencia, ver Figura 21.

²⁵ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(708). Alemania: Bosch.

Figura 21. Inyector de Tetón



Fuente: (BOSCH, Manual de la técnica del automovil, 2005)

Editado por: Oscar Orellana

La mayoría de las veces, los inyectores DN O SD.. se utilizan con un diámetro de aguja de 6mm y un ángulo de apertura del chorro de 0°. Más raramente se encuentran inyectores con ángulo de conicidad del chorro definido (p.eje, 12° en inyectores DIN 12SD..)

Un rasgo característico del inyector de tetón es el control de la sección de descarga, es decir, el caudal depende directamente de la carrera de la aguja. Mientras que la sección del inyector de orificios aumenta mucho justo después de que se abra la aguja del inyector, los inyectores de tetón presentan una curva de la sección muy plana en la gama de las carreras de aguja pequeña. En esta gama de carreras, el tetón, una prolongación en forma de espiga de la aguja del inyector, permanece todavía en el orificio de inyección.

Como sección de flujo, solo se dispone de la pequeña superficie de forma anular entre el orificio de inyección un poco más grande y el tetón. Si los valores de la carrera de aguja son grandes, el tetón libera por completo el orificio de inyección y la sección de flujo aumenta mucho.

Esta modificación de la sección que depende de la carrera, controla hasta cierto punto el desarrollo de la inyección y, por consiguiente, el caudal de combustible inyectado por cada unidad de tiempo. Al principio de la inyección, por el inyector sale poco combustible; al final, mucho. Este desarrollo influye sobre todo positivamente en el ruido de combustión.

Hay que tener en cuenta que si los valores de la sección son pequeños, es decir, si las carreras de la aguja son demasiado reducidas, la aguja del inyector se acelera mucho más por la bomba de inyección en el sentido de la apertura y, en consecuencia sale con rapidez de la carrera del tetón. El caudal de combustible en función del tiempo aumenta rápidamente y el ruido de combustión se torna más fuerte.

De forma similar, las secciones demasiado pequeñas repercuten negativamente sobre el final de la inyección, ya que cuando se cierra la aguja de inyección, el volumen del combustible introducido sólo puede evacuarse lentamente por la estrecha sección. De esta manera, el final de la inyección se retrasa de forma desfavorable. Así pues, todo depende de coordinar el desarrollo de la sección con la cantidad de alimentación de la bomba de inyección y las particularidades del procedimiento de combustión²⁶.

Como el tetón y el orificio de inyección están situados detrás del asiento de la aguja del inyector, el paso anular se coquiza parcialmente durante el funcionamiento.

Se coquiza menos y con más uniformidad los inyectores de tetón de superficie, una forma constructiva especial del inyector de tetón, cuyo tamaño de paso anular entre orificio de inyección y el tetón es aproximadamente cero.

²⁶ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(708). Alemania: Bosch.

En este caso, el tetón tiene aquí una superficie rectificada que libera la sección del flujo. Esta superficie rectificada, es a menudo paralela al eje de la aguja del inyector. Con una inclinación adicional, la parte plana de la curva para el caudal aumenta mucho más y produce una transición más suave hasta la apertura completa del inyector. Esto ayuda a reducir el ruido en carga parcial y mejora el comportamiento de la marcha.

Las temperaturas superiores a los 220°C alcanzadas con los inyectores también producen una fuerte coquización. Son de ayuda las plaquitas o los sombreretes de protección que derivan el calor procedente de la cámara de combustión hacia la culata²⁷.

Inyectores de orificios

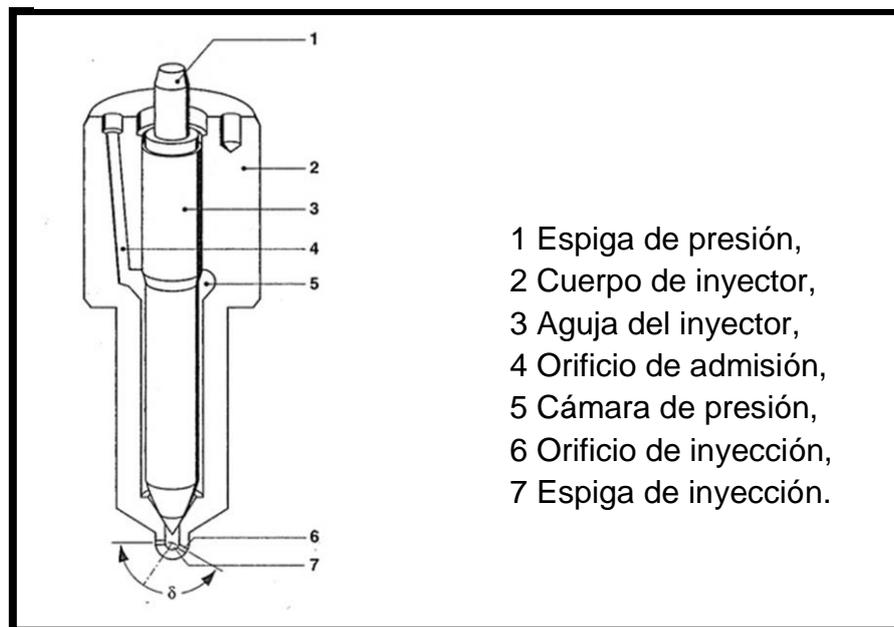
Las combinaciones de inyector/portainyector para los inyectores de orificios presentan una gran multiplicidad de variantes. Al contrario de los inyectores de tetón, la posición de montaje de los inyectores de orificios suele estar determinada. Los orificios de inyección practicados con diferentes ángulos en el inyector deben estar orientados de forma adecuada con respecto a la cámara de combustión. Por ello, la combinación inyector/portainyector se fija con la ayuda de garras y pernos huecos con rosca interior en la culata. Además, una fijación antigiro se encarga de proporcionar la posición correcta.

Los inyectores de orificio tienen unos diámetros de aguja de 4mm (tamaño P) y de 5 o 6 mm (tamaño S); los inyectores de taladro en el asiento sólo están disponibles en el tamaño P. Los muelles de compresión deben estar adaptados a los diámetros de aguja y a los valores de presión de apertura habituales, que sobrepasan los 180bar. La función de estanqueidad tiene importancia sobre todo al final de la inyección, ya que existe el peligro de que los gases de combustión sean absorbidos por el inyector, que estos causen daños en el servicio continuo y que produzcan, en consecuencia, inestabilidad hidráulica. Esta función de estanqueidad se consigue con una adaptación precisa del diámetro de la aguja del inyector y del muelle de compresión.

²⁷ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(709). Alemania: Bosch.

Para la disposición de los orificios de inyección en el casquete del inyector de orificios, se dispone de tres modelos constructivos que se diferencian por el volumen de combustible que, al final de la inyección, puede evaporarse libremente hacia la cámara de combustible y que recibe el nombre de volumen muerto. Los modelos constructivos con taladro ciego cilíndrico, taladro ciego cónico e inyector de taladro en asiento presentan por este orden un volumen muerto descendente. Siguiendo este orden desciende también la emisión de hidrocarburos del motor, porque se evapora menos combustible no quemado²⁸. Ver figura 22.

Figura 22. Inyector de Orificios



Fuente: (BOSCH, Manual de la técnica del automovil, 2005)

Editado por: Oscar Orellana

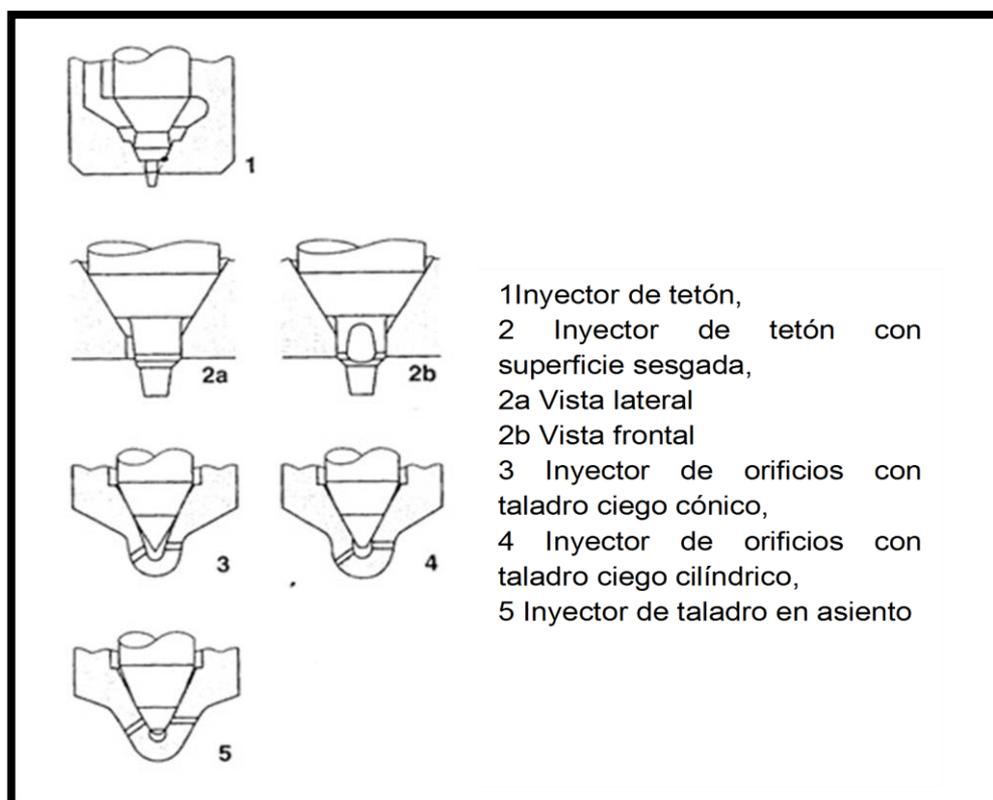
La resistencia mecánica del casquete de inyector limita la longitud del inyector de orificios hacia abajo. En la actualidad, esta longitud se encuentra entre 0.6 y 0.8 mm en el caso del taladro ciego cónico y el cilíndrico. En el

²⁸ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(709). Alemania: Bosch.

inyector de taladro en asiento, la longitud mínima del inyector de orificios es de 1 mm.

El desarrollo que se está llevando a cabo en este campo tiende a reducir la longitud de los orificios, ya que unos orificios más cortos producen, por lo general, unos valores de humo algo mejores. Las tolerancias de paso que se producen con el taladro en los inyectores de orificios están situadas en $\pm 3.5\%$. Si, además, se redondean selectivamente (tratamiento hidroerosivo) los cantos de entrada de los orificios de inyección, pueden conseguirse tolerancias de paso de $\pm 2\%$ ²⁹.

Figura 23. Formas de inyector



Fuente: (BOSCH, Manual de la técnica del automovil, 2005)

Editado por: Oscar Orellana

²⁹ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(710). Alemania: Bosch.

El inyector se ha seguido perfeccionando, especialmente para la utilización en motores de inyección Diesel de baja emisión de sustancias nocivas para turismos. Optimizando el espacio muerto en el cuerpo del cilindro y adaptando la geometría de los orificios de inyección, se ha conseguido que esté disponible un nivel máximo de presión en la salida del orificio de inyección para una formación óptima de la mezcla. En los inyectores de taladro ciego, la distribución equitativa del chorro se logra utilizando una guía doble de aguja. Ver figura 23.

En los inyectores de orificios, el límite superior de temperatura está situado aproximadamente en el ámbito de los 300°C debido a la resistencia al calor del material utilizado. Para aplicaciones muy difíciles, se dispone de unos casquillos de protección contra el calor o incluso de inyectores refrigerados para motores grandes³⁰.

Portainyectores estándar

Una combinación de inyector/portainyector se compone por un portainyector y un inyector. El inyector consiste en el cuerpo del inyector y la aguja del inyector. La aguja del inyector pasa suavemente por el orificio guía del cuerpo del inyector, pero estanqueiza con seguridad frente a las altas presiones de inyección. Ver figura 24.

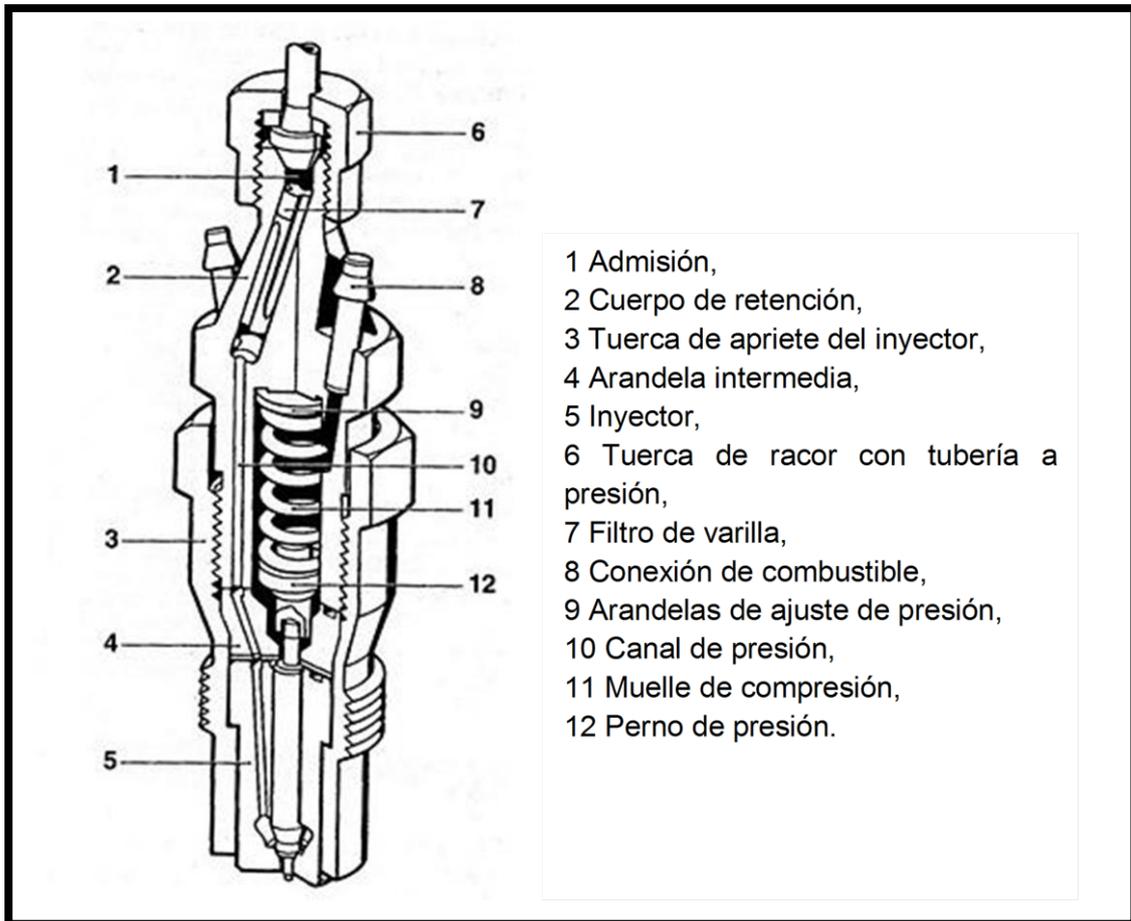
La presión de apertura de una combinación de inyector/portainyector (aprox. 110 a 140 bar en un inyector de tetón y 150 a 250 bar en un inyector de orificios) se ajusta añadiendo unas arandelas debajo de los muelles de compresión. Ver figura 25.

Entonces, la presión de cierre se obtiene a partir de la geometría del inyector o la relación del diámetro de guía de la aguja con el diámetro de asiento, el llamado nivel de presión³¹.

³⁰ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(710). Alemania: Bosch.

³¹ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(710). Alemania: Bosch.

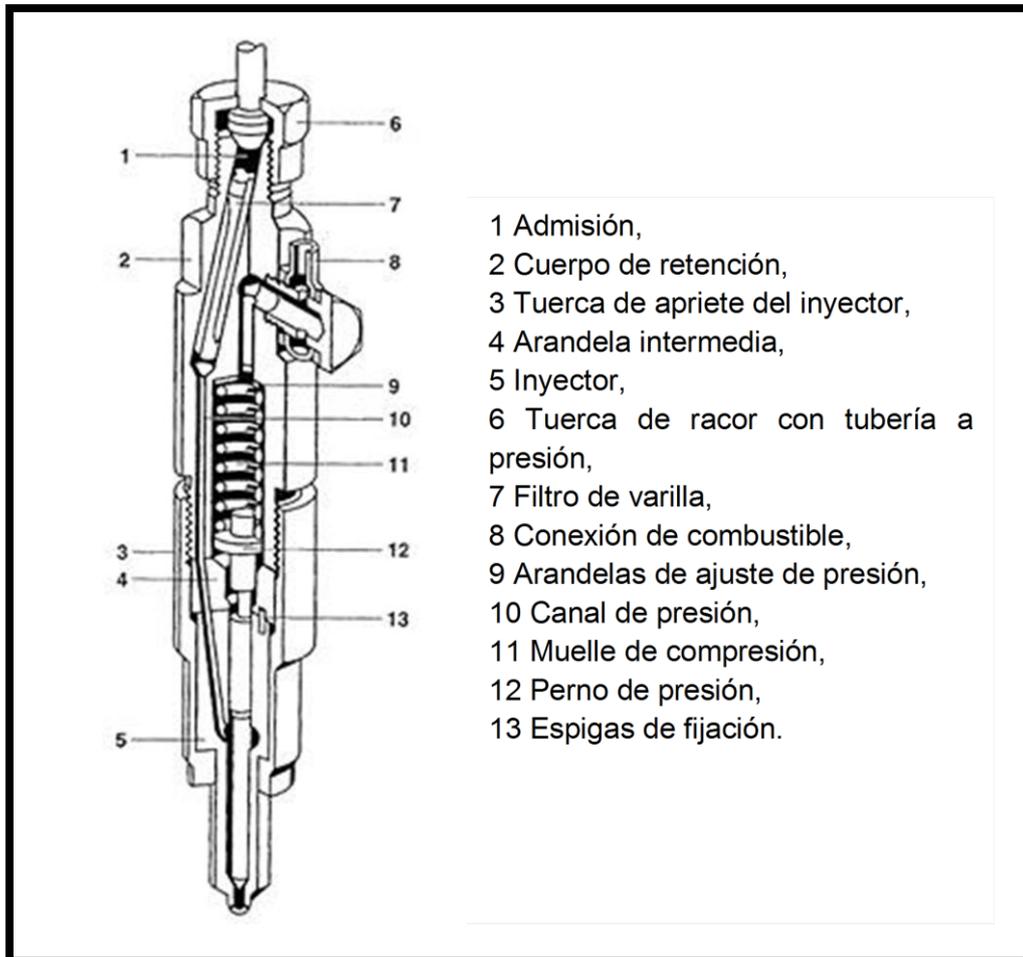
Figura 24. Inyector/Portainyector con inyector de tetón



Fuente: (BOSCH, Manual de la técnica del automovil, 2005)

Editado por: Oscar Orellana

Figura 25. Portainyector con inyector de orificios



Fuente: (BOSCH, Manual de la técnica del automovil, 2005)

Editado por: Oscar Orellana

Portainyectores de dos muelles

Se utilizan particularmente en motores de inyección directa para los cuales el desarrollo de la inyección es importante para reducir el ruido de combustión.

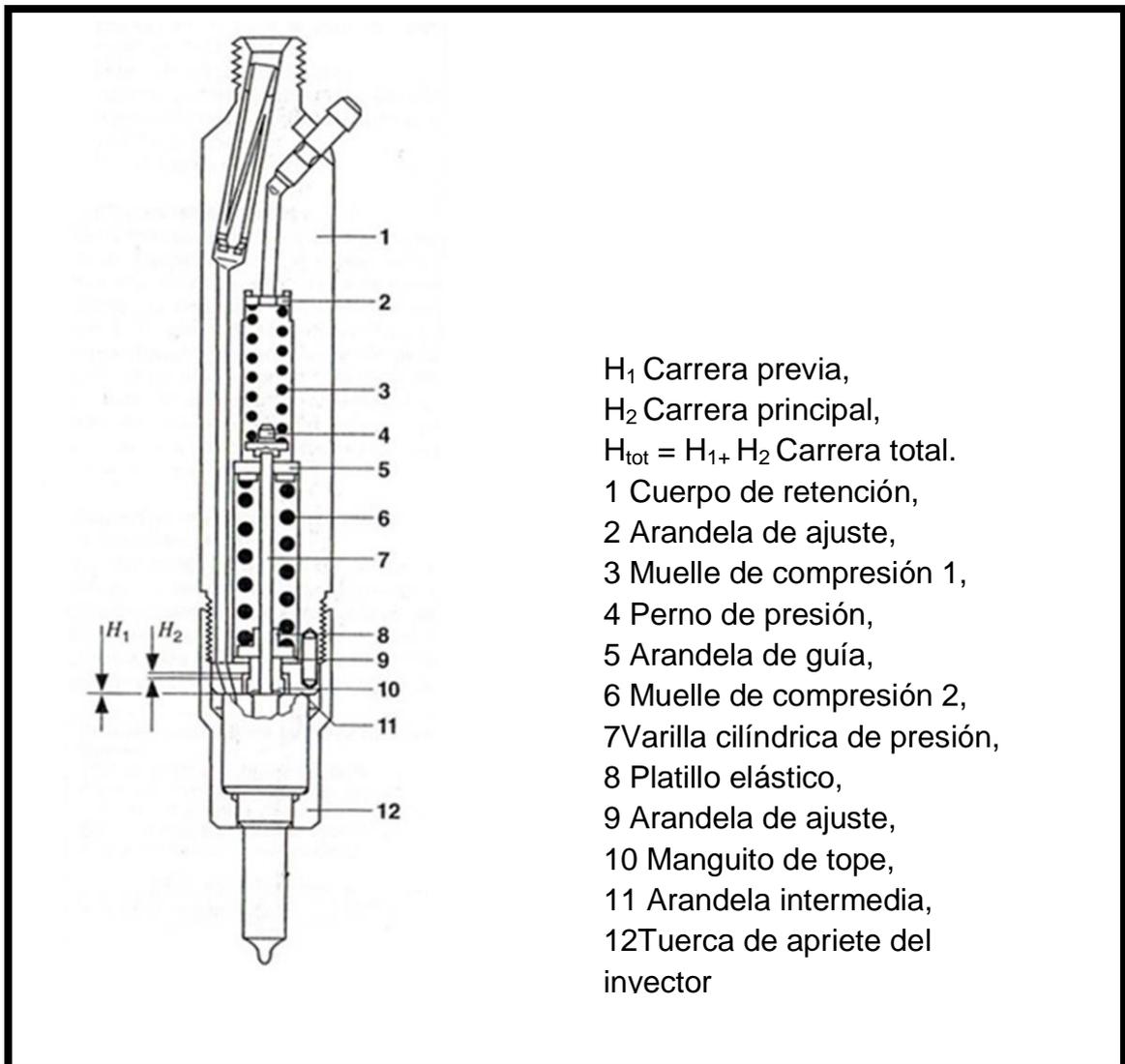
La utilización de un portainyector de dos muelles consigue este efecto deseado que se obtiene ajustando y adaptando:

- La presión de apertura 1,
- La presión de apertura 2,
- la carrera previa y
- la carrera total

En la figura 26, la presión de apertura 1 se ajusta como la del portainyector de muelle. La presión de apertura 2 se obtiene de la suma de la tensión previa del muelle 1 y del muelle 2 adicional. El muelle 2 se apoya sobre un manguito de tope en el que se ha incorporado la medida de la carrera previa. Durante el proceso de inyección, la aguja del inyector primero se abre sólo en el intervalo de la carrera previa. Las amplitudes habituales de la carrera previa están situadas entre los 0.03 y 0.06 mm. Si la presión vuelve a subir en el portainyector, el casquillo de tope se levanta y la aguja del inyector se abre a la carrera completa³².

³² Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(711). Alemania: Bosch.

Figura 26. Portainyector de dos muelles



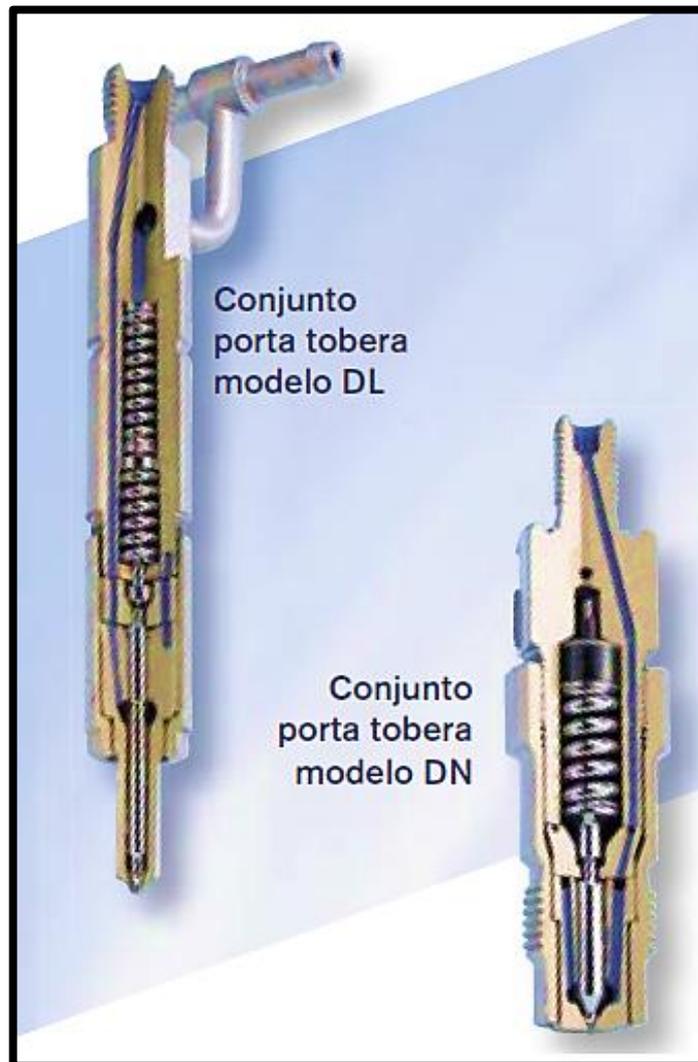
Fuente: (BOSCH, Manual de la técnica del automovil, 2005)

Editado por: Oscar Orellana

Los portainyectores con dos muelles también están disponibles para motores con antecámara o cámara de turbulencia. Los valores de ajuste están adaptados al sistema de inyección³³.

³³ Robert Bosch GmbH. (2005). Mando de los motores Diesel. En Manual de la técnica del automóvil(711). Alemania: Bosch.

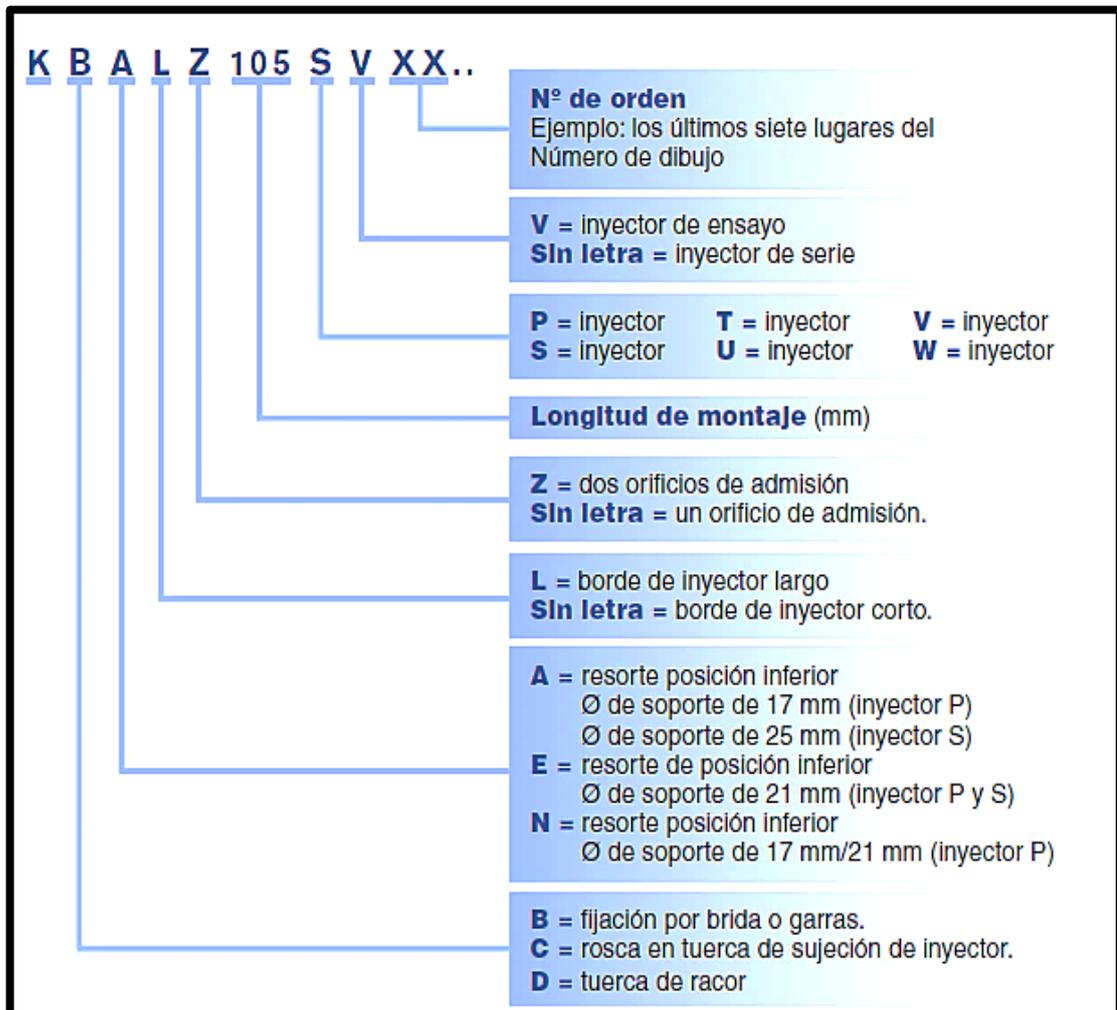
Figura 27. Conjunto porta tobera



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

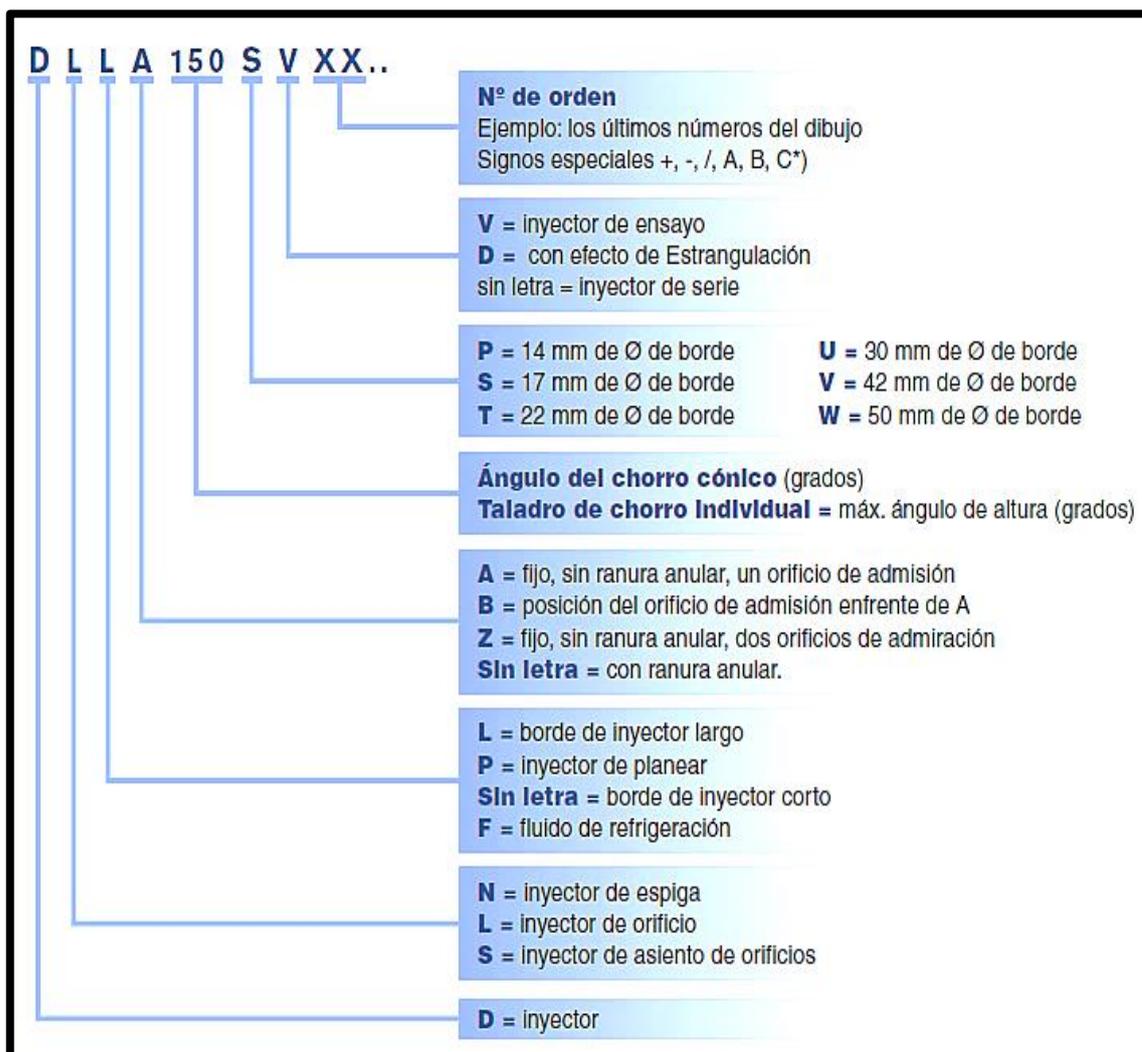
Figura 28. Designación de un porta-inyector Bosch



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

Figura 29. Designación de tipo de tobera Bosch



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

2.6. Comprobador EPS 100

Con el EPS 100 (aparato de comprobación para conjuntos inyector de comprobación y conjuntos inyector de motor, denominados habitualmente aparatos de comprobación de toberas), es un modelo con corrección de volumen conforme con la norma ISO 8984 para presiones de comprobación hasta 40 MPa en las toberas de inyección de los tamaños P, R, S y T con los correspondientes inyectores. Dentro de las pruebas que el fabricante indica tenemos:

- Presión de apertura
- Forma del chorro
- Estanqueidad del alojamiento
- Estanqueidad del conjunto
- Emisiones sonoras

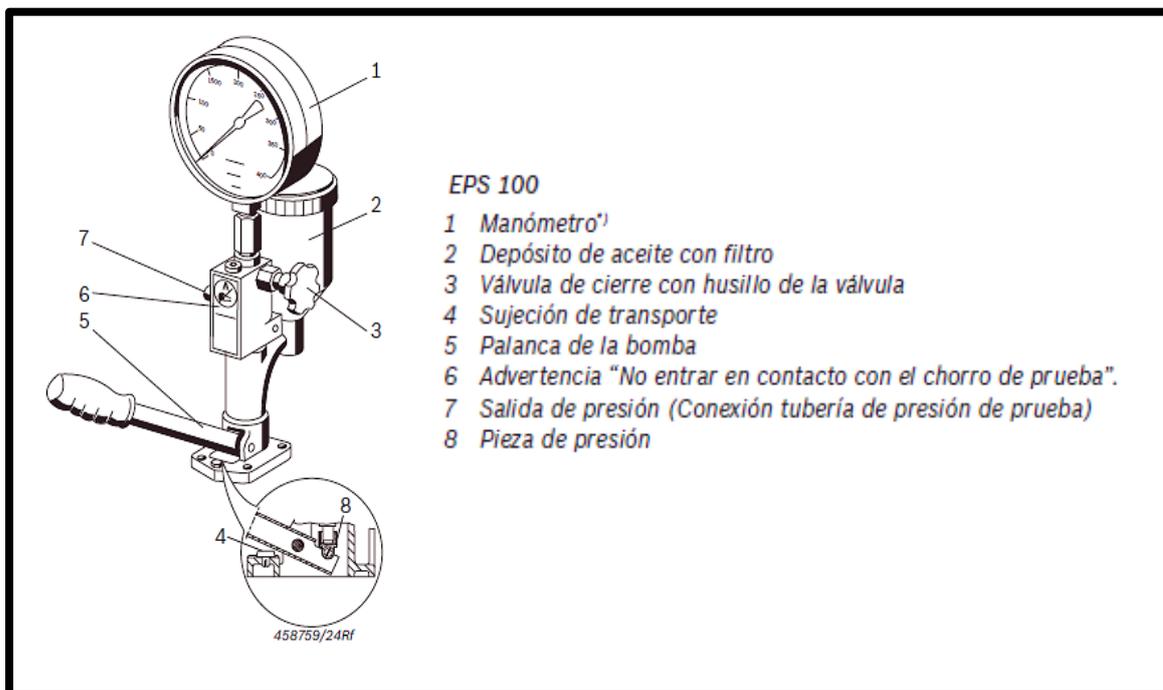
La norma ISO 8984 determina las diferentes prescripciones para los aparatos de comprobación de toberas y las condiciones de realización de las pruebas de toberas de inyección. El EPS 100 cumple estas prescripciones y condiciones de realización de las pruebas.

Con el EPS 100 podremos:

- Probar y ajustar la presión de abertura del inyector
- Analizar el chorro de inyección con relación a la forma y atomización (imagen del chorro de inyección).
- Verificar la estanqueidad de los inyectores y propiedades de chirrido en porta-inyectores de dos etapas, fijaciones de etapas y aplicativos UI/UP³⁴

³⁴ Robert Bosch GmbH. (2010). Comprobador de inyectores EPS 100. Alemania: Bosch.

Figura 30. EPS 100



Fuente: (Bosch, Comprobador de inyectores EPS 100, 2010)

Editado por: Oscar Orellana

Ahora si comparamos el modelo anterior (EFEP 60H) al EPS100, la lectura general posible de medición mejora de +/- 4 bar a +/- 2,4 bar, debido a la mejor precisión del manómetro. Esto permite el análisis y exclusión de derrames menores, evitando una posible vibración del motor en marcha lenta. La modernización del diseño del EPS 100 tiene un estancamiento interno menor. Su ventaja es la generación de presión constante (no disminuye) en la estructura de la prueba de estancamiento en inyectores de unidades, portainyectores de dos etapas, etc.³⁵

Al comprobar conjuntos inyector se debe emplear el dispositivo de aspiración EPS 738. En muchos países, la normativa legal ya lo prescribe

³⁵ Robert Bosch GmbH. (2010). Comprobador de inyectores EPS 100. Alemania: Bosch.

como obligatorio (por ejemplo, en Alemania, la § 14 de la Ley sobre puestos de trabajo)³⁶.

2.7. Aspirador EPS 738

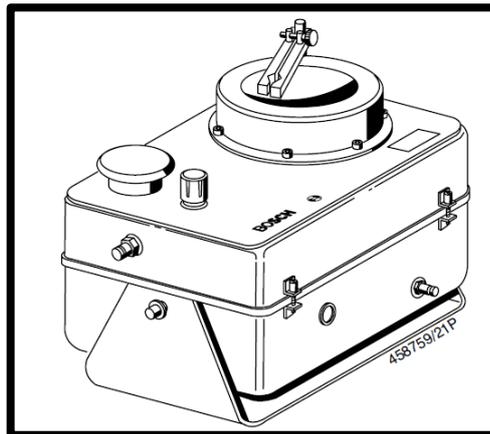
El dispositivo de aspiración se utiliza conjuntamente con los comprobadores de inyectores al comprobar estos inyectores.

Con este aparato se aspira la nebulosidad de aceite que se origina al comprobar los inyectores.

No se debe usar gasolina. Peligro de explosión.

La aspiración del combustible pulverizado se efectúa mediante depresión. Esta depresión se crea con aire comprimido con una bomba de eyector que hace condensar sobre un filtro la nebulosidad de aceite. Va montada una lámpara anular para observar mejor el proceso de eyección (p. ej. caso de inyectores de orificios)³⁷.

Figura 31. EPS 738



Fuente: (Bosch, Dispositivo de aspiración, 2001)

Editado por: Oscar Orellana

³⁶ Robert Bosch GmbH. (2010). Comprobador de inyectores EPS 100. Alemania: Bosch.

³⁷ Robert Bosch GmbH. (2001). Dispositivo de aspiración EPS 738. Alemania: Bosch.

2.8. ISO-Standard 4113 test oil

El aceite de prueba según la norma DIN 4113 tiene muy bajas propiedades de protección contra el desgaste y una muy baja viscosidad (< 3 mm²/s). Se puede utilizar sólo con juntas de fluorocarbono (FKM FLUOR KARBON MONOMER), además se debe tener en cuenta su bajo punto de inflamación y deben utilizarse con datos de potencia limitados según consulta³⁸.

Los aceites de prueba ISO 4113 son recomendados para el análisis y pruebas de bombas de inyección diésel.

Se recomiendan los siguientes:

- Shell Calibration Fluid S 9365 (Shell International)
- Shell V-oil 1404 (Shell Germany)
- Shell Normafluid B.R. (Shell France)
- Viscor Calibration Fluid 1487 AW-2 (Rock Vallery)
- Castrol fluido para Calibracao 4113 (CastrolBrasilien)
- Esso EGL 70 147 (Esso AG)
- Benz UCF-1 Calibration Fluid (Benz Oil)

El aceite de prueba ISO 4113 también se puede utilizar en bancos de medición para pruebas de frenos y motores de arranque. Los sistemas de medición de estos bancos de pruebas se han llenado de aceite de ensayo ISO 4113 desde noviembre de 1985. No se recomienda una mezcla de aceite de ensayo viejo y nuevo³⁹.

Área de trabajo

El lugar de trabajo se refiere a cualquier sitio físico en la cual se realizan actividades relacionadas con el trabajo bajo control de la organización.

Nota: Al considerar lo que constituye un lugar de trabajo, la organización debe considerar los efectos de seguridad y salud ocupacional sobre el personal

³⁸ Rexroth. Fluidos hidráulicos a base de aceite , de Rexroth Sitio web: http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_90220/rs90220_2012-05.pdf

³⁹ Robert Bosch GmbH. BPS, EPS, Test oil. Alemania: Bosch.

que, por ejemplo, viaja o se encuentra en tránsito (por ejemplo, conduciendo, volando, en barcos o trenes), trabajando en las instalaciones de un cliente o proveedor, o trabajando en su hogar.

2.9. Riesgo aceptable

Es el riesgo que ha sido reducido a un nivel que puede ser tolerado por la organización, teniendo en cuenta sus obligaciones legales y su propia política de Salud y Seguridad Ocupacional (SySO).

2.10. Peligro

Peligro es fuente, situación o acto con el potencial de daño en términos de lesiones o enfermedades, o la combinación de ellas.

2.11. Identificación de peligros

La identificación de peligros es el proceso de reconocimiento de una situación de peligro existente y definición de sus características⁴⁰.

2.12. Riesgo

El riesgo es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento o exposición peligrosa y la severidad de las lesiones o daños o enfermedad que puede provocar el evento o la exposición(es).

2.13. Evaluación del riesgo

Según lo define (OHSAS-18001:2007), es el proceso de evaluación de riesgo(s) derivados de un peligro(s) teniendo en cuenta la adecuación de los controles existentes y la toma de decisión si el riesgo es aceptable o no⁴¹.

⁴⁰ RAPPORT CONSULTORES. OHSAS-18001:2007 (6-8). Sitio web: <http://www.cip.org.ec/attachments/article/111/OHSAS-18001.pdf>

⁴¹ RAPPORT CONSULTORES. OHSAS-18001:2007 (8). Sitio web: <http://www.cip.org.ec/attachments/article/111/OHSAS-18001.pdf>

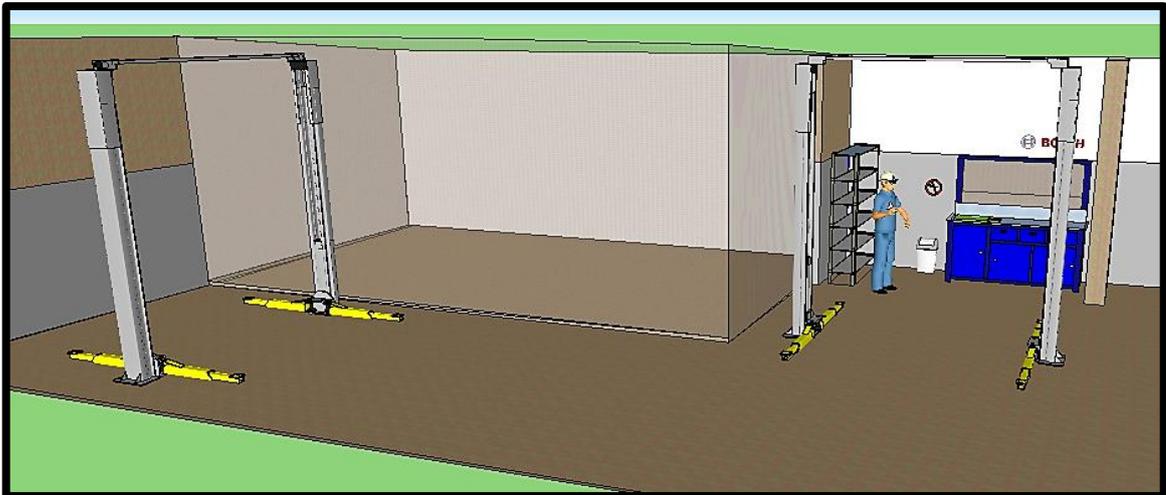
CAPÍTULO III

ESTUDIO Y DISEÑO DEL ÁREA DE TRABAJO.

3.1. Elaboración de planos

Para la elaboración de los planos se consideró el área del taller y el mejor lugar para establecer el área de pruebas para inyectores mecánicos estando este del lado derecho, frente al elevador de 2 postes. Esta designación del lugar se realizó analizando factores de riesgo ya que si se colocaba al fondo del taller a lado del área de soldaduras el riesgo por ignición de combustible o líquido de prueba era alto, esto se puede observar en la figura 32 por ello se procedió a buscar otro lugar con menos riesgo siendo el que se muestra en la figura 33, al frente del elevador Launch rojo.

Figura 32. Estudio del área de trabajo



Fuente: (Oscar Orellana, SketchUp 2013)

Editado por: Oscar Orellana

Figura 33. Designación del área de trabajo



Fuente: Oscar Orellana

Considerando la ubicación se procedió a dimensionar el mueble metálico, el mismo que servirá de base para los equipos de comprobación, así como, tener el espacio para trabajar con los componentes a comprobar. Cabe resaltar que la ubicación final favorece la instalación eléctrica y neumática ya que está próximo a la caja de breakers y punto neumático del área. Ver figura 34.

Figura 34. Tomas eléctricas y neumáticas

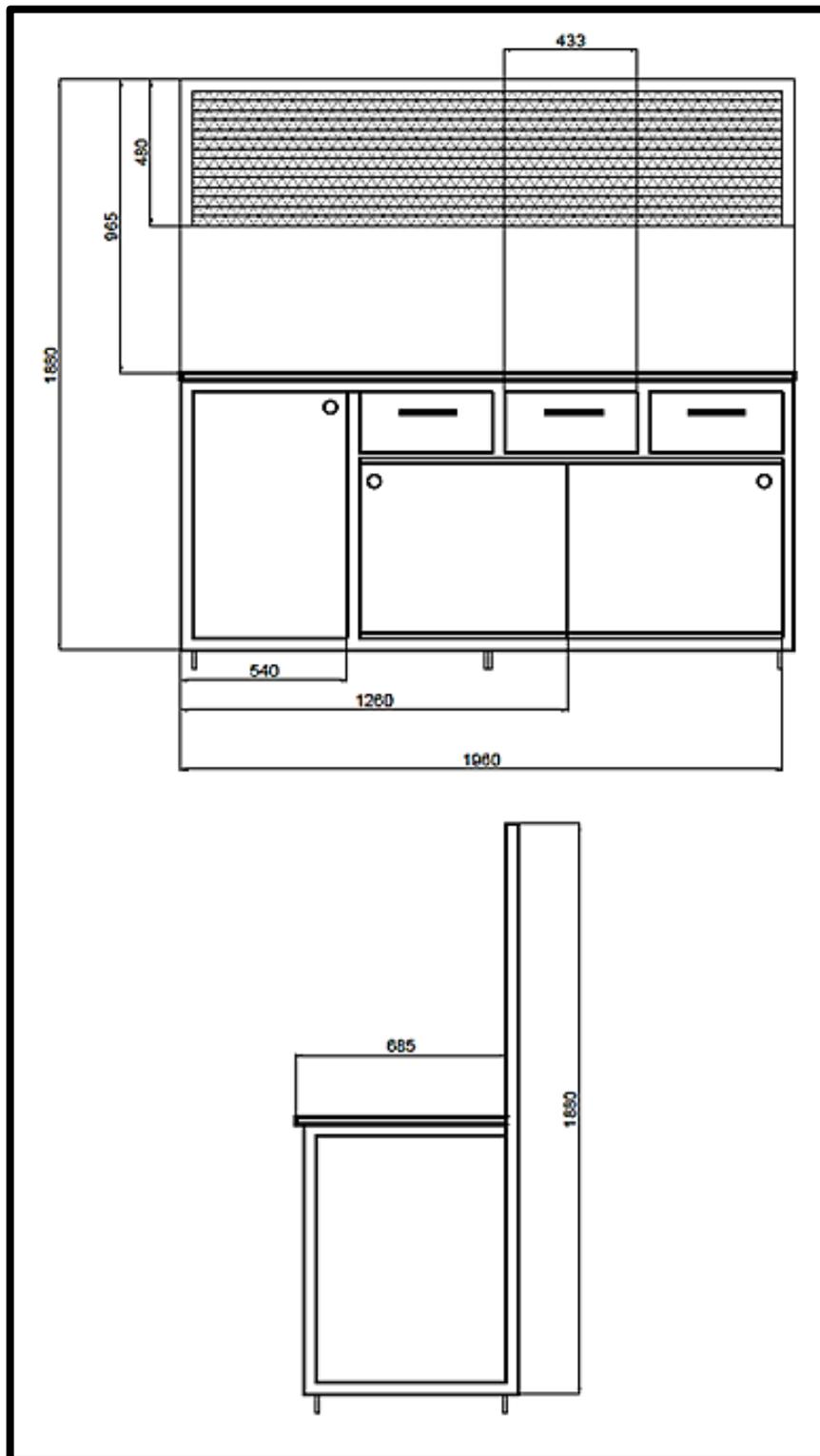


Fuente: Oscar Orellana

3.2. Diseño dimensional de la estructura metálica.

El espacio físico disponible permite que las dimensiones del mueble sean de 1.88m de alto por 2.00m de largo por 0.70m de profundidad, ver figura 35. Con la finalidad de aprovechar el mueble de trabajo para guardar herramientas o partes luego de las comprobaciones, el diseño dimensional considera configurar las dimensiones para tener 3 cajones con seguridad, una compuerta con espacio para almacenar fluido de comprobación y dos puertas corredizas con una división interna para almacenar artículos varios. Ver anexo 1.

Figura 35. Diseño dimensional del mueble de trabajo



Fuente: (Oscar Orellana, Autocad)

Editado por: Oscar Orellana

3.3. Análisis para la instalación de equipos de comprobación

Considerando el título de la tesis, “Estudio e implementación de área para pruebas y calibración de inyectores mecánicos”, se analizó la opción de contar con equipos de calidad y certificados por un fabricante de partes y piezas diesel, siendo Bosch la mejor opción ya que con estos equipos, aplicando el procedimiento dado por el fabricante incluso permite analizar garantías de componentes nuevos o usados luego de reparaciones.

Los equipos designados por Bosch para verificar estos componentes son el aspirador EPS 738 y comprobador EPS 100. La distancia requerida dentro del mueble de trabajo es de alrededor de 80 cm por los 70 de profundidad, quedando suficiente espacio sobre la mesa para trabajar en limpieza, despiece, verificación y ensamblaje de componentes.

Como único requisito se debe considerar la alimentación eléctrica del aspirador, así como la alimentación de aire del aspirador, mayores detalles de la instalación se podrán ver dentro del capítulo III.

Tomando en cuenta la necesidad de energía eléctrica, así como de aire comprimido, la mejor opción planteada realizando un análisis de riesgos se determinó que sería frente al elevador Launch rojo dentro del taller, reduciendo el riesgo por ignición de fluido de líquido de prueba y no como se había planteado inicialmente en el primer diseño entre la bodega de herramientas y el área de soldaduras ya que el riesgo por incendio o accidente era muy alto.

El área identificada para la ubicación del proyecto permite instalar el mueble metálico diseñado dimensionalmente, además cabe destacar que se cuenta con mejor ventilación y con esto el riesgo se puede reducir y controlar.

3.4. Estudio de instalación eléctrica y neumática requerida para los equipos en el taller

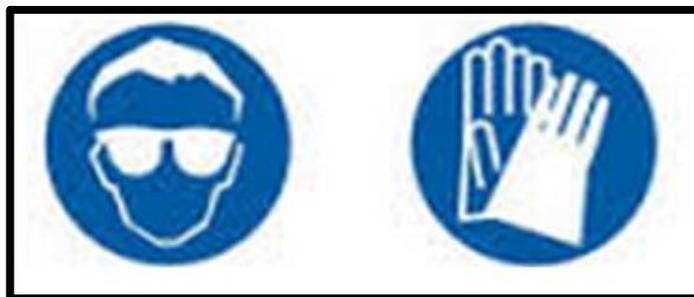
De los equipos mencionados dentro del proyecto, el aspirador requiere energía eléctrica, además de aire comprimido para su función de aspiración.

Dentro del manual se especifica que la alimentación de tensión es de 220V para la lámpara anular que se puede encender para observar mejor el proceso de eyección. Por otro lado, el manual también señala que la presión máxima de operación deberá ser de 7 bar para que se genere la depresión que podrá ser ajustada por medio de una válvula de regulación.

3.5. Identificación de señalética de seguridad necesaria en el lugar de trabajo

Debido a las presiones generadas en las pruebas de los inyectores y por lo inflamable de las sustancias a manejar dentro de la señalética a utilizar tenemos riesgo incendio, además de las obligatorias que son uso de gafas, guantes y devolver las herramientas. En la figura 36 vemos un ejemplo de las señales a ubicar en el área de trabajo.

Figura 36. Señales de protección y seguridad



Fuente: (Google, EPP imágenes)

Editado por: Oscar Orellana

En el área de pruebas es fundamental el uso de gafas debido a las presiones a las que se realiza las pruebas de inyector, si no se ubica bien el inyector en soporte del aspirador, el rocío puede dirigirse a la cara afectando ojos principalmente.

El uso de guantes es necesario, el contacto con el diésel y solventes puede afectar la piel. Este daño muchas veces no se percibe a corto plazo, sin embargo el manipular continuamente este tipo de sustancias hace que la piel se vuelva más sensible a irritaciones o lesiones.

En vista a que se usarán solventes para limpieza y pruebas, existe riesgo de incendio por lo que es necesario tener presente esto y utilizar el extintor en caso de emergencia.

El área de pruebas contará con herramientas, las mismas que deberán ser devueltas de manera obligatoria al taller al finalizar las pruebas.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA DE TRABAJO

4.1. Instalación de mesa de trabajo

La instalación de la mesa de trabajo se realiza en el área designada dentro del taller de la FIA de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil, ubicándose esta frente al elevador Launch rojo. Se consideró en un inicio realizarlo frente al elevador celeste a lado del área de soldaduras, sin embargo esto implica un riesgo de incendio por las chispas generadas al realizar un trabajo de soldadura.

Una mejor referencia de ubicación se puede observar en la figura 37, Designación del área de trabajo, sin embargo en la figura 16 se puede observar mejor por medio de las fotos tomadas dentro del taller.

Figura 37. Ubicación de la mesa de trabajo dentro del taller



Fuente: Oscar Orellana

Además se acondicionó la mesa de trabajo con accesorios dentro de los cajones para mantener un orden y seguridad al realizar los trabajos. Dentro de los accesorios tenemos:

1. Organizadores plásticos dentro de cada cajón.
2. Recipiente de acero inoxidable con brocha para limpieza de componentes.
3. Gafas, guantes de protección, así como una lupa para uso durante las pruebas.
4. Tanque y embudo para almacenaje de aceite de prueba.
5. Depósito para desechos generados en las pruebas.

Figura 38. Accesorios adicionales dentro de la mesa



Fuente: Oscar Orellana

4.2. Instalación de conexiones eléctricas

Para la instalación del aspirador EPS 738, se requiere una toma eléctrica con 220 V para poder poner en funcionamiento la lámpara anular que permite observar mejor el proceso de eyección. Adicional a esto se instalará una toma 110V para instalar un computador de escritorio donde se instalará un software para consultas técnicas o las mismas se puedan realizar consultando en la web ya que contará con acceso por internet inalámbrico.

Figura 39. Cajetín de breakers eléctricos



Fuente: Oscar Orellana

Tomé las medidas desde el cajetín con breakers para considerar la cantidad de cable No 10 a utilizar para esta instalación, la instalación final se ve en la figura 40.

Figura 40. Conexiones eléctricas



Fuente: (Oscar Orellana, SketchUp 2013)

Editado por: Oscar Orellana

4.3. Instalación de conexiones neumáticas

Para la instalación del aspirador EPS 738, se requiere un punto neumático regulado a 7 bar de presión como máximo para realice la aspiración del aceite de ISO 4113 durante las pruebas.

En vista que en esta área se encuentra un punto neumático, realicé una extensión del circuito por medio de un acople en T para mantener el punto neumático para herramientas y llevar la cañería hacia la zona donde estará instalado el aspirador EPS 738 como se puede apreciar en la figura 41.

Figura 41. Conexión neumática



Fuente: Oscar Orellana

Tomé las medidas desde el punto neumático para considerar los acoples y tubos para esta instalación, teniendo en cuenta que el tubo debía seguir el contorno de las paredes, maximizando el uso del espacio.

4.4. Instalación de equipos

4.4.1. EPS 100

Para la instalación del equipo de comprobación EPS 100, se considerará la información proporcionada dentro del manual de instalación proporcionado por el fabricante que será entregado a la FIA. Ver anexo 2.

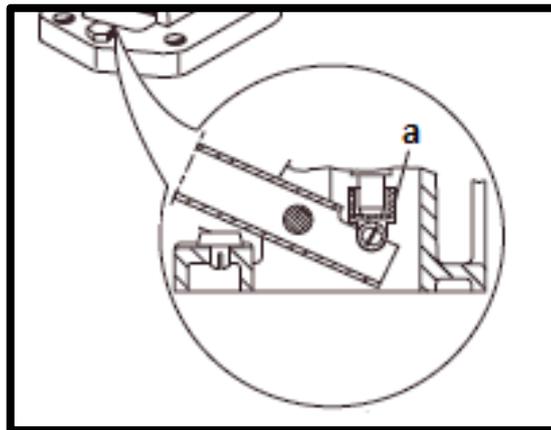
Primera puesta en servicio

Antes de poder emplear el EPS 100 es necesario emprender todas las medidas indicadas a continuación.

No mover la palanca de la bomba hasta que se haya introducido el aceite de ensayo. El aire en el sistema impide que avance el aceite de ensayo.

- Antes de fijar el EPS 100 debe comprobar si está garantizada la transmisión de fuerzas en el pie.
 1. Retirar la sujeción de transporte.
 2. La pieza de apriete (Figura15, Posición. a) situada en el extremo de la palanca de la bomba debe estar conectada con el émbolo en el pie mediante un manguito⁴².

Figura 42. Pieza de apriete EPS 100



Fuente: (Bosch, Comprobador de inyectores EPS 100, 2010)

Editado por: Oscar Orellana

⁴² Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Si la pieza de apriete estuviera torcida con relación al émbolo, debe descargar la palanca de la bomba y desplazar la pieza de apriete para corregir su posición.

3. Si la posición es correcta, debe ser posible presionar la palanca de la bomba hacia abajo sin esfuerzo.

Peligro de aplastamiento

Al corregir la posición de la pieza de apriete pueden quedarle los dedos atrapados

- Realizar ajustes en la pieza de apriete con la máxima precaución⁴³.

4. El EPS 100 se debe montar sobre una mesa fija a prueba de torsión. Las perforaciones necesarias para su fijación deben realizarse desde la plantilla de orificios del pie.
5. Llenar el depósito de aceite de ensayo con aceite de ensayo limpio ISO 4113 (Cantidad máx. 600ml).
6. Retirar la tapa de racor de empalme y colocar la tubería de presión de pruebas prescrita.
7. Con la válvula de cierre abierta, accionar la palanca de la bomba hasta que salga el aceite de ensayo sin burbujas.

Si al accionar la palanca de la bomba no pasa aceite de ensayo (en el racor de empalme no sale aceite de ensayo), es necesario purgar el EPS 100.

Tras conectar la tobera que se va a comprobar, el EPS 100 está listo para funcionar⁴⁴.

⁴³ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

⁴⁴ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Figura 43. Equipos instalados sobre mueble de trabajo



Fuente: Oscar Orellana

Purgado del EPS 100

Actuar con limpieza y cuidado

1. Al soltar la sujeción (tornillo cilíndrico de seisavado interior), debe extraerse del pie el cuerpo de la válvula con manómetro y válvula de cierre.
2. Sacar del cuerpo de la válvula el cono visible (con resorte de presión) de la válvula de retención.

No se pueden intercambiar los conos de la válvula.

3. Presionar la palanca de bomba hacia abajo para levantar el cuerpo de la válvula y sujetar la palanca de la bamba en esta posición.
4. Sacar el cuerpo de la válvula de su alojamiento hacia arriba (movimiento giratorio).
5. Sacar el cono de la válvula (con resorte de presión) de aspiración del émbolo de suministro.
6. Verter aceite de ensayo limpio en el émbolo de suministro. El émbolo de suministro debe quedar cubierto de aceite de ensayo.
7. Introducir el cono de la válvula con resorte a presión en el émbolo de suministro, observando su correcta colocación.
8. Volver a colocar el cuerpo de la válvula hasta que haga tope, el resorte de la válvula de aspiración debe entrar en el orificio del cuerpo de la válvula.
9. En el alojamiento del cuerpo de la válvula, verter aceite limpio.
10. Volver a colocar el cono de la válvula y el resorte a presión.
11. Instalar el cuerpo de la válvula cuidadosamente con el manómetro y la válvula de cierre, y montarlos sobre el pie hasta que hagan tope, apretar el tornillo de sujeción. Par de apriete: 30 + 10Nm.
12. Con el depósito de aceite de ensayo lleno, accionar la palanca de la bomba hasta que salga aceite de ensayo sin burbujas.
13. Retirar la tubería de presión de pruebas, cerrar el racor de empalme y abrir el tornillo de cierre de la cámara de compensación de volumen para purgar el aceite.
14. Si sale aceite sin burbujas, volver a cerrar el tornillo de cierre de la cámara de compensación de volumen. Par de apriete: 50 +10Nm⁴⁵.

4.4.2. EPS 738

Para la instalación del equipo de comprobación EPS 738, se considerará la información proporcionada dentro del manual de instalación proporcionado por el fabricante que será entregado a la FIA. Ver anexo 3.

⁴⁵ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Generalidades

El dispositivo de aspiración se utiliza conjuntamente con los comprobadores de inyectores al comprobar estos inyectores. Con este aparato se aspira la nebulosidad de aceite que se origina al comprobar los inyectores.

No utilizar gasolina.

Peligro de explosión.

Funcionamiento

La aspiración del combustible pulverizado se efectúa mediante depresión. Esta depresión se crea con aire comprimido con una bomba de eyector que hace condensar sobre un filtro la nebulosidad de aceite. Va montada una lámpara anular para observar mejor el proceso de eyección (p. ej. Caso de eyectores de orificios)⁴⁶.

Conexión del aparato

Conectar a aire comprimido de 7 bar como máximo (rosca del aparato: R ½"). Conexión de red 220 V.

Trabajos con el aparato

La aspiración se ajusta con la válvula de regulación. Si la fuerza aspiradora es alta se produce una rumorosidad bastante intensa. Se aconseja por tanto solo abrir el paso de aire comprimido lo suficientemente para aspirar la nebulosidad de aceite. Para regular deberá desenclavarse hacia arriba el botón de la válvula de regulación. Con el botón apretado, la válvula de regulación está bloqueada.

La iluminación se puede conectar con el interruptor (parte trasera del aparato). El aparato puede inclinarse hacia adelante para observar mejor el chorro inyector.

⁴⁶ Robert Bosch GmbH. (2001). Instrucciones de manejo Dispositivo de aspiración EPS 738. Alemania: Bosch.

Mantenimiento

El aparato funciona casi sin necesidad de mantenimiento.

El aceite deberá vaciarse mediante el tornillo de purga cuando en la indicación del nivel de aceite (parte delantera) se vea el nivel de aceite.

Si en la salida de aire sale nebulosidad de aceite deberá limpiarse el sistema con la bomba de eyector (eliminar el aceite). Así mismo se verificarán los filtros y, de ser necesario, se limpiarán o sustituirán⁴⁷.

4.5. Instalación de señalética de seguridad en el área de trabajo.

Se colocará la señalización descrita en el punto 2.5 del presente documento. Señales de protección y seguridad sobre la pared frontal hacia la izquierda del mueble metálico para una correcta visualización.

Las señales a colocar serán de prohibición y uso obligatorio de equipos de protección personal.

- Señal de Advertencia: Riesgo incendio.
- Equipos de protección personal: Gafas y guantes.
- Señal obligatoria: Devolver herramientas.

4.6. Montaje y acabado final.

Para el montaje de los equipos en el sitio designado, estos fueron probados previamente en mi domicilio donde realicé los orificios pasantes para los pernos que sujetan el comprobador EPS 100 a la bases del mueble

⁴⁷ Robert Bosch GmbH. (2001). Instrucciones de manejo Dispositivo de aspiración EPS 738. Alemania: Bosch.

metálico. Cabe indicar que la sujeción no se realiza sólo sobre la plancha de acero inoxidable sino que existen unos perfiles cuadrados soldados a la estructura lo que le evita la torsión de la plancha de acero, que debido al largo de la palanca, la fuerza no es significativa por lo que no entra en análisis de estudio.

Este trabajo previo ayudó a que la instalación en sitio fuese mucho más rápida. Por seguridad del taller se colocará doble tuerca en la parte inferior de la plancha, cabe mencionar que acceder a estos pernos es necesario abrir el primer cajón que cuenta con chapa para seguridad.

Figura 44. Ubicación del comprobador EPS 100



Fuente: Oscar Orellana

Para la instalación del aspirador, considerando el factor seguridad, taladré un pequeño orificio en la plancha de base del equipo y la de acero inoxidable de la mesa por donde pasa un pequeño perno, que de igual manera que con los pernos del comprobador manual, tendrá doble tuerca por seguridad. Para acceder a estos se debe acceder a la galería para almacenaje de fluidos.

Para este equipo fue necesario realizar la conexión eléctrica y neumática, y para poder realizar la conexión del equipo se reemplazó el enchufe ya que al ser un equipo europeo la toma era diferente, además para la conexión neumática fue necesario colocar un codo a la salida del equipo y un reductor de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ ".

Según los planos iniciales, se realizó la ubicación quedando listos para realizar las pruebas respectivas.

Figura 45. Ubicación del comprobador EPS 738



Fuente: Oscar Orellana

CAPÍTULO V

COMPROBACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES EN EL ÁREA DE PRUEBAS.

5.1. Verificar equipos instalados.

Una vez instalados los equipos, con la ayuda de un inyector Zexel de un solo resorte aplicable a motores para camiones Isuzu NPR para pruebas, realicé las conexiones según lo indicado en el manual del comprobador, procedí a encender la lámpara del aspirador y liberar el paso de aire del punto neumático mediante la manguera y acoples rápidos instalados.

Comencé a generar presión por medio de la palanca del comprobador sin embargo en el manómetro no se registraba aumento de presión, por ello tuve que realizar el procedimiento de purgado, que se encuentra dentro del capítulo III sección 3.4 Purgado del EPS 100.

Realizada la purga, repetí los pasos desde un inicio pudiendo ya verificar el aumento de presión en el manómetro y comprobando la presión de apertura del inyector, con esto queda listo el acondicionamiento para la instalación de los equipos quedando implementado el área de trabajo.

Figura 46. Verificación de equipos



Fuente: Oscar Orellana

5.2. Establecer el procedimiento general para comprobar inyectores mecánicos.

Dentro del manual de operación del equipo EPS 100, Anexo 2, encontraremos pasos para iniciar la comprobación y evaluación de los inyectores, los mismos que detallo a continuación:

Herramientas necesarias:

- Equipo de prueba de toberas inyectores EPS 100.
- Aspirador EPS 738 (220V).

- Torquimetro Normal del mercado.
- Micrómetro Normal del mercado.
- Equipo de limpieza solamente (ultra-sonido) Normal del mercado.

Nota: No utilizar escobillas metálicas para limpiar la punta de la tobera, eso puede causar daños en los orificios de inyección y consecuente reducción del flujo hidráulico y pérdida de potencia del vehículo.

5.2.1. Limpieza de los inyectores

Se deben limpiar los inyectores nuevos en aceite de ensayo ISO 4113. Los inyectores usados y sus partes individuales desmontadas se recomienda someterlos a una limpieza por ultrasonido.

Al limpiar los inyectores, sacar por completo las agujas de los inyectores del cuerpo del inyector deben limpiarse en la posición más vertical posible, con los orificios de inyección hacia abajo.

Las agujas del inyector y el cuerpo del inyector constituyen una pareja y deben emplearse juntos.

Para la limpieza por ultrasonido considerar lo siguiente:

- 1) Reducir el líquido de limpieza en agua con una proporción de 01:20.
- 2) Calentar el baño de limpieza a aprox. 45 °C.
- 3) Introducir cuidadosamente las piezas que desee limpiar en el líquido de limpieza, las piezas deben estar completamente cubiertas.
- 4) La duración de la limpieza depende del grado de suciedad, aunque no será inferior a 10 minutos.
- 5) Enjuagar las piezas en limpiador frío inmediatamente después de la limpieza.
- 6) Secar las piezas con aire comprimido.
- 7) Sumergir las piezas en aceite de ensayo⁴⁸.

⁴⁸ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

5.2.2. Conexión del conjunto inyector

Al ajustar el inyector en su soporte debe tener en cuenta que la superficie de unta esté limpia y no presente daños.

1. Situar el inyector sobre la superficie de junta del soporte.
2. Colocar la tuerca tensora a mano, centrando el inyector.
3. Apretarla con una llave dinamométrica, observando el par de apriete del fabricante.
4. Montar en el EPS 100 (aparato de comprobación de toberas la tubería de presión de pruebas necesaria) y, si corresponde, el reductor correspondiente.

Nota: Al montar la tubería de presión de pruebas debe observarse un radio grande de flexión, ya que un radio de flexión pequeño reduce la sección. El radio de flexión más pequeño permitido es $r = 50$ mm.

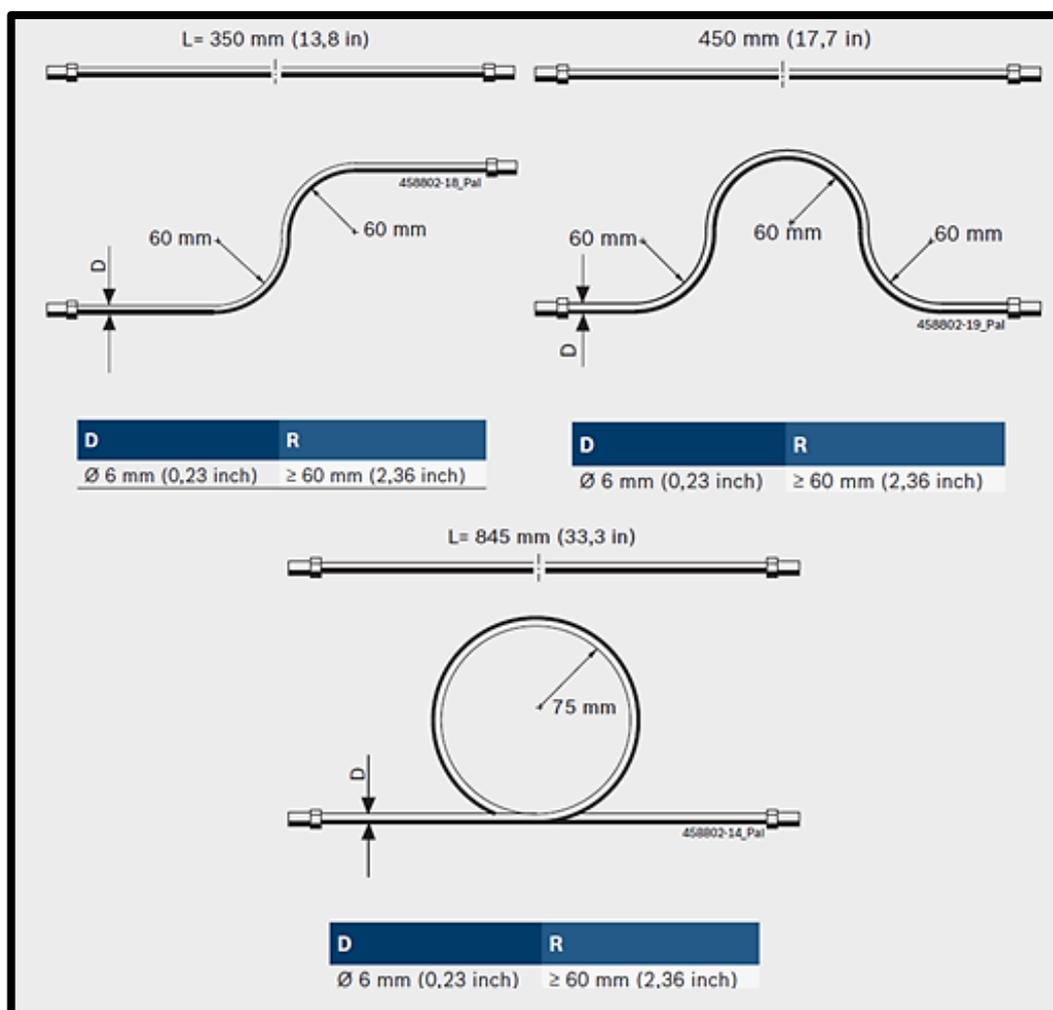
El radio de flexión no puede comenzar en el cono de junta. Al realizar la flexión, debe mantenerse una distancia de 10 mm entre el cono de junta y el inicio del radio de flexión. Revisar Anexo 4.

5. Montar la tubería de presión de ensayo en el soporte del inyector, si es necesario, con el adaptador de conexión correspondiente.

Al realizar el montaje, el soporte del inyector debe sujetarse con una herramienta adecuada (prensa), para que la tubería de presión de ensayo no gire al apretarlo o aflojarlo⁴⁹.

⁴⁹ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Figura 47. Radios de flexión de cañerías



Fuente: (Bosch, Indicaciones 1 689 979 929)

Editado por: Oscar Orellana

Para realizar la prueba, el conjunto de inyector debe fijarse en el soporte de sujeción del dispositivo de aspiración EPS 738 o al depósito de pulverización, lo segundo no aplica ya que el taller contará con el aspirador por seguridad.

Figura 48. Ajuste de tuerca tensora



Fuente: (EPS 738, <http://www.dieselab.com.pe/>)

Editado por: Oscar Orellana

6. Para comprobar si el inyector no está demasiado tensado, mover enérgicamente la palanca de activación manual varias veces, con el manómetro desconectado.

El manómetro está desconectado cuando el mango de la válvula de cierre está girado por completo a la derecha.

Si la aguja del inyector pasa sin problemas, el inyector debe emitir un pitido agudo (excepción: los inyectores perforados con uno o varios orificios de inyección, que no emiten zumbidos si la palanca se acciona rápidamente)⁵⁰.

⁵⁰ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

5.2.3. Comprobación

Peligro al emplear sustancias explosivas (p. ej. gasolina). Quemaduras y lesiones.

No utilizar nunca gasolina o sustancias explosivas similares. Utilizar únicamente aceite de ensayo limpio según ISO 4113 al realizar pruebas de conjuntos inyector de pruebas.

Emplear únicamente aceite de ensayo limpio según ISO 4113 al realizar pruebas de conjuntos inyector de motor.

Riesgo de lesiones debidas a las altas presiones. El chorro de un inyector penetra profundamente en el dedo o la mano y destruye los tejidos. Si la sustancia llega a la sangre puede provocar una intoxicación. No toque el chorro del inyector.

¡CUIDADO! – Rebote inesperado de la palanca de la bomba. Peligro de lesiones si se suelta la palanca de la bomba de forma descontrolada.

Soltar la palanca de la bomba solo en el tope superior.

La palanca de la bomba no se debe mover con manos aceitosas⁵¹.

⁵¹ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Condiciones de realización de las pruebas

En todas las pruebas se deben cumplir los siguientes requisitos:

Medio de realización de las pruebas con aceite de ensayo limpio según ISO 4113.

Temperatura del aceite de ensayo de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Prueba visual

Antes de comprobar el conjunto inyector, revisar las tuberías de presión y el inyector para detectar posibles daños mecánicos.

Presión de apertura

Con el manómetro conectado, incrementar lentamente la presión y, ante todo, soltarla lentamente, ya que de lo contrario puede dañar el manómetro.

La presión de apertura debe ajustarse de acuerdo con lo indicado en las normas de manejo del motor o en la hoja de valores de las pruebas. En algunos casos, la presión de apertura también debe aplicarse al soporte del inyector.

Medición de la presión de apertura:

1. Abrir la válvula de cierre del manómetro $\frac{1}{2}$ vuelta.
2. Bajar lentamente la palanca de activación manual (aprox. 0,5 carrera/s).
3. Mientras, observar a qué presión se detiene el indicador del manómetro (el inyector no emite ningún zumbido) o desciende repentinamente la presión (el inyector emite un zumbido)⁵².

Nota: La mayor presión alcanzada es la presión de apertura.

⁵² Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Si la presión difiere de la presión de apertura prescrita, debe girarse el tornillo de ajuste (aflojar la contratuerca, ajustar, volver a apretar), o es necesario emplear una arandela de ajuste.

Nota: Una arandela de ajuste más gruesa eleva la presión de apertura, una más fina la reduce.

5.2.4. Estanqueidad de la Tobera (Alojamiento)

Prueba de estanqueidad del alojamiento:

1. Abrir la válvula de cierre 1/2 vuelta.
2. Secar la parte inferior del inyector y del soporte del inyector, para garantizar una valoración correcta del inyector.
3. Bajar lentamente la palanca de activación manual del EPS 100 hasta que el manómetro indique una presión 20 Bar por debajo de la presión de apertura leída previamente.

Nota: Con esta presión no pueden caer gotas de la boquilla de inyección en el plazo de 10 segundos.

Se permite la presencia de humedad en la boquilla de inyección. Si aparece una fuga de aceite, no falseará los resultados de la prueba⁵³.

⁵³ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Si en el plazo de 10 segundos cae alguna gota, es necesario desmontar y limpiar el conjunto inyector. Si, al repetir la prueba, se vuelve a detectar una falta de estanqueidad, es necesario sustituir el inyector y la pieza correspondiente del soporte del inyector por piezas nuevas.

No se permite reparar partes del inyector (cuerpo y aguja del inyector).

5.2.5. Prueba de estanqueidad del conjunto

Es imprescindible que el inyector esté asentado de forma estanca.

Medición de la estanqueidad del conjunto:

1. Cerrar la válvula de cierre.
2. Enjuagar varias veces el conjunto inyector.
3. Abrir la válvula de cierre $\frac{1}{2}$ vuelta.
4. Generar la presión del sistema PA con la palanca de activación manual⁵⁴.

Nota: En función de la presión de apertura, ISO 4008-3 distingue los siguientes valores nominales:

Tabla 4. Presiones

Presión de apertura	Valor nominal Pa
Hasta 125 [bar]	100 [bar]
Superior a 125 [bar]	120 [bar]

Fuente: (Bosch, OriginalBosch)

Editado por: Oscar Orellana

⁵⁴ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

5. Soltar la palanca de activación manual y medir el tiempo de caída de la presión de PB a PC.

Tabla 5. Presiones

Presión de apertura	Valor nominal PB	Valor nominal PC
Hasta 125 [bar]	80 [bar]	50 [bar]
Superior a 125 [bar]	100 [bar]	70 [bar]

Fuente: (Bosch, OriginalBosch)

Editado por: Oscar Orellana

6. Los tiempos de caída de presión admisibles están recogidos en el manual de pruebas para conjuntos inyector en ESI[tronic].

Nota: Si no se alcanza el tiempo de caída de presión admisible, se debe repetir dos veces la prueba. Entre cada una de las pruebas, es necesario enjuagar el conjunto inyector con el manómetro desconectado (válvula de cierre cerrada).

Si el tiempo de caída de presión fuera insuficiente también en las pruebas repetidas, es necesario sustituir el inyector⁵⁵.

5.2.6. Forma del chorro

1. Cerrar la válvula de cierre

Nota: Unos picos de presión elevados pueden dañar el manómetro.

2. Bajar la palanca de activación manual de forma regular, para probar la forma del chorro durante la inyección.

⁵⁵ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

Instrucciones y criterios adicionales:

No se pueden realizar pruebas en soportes de 2 muelles con inyector perforado en el alojamiento.

En los inyectores perforados, todos los orificios deben pulverizar bien el producto.

Los inyectores que pulverizan oblicuamente o en madejas son defectuosos y no deben emplearse más.

Los inyectores presentan chorros de diferentes formas en función de su estructura. La forma del chorro debe ser regular.

Los inyectores con tapón plano tienen un corte lateral en el tapón de inyección que provoca una forma especial en el chorro.

La sección del chorro de un inyector con tapón plano tiene forma ovalada y es mayor que la del chorro de un inyector con tapón de palomilla sin superficie llana en el tapón de inyección.

El desgaste en la zona de alojamiento determina un empeoramiento en las emisiones sonoras de un inyector.

Durante la prueba, un inyector usado debe sonar al accionar rápidamente la palanca y/o inyectar el producto bien pulverizado⁵⁶.

La forma del chorro puede diferir de la forma ideal de un inyector nuevo, sin que esto implique un perjuicio para la marcha del motor.

Emprendiendo las medidas de limpieza adecuadas (p. ej. un limpiador por ultrasonidos), se puede mejorar visiblemente la forma del chorro de un inyector usado.

⁵⁶ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

5.2.7. Emisiones sonoras

Los grupos característicos de emisiones sólo son aplicables a los inyectores nuevos.

Prueba de emisiones sonoras:

1. Conectar el manómetro.

Nota: Unos picos de presión elevados pueden dañar el manómetro.

2. Mover la palanca de activación manual, en principio lentamente, hasta que se oiga un zumbido.

Nota: El zumbido indica que nada obstaculiza el movimiento de la aguja del inyector, es decir, que el alojamiento del inyector y la guía están en perfecto estado desde el punto de vista mecánico⁵⁷.

5.3. Despiece y ensamblaje de inyector mecánico según fabricante Bosch.

5.3.1. Seguridad

El probador de inyectores debe estar ubicado en un local separado, ventilado y con sistema de extracción de los vapores de aceite de ensayo.

Durante la prueba del conjunto inyector, no se debe tocar los chorros de aceite (hay riesgos de perforación de la piel y contaminación de la sangre).

5.3.2. Examen visual

Si en la tobera se observa coloración azulada en la cúpula del cuerpo, orificios de inyección con aristas dañadas o corroídas, señales de

⁵⁷ Robert Bosch GmbH. (2012). Manual original Aparato de comprobación de toberas EPS 100. Alemania: Bosch.

escoriaciones en la cúpula y asiento con desgaste; se debe reemplazar por un nuevo.

Se recomienda usar un lente de aumento de por los menos 6X para el examen visual para el examen visual. Prueba de deslizamiento: Sumergir la aguja de la tobera en aceite de ensayo o diésel limpio e introducirla hasta un tercio de su tamaño en el cuerpo de la tobera, manteniendo el cuerpo casi vertical; al soltar la aguja tiene que regresar a su asiento deslizándose por su propio peso.

Si el movimiento de la aguja es pesado, hay que reemplazar la tobera.

5.3.3. Manejo

No golpee ni deje caer el conjunto inyector. Tenga mucho cuidado con los orificios de inyección en la punta de la tobera. Cuando limpie la punta de la tobera, no toque los orificios con el cepillo de alambres⁵⁸.

Cuando manipule la aguja de la tobera, sosténgala por la parte superior. No toque la parte deslizante ni la punta de la aguja. No golpee la aguja contra objetos metálicos ni duros.

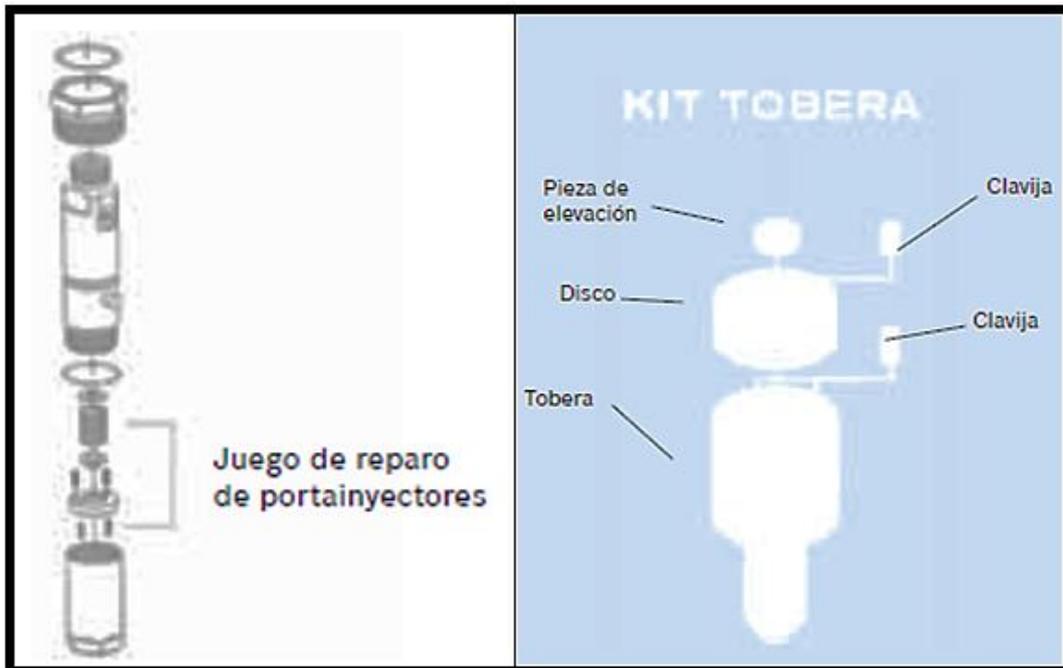
5.3.4. Sustitución de piezas

Las piezas deben ser revisadas minuciosamente. Piezas con desgaste deben ser sustituidas por nuevas piezas originales Bosch. Se recomienda cambiar el kit disco-tope-resorte disponible en Bosch para algunos modelos de inyectores⁵⁹.

⁵⁸ Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

⁵⁹ Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

Figura 49. Ajuste de tuerca tensora



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

Armar el conjunto inyector con las piezas aún en buen estado, o si es necesario reemplazar por nuevas y luego con ayuda del torquímetro proceder a ajustar según los pares de apriete indicados en la tabla que sigue.

Utilizar comprobador de inyector Bosch con aceite de ensayo según ISO 4113 y las cañerías curvadas de impulsión de ensayo adecuada para cada inyector.

Instalar el conjunto inyector en el probador y regular la presión de apertura conforme a las especificaciones del fabricante. La presión de apertura prescrita para el conjunto inyector suele estar grabada en el cuerpo del portainyector.

Cuando se cambia cualquier pieza del conjunto inyector, se debe ajustar la presión, la misma que generalmente tiene una tolerancia de ajuste de + 8 bar que su presión grabada. Utilizar como máximo 2 arandelas de ajuste Bosch.

Para verificar la estanqueidad, con la válvula del manómetro abierta en 1/4 de vuelta y con la presión de abertura ya ajustada, presionar la palanca del probador de inyectores para abajo, manteniendo una presión de 20 bar por debajo de la presión de abertura durante 10 segundos.

El inyector está estanco si en el tiempo transcurrido salen 2 o menos gotas. (Se admite un humedecimiento en la punta del inyector). Si en 60 segundos no cae la primera gota, la estanqueidad también está en orden. Si hay goteo; se desarmará otra vez y será verificado si existen impurezas en el asiento de la aguja. Si persiste el goteo reemplazar la tobera⁶⁰.

5.3.5. Sonido y forma de chorro

Inyectores nuevos

Los grupos de sonidos (chirrido o rechinado) son caracterizados por el perfil geométrico del asiento de la aguja en el cuerpo del inyector. El chirrido ocurre cuando los inyectores son nuevos y eventualmente con inyectores usados. Con el trabajo de la aguja en el cuerpo del inyector y su posterior ajuste entre ellos su ruido suele desaparecer.

Inyectores usados

Deben mantener su estanqueidad después de su regulación.

Evaluación del sonido, los inyectores usados tienen las superficies asentadas por el trabajo y pueden no emitir ruido característico (chirrido), esto no significa que el inyector esté en malas condiciones y tenga que ser sustituido.

Presión de apertura, para los conjunto inyectores usados, los valores prácticos para una posible caída de presión referente a los valores nominales

⁶⁰ Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

(grabado en el cuerpo) son válidos lo siguiente: Para automóviles con más de 50000 Km (750 h) de uso: Inyección indirecta máx. 13%; Inyección directa max.15% Para vehículos comerciales con más de 150.000 Km (2200h) de uso, Inyección directa máx. 20%.

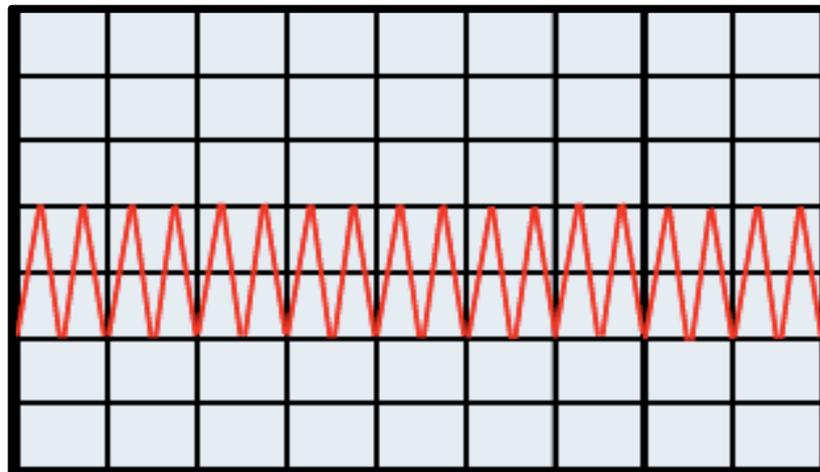
Excepto cuando el sistema funcionó con combustible contaminado, con agua e impurezas⁶¹.

Sonido y forma de chorro

Grupo I Evaluación del sonido.

El chirrido debe ser escuchado a cualquier velocidad de prueba. Forma del chorro con movimientos lentos de palanca, el chorro debe ser disperso y con mala pulverización. Con la velocidad aumentando el chorro debe ser bien pulverizado y lleno. Ver figura 50.

Figura 50. Grupo I Evaluación del sonido



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

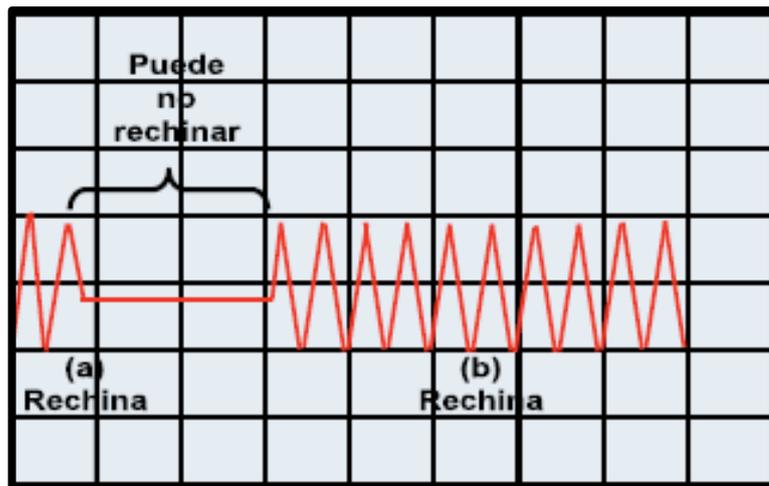
Editado por: Oscar Orellana

⁶¹ Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

Grupo II Evaluación del sonido.

Buena emisión del chirrido con movimientos lentos (a) pequeños espacios sin escuchar el chirrido. Forma del chorro con movimientos lentos de palanca, el chorro debe ser disperso y con mala pulverización. Con la velocidad aumentando el chorro debe ser bien pulverizado y lleno. Ver figura 51⁶².

Figura 51. Grupo II Evaluación del sonido



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

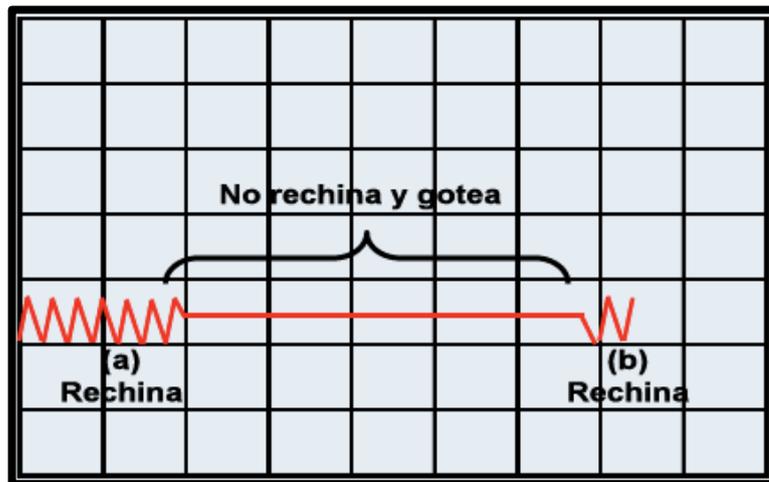
Grupo III Evaluación del sonido.

Buena emisión de chirrido con movimientos lentos (a) y rápidos (b) de palanca, entre ellos existe un espacio de tiempo sin emisión de chirrido. Forma del chorro con movimientos lentos de palanca, el chorro debe ser disperso y con mala pulverización. Solo con el aumento de la velocidad de la prueba, el chorro debe ser bien pulverizado y lleno. Ver figura 52⁶³.

⁶² Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

⁶³ Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

Figura 52. Grupo III Evaluación del Sonido



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

Instalación en el motor

Limpiar el asiento del portainyector en el cabezal del motor.

Sustituir la arandela del asiento (cuando haya) y observar los pares de apriete del portainyector en el motor. Ver figura 53.

Es recomendable aplicar una capa de lubricante a base de bisulfato de molibdeno con plomo y cobre en el cuerpo del portainyector para evitar que el cabezal se oxide en su alojamiento, debido a su largo periodo de funcionamiento⁶⁴.

⁶⁴ Tecnova.(2011). Toberas Bosch y Zexel. Ecuador.

Figura 53. Instalación en el motor



Fuente: (Bosch, Sistemas de Inyección Diesel)

Editado por: Oscar Orellana

5.4. Uso de Esitronic.

El ESI[tronic] es un software modular que dentro de sus funciones permite ver procedimientos de reparación y diagnóstico de los vehículos, componentes y piezas de recambio con la base de datos mundial para talleres y distribuidores de autopartes.

La estructura modular lo hace posible: En función de sus necesidades concretas, cada taller puede combinar las diferentes informaciones de ESI[tronic].

Módulo A – Aplicaciones y funciones, equipamientos de vehículo inclusive

Acceso a aprox. 32.000 turismos, 19.000 vehículos industriales, 6.000 motocicletas, 8.000 remolcadores, tractores y vehículos especiales.

Identificación mediante números de clave específicos del país, ficha de trabajo e interfaces 73.000 vehículos y motores identificables.

Módulo C – Diagnóstico del vehículo

La combinación más amplia de instrucciones de búsqueda de fallos SIS y de diagnósticos de unidades de control para todos los fabricantes.

Para sistemas de gestión del motor de gasolina, diésel y sistemas de freno para turismos, para Bosch y fabricantes externos Instrucciones de búsqueda de fallos adaptadas para talleres, utilizables en cualquier ordenador y para el diagnóstico óptimo del vehículo con la técnica de comprobación de Bosch Concepto modular que se adecúa a las necesidades individuales de cada taller

Módulo M – Mecánica de los vehículos

Datos de inspección y planes de mantenimiento

Datos técnicos del vehículo

Datos sobre el ajuste de la rueda y tablas de presión de aire

Instrucciones para el montaje y desmontaje de correas dentadas

Módulo P – Diagramas de conexión de confort de vehículos

Diagramas de conexión del sistema eléctrico de vehículos y del sistema eléctrico de confort en presentación estándar para todos los fabricantes 866.000 asignaciones de diagramas de conexión y 24.000 diagramas de conexión completos.

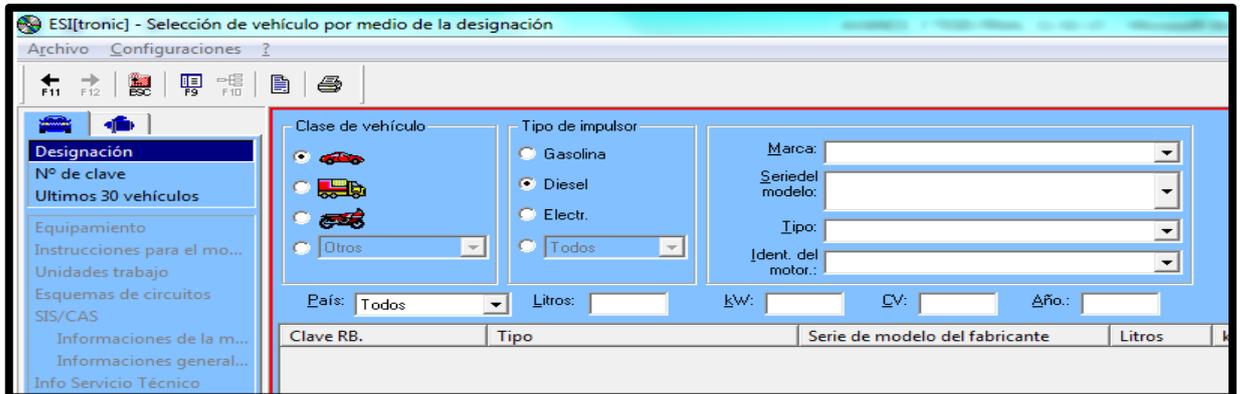
Considerando lo anterior tenemos los siguientes pasos para poder encontrar información sobre un repuesto específico:

Mediante Marca y Modelo de vehículo:

Ingresamos al sistema de información ESITRONIC y en la ventana debemos llenar los campos del vehículo a buscar. Ver figura 54.

Debemos indicar el tipo de vehículo (liviano o pesado), luego el combustible (gasolina o diésel) y por último la designación de la marca, modelo y motor del vehículo. Al dar Enter se cargan los modelos que cumplan con las características indicadas.

Figura 54. Acceso ESITRONIC por marca y modelo

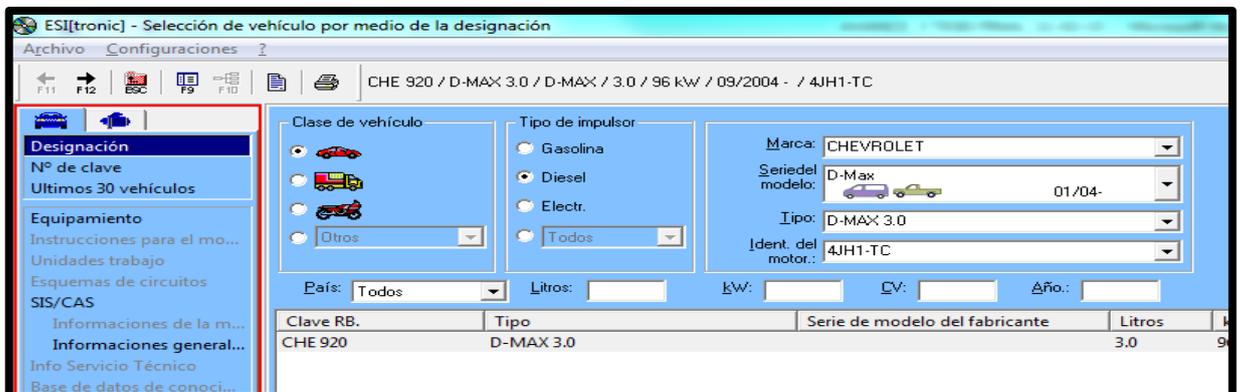


Fuente: (Esitronic, 2014)

Editado por: Oscar Orellana

Seleccionamos del listado inferior el vehículo que buscamos, ver figura 55 y damos Enter. Se cargará la información de componentes Bosch para este vehículo.

Figura 55. Acceso Información Bosch por marca y modelo



Fuente: (Esitronic, 2014)

Editado por: Oscar Orellana

Del menú izquierdo seleccionamos equipamiento y veremos los repuestos por sistemas en la que Bosch tiene participación para este modelo de vehículo, ver figura 56. Veremos que es una Dmax 3.0 con bomba de inyección rotativa, para lo cual damos clic sobre el repuesto que estamos buscando y de lado izquierdo se habilitaran opciones adicionales que dependerán de la información incluida por el fabricante.

Figura 56. Detalle de repuestos por marca y modelo

Denominación	Limitaciones de montaje	Información	Núm. pedido	SZ
Conector por enchufe de bajos polos			1 987 352 998	#
Conector por enchufe de altos polos			1 987 352 999	#
Motor				
Alimentación de tensión/sistema de arranque				
batería de arranque, 55 (12V 75Ah 530A)			0 092 558 140	H>
Sistema de aire/combustible				
Bomba de inyección distribuidora (VR4/2/70MI900L1000)			0 470 504 037	EI
Inyector, Diesel (NP-DLAI44PN309)			9 432 612 843	>
Conjunto inyector			9 430 613 961	@
Caja móvil del filtro de combustible			0 986 8F0 307	H
Lubricación				
Filtro de aceite			0 986 AF1 064	E
Carrocería				
Sistemas limpia/lavaparabrisas				
Raqueta limpia-cristales, juego			3 397 010 040	H
Raqueta limpia-cristales espóiler, juego			3 397 118 406	
Escobilla de limpiaparabrisas Aerotwin Retro, izquierda			3 397 008 536	H
Escobilla de limpiaparabrisas Aerotwin Retro, derecha			3 397 008 533	H
Escobilla limpiacristales Aerofit			3 397 007 928	H
Escobilla limpiacristales Aerofit, lado del conductor			3 397 006 893	H
Escobilla limpiacristales Aerofit, lado del acompañante			3 397 006 895	H
Escobilla limpiaparabrisas ECO, juego			3 397 010 200	H
Escobilla limpiaparabrisas ECO, juego			3 397 010 040	H
Escobilla ECO, lado del conductor			3 397 004 917	H
Escobilla ECO, lado del acompañante			3 397 004 915	H

Fuente: (Esitronic, 2014)

Editado por: Oscar Orellana

Esta información se podrá visualizar en un PC instalado sobre el mueble del área de pruebas para estas consultas, información adicional se podrá visualizar dentro del menú ayuda del Software Esitronic.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

- La necesidad de implementar un área de pruebas de inyectores mecánicos dentro del taller es necesaria considerando que esta tecnología está aún presente en muchos de los vehículos diésel del país.
- El estudio del área para la implementación del proyecto dentro del taller permite reducir el riesgo a accidentes considerando que está orientado a práctica con estudiantes de la FIA.
- Dentro de la implementación se pudo verificar que el estudio previo fue fundamental para garantizar seguridad durante las pruebas.
- La práctica con el uso de los equipos instalados fue exitosa considerando los pasos indicados por el fabricante, además contar con un PC dentro del área permitirá investigar al mismo tiempo consultas que se tengan ya sea mediante software o en la web.

6.2. Recomendaciones.

- La planeación estratégica es fundamental para iniciar un nuevo proyecto ya que esto permite lograr conseguir los resultados esperados.
- El proceso de despiece, verificación y reparación de inyectores se debe realizar considerando la información del fabricante para garantizar su correcto funcionamiento dentro del motor.
- Importante que se mantenga limpio el área de pruebas, ya que la limpieza es fundamental en el proceso de comprobación de inyectores por las tolerancias establecidas.
- Realizar los mantenimientos sugeridos por el fabricante de cada equipo, además de las instalaciones eléctricas y neumáticas según la planificación dentro del taller esto para garantizar los resultados durante las prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

- AEADE. (2013). *Anuario AEADE 2013*. Recuperado el Abril de 2014, de http://aeade.net/web/images/stories/catalogos/ANUARIO2013_interactivo.pdf
- BOSCH. (17 de JULIO de 2001). DISPOSITIVO DE ASPIRACIÓN DE EPS 738. 1 689 979 299. ALEMANIA. Recuperado el 10 de MARZO de 2014, de www.cise.com: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/513-terminolog%C3%ADa-del-sistema-obdii.html>
- Bosch. (s.f.). *Bosch Mx*. Recuperado el 17 de 02 de 15, de Bosch Autopartes: [http://www.boschautopartes.mx/BAP_Technical_Resources%2fDiesel%2fFolleto%20Inyectores%20Diesel%202013%20\(LR\).pdf](http://www.boschautopartes.mx/BAP_Technical_Resources%2fDiesel%2fFolleto%20Inyectores%20Diesel%202013%20(LR).pdf)
- Google Maps. (01 de 01 de 2014). *Google Maps*. Recuperado el 21 de 06 de 2014, de <https://www.google.com.ec/maps/place/Cant%C3%B3n+Huaquillas/@-3.4746332,-80.2217818,15z/data=!4m2!3m1!1s0x90339bb1c72e8bd5:0xe5cddac1d5ed359e>
- Hoy, D. (6 de Enero de 2012). *El diésel premium se distribuye en todo el país*. Recuperado el 2014 de Mayo de 3, de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/el-diesel-premium-se-distribuye-en-todo-el-pais-526235.html>
- Normas-ISO. (s.f.). *Normas ISO*. Recuperado el 12 de 2014, de <http://www.normas-iso.com/iso-16949#>
- OHSAS-18001:2007. (s.f.). *RAPPORT CONSULTORES*. Obtenido de www.rapportconsultores.com
- Rexroth. (Mayo de 2012). *Fluidos hidráulicos a base de aceite*. Obtenido de http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_90220/rs90220_2012-05.pdf
- Bosch. (27 de NOVIEMBRE de 2002). PIEZA DE CONEXIÓN 1 683 391 193 PARA EPS 100 Y EFEP 60H. 1 689 979 730, 38. ALEMANIA: ROBERT BOSCH GMBH.
- Bosch. (20 de Abril de 2010). Comprobador de inyectores EPS 100. 1 689 979 467. Alemania.
- Bosch. (s.f.). BPS, EPS, Test oil. Alemania.
- Bosch. (s.f.). OriginalBosch. Alemania.

- Bosch. (s.f.). Sistemas de Inyección Diesel. Campinas, Brasil.
- Esitronic, B. (2014). Esitronic.
- Tecnova. (2011). Toberas Bosch y Zexel. *Catálogo Toberas Bosch y Zexel 2011*, A15.
- Universidad Internacional del Ecuador. (2011). *Líneas de Investigación*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Robert Bosch GmbH.
- CEAC, G. E. (2004). *Manual CEAC del automóvil*. Barcelona: Ediciones Ceac, S.A.
- GTZ. (1980). *Tecnología del automóvil*. Stuttgart, Alemania: Reverté, S.A.
- Bosch. (2001). Dispositivo de aspiración. Alemania.

ANEXOS

ANEXO 1

Diseño dimensional mueble metálico.

ANEXO 2

Manual de Usuario EPS 100.

ANEXO 3

Manual de usuario EPS 738.

ANEXO 4

Importante sobre las cañerías.

ANEXO 5

Proforma equipos para implementación de área de pruebas de inyectores mecánicos diésel.