



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

RECONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES  
CONVENCIONALES MARCA HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: LUIS FERNANDO ERRAEZ RIVAS

ANTONY RAFAEL SARMIENTO

TUTOR: ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Fernando Erraez Rivas con documento de identificación N° 0106000789 y Antony Rafael Sarmiento con documento de identificación N° 0151577418; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 08 de agosto del 2022.

Atentamente,



---

Luis Fernando Erraez Rivas

0106000789



---

Antony Rafael Sarmiento

0151577418

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Luis Fernando Erraez Rivas con documento de identificación N° 0106000789 y Antony Rafael Sarmiento con documento de identificación N° 0151577418, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Reconstrucción de un comprobador de inyectores convencionales marca Hartridge Nozzle Testmaster HH601”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 08 de agosto del 2022.

Atentamente,



---

Luis Fernando Erraez Rivas

0106000789



---

Antony Rafael Sarmiento

0151577418

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Lauro Fernando Barros Fajardo con documento de identificación N° 0103653457, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: RECONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES CONVENCIONALES MARCA HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601, realizado por Luis Fernando Erraez Rivas con documento de identificación N° 0106000789 y por Antony Rafael Sarmiento con documento de identificación N° 0151577418, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 08 de agosto del 2022.

Atentamente,



---

Ing. Lauro Fernando Barros Barros, MSc.

0103653457

## **AGRADECIMIENTO**

*“El agradecimiento es la memoria del corazón”*

*A Dios por darme la fortaleza para seguir en el camino Universitario y poder culminar este proyecto.*

*A mis Padres y hermana que son mi fortaleza para lograr cada meta propuesta, ya que siempre me han estado apoyando para lograr culminar mi carrera universitaria.*

*A mi compañera de vida por darme el gran impulso para iniciar esta vida universitaria brindándome su amor y apoyo incondicional y a nuestra pequeña hija que con sus locuras y sonrisas me han dado las fuerzas para lograrlo.*

*A mi tutor Ing. Lauro Fernando Barros por brindarnos su apoyo y conocimientos para la realización de este proyecto.*

***Luis Fernando Erraez Rivas***

## **AGRADECIMIENTO**

*Primero agradecer a Dios por darme la vida para seguir en el camino y poder culminar esta gran meta que es mi carrera universitaria. Agradezco a mi madre que desde niño me ha enseñado a ser perseverante en cada pequeña actividad que realice.*

*A mi abuelo que en todo momento me apoyo y gracias a sus buenos consejos he logrado mi meta.*

*Antony Rafael Sarmiento*

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto está dedicado principalmente a mis padres Mariana y Tarquino por el apoyo fundamental, sus valores y formación que desde niño me inculcaron enseñándome a perseverar hasta alcanzar el objetivo por más adversidades que existan en el camino.*

*A mi hermana Daniela por siempre alentarme a seguir en el camino universitario y a todos mis familiares que han apoyado y siempre estar en cada momento.*

*A mi esposa Patricia y a nuestra hija Monserrath por ser el motor de mi vida e inspiración para esforzarme cada día.*

***Luis Fernando Erraez Rivas***

## **DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto a mi Madre tíos, abuelo que han sido mis pilares fundamentales en mi crecimiento tanto personal como estudiantil y ahora profesional.*

*A mi novia por apoyarme en los momentos más críticos de mi vida y creyendo en mi cada momento.*

***Antony Rafael Sarmiento***

## RESUMEN

En el presente trabajo se detallará el mantenimiento preventivo y correctivo realizado al banco de pruebas Hartridge Testmaster HH601 para inyectores diésel convencionales, que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, ya que la institución cuenta con este equipo, pero al encontrarse fuera de funcionamiento se ha imposibilitado el uso práctico.

Para la reconstrucción del comprobador de inyectores se recopiló información de varias fuentes bibliográficas y manuales de uso con el fin de conocer sus componentes y las funciones que estos cumplen para así poder diagnosticar fallas, planificar su reparación y comprobar su correcto funcionamiento, a su vez se realizó un mantenimiento total lo que garantizará una duración a largo plazo y por ende ayudará a la comunidad estudiantil.

Finalmente, mediante la aplicación de varias pruebas de presión, pulverización, goteo, entre otras; se demostró el correcto funcionamiento del comprobador sin ningún índice de error mecánico durante su funcionamiento, obteniéndose valores confiables lo que garantizara definir en qué estado se encuentra en inyector.

**Palabras clave:** Inyector, Comprobador HH601, pulverización, mantenimiento, diagnostico.

## ABSTRACT

In the present work, the preventive and corrective maintenance carried out on the Hartridge Testmaster HH601 test bench for conventional diesel injectors, which is located in the Automotive Engineering Laboratory of the Salesian Polytechnic University, Cuenca, will be detailed, since the institution has this equipment, but being out of operation has made practical use impossible.

For the reconstruction of the injector tester, information was collected from various bibliographical sources and user manuals in order to know its components and the functions they perform in order to diagnose failures, plan their repair and verify their correct operation, in turn. carried out a total maintenance which will guarantee a long-term duration and therefore help the student community.

Finally, through the application of various pressure tests, spraying, dripping, among others; the correct operation of the tester was demonstrated without any index of mechanical error during its operation, obtaining reliable values which would guarantee to define the state of the injector.

**Keywords:** Injector, HH601 Tester, spraying, maintenance, diagnosis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>PROBLEMA</b> .....	<b>20</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>21</b>
<b>IMPORTANCIA Y ALCANCES</b> .....	<b>22</b>
<b>DELIMITACIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
OBJETIVO GENERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	23
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>24</b>
1.1. Motor a diésel .....	24
1.2. Funcionamiento .....	25
1.3. Inyectores convencionales a diésel. ....	28
1.4. Tipos de inyectores .....	31
1.5. Toberas.....	35
1.6. Identificación de toberas .....	40

1.7.	Análisis de fallos de las toberas.....	42
1.8.	Cámara de combustión.....	44
1.9.	Tipos de bancos de prueba.....	46
1.10.	Probador Banco comprobador HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601 46	
1.11.	Características principales.....	48
1.12.	Datos generales .....	48
1.13.	Funcionamiento del banco de prueba Hartridge Nozzle Testmaster HH601.....	52
1.14.	Mantenimiento general mensual .....	57
1.15.	Fallas comunes en el comprobador .....	58
1.16.	Tipos de bancos comprobadores .....	59
1.17.	Equipo Cav.....	60
1.18.	Comprobador de inyector manual EPS 100 .....	61
<b>CAPITULO II.....</b>		<b>62</b>
	Restauración del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster .....	62
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>76</b>
	Verificación del funcionamiento del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster HH601 a través de un inyector convencional.....	76
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>83</b>

<b>REFERENCIA BICLIOGRAFICA.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>87</b>

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1: Ubicación geográfica UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.** ¡Error! Marcador no definido.

Marcador no definido.

**Figura 2: Motor a Diésel.** ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 3: Admisión.**..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 4: Compresión.** ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 4: Combustión.** ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 5: Escape.** ..... 28

**Figura 6: Inyectores convencionales.** ..... 29

**Figura 7: Inyectores convencionales.** ..... 30

**Figura 8: regulación por tornillo**..... 32

**Figura 9: Inyector regulación por tornillo.** ..... 32

**Figura 10: Inyector de tetón.** ..... 33

**Figura 11: Inyector de espiga.** ..... 34

**Figura 12: Inyectores de orificio.** ..... 34

**Figura 13: Funcionamiento del inyector.** ..... 35

**Figura 14: Toberas.** ..... 36

**Figura 15: Toberas de espiga**..... 36

**Figura 16: Espiga Cilíndrica.** ..... 37

**Figura 17: Espiga cónica.**..... 37

<b>Figura 18: Orificios auxiliar.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 19: Espiga de estrangulación.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 20: Toberas de espiga de estrangulación. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 21: Toberas de orificios.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 22:Características de las toberas. ....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 23:Identificación de toberas. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 24: Cámara de combustión. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 25: Inyección directa.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 26: Inyección indirecta. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 27: Banco comprobador HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 28: Peso bruto y dimensiones de comprobador.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 29: Identificación de conjuntos. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 30: Depósito de combustible.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 31: Palanca.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 32: Bomba. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 33: Manómetro. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 34: Cámara de pulverización. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 35: Control de pulverización.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 36: Control de presión y tarado. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 37: Prueba de formación de la pulverización. ....</b>	<b>57</b>

<b>Figura 38: Mantenimiento general mensual.</b> .....	<b>58</b>
<b>Figura 39: Banco comprobador de inyectores a diésel electrónico.</b> .....	<b>60</b>
<b>Figura 40: Equipo Hartridge Nozzle Poptest.</b> .....	<b>61</b>
<b>Figura 41: Desarmado del comprobador hartridge nozzle testmaster</b> .....	<b>62</b>
<b>Figura 42: Proceso de desarmado.</b> .....	<b>62</b>
<b>Figura 43: Cámara de pulverización</b> .....	<b>63</b>
<b>Figura 44: Tapón de llenado, manómetro, control de combustible y la salida de combustible.</b> .....	<b>63</b>
<b>Figura 45: Desmontaje de mesa del comprobador.</b> .....	<b>64</b>
<b>Figura 46: Desmontaje de la bomba.</b> .....	<b>64</b>
<b>Figura 48: Limpieza de componentes</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 49: Aislado de componentes.</b> .....	<b>65</b>
<b>Figura 50: Pintado de componentes</b> .....	<b>66</b>
<b>Figura 51: Despiece de las juntas tóricas.</b> .....	<b>66</b>
<b>Figura 52: Desmontaje de válvula del control</b> .....	<b>67</b>
<b>Figura 53: Conjunto de la bomba.</b> .....	<b>67</b>
<b>Figura 54:Conjunto de la Bomba</b> .....	<b>68</b>
<b>Figura 55:Mecanismo de palanca</b> .....	<b>69</b>
<b>Figura 56:Mecanismo de Palanca</b> .....	<b>69</b>
<b>Figura 57:Interruptor del extractor de pulverización.</b> .....	<b>70</b>

<b>Figura 58:Cambió del retén del interruptor .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 59:Depósito de combustible.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 60:Filtro de combustible.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 61:Montaje de palanca .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 62:Manómetro de presión. ....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 63:Cámara de pulverización y lámpara de iluminación. ....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 64:Mordaza sujetadora de inyectores. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 65:Instalación de la cañería.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 66:Instalación del inyector y prueba final de pulverización .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 67:Comprobador Armado.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 68:Aislador del manómetro.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 69:Válvula de Control de combustible. ....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 70: Cámara de pulverización .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 71:Ajuste la aguja a CERO. ....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 72: Ajuste el inyector al reglaje correcto. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 73: Prueba de formación de la pulverización. ....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Fallas, causas de toberas.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 2: Fallas comunes en el comprobador HH601 .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 3: Ajuste de presiones.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 4: Ajuste de presiones.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 5: Retorno de fugas.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 6 : Pulverización de aguja:.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 7: Prueba de inyección. ....</b>	<b>81</b>

## INTRODUCCIÓN

Uno de los inventos más innovadores a lo largo de la historia en el campo automotriz ha sido el motor diésel, el cual fue inventado por el Ingeniero alemán Rudolf Diésel en 1893; convirtiéndose hoy en día en uno de los motores más utilizados en la industria, debido a su alta potencia, par motor, durabilidad y su bajo consumo de combustible.

Uno de los puntos importantes para que exista una buena combustión en este motor, es que los inyectores estén bien calibrados y con su debido mantenimiento, por lo cual en el presente documento se detallara a profundidad la reconstrucción de un comprobador (Hartridge Nozzle Testmaster HH601) de inyectores convencionales mediante mantenimiento preventivo y correctivo.

A lo largo de este proyecto se detallará información bibliográfica sobre el comprobador de inyectores convencionales a diésel, lo que nos permitirá explicar el proceso de restauración y reconstrucción, con el fin de detallar los pasos para una adecuada valoración de todas las partes del inyector previo a los resultados de cada prueba.

## **PROBLEMA**

En el laboratorio de inyección a diésel de la carrera ingeniería mecánica automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, se ha constatado la existencia de comprobadores Hartridge Nozzle Testmaster HH601 de inyectores convencionales, a medida que ha pasado el tiempo y el uso que se ha dado en cada práctica por los estudiantes se ha llegado a averiar. Por lo tanto, se requiere la reconstrucción y mantenimiento de este comprobador para que estén en su mejor estado de funcionamiento para así los estudiantes puedan realizar el manejo del comprobador que oferta la carrera de ingeniería mecánica automotriz.

## ANTECEDENTES

En general, el motor diésel es eficiente ya que cuenta con sus propios factores que hace tengan una mayor potencia, y es mucho mejor que el motor de gasolina, alcanzando más del 40%. Este valor se logra con una relación de compresión de 14 a 1, que es un requisito de mayor durabilidad.

Generalmente el motor a diésel sobrepasa el peso a los motores Otto. Y esto compensando con un gran rendimiento y un uso práctico, Combustible más barato. Los motores diésel son generalmente de movimiento lento con revoluciones entre 100 y 750 por minuto del cigüeñal. Sin embargo, varios motores diésel funcionan a la misma velocidad que los motores a gasolina. Hay bancos de pruebas a la venta en el mercado de inyección mecánica.

El motor diésel sustituyo a los motores viejos a vapor ya que eran poco eficientes y pesados. Entonces Rudolf se basó en motores de compresión sin ignición por chista utilizando un combustible poco volátil también llamado en esos años como aceite liviano o fueloil.

En nuestro mercado ecuatoriano podemos encontrar una gama variada de comprobadores de inyectores convencionales a diésel pero suelen tener precios elevados y esto hace difícil entrar en todos los talleres mecánicos.

Poseer un comprobador de inyectores a diésel permite determinar anomalías durante el trabajo, no teniendo fallas en el motor y consumo excesivo de combustible.

## **IMPORTANCIA Y ALCANCES**

El propósito del proyecto permitirá a los presentes y futuros estudiantes de la cátedra de inyección a diésel tener una mejor práctica de inyectores a diésel, con el fin de mejorar el desempeño de aprendizaje, teniendo una mejor adquisición de conocimientos, habilidades, competencias necesarias para su formación profesional y sobre todo poniendo en práctica las instrucciones adquiridas en la clase.

## **DELIMITACIÓN**

Este proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Cuenca en las calles Av. Turuhuayco 3-69 y Calle vieja, específicamente en los laboratorios a diésel de la UNIVERSIDAD POLITECNIC SALESIANA sede Cuenca.



- ✓ Restaurar el comprobador de inyectores, por medio de la reconstrucción para el respectivo funcionamiento óptimo.
- ✓ Verificar el funcionamiento del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster HH601 a través de un inyector convencional de prueba.

## **CAPITULO I**

### **Estado del arte mediante la investigación bibliografía del comprobador de inyectores convencionales a diésel.**

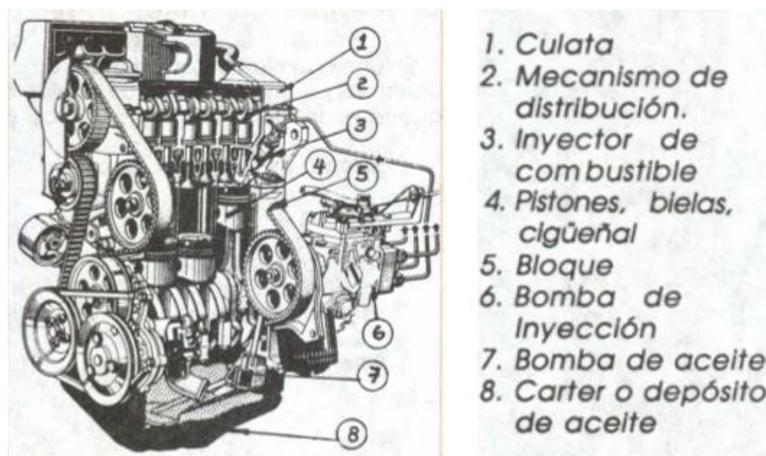
#### **1.1. Motor a diésel**

Desde su invento, son los más utilizados con más frecuencia en vehículos pesados e industriales debido a su durabilidad, potencia y bajo consumo de combustible. Son capaces de trabajar desde 700 a 900°C, por su alta potencia estos motores son utilizados en barcos, locomotoras, vehículos de carga.

Lo que hace el motor diésel es comprimir el aire de la admisión con un grado muy elevado de temperatura con una relación de compresión de 16:1.

La principal diferencia de los motores diésel es que no requiere chispa para arrancar, sino que tienen bujías incandescentes que aumentan gradualmente la temperatura y mejoran los arranques en frío y aprovechan ese calor una vez alcanzado la temperatura óptima.

**Figura 2:** Motor a diésel.



Fuente: (SENA, 2022)

## 1.2. Funcionamiento

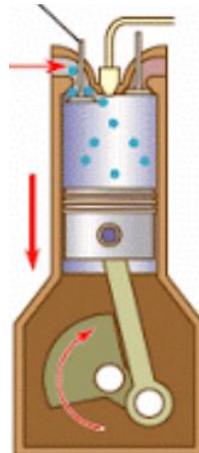
El motor diésel tiene un diseño de alta compresión para su ignición y funcionamiento, para su combustión no es necesario bujías, ya que se produce por alta relación de compresión, el calor producido por la compresión de aire y el combustible inyectado se inflaman para realizar la combustión, esto se llama auto inflamación y esto produce energía térmica que finalmente se convierte en potencia y aprovechan ese calor una vez alcanzado la temperatura óptima.

### 1.2.1. Ciclo de Funcionamiento.

### a) Admisión:

En la primera etapa estando la válvula de escape cerrada y la de admisión se abre entre  $10^\circ$  y  $25^\circ$  antes que el cigüeñal llegue al PMS, para este caso girando el cigüeñal  $180^\circ$  y árbol de levas a  $90^\circ$  respectivamente. El pistón desciende del PMS al PMI.

**Figura 3:** Admisión.

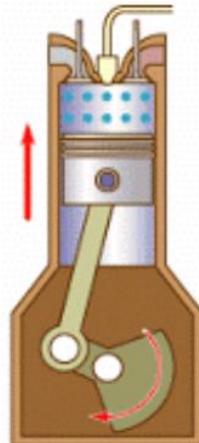


Fuente: (YEPES & MARTÍ, 2017)

### b) Compresión

En esta segunda fase el pistón asciende al PMS, la válvula de admisión y escape se cierran de  $20^\circ$  a  $45^\circ$ , se comprime el gas en la cámara. En este ciclo de funcionamiento el cigüeñal gira  $360^\circ$  y el árbol de levas a  $180^\circ$ .

**Figura 4: Compresión.**

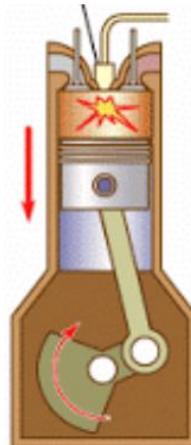


Fuente: (YEPES & MARTÍ, 2017)

**c) Combustión:**

En la tercera fase se incrementa la temperatura en  $1800^{\circ}\text{C}$  y la presión a  $146\text{ lb/pulg}$ , por lo tanto, los gases se expanden y en esta etapa el pistón obtiene trabajo y empieza a descender, entonces el cigüeñal gira a  $180^{\circ}$  y el árbol de levas a  $90^{\circ}$ . Las dos válvulas se cierran de  $7^{\circ}$  a  $26^{\circ}$  antes de llegar al PMS.

**Figura 5: Combustión.**

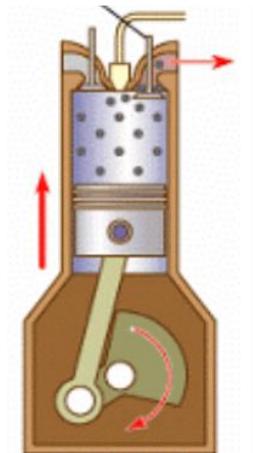


Fuente: (YEPES & MARTÍ, 2017)

**d) Escape:**

Como cuarta fase el pistón está en movimiento ascendente, en este caso empieza abrir la válvula de 30° a 60° antes del PMI, y los gases producidos son expulsados por la válvula de escape que se encuentra abierta al llegar a los 10° y 20° grados después del PMS. Por lo tanto, el cigüeñal y el árbol de levas giran a la misma fase de compresión.

**Figura 6:** Escape.



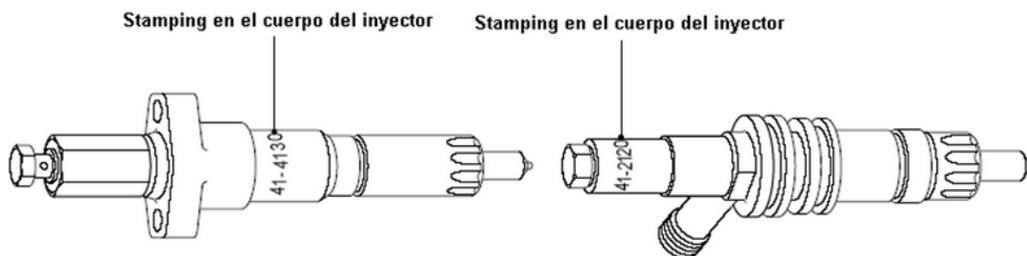
**Fuente:** (YEPES & MARTÍ, 2017)

### **1.3. Inyectores convencionales a diésel.**

Son un conjunto de componentes que se encuentran ensamblados en la culata o cabeza del motor y la punta de la tobera ingresa al cilindro. específicamente el número de cilindros que tiene el motor nos indica cuantos inyectores tendrá el motor. Un inyector se puede calibrar mediante el tornillo de calibración para una mejor pulverización, haciendo que la aguja sea presionada por el bastado elevando la presión, aumentando la presión con calibradas adicionales incluyendo el uso de arandelas para un correcto funcionamiento. Y trabajando con presiones de 2000 aperturas por min.

Para logra una buena combustión el inyector debe tener una presión adecuada de inyección, una cierta cantidad de orificios y diámetros correctos. con temperatura de 500 a 600°c

**Figura 7: Inyectores convencionales.**



**Fuente: (REYNASA, 2021)**

Un inyector convencional presenta fallos específicos entre ellos.

- Ruido o golpe en el motor
- Emisiones de gases con alto nivel de opacidad en el escape
- Disminución de potencia

- Problemas con el encendido
- Sobrecalentamiento
- Exceso consumo del combustible

Y de forma independiente tiene que cumplir con estos factores muy importantes: tiene que tener presión de compresión, grado de turbulencia y tipo de cámara. para una buena combustión los inyectores tienen que tener un cuidado especial por si elevadas presiones.

**Figura 8:** *Inyectores convencionales.*



*Fuente: (Automoviles, 2021)*

### **1.3.1. Pulverización**

Para una combustión estable, corta y eficaz el combustible debe tener una pulverización con alta velocidad y una buena distribución por toda la superficie del cilindro. El tamaño de partícula varía de 1 a 100 $\mu$ , es considerada la transformación de todo el combustible en pequeñas partículas para inducir una buena combustión y se le llama pulverización porque oxida rápidamente el caudal del combustible.

En la fase de admisión entando lleno de oxígeno el cilindro gracias al colector tiene el paso libre, ya que la potencia depende de la admisión de combustible y de la carga del motor.

### **1.3.2. Distribución**

Los inyectores tienen un ligero ángulo de inclinación, que consigue cubrir la cámara de combustión durante la inyección. El combustible tiene que extenderse por todo el cilindro para obtener una mezcla uniforme, produciendo un mejor rendimiento en el motor. Para evitar vibraciones, inestabilidad en ralentí, se debe tener una buena combustión en el motor, reduciendo el agotamiento de combustible y la temperatura.

### **1.3.3. Corte de inyección.**

De inicio a fin de la inyección tiene que ser muy preciso, para evitar propagar la combustión y generando mucha energía en el interior del motor no debe existir goteos ni fugas.

### **1.3.4. Temperatura.**

En este caso la temperatura del inyector debe mantenerse por debajo de los 200 °C, y dentro del inyector, con la ayuda de la circulación de combustible, proporcionamos refrigeración para mantener la boquilla a la temperatura adecuada. Si superamos los 220°C, el combustible se descompone causando resinas en las partes del asiento del inyector, esto hace que provoque fallas y un bajo rendimiento, dando como resultado una mala combustión.

## **1.4. Tipos de inyectores**

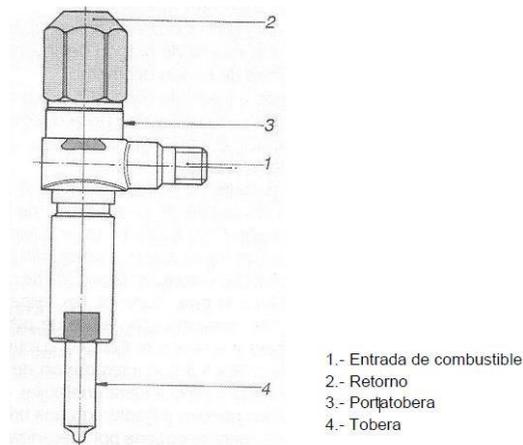
### **1.4.1. Inyectores mecánicos.**

Los inyectores mecánicos operan con un sistema de alimentación que es inspeccionado mecánicamente. La velocidad y sincronización de la inyección de los inyectores mecánicos el combustible es inyectado cuando la presión sobrepasa a la del resorte tarado.

Este tipo de inyectores tiene etapas de trabajo que se indicara a continuaci3n:

- ✓ Inyector cerrado por alta presi3n en el sistema
- ✓ Apertura del inyector cuando inicia la inyecci3n
- ✓ Inyector abierto en su totalidad
- ✓ Cierre de inyector y fin de la inyecci3n

**Figura 9: Inyector mecánico**



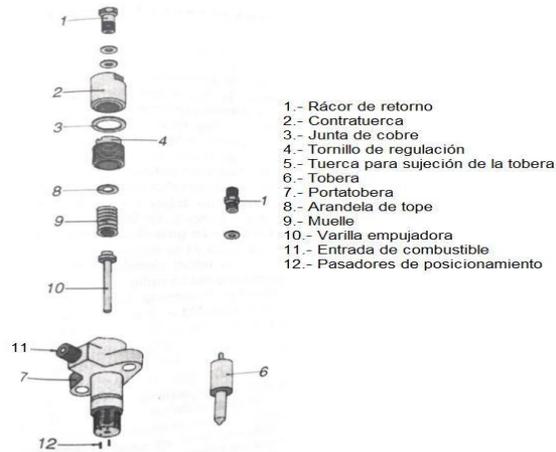
*Fuente: (Bosch, 2021)*

#### **1.4.2. Inyector por regulaci3n a tornillo**

El ingreso del combustible est1 ubicado al costado y la parte superior se encuentra la lnea de retorno, la fijaci3n en la culata se realiza mediante una brida generalmente fijada en el inyector o una unidad separada. El inyector se regula mediante tornillo que, al ser ajustado, presiona el resorte hacia el v1stago, empujando el inyector hacia el asiento para aumentar la presi3n del combustible por los orificios para una mejor inyecci3n.

Para reducir la presi3n de combustible y del resorte, debemos aflojar el tornillo el cual viene con una tuerca de bloqueo para que no se pierda o desvi3 por movimientos producidos por el motor.

**Figura 10: Inyector regulaci3n por tornillo.**

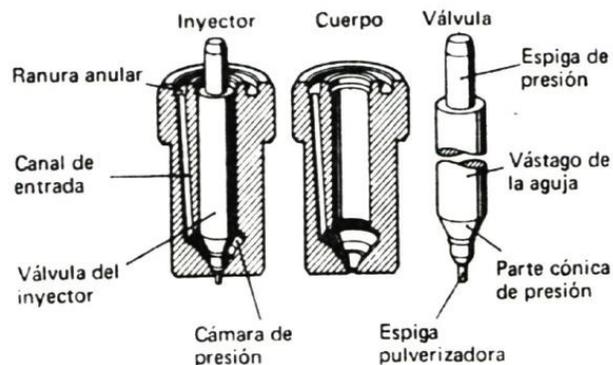


Fuente: (CHOMPIPAT, 2021)

### 1.4.3. Inyectores de espiga o tetón

Estos inyectores trabajan con presiones entre 80 y 125 bar que son consideradas bajas, tiene una valvula que esta saliendo y entrando por el orificio que bombea el diésel, evitando obstrucciones, este tipo de inyectores tienen presiones de descarga de  $150 \text{ kg/cm}^2$  y son utilizados en motores de inyección directa.

Figura 11: Inyector de tetón.



Fuente: (Carrasco Palomeque, 2011)

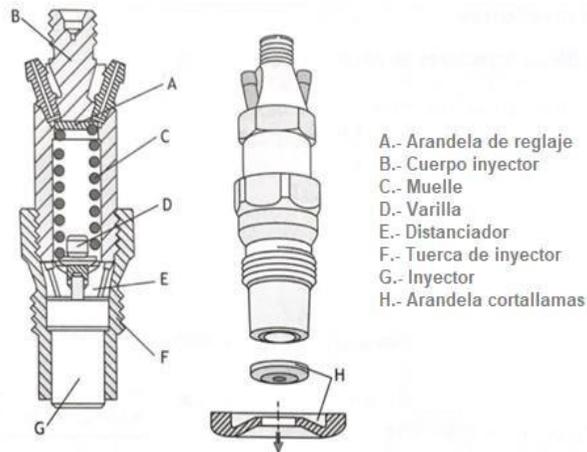
Los inyectores de tetón se clasifican en:

- ✓ **Punta cilíndrica:** Distribuye el combustible en forma de chorro altamente reducido, lo que hace que el diésel se oxide lentamente y produzca una mezcla

rápida y uniforme.

- ✓ **Punta cónica:** Produce una pulverización geometría de combustible el montaje del inyector tiene un ángulo de inclinado para llenar mejor los cilindros, lo que resulta un mayor rendimiento y una mejor economía de combustible.

**Figura 12:** Inyector de espiga.

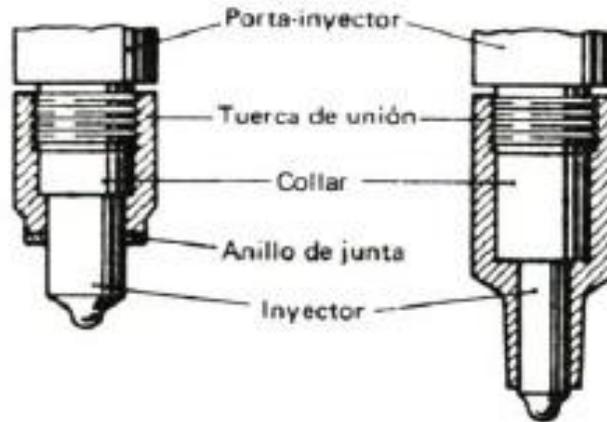


#### 1.4.4. Inyectores de orificios.

Comúnmente utilizado en motores de inyección directa. Posee diversos orificios de salida. Sin embargo, tiene la ventaja de permitir la orientación y la entrega de combustible diésel, asegurando una combustión completa, incluso sin turbulencias de aire significativo, por lo que es ampliamente utilizado en inyección directa.

Las presiones generadas por la inyección son superiores a la de espiga, obteniendo un valor de 150 a 300 kg/cm<sup>2</sup>, poseen un cuerpo de sellado.

**Figura 13:** Inyector de orificio.

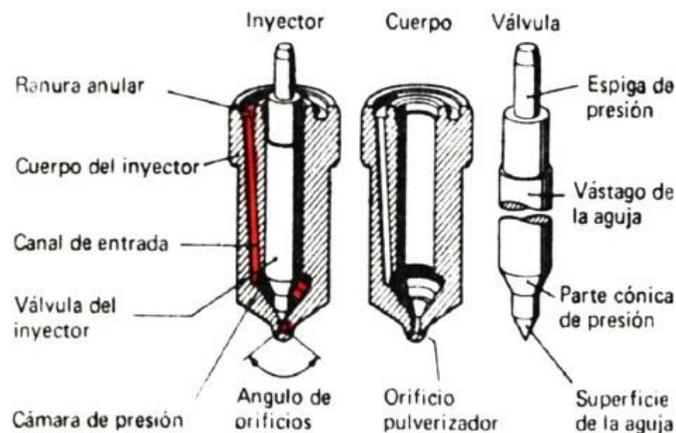


Fuente: (Jimmy's, 2021)

La boquilla del inyector está hecha principalmente de múltiples orificios. A excepción de inyectores de un solo orificio. Dependiendo como se encuentre la cámara de combustión, las toberas de único orificio pueden estar colocadas central o lateralmente.

En cuestión de inyector con múltiples orificios. Se pueden disponer en forma simétrica o asimétrica. La presión de apertura del inyector suele estar entre 150 y 250 bar. Normalmente, el número de agujeros es de 1 a 8, y el diámetro de los agujeros es de 0,15 a 0,60 mm.

**Figura 14:** Funcionamiento del inyector.



Fuente: (Automoviles, 2021)

## 1.5. Toberas

La tobera es una parte del inyector muy precisa que inyecta el combustible de manera sofisticada. Mientras la atomización es mejor, el rendimiento y ahorro de combustible mejorara, ayudando a lograr una mayor potencia

*Figura 15: Toberas.*



*Fuente: (Zexel, 2021)*

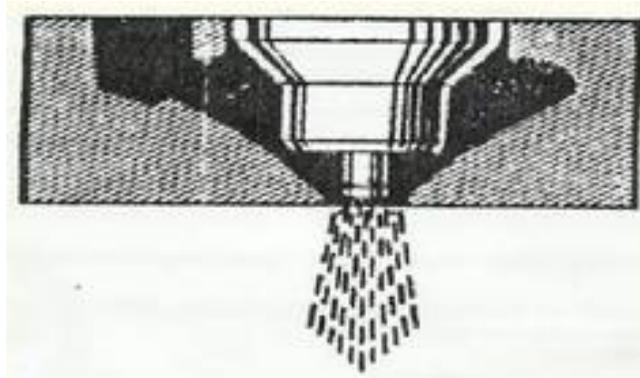
### **1.5.1. Características y beneficios**

- Permite un trabajo prolongado.
- Tiene sellado hermético evitando fugas de combustible
- La distribución orificios es ordenada. **(Sánchez, 2013)**

### **1.5.2. Toberas de espiga.**

Este tipo de espigas son para motores de inyección indirecta, en donde el combustible se inyecta en la cámara frontal o de vórtice se mezcla con el aire antes de ingresar a la cámara de combustión. La presión de este tipo de toberas es de 110 a 135 bares.

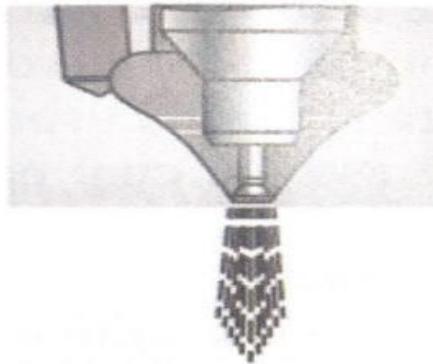
*Figura 16: Toberas de espiga.*



*Fuente (Flores, 2021)*

**Espiga cilíndrica:** en este caso estas toberas se constituyen de un tetón cilíndrico que abre muy ligera el combustible con un ángulo corto de pulverizado exacto.

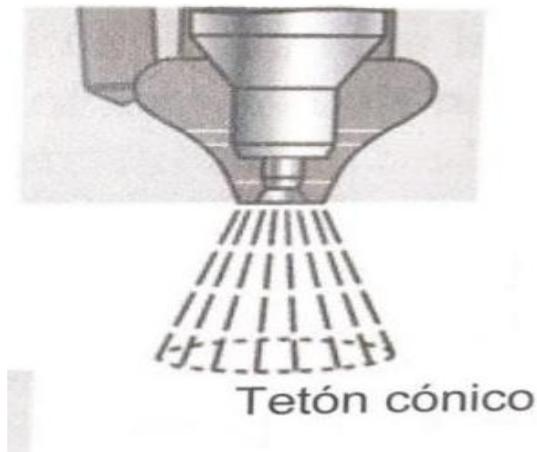
*Figura 17: Espiga cilíndrica.*



*Fuente: (Flores, 2021)*

**Espiga cónica:** Este tipo de tobera tiene una forma cónica con un ángulo más extenso de inyección y se mejora la mezcla de aire combustible en toda la superficie de la precámara.

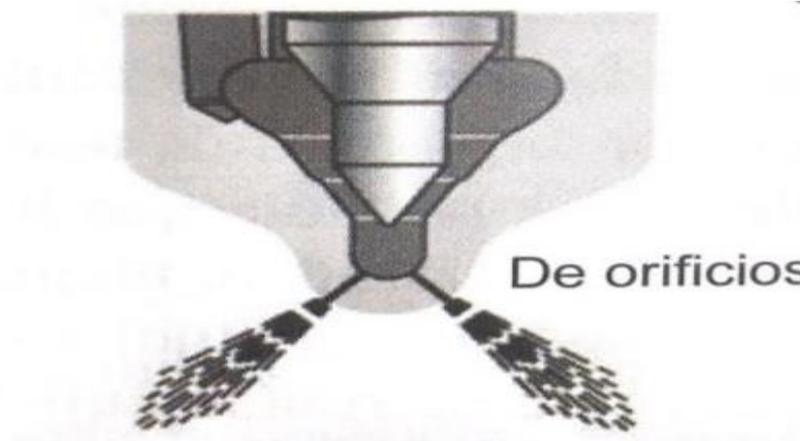
*Figura 18: Espiga cónica.*



*Fuente: (Flores, 2021)*

**Tobera de orificio auxiliar:** Tiene como misión mejorar el arranque en frío y en bajas revoluciones, debido a sus condiciones este tipo de orificio auxiliar es el primero en abrirse antes que la aguja del inyector. Por otro lado se genera un chorro que va a la entrada del aire a la precámara con una inyección acelerada.

*Figura 19: Orificios auxiliar.*

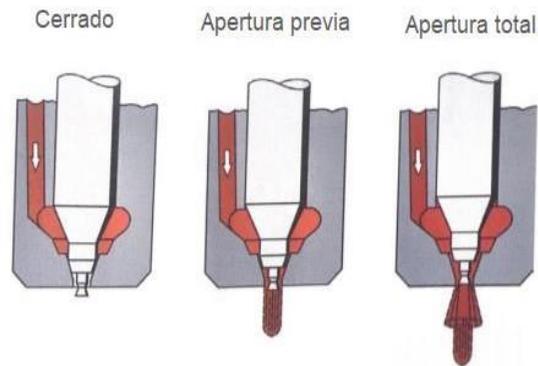


*Fuente: (Flores, 2021)*

**Espiga de estrangulación:** Este sistema es muy bueno ya que ahorra combustible porque puede arrancar con poco combustible y aumenta la cantidad dependiendo de los requerimientos y carga del motor. Esto es producido ya que el agujero de la tobera es más largo y la parte del tetón ingresa y el chorro va a depender de la

apertura de esos componentes mencionados. ( SALINAS CARVAJAL & VILLAVICENCIO RAMOS , 2013)

**Figura 20:** Espiga de estrangulación.

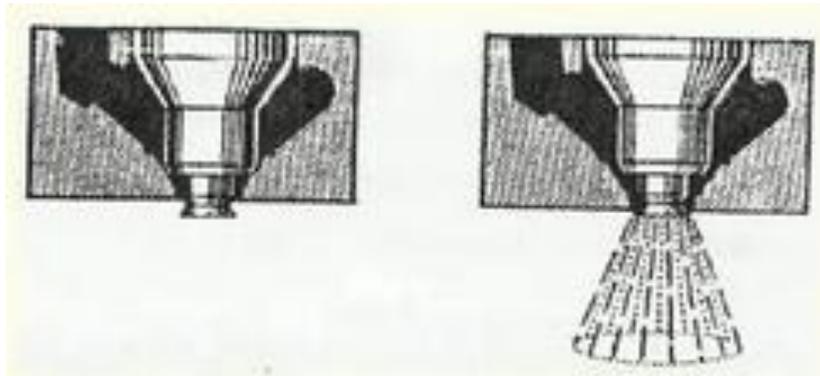


**Fuente:** (Flores, 2021)

### 1.5.3. Toberas de espiga de estrangulación.

Al inicio la inyección es débil y va aumentando cuando la abertura de inyección se libera completamente.

**Figura 21:** Toberas de espiga de estrangulación.

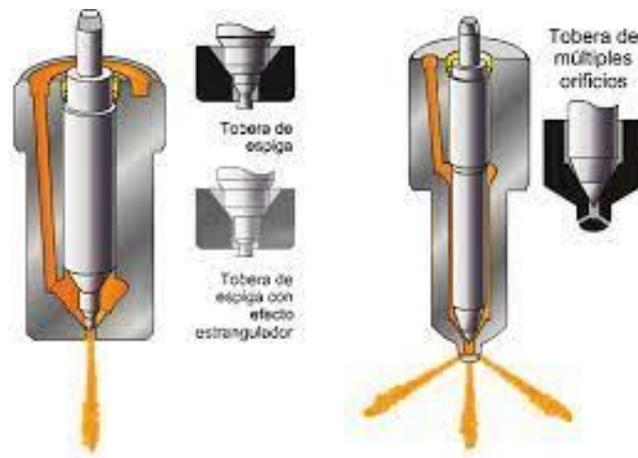


**Fuente:** (Flores, 2021)

### 1.5.4. Toberas de orificios.

Por lo general poseen de 4 a 8 agujeros y son más utilizados en motores de inyección directa.

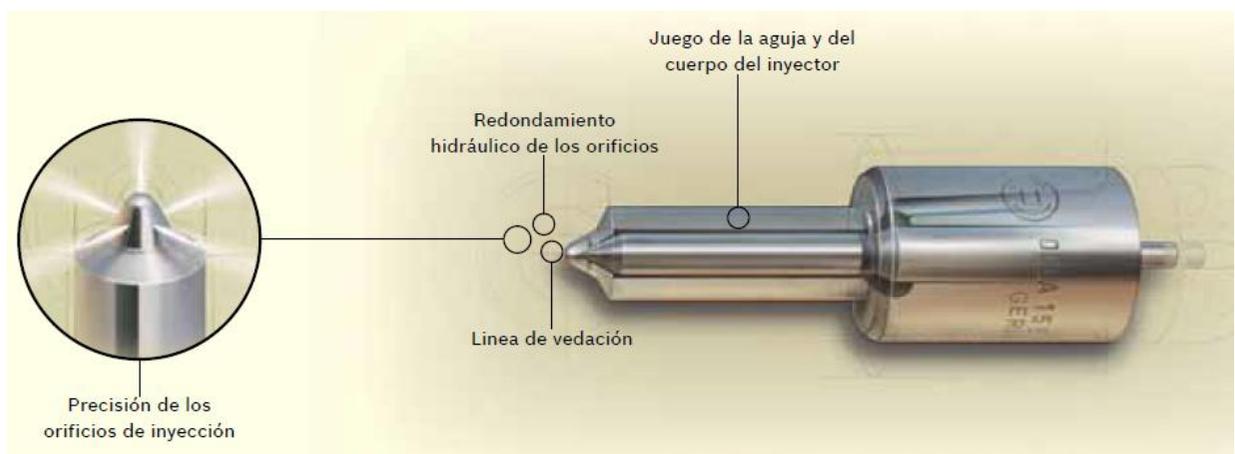
**Figura 22:** Toberas de orificios



Fuente: (Bosch, 2021)

El inyector puede ser opaco o montado en el asiento este contiene menos combustible restante, por lo tanto, reduce las emisiones de hidrocarburos en el escape.

**Figura 23:** Características de las toberas.



Fuente: (BOSCH, 2021)

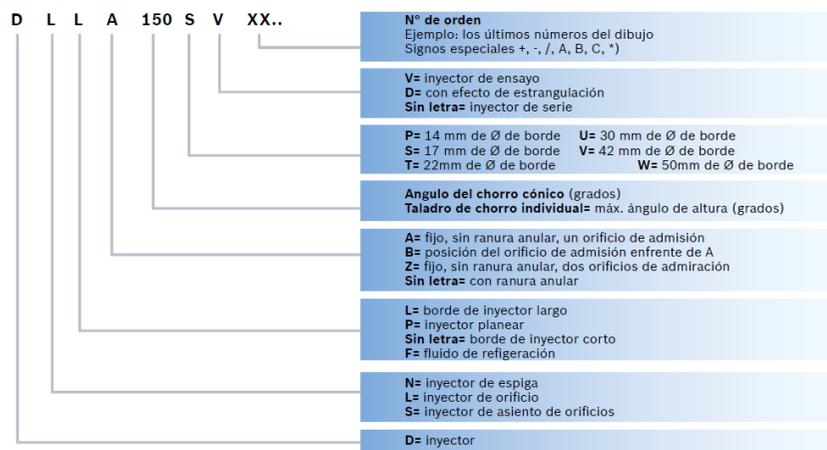
## 1.6. Identificación de toberas

Al seleccionar el inyector Bosch lo ha adaptado al tipo de motor en cuestión, lo que significa una combustión óptima, contaminantes reducidos y plena potencia del motor. Para su funcionamiento se deben considerar varios parámetros:

- Los inyectores se ajustan con precisión a las tolerancias acordadas con los fabricantes de motores y la compresión garantiza la máxima fiabilidad.
- También se aplican pautas estrictas de prueba y fabricación al equipo original y de reemplazo.
- Los inyectores tienen un ángulo muy amplio de 180°. y los orificios son de 0.05mm. también tiene un juego de 0.0006mm entre la aguja y la tobera.
- La presión que se genera en la inyección es de  $300\text{k/cm}^2$  para poder lograr una buena atomización.

Además, hay que tener en cuenta la identificación de cada letra con su significado, y tenemos:

**Figura 24: Identificación de toberas.**



Fuente: (BOSCH, 2021)

## 1.7. Análisis de fallos de las toberas

A continuación, se detallarán algunas posibles fallas que pueden existir según el manual del comprobador:

*Tabla 1: Fallas, causas de toberas.*

FALLO	CAUSA POSIBLE	SOLUCION
La tobera no atomiza (Chorro)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Angulo erróneo en el asiento del cuerpo</li><li>• Asiento del cuerpo no limpiado</li><li>• Asiento del cuerpo estriado o picado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compruebe el ángulo, ajuste, rectifique el elemento, mecanice el asiento.</li><li>• Mecanice el asiento.</li><li>• Mecanice el asiento.</li></ul>
La tobera atomiza, pero está húmeda.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asiento del cuerpo sin limpiar.</li><li>• Asiento del cuerpo excéntrico con el orificio de la guía.</li><li>• Zona de contacto del cono de la aguja demasiado ancho.</li><li>• Borde de la aguja picado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mecanice de nuevo.</li><li>• Reparación antieconómica.</li><li>• Compruebe los ángulos, Esmerile el cono con el asiento del cuerpo.</li><li>• Esmerile de nuevo cada asiento del cuerpo.</li></ul>

Pulverización o pulverizaciones torcida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiento del cuerpo sucio</li> <li>• Asiento del cuerpo excéntrico con el orificio de la guía</li> <li>• Orificio de pulverización obstruido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie con pistola de aire a presión.</li> <li>• Reparación antieconómica.</li> <li>• Limpie con un alambre fino.</li> </ul>
Fuga en la cara de presión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuerca de sujeción de la tobera sin apretar.</li> <li>• Cara de presión de la tobera no plana.</li> <li>• Rebaba en el borde de lo cara de presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apriete la tuerca de sujeción.</li> <li>• Lapide la cara de presión planificándola.</li> <li>• Lapide la cara de presión planificándola.</li> </ul>
Retorno de fugas excesivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguja floja en el orificio del guía.</li> <li>• Aguja errónea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monte una aguja nueva.</li> <li>• Monte una aguja correcta.</li> </ul>
La tobera no atomiza, esta húmeda cuando se montó con el inyector.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tobera sucia.</li> <li>• Tuerca de la tobera demasiado apretado.</li> <li>• Tuerca de la tobera torcida o dañada.</li> <li>• Muelle de presión del inyector torcido.</li> <li>• Eje del muelle de presión del inyector torcido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie.</li> <li>• Aprieta de nuevo correctamente la Tuerca.</li> <li>• Cambie la tuerca.</li> <li>• Coloque muelle nuevo.</li> <li>• Coloque eje nuevo.</li> </ul>

*Fuente: (test, 2006)*

## 1.8. Cámara de combustión

En un motor a diésel es el espacio en el cual queda encerrado el aire después de la etapa de compresión.

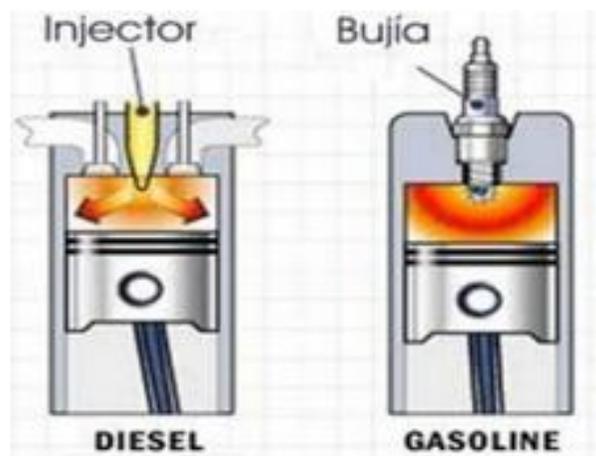
Para garantizar el encendido de todos los inyectores de combustible se utilizan diferentes tipos de cámaras de combustión en diferentes motores sea cual sea el sistema la cámara debe ser adecuada para generar la alta presión de compresión requerida y así provocar las altas temperaturas requeridas para la inflamación.

Para lograr una buena eficiencia el combustible inyectado debe mezclarse completamente con el aire.

Existen dos tipos de cámaras que son:

- Inyección directa.
- Inyección indirecta.

**Figura 25:** Cámara de combustión.



Fuente: (Castaño, 2021)

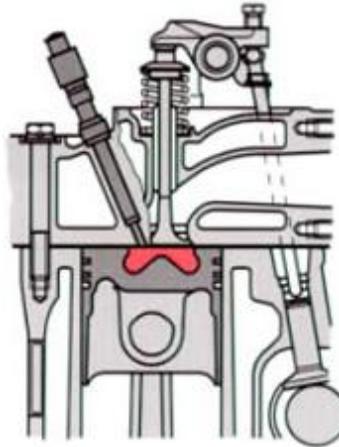
### 1.8.1. Inyección directa.

Para el caso de inyección directa, mediante estudios realizados se obtiene que la combustión es muy buen rendimiento y tiene un consumo económico, y consta de

un beneficio muy bueno en arranques en frío. Así mismo se tiene inconvenientes como, ruido y requiere de un combustible de mejor calidad.

Por lo tanto, la inyección en este caso es completa generando una potencia muy alta y tiene una reducción de gases en el escape.

**Figura 26:** Inyección directa.



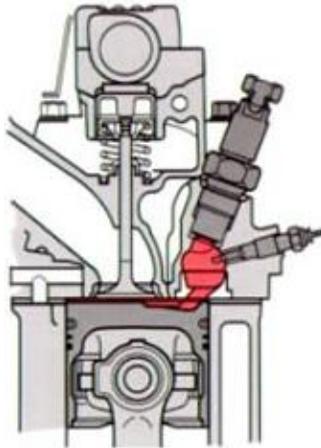
*Fuente: (Hispano., 2021)*

### **1.8.2. Inyección indirecta.**

Una cámara de combustión dividida es aquel espacio de combustión divide en dos compartimentos distintos, entre las cuales existe una contracción lo suficientemente pequeña como para que durante la compresión y la combustión exista una gran diferencia de presión entre ellas, la parte de la cámara donde se encuentra el pistón se denomina cámara principal y la otra parte se denomina antecámara o precámara.

En este tipo de cámara de combustión la homogeneización de la mezcla depende esencialmente del propio fluido como consecuencia de las importantes turbulencias que se producen durante el paso por el estrechamiento., en este caso el sistema de inyección juega un papel secundario, normalmente un inyector de un solo orificio, inyectando combustible en la precámara a una presión relativamente baja.

*Figura 27: Inyección indirecta.*



*Fuente: (Hispano., 2021)*

## **1.9. Tipos de bancos de prueba.**

Actualmente, existen diversos modelos con diferentes características, pero todos tienen el mismo objetivo de ajustar y controlar las presiones de los inyectores. Por medio de estas cintas se puede determinar con precisión y rapidez la fase de los mecanismos de los inyectores para remediar o reemplazarlos según sea el análisis realizado, garantizando además un correcto trabajo y economía de combustible.

Las delineaciones que tienen las bombillas suministradas por el operador hasta probadores de motores eléctricos nos brindan una mayor precisión y una amplia gama de pruebas en tiempo real.

## **1.10. Probador Banco comprobador HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601**

El probador de inyectores HH601 de Hartridge se opera manualmente, proporcionando resultados óptimos en el mantenimiento e inspección de inyectores diésel para una recuperación inmediata. La cámara de nebulización cuenta con un

extractor accionado por flujo de aire, la válvula controla el flujo para ejecutar diversos experimentos de rendimiento, cuenta con un sujetador para precisar las boquillas y además efectuar las pruebas a excepción de necesidad de colocar el inyector de forma completa.

Hartridge Nozzle Testmaster le permite trabajar de manera rápida y sencilla, gracias a sus componentes se puede efectuar el mantenimiento en su totalidad de los inyectores, incluidos los de la industria. Su funcionamiento lo proporciona un depósito de combustible que, mediante una palanca manual, entrega el combustible a muy alta presión y se ajusta mecánicamente analizando los valores en el manómetro.

Los ensayos que se efectúan en este banco son:

- Control de presión
- Control de fugas o estanqueidad
- Control de pulverización y dirección del chorro.

Estos ensayos se efectúan con el objetivo de economizar combustible, impedir sobrecalentamientos, oscilaciones provocadas por explosiones.

**Figura 28:** Banco comprobador HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601.



*Fuente: (testequipment, 2022)*

### 1.11. Características principales

Es un banco de ensayos versátil cuyas características son:

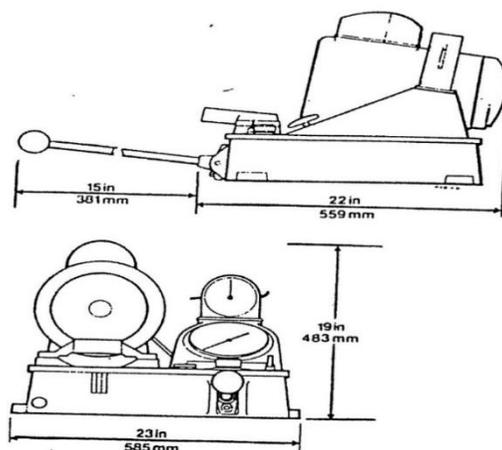
- Prueba en su totalidad de los inyectores favorables en el mercado.
- Solicita conjunto de inyector arbitrario.
- Cámara de atomización iluminada.
- Tener una cámara de humos operada con aire comprimido.
- Manómetro con gran calibre.
- Mantenga presionado el botón de control de volumen.
- El flujo de aceite de prueba es totalmente ajustable.
- Realizar múltiples pruebas en tiempo real.

### 1.12. Datos generales

#### Peso bruto y dimensiones de comprobador

Este comprobador tiene un peso de 48kg 116lb

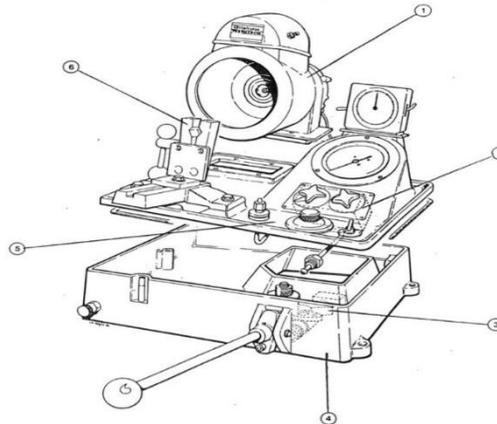
*Figura 29: Peso bruto y dimensiones de comprobador.*



*Fuente: (test, 2006)*

#### Identificación de conjuntos.

**Figura 30: Identificación de conjuntos.**



*Fuente: (test, 2006)*

1. Cámara de pulverización y lámpara
2. Bloque de válvulas y tuberías
3. Bomba
4. Base y mecanismo de la manivela
5. Mesa, controles, manómetro y reloj
6. Soporte de acción rápida para toberas.

### **Descripción de los elementos principales**

#### **- Depósito de combustible**

Depósito de acero que tiene una capacidad de 1 galón y  $\frac{1}{2}$  tiene un visor de nivel de diésel y drenaje para vaciar y limpiar el depósito.

**Figura 31:** Depósito de combustible



Fuente: (Propia, s.f.)

- **Palanca**

Realizada de una varilla de acero de 381 mm con un pomo plástico para que se pueda realizar el movimiento perpendicular para pulverizar y comprobación de inyector.

**Figura 32: Palanca.**

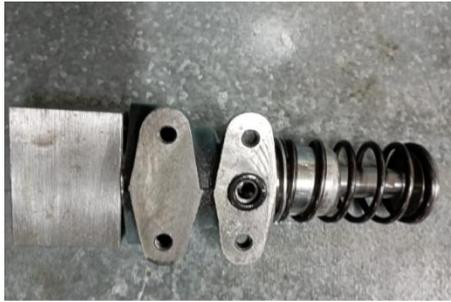


Fuente: (Propia, s.f.)

- **Control de combustible (bomba)**

Bomba manual que mediante la palanca se ejerce una multiplicación de presión y mediante el resorte podemos tenerla nuevamente en su posición original.

**Figura 33: Bomba.**



*Fuente: (Propia, s.f.)*

- **Manómetro**

Manómetro tipo Bourdon con puesta a cero. 0 a 400 bar y 0 a 6000 lb/*pulg*<sup>2</sup>,  
Se pueda suministrar alternativamente en 0 a 400bar y 0 a 410-Kg/*cm*<sup>2</sup>

**Figura 34: Manómetro.**



*Fuente: (Propia, s.f.)*

- **Cámara de pulverización**

Extractor ignífugo accionado por turbina de aire. Consumo entre 2 y 5 pies/min, La alimentación de aire comprimido 80 a 125 psi que va al conector situado en la parte posterior y colocar con una abrazadera de manguera.

**Figura 35:** Cámara de pulverización.



*Fuente: (Propia, s.f.)*

### **1.13. Funcionamiento del banco de prueba Hartridge Nozzle Testmaster HH601.**

#### **- Pruebas mecánicas.**

Si queremos comprobar el perfecto funcionamiento del inyector sin tener que desarmarlo, nos bastara con desmontarlo del motor y utilizar uno de los comprobadores que hay para esta función. La comprobación del funcionamiento consiste en determinar si el inicio de la inyección se produce a la presión estipulada y la pulverización obtenida es correcta.

Para realizar estas verificaciones se dispone de un comprobador, en el que se sitúa el inyector en un acoplamiento adecuado, conectando al mismo una tubería de alta presión que le hace llegar combustible desde una bomba manual, a una determinada presión, indicada por un manómetro. La prueba del inyector se efectúa en varias fases, que son las siguientes:

- Control de pulverización.
- Control de presión y tarado.
- Control de goteo.

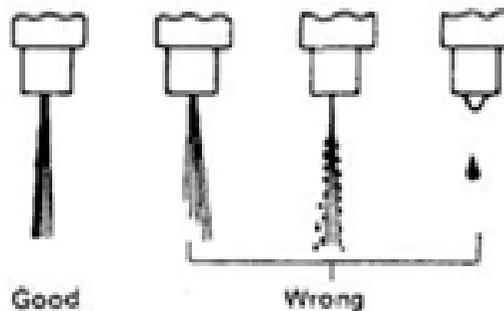
➤ Control de fuga de retorno.

- **Control de pulverización.**

Acoplado el inyector en el comprobador de modo que pulverice en la cámara iluminada o en un recipiente, de este modo se accionara la palanca de 4 a 6 veces por segundo, incluso lograr la inyección del combustible en una pulverización continua.

Se Accionamos la palanca con secuencia rápida se visualiza la pulverización del combustible con la dispersión del mismo, si existe anomalías que se generan a la hora de pulverizar se debe desmontar el inyector y hacer la limpieza del mismo con las herramientas adecuadas teniendo cuidado de no rayar las superficies.

*Figura 36: Control de pulverización.*



*Fuente: (Torocahua, 2014)*

- **Control de presión y tarado**

Accionar la palanca 1 vez por segundo durante 1 minuto, vemos el manómetro y la presión máxima corresponde a la presión de tarado del inyector o la que nos da el fabricante.

Se puede decir que es una obstrucción o una falla en el muelle cuando la presión es superior a la que nos da el fabricante. también puede darse el caso de que se pierda la tensión del muelle o la presión sea inferior. Se procede a realizar un desmontaje total y limpieza del inyector, calibramos el tornillo o también ponemos arandela dependiendo el inyector hasta que nos de la presión de tarado

**Figura 37:** Control de presión y tarado.



*Fuente: (Torocahua, 2014)*

- **Control de goteo.**

En este caso el Accionamiento de la palanca debe maniobrado y así poner mantener la presión entre 120 y 250 psi, se verificará que no exista goteo en el inyector. Si existe falla de estanqueidad de debe hacer el desmontaje y mantenimiento del inyector lo primero es verificar la superficie cónica de asiento de la aguja. En el caso de persistir el goteo, debe reemplazar la tobera.

- **Control de fuga de retorno.**

Al accionar la palanca que hace funcionar la bomba en el comprobador se debe obtener la presión de 10 bar aproximadamente, al cerrar la válvula del paso de combustible del comprobador en estas condiciones, debe visualizarse una caída lenta de la aguja que indica el reloj del comprobador, esta aguja nos indica el nivel de fuga de retorno que existe en el mismo. Por lo general se considera en correcto funcionamiento a un inyector, cuando el nivel de la presión se mantiene por arriba de 50 bar durante 6 segundos, teniendo una presión de 100 bar.

- **Pruebas que realiza Hartridge HH601**

Las pruebas se realizan tanto en toberas de aguja como de orificios, se las realiza las pruebas cuando una tobera esta defectuosa antes de reacondicionarlas o cambiar de inyector.

- Ajuste de presión.
- Prueba de estanqueidad del asiento.
- Prueba de retorno de fugas.
- Prueba de pulverización (atomización) y golpeteo de la aguja(oscilación).

- **Ajuste de presión**

- Cerramos el asolador del manómetro.
- Abrir una vuelta la válvula de control de combustible.
- Accionamos la palanca hasta que el diésel comience a salir.

- Posicionamos en cero la válvula de control de combustible y abrimos lo mínimo para que accione el inyector.
- Observando la presión del manómetro abrimos un cuarto de vuelta el aislador y accionamos la palanca hasta la presión más alta.

- **Prueba de estanqueidad del asiento**

- Abrimos la válvula de control de combustible y la de manómetro.
- Accionamos la palanca hasta llegar a 140psi y mantenemos durante 30 segundos.
- Soltamos la palanca y comprobamos que no exista goteo en el inyector.
- Accione la palanca hasta que se alcance (140psi).

**1.13.1. Prueba de retorno de fugas**

Una presión de abertura está entre 160 y 170 bar,

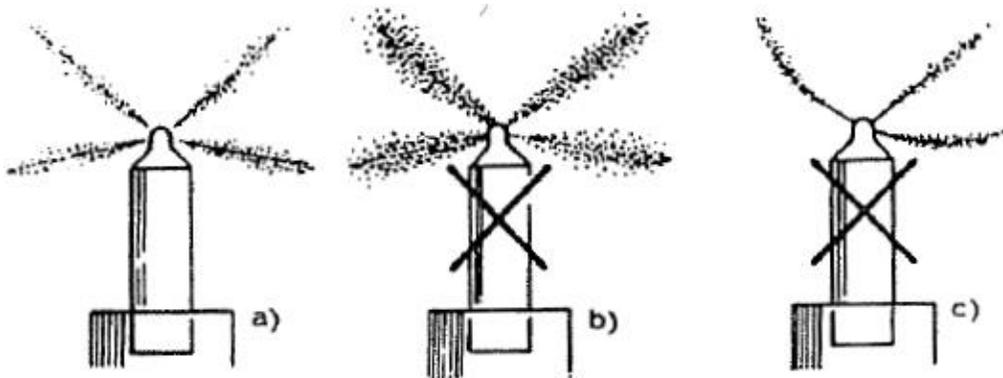
- Abrir aproximadamente una vuelta la válvula de control de combustible.
- Conectar la cámara de la pulverización.
- Accionamos la palanca haciendo funcionar la tobera 4 veces.
- Abrimos un cuarto de vuelta la válvula de control y aislador de la bomba.
- Accionamos la palanca hasta la presión necesaria.
- Anotamos el tiempo hasta que llegue a la presión más baja (no menos de 6 segundos es bueno).

- **Prueba pulverización y ronquido de la aguja.**

- Cerrar el aislador del manómetro.
- Conectamos la cámara de la pulverización.

- Abrimos lentamente la válvula de control y accionamos la palanca hasta que se accione la tobera.
- La tobera ronca y atomiza mientras la palanca está en la bajada y se escucha un zumbido.

*Figura 38: Prueba de formación de la pulverización.*



*Fuente: (test, 2006)*

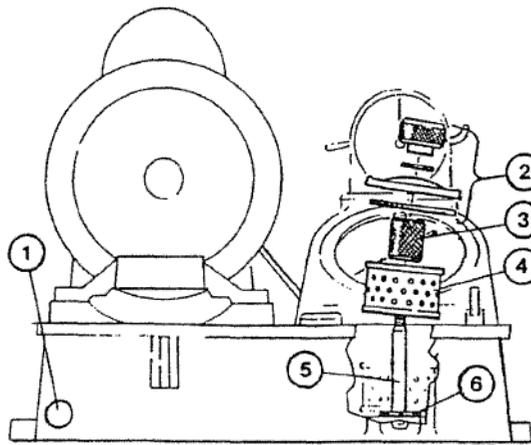
**- Pulverización típica de una tobera de orificios múltiples**

- Bueno
- Rechazar- atomización
- Rechazar- orificio de pulverización obstruido

**1.14. Mantenimiento general mensual**

- Engrasar el embolo de la palanca, no altere el tornillo de ajuste y abra las válvulas.
- Accionar la palanca haciendo que se vaya todo el aire del sistema, apriete el tapón y accione la palanca hasta que llegue a 200bar la presión y compruebe que no haya fuga de presión.

**Figura 39: Mantenimiento general mensual.**



*Fuente:(test, 2006)*

### 1.15. Fallas comunes en el comprobador

En la presente tabla podemos observar los daños que son muy comunes en el comprobador Hartridge Nozzle Testmaster HH601.

**Tabla 2: Fallas comunes en el comprobador HH601**

SINTOMA/COMPROBACION	FALLO PROBABLE	ACCION
Fugas en el soporte de la tobera	Hay que cambiar las juntas tóricas	Cambie las juntas tóricas
No se mantiene la presión	Fugas en lo junta tórica de La válvula del manómetro.	Cambie las juntas tóricas
Lecturas del manómetro o puesta a cero incorrectos o poco estables.	Manómetro defectuoso	Cambie el manómetro
La cámara de pulverización no evacua/la turbina no funciona	Alimentación de aire desconectada. Fugas de aire.	Conecte/Interruptor CONECTADO

	Turbina defectuosa.	
La bomba no funciona o no puede obtener la alta presión o el suministro necesario.	Fugas de Combustible Juntas tóricas defectuosas. Depósito vacío. Filtro obstruido.	Localice la fuga y corríjala

Fuente: (test, 2006)

### 1.16. Tipos de bancos comprobadores

#### - Comprobador de inyectores a diésel con gestión electrónica

Este tipo de comprobador se caracteriza uno de los mejores por realizar las pruebas con mucha rapidez y con resultados muy buenos, también realiza ensayos con ondas de ultrasonido donde se puede visualizar en respectivo funcionamiento del comprobador y el inyector. Consiste de un abomba de muy alta presión que se encarga de realizar la pulverización en la cámara de combustión.

#### - Banco comprobador portátil multifunción

Son absolutos para los inyectores mecánicos y de grúas en general, ya que formulan dichas señales de funcionamiento similares a las de la ECU, las fases de preinyección e inyección se realiza haciendo ensayos por ejemplo con inyectores electrónicos, Delphi, Siemens, Bosch, Denso. Por el tamaño, se facilita el traslado de un lado a otro y de un uso muy interesante; tiene características principales que son:

- Su configuración es de modo digital.
- Cómodo de manipular y es bajo en costo.
- Efectúa pruebas de pulverización, y emisiones.

- **Banco comprobador electrónico de inyectores.**

Algo muy característico de este banco es que el cliente tiene la facilidad del manejo adecuado para efectuar el mantenimiento de sus inyectores a diésel. Otras de las ventajas que tiene el banco es de buena calidad, alta confiabilidad, poco ruido, ahorra energía, función de protección y de manejo fácil.

*Figura 40: Comprobador de inyectores a diésel electrónico.*



Fuente: (LAUNCH, 2022)

### 1.17. Equipo Cav.

La presión en los motores diésel ha sido muy indispensable. Por lo tanto, se requiere de un equipo CAV para poder hacer la verificación de los inyectores y tengas un buen funcionamiento y rendimiento en el motor diésel. Mientras aumente el espesor del alce del comprobador la presión.

- **Equipo Hartridge Nozzle Poptest.**

Es un equipo muy indispensable en la industria automotriz porque nos permite realizar pruebas de manera muy sencilla. Es algo tradicional ya que en el mercado hoy en día no es muy

común, pero es uno de los mejores comprobadores, también es muy fácil el mantenimiento a realizar y de muy bajo costo.

**Figura 41:** Equipo Hartridge Nozzle Poptest.



Fuente: (Uni, 2022)

#### **1.17.1. Beneficios.**

- Impenetrable y manual.
- Posible de maniobrar y conservar.

#### **1.18. Comprobador de inyector manual EPS 100**

Incluye un probador de mano muy ligero de 4 kg que es ideal para hacer su traslado sin problemas y posee de una precisión de más menos 2,4 bar. Se tiene el acceso controlar la presión y apertura de la tobera, visualizar la pulverización cuando se ejecute el ensayo de fugas y pruebas de oscilaciones. Tiene diversas características y son:

- Posee un depósito cristalino con filtro para visualizar las fugas efectivas.
- Muestra un manómetro que indica la presión de 0 a 400 bares.
- La unión del tubo de alta precisión es de 14 x 1,5 mm.

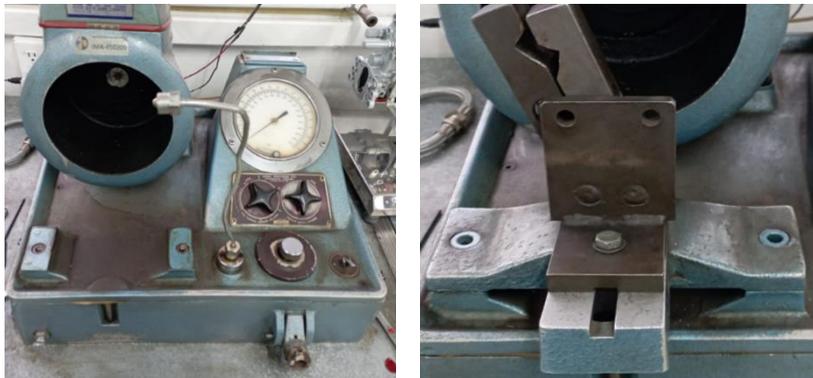
## CAPITULO II

### Restauración del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster

#### - Desarmado del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster.

- Al realizar una inspección visual (figura 42), nos podemos dar cuenta que el comprobador se encuentra sin palanca y que la mordaza de sujeción rápida se encuentra sin tornillo para que sujete al inyector.

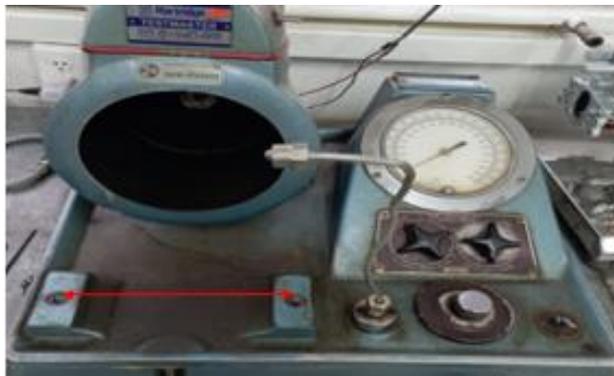
*Figura 42: Desarmado del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster*



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- Para desmontar el soporte inclinado conjuntamente con la mordaza de sujeción rápida debemos retirar dos pernos de llave 15 mm (figura 43).

*Figura 43: Proceso de desarmado.*



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- Procedemos a retirar 4 pernos de llave 10mm el conjunto de la cámara de pulverización, desmontamos la cañería para el inyector (figura 44)

**Figura 44:** Cámara de pulverización



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Para vaciar el depósito de combustible, quitamos el tapón de drenaje del depósito, desmontamos también el aislador del manómetro, control de combustible, tapón de llenado y manómetro (figura 45).

**Figura 45:** Tapón de llenado, manómetro, control de combustible y la salida de combustible.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Procedemos a retirar 3 tornillos para levantar la parte superior del comprobador quedándonos libre el depósito de combustible (figura 46).

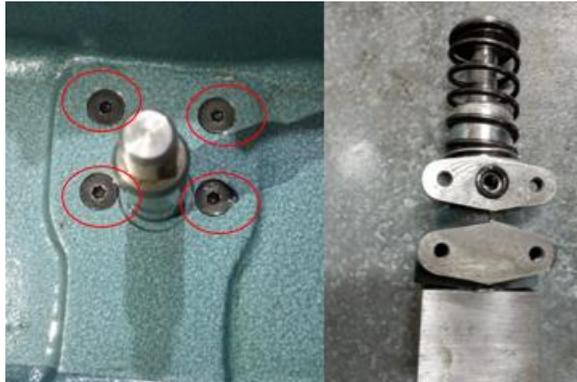
**Figura 46:** *Desmontaje de mesa del comprobador.*



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Para el desmontaje de la bomba debemos retirar previamente la palanca y los 4 tornillos que le sujetan la bomba al depósito (figura 47)

**Figura 47:** *Desmontaje de la bomba.*



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- **Proceso de pintado del comprobador Hartridge Nozzle Testmater HH601.**

- Realizamos la limpieza de todos los componentes (figura 48).
- Procedemos a lijar la superficie a ser pintada.

- Aislamos todas las superficies con cinta y papel periódico las partes que no van a ser pintadas (figura 48)
- Debemos realizar el pintado en dos capas de pintura, luego dos capas de clear glassuly haciendo que la pintura quede resístete, luego de 8 horas podemos manipular las piezas del comprobador. figura (49)

**Figura 48:** Limpieza de componentes



Fuente: (PROPIA, s.f.)

**Figura 49:** Aislado de componentes.



Fuente: (PROPIA, s.f.)

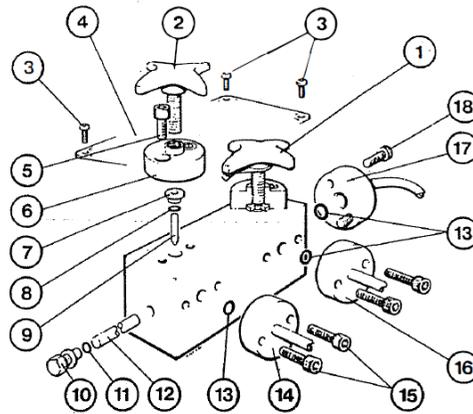
**Figura 50:** Pintado de componentes.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Sustitución de las juntas tóricas de las válvulas del control de combustible y del manómetro.

**Figura 51:** Despiece de las juntas tóricas.



**Fuente:** (test, 2006)

- Quite los pomos el aislador del manómetro y control de combustible (1) y (2) de la figura 51
- Quite los cuatro tornillos (3) y lo placo (4).
- Accionar la palanca hasta que se libere el eje, cambie la junta tórica.

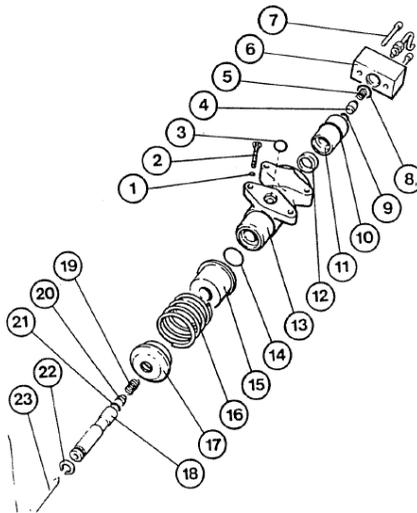
**Figura 52: Desmontaje de válvula del control**



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- **Cambio de retenes en el conjunto de la Bomba**

**Figura 53: Conjunto de la bomba.**



Fuente: (test, 2006)

- Guiándose en la figura 53, sacamos embolo (18), quitar el objeto (15), (16) y (17) y posteriormente los retenes, la válvula de bola (4) y el muelle (5).
- Retiramos los retenes (10), (12), (3) y (14), y les colocamos nuevas.

- Colocamos el muelle (5). Introduzca la válvula (4), revisamos que estén colocadas las nuevas juntas tóricas y colocamos el retén (8) que estén paralelas la cara interna con la cara del cuerpo de la bomba. bloque esté paralela con la cara del cuerpo de la bomba.
- Introduzca el muelle (5) en el orificio del bloque (6). Introduzca la válvula (4) con la nueva junta tórica (9) ya montada. Monte de nuevo el cuerpo (6) de la válvula con una junta tórica (8) nueva cerciorándose de que la cara interna del bloque esté paralela con la cara del cuerpo de la bomba.
- Colocamos el retén (14), el capuchón y el muelle en el cuerpo de la bomba
- Tomando la Figura: 54 coma referencia, monte una junta tórica (3) nueva.
- Por ultimo debemos colocar 4 nuevas jutas tóricas (1) para los tornillos (2) y apretarlos.

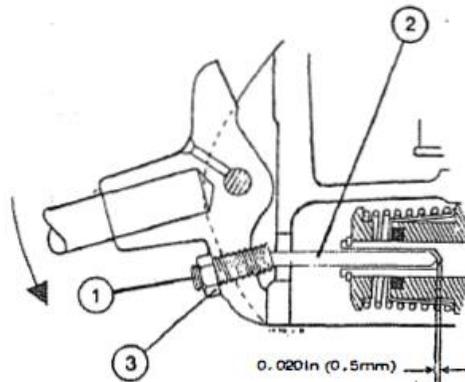
**Figura 54: Conjunto de la Bomba**



**Fuente :** (PROPIA, s.f.)

- **Mecanismo de palanca**

**Figura 55:** Mecanismo de palanca

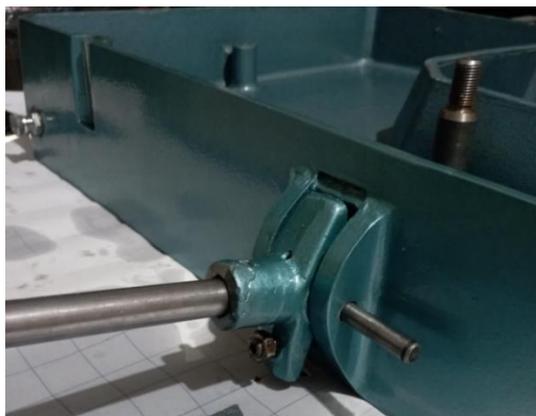


**Fuente:** (test, 2006)

Según el mecanismo de palanca cuando el codo de la palanca toca el cuerpo de la maquina debe pararse y queda 0,5mm de recorrido en el embolo. Para realizar un ajuste, use la (figura 55)

Soltar tuerca (3) y ajustamos tornillo (1) hasta que el embolo llegue al final, luego accionamos la palanca y damos media vuelta el tornillo y bloqueamos la tuerca (3)

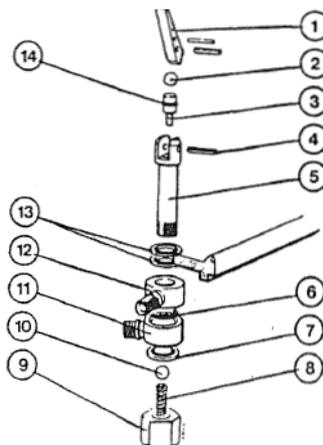
**Figura 56:** Mecanismo de la Palanca



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- **Interruptor del extractor de pulverización.**

*Figura 57: Interruptor del extractor de pulverización.*



**Fuente:** (test, 2006)

- Refiérase a la figura 57, afloje la tuerca, quitamos el muelle (8), la bola (10), juntas tóricas (6)(7), la palanca (1) y la bola (2).
- Con un alambre delgado limpiamos el interruptor.
- Cambiar la juta torcía (14) por una nueva.
- Monte un retén superior (13) y reten inferior (7) nuevos y coloque nuevamente el interruptor en la mesa.
- Conecte la alimentación del aire y compruebe que no haya fugas.

*Figura 58: Cambió del retén del interruptor*



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- **Armado del banco comprobador Hartridge Nozzle Testmaster.**

- Colocar la junta y colocar la mesa al depósito de combustible, colocar los tres tornillos de fijación (figura 59)

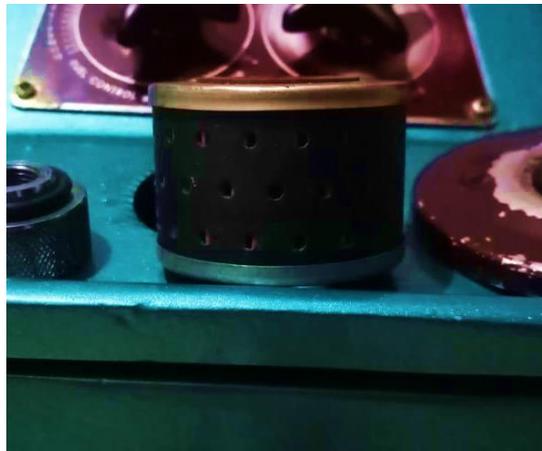
*Figura 59: Depósito de combustible.*



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- **Poner un filtro de combustible nuevo.**

*Figura 60: Filtro de combustible.*



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- **Montaje de la palanca**

- Engrase los dos extremos de la biela e introduzca (con el extremo punzante primero) en el orificio de émbolo de lo bomba.
- Monte de nuevo la palanca y sujete el pasador pivote con los anillos elásticos, cerciorándose que el extremo de lo biela se aloje en el casquillo tornillo (Figura 61).

**Figura 61:Montaje de palanca**



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- **Montaje del manómetro de presión y las manijas de las válvulas de control.**

El manómetro se encuentra unido al comprobador mediante tres tornillos y enroscamos los dos pomos control de combustible y aislador del manómetro respectivamente (Figura 62).

**Figura 62:** Manómetro de presión.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Montaje de cámara de pulverización.

Fijamos la cámara de pulverización con 4 tornillos a la mesa del comprobador (Figura 63)

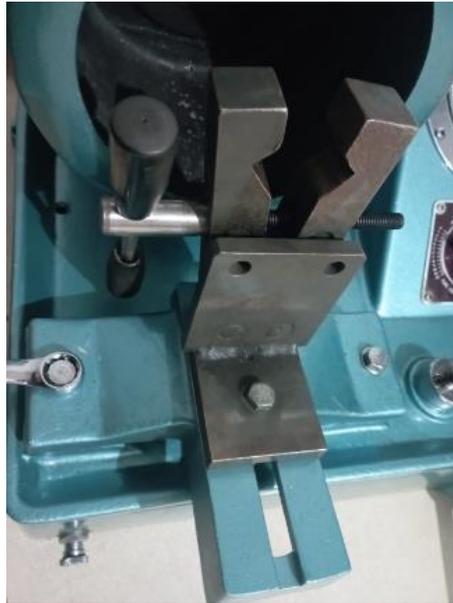
**Figura 63:** Montaje de la cámara de pulverización.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Montaje de la mordaza sujetadora de inyectores.

**Figura 64:** Mordaza sujetadora de inyectores.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- Instalación de la cañería de ingreso de combustible, aislado del manómetro control de combustible, manómetro.

**Figura 65:** Instalación de la cañería.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- **Conexión de inyector y pulverización final.**

**Figura 66:** Instalación del inyector y prueba final de pulverización



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

- **Comprobador HARTRIDE NOZZLE HH601 armado.**

**Figura 67:** Comprobador Armado.



**Fuente:** (PROPIA, s.f.)

## CAPITULO III

### Verificación del funcionamiento del comprobador Hartridge Nozzle Testmaster HH601 a través de un inyector convencional

La verificación del comprobador Hartridge Nozzle Testmater HH601 la realizamos mediante un inyector convencional previamente calibrado en el cual aplicamos las siguientes pruebas:

#### Comprobación general del ajuste de presión

- Cierre el aislador del manómetro

*Figura 68: Aislador del manómetro.*



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- Gire la válvula de control de combustible una vuelta completa.

*Figura 69: Válvula de Control de combustible.*



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- Conecte la cámara de pulverización.

**Figura 70: Cámara de pulverización**



Fuente:(PROPIA, s.f.)

- Ajustando el manómetro a ser y cerrando la válvula de control, abrimos 1/4 de vuelta que hará que el inyector comience a pulverizar al accionar la palanca.

**Figura 71: Ajuste la aguja a CERO.**



Fuente: (PROPIA, s.f.)

- Abrimos 1/4 de vuelta el aislador del manómetro, accione la palanca y observamos la presión antes de que se pulverice
- . Si la presión es incorrecta debemos poner a su regulación correcta.

**Figura 72:** Ajuste el inyector al reglaje correcto.



**Figura:** (PROPIA, s.f.)

**Tabla 3:** Ajuste de presiones.

Ajustes de presiones			
Inyector	Apertura del control de combustible.	Presión	
		Bares	kgf/cm <sup>2</sup>
Orificios	5	165	170
Tetón	10	120	125

Fuente: (PROPIA, s.f.)

**- Prueba de estanqueidad**

- Abra el control de combustible al caudal necesario.
- Abrir 1/4 de vuelta el aislador del manómetro.
- Accione la palanca hasta que se alcance la presión de mantenimiento 10bar (140psi) y mantenga constante durante 30 segundos.
- Deje de accionar la palanca y compruebe si en la tobera existe goteo o si se encuentra seco.

**Tabla 4: Ajuste de presiones.**

<b>Ajustes de presiones</b>		
<b> inyector</b>	<b>Presión</b>	
	Bares	Goteo
<b>Orificio</b>	10	No
<b>Tetón</b>	10-20	No

Fuente: (PROPIA, s.f.)

**- Prueba de retorno de fugas**

Una presión de abertura está entre 160 y 170 bar,

- Abrir aproximadamente una vuelta la válvula de control de combustible.
- Conectar la cámara de la pulverización.
- Accionamos la palanca haciendo funcionar la tobera 4 veces.
- Abrimos un cuarto de vuelta la válvula de control y aislador de la bomba.
- Accionamos la palanca hasta la presión necesaria.
- Anotamos el tiempo hasta que llegue a la presión más baja (no menos de 6 segundos es bueno).

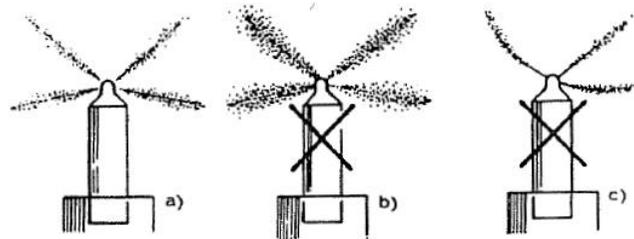
**Tabla 5: Retorno de fugas.**

<b>RETORNO DE FUGAS</b>				
<b> inyector</b>	<b>Caudal (Q) de la válvula abierta.</b>	<b>Apertura de la válvula (bares).</b>	<b>Caída de presión (bares).</b>	<b>Tiempo (seg)</b>
Orificio	8	125	115	7
	7	130	125	10
Tetón	9	120	115	9
	10	120	105	8

Fuente:(PROPIA, s.f.)

- **Prueba de formación de la pulverización (atomización) y “ronquido “de la aguja.**
  - Cerrar el aislador del manómetro.
  - Conectamos la cámara de la pulverización.
  - Abrimos lentamente la válvula de control y accionamos la palanca hasta que se accione la tobera.
  - La tobera ronca y atomiza mientras la palanca está en la bajada y se escucha un zumbido.

*Figura 73: Prueba de formación de la pulverización.*



*Tabla 6 : Pulverización de aguja:*

Pulverización de aguja			
Inyector	Caudal (Q) de la válvula abierta.	Presión	Estado
Orificio	8	115	Bueno
Teton	10	120	Bueno

Fuente: (PROPIA, s.f.)

- **Pulverización típica de una tobera de orificios múltiples**
  - Bueno
  - Rechazar- atomización
  - Rechazar- orificio de pulverización obstruido

## - Prueba de presión en la inyección

- Sujetar el inyector en la sujeción rápida del banco.
- Abrir la válvula de control para el paso del combustible y visualizar la presión del manómetro.
- Realizamos el accionamiento de la palanca manual hasta alcanzar la presión de apertura del inyector.
- En este tipo de inyectores de orificios se debe calibrar a 170 bar y en inyectores de tetón a 120 bar, con una tolerancia 5 bares.
- La calibración en este tipo de inyector de orificio se calibra por medio del tornillo de ajuste y el inyector de tetón por lajas de ajuste.

**Tabla 7: Prueba de inyección.**

<b>Prueba de inyección</b>		
<b>Inyector</b>	<b>Caudal (Q) de la válvula abierta.</b>	<b>Presión (bares)</b>
Orificio	8	150
Teton	10	120

Fuente: (PROPIA, s.f.)

## **CONCLUSIONES**

Mediante la investigación podemos concluir que se pudo obtener correctamente la información en páginas web, libros digitales, biblioteca universitaria y manual técnico del comprobador Hartidge Nozzle Testmaster HH601 que nos ayudó al entendimiento de conceptos importantes y saber el funcionamiento y despiece del comprobador.

Concluimos que el trabajo de restauración del comprobador se pudo realizar con éxito, con el desmontaje completo, limpieza, compra de piezas faltantes y montaje de cada uno de los elementos ya que son piezas que funcionan a presiones muy grandes, debemos realizar el cambio de componentes de buena calidad y una limpieza profunda.

Se verifico el correcto funcionamiento del comprobador mediante las pruebas que realiza el mismo, con inyectores de orificios y de tetón y así estando seguros que el comprobador haya quedado listo para usarlo sin problemas.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar el manual de uso del comprobador para realizar tanto una restauración, desarmado o manejo del mismo.

Usar protecciones y accesorios de seguridad ya que se usa combustible y las pulverizaciones de un inyector puede perforar la piel humana, se debe tener precaución.

Mantenga las manos fuera de la pulverización de combustible especialmente con referente a los inyectores. El aceite de pruebas que penetre en el torrente sanguíneo puede ocasionar un desenlace fatal.

Utilizar herramienta adecuada ya que el comprobador es de precisión y de presiones y al dañar una cañería representaría un valor alto.

## REFERENCIA BICLIOGRAFICA

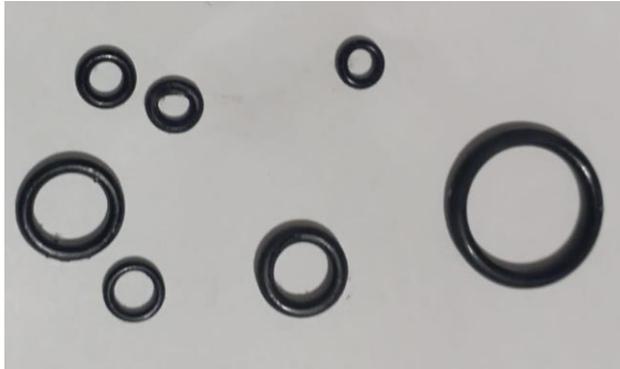
- SALINAS CARVAJAL, D. A., & VILLAVICENCIO RAMOS , J. D. (18 de Diciembre de 2013). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7217/1/T-ESPEL-MAI-0439.pdf>
- Andes, I. S. (31 de agosto de 2011). *slideshare*. Obtenido de [https://pt.slideshare.net/Luis\\_Reveco/inyectores-9084573/17](https://pt.slideshare.net/Luis_Reveco/inyectores-9084573/17)
- ARELLANO CABRERA , H. J., & FALCONI TORO , D. V. (18 de Noviembre de 2015). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE* . Obtenido de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/4045/1/65T00157.pdf>
- ASSOCIATES, W. S. (12 de Octubre de 1988). Obtenido de pag-30: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PDABI020.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDABI020.pdf)
- Automoviles, B. d. (25 de 11 de 2021). *Blog de Automoviles*. Obtenido de Blog de Automoviles: <https://blogdeautomoviles.com/portainyectores-e-inyectores/>
- Bosch. (18 de 12 de 2021). *Caracteristicas de las toberas*. Obtenido de Caracteristicas de las toberas: [https://senatielectronica.files.wordpress.com/2018/03/catalogo\\_toberas\\_2015.pdf](https://senatielectronica.files.wordpress.com/2018/03/catalogo_toberas_2015.pdf)
- BOSCH. (19 de 12 de 2021). *CATALOGO DE TOBERAS*. Obtenido de <https://fdocuments.ec/reader/full/catalogo-toberas>
- Camacho Pérez, J. d. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES A DIESEL*. CHIAPAS: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ.
- Cárdenas Almena, M. D. (2016). *Estudio de las emisiones de motores diésel de automoción en condiciones de funcionamiento transitorias al usar biodiesel*. Ciudad Real : Universidad de castilla.
- Carrasco Palomeque, J. J. (2011). *Para conocer el nivel de combustible que presenta el depósito*. . CUENCA: Univrsidad del Azuay.
- Castaño, C. (20 de 12 de 2021). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Chech9201/camara-de-combustion>
- CHOMPIPAT, P. (10 de 12 de 2021). *ALAMY*. Obtenido de ALAMY: <https://www.alamy.es/estructura-del-inyector-electronico-diesel-common-rail-en-la-ilustracion-se-explican-las-piezas-del-interior-del-inyector-electronico-de-gasoleo-common-rail-image426794857.html>
- como funciona*. (29 de 12 de 2021). Obtenido de como funciona: <https://como-funciona.co/una-inyeccion-de-combustible-sistema/>
- Divassón, F. B. (25 de 11 de 2021). *TDI*. Obtenido de TDI: <http://www.fbelectronica.com/Infosistemas/Sistemas%20Diesel/Inyector%20Bomba.html>
- documents, E. (25 de 11 de 2021). *Ecuador documents*. Obtenido de Ecuador documents: <https://fdocuments.ec/document/motor-a-diesel.html>

- Donado, I. A. (10 de 12 de 2021). *AUTOSOPORTE*. Obtenido de AUTOSOPORTE:  
<https://autosoporte.com/cursoautomotriz/tipos-de-inyectores-en-sistema-diesel-common-rail/>
- Flores, Y. S. (17 de 12 de 2021). *Scribd* . Obtenido de Scribd:  
<https://es.scribd.com/presentation/134050507/Inyectores-y-Toberas>
- HH601., H. N. (19 de Septiembre de 2021). *Hartridge Nozzle Testmaster*. Obtenido de  
[https://pdfgoal.com/downloads/hartridge\\_nozzle\\_testmaster\\_operation\\_manual\\_and\\_parts\\_manua](https://pdfgoal.com/downloads/hartridge_nozzle_testmaster_operation_manual_and_parts_manua)
- Hispano., v. (23 de 12 de 2021). *thecomMINity* . Obtenido de  
<https://www.thecomminity.com/foro/8889-motores-ecologicos.html>
- Jimmy's, Q. (26 de 11 de 2021). *Edoc*. Obtenido de Edoc: <https://qdoc.tips/guia-inyectores-diesel-pdf-free.html>
- LASCANO LÓPEZ , D. F., & MONTACHANA TENORIO, J. C. (11 de Junio de 2011).  
*ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO* . Obtenido de EXTENSIÓN LATACUNGA:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3803/1/T-ESPEL-0826.pdf>
- LAUNCH. (9 de may de 2022). *launch*. Obtenido de  
<http://launchparaguay.com/index.php/producto/limpia-inyectores-launch/>
- LIMITED, F. M. (1983). FUEL INJECTION EQUIPMENT. En FORD, *FUEL INJECTION EQUIPMENT* (pág. 56). England:  
[https://www.kdtrading.no/file/nedlastinger/deleboker/ford/ford-2720\\_fuel\\_injection\\_equipment.pdf](https://www.kdtrading.no/file/nedlastinger/deleboker/ford/ford-2720_fuel_injection_equipment.pdf). Obtenido de  
[https://www.kdtrading.no/file/nedlastinger/deleboker/ford/ford-2720\\_fuel\\_injection\\_equipment.pdf](https://www.kdtrading.no/file/nedlastinger/deleboker/ford/ford-2720_fuel_injection_equipment.pdf)
- Nozzle, H. (15 de SEPTIEMBRE de 2021). *Hartridge Nozzle* . Obtenido de Hartridge Nozzle :  
<https://www.gracesguide.co.uk/images/7/74/Im1964Buck-LHartridge.jpg>
- Padilla, C. (12 de 12 de 2021). *SLIDESHARE*. Obtenido de SLIDESHARE:  
<https://es.slideshare.net/celinpadilla/common-rail-inyectores>
- PROPIA, A. (16 de MAY de 2022). CUENCA, AZUAY, ECUADOR.
- REYNASA. (15 de 11 de 2021). *REYNASA*. Obtenido de REYNASA:  
<https://www.reynasa.es/partes-y-funcionamiento-de-los-inyectores-diesel/>
- SENA. (06 de 01 de 2022). *TRANSPORTE*. Obtenido de SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE:  
[https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5032/Transporte\\_Funcionamiento\\_d\\_el\\_motor\\_Diesel.PDF?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5032/Transporte_Funcionamiento_d_el_motor_Diesel.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- Talleres\_admin. (17 de 12 de 2021). *Talleres Cuenca*. Obtenido de Talleres Cuenca:  
<https://tallerescuenca.com/inyectores-piezoelectricos/>
- test, l. a. (2006). *comprobador de toberas testmaster*. testmaster.
- testequipment. (15 de jun de 2022). *merlin*. Obtenido de  
<https://www.merlindiesel.com/product/hartridge-test-master/>

- Tools, C. R. (10 de jun de 2022). *CRDI-calibrador*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/CRDI-Injection-nozzle-calibration-manual-diesel-1866141587.html>
- Torocahua, R. (28 de aug de 2014). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/237961932/TIPOS-DE-INYECTORES-ppt>
- Uni, J. A. (8 de enero de 2022). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jimpalomares/prueba-de-inyectores>
- YEPES, V., & MARTÍ, J. (2017). Máquinas, cables y grúas empleados en la construcción. En V. YEPES, & J. MARTÍ, *Máquinas, cables y grúas empleados en la construcción*. (pág. 814). VALENCIA: Editorial de la Universitat Politècnica de València.
- Zexel, B. y. (17 de 12 de 2021). *inyección diésel naval*. Obtenido de inyección diésel naval: <http://inyecciondieselnaval.blogspot.com/2013/01/los-motores-diesel-son-actualmente-algo.html>

## ANEXOS

Reemplazo de retenes viejos y juntas tóricas.



Reemplazo de cañerías de extracción de humos de la pulverización.



Tipos de Inyector de orificio y tetón para su respectiva comprobación.



Demostración de la presión de un inyector convencional a diésel.



Demostración de la pulverización de un inyector de orificios

