



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

**TEMA:**

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA LINEAL TIPO  
A DE SEIS ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A  
DIESEL COM-EMC**

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

**AUTOR:**

**MARTÍN RAMÓN MACÍAS CÓRDOVA**

**GUAYAQUIL, ENERO 2017**

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

**Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote MSc.**

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado " **ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA LINEAL TIPO A DE SEIS ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIÉSEL COM-EMC**", realizado por el estudiante: Martín Ramón Macías Córdova, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Jorge Adrián Bermeo Ayora, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Enero 2017



Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote MSc.

Director del Proyecto

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Martín Ramón Macías Córdova.

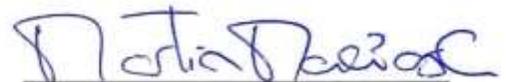
**DECLARO QUE:**

La investigación de cátedra denominada: "**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA LINEAL TIPO A DE SEIS ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIÉSEL COM-EMC**", ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

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

Guayaquil, Enero 2017



Martín Ramón Macías Córdova

CC: 1311736761

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, Martín Ramón Macías Córdova.

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: "**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA LINEAL TIPO A DE SEIS ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIÉSEL COM-EMC**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Enero 2017



Martín Ramón Macías Córdova

CC: 1311736761

## **DEDICATORIA**

Ante todo quiero darle las gracias a Dios por darme la fuerza necesaria para salir adelante con mis estudios con mis estudios y mantenerme con buena salud. Quiero darles las gracias a mis padres Eivy y Afrodita por apoyarme en todos los sentidos, gracias por su amor, su paciencia, su entrega y sus regaños. Gracias mamá por todos tus consejos, tu ejemplo ha sido mi inspiración. Gracias a mi hermano André por todo su apoyo y cariño. Esta tesis va dedicada a mi abuela Victoria, mi abuela Matilde y mi abuelito Mayorga. Los amo mucho.

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo, quisiera expresa mi agradecimiento a todo el equipo de docentes, administrativos y director por la amistad que me han brindado y por la confianza que han depositado en mí. Mis padres, Eivy y Afrodita, quienes con sus esfuerzos y preocupación me han provisto de todo lo necesario para lograr mis metas. A mi hermano y abuelita, por siempre creer en mí y por su incalculable apoyo y paciencia. Y por último y no por ello menos importante, a mis familiares y amigos. Sin su apoyo, confianza y consejos este trabajo no habría sido posible.

# ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO .....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Definición Del Problema.....	1
1.2 Ubicación Del Problema.....	1
1.3 Formulación Del Problema.....	2
1.4 Sistematización Del Problema .....	2
1.5 Objetivos De La Investigación.....	3
1.5.1 Objetivo General .....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	3
1.6 Hipótesis .....	3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Bomba De Inyección De Elementos En Línea.....	4
2.1.1 Circuito De Combustible .....	5
2.1.2 Bombas De Alimentación .....	7
2.1.2.1 Bomba De Alimentación De Simple Efecto .....	8
2.1.2.2 Bomba De Alimentación De Doble Efecto .....	10
2.1.3 Aplicaciones De Las Bombas De Inyección De Elementos En Línea .....	11
2.1.4 Bombas Lineales PE, Tipo “A” .....	13

2.1.4.1 Constitución de la bomba en línea .....	14
2.1.4.2 Funcionamiento de la regulación del caudal de combustible .....	17
2.2 Inyectores A Diésel .....	19
2.3 Bancos De Calibración.....	20
<b>CAPÍTULO III DESARROLLO DEL MANUAL DE CALIBRACIÓN PARA BOMBAS EN LÍNEA EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN COM-EMC-EMC .....</b>	
<b>23</b>	
3.1 Banco De Calibración COM - EMC .....	23
3.1.1 Partes Principales Del Banco De Calibración.....	25
3.1.2 Partes Del Sistema De Medición De La Inyección .....	26
3.1.3 Sistema Eléctrico .....	27
3.2. Posibles Pruebas De La Bomba De Inyección En El Banco De Pruebas .....	28
3.2.1 Ajuste de la bomba de inyección (comienzo de la alimentación) .....	28
3.2.2 Ajuste básico.....	29
3.2.3 Valores de ajustes de recorrido y posición del manguito (regulador adosado) .....	30
3.2.4 Ajuste del caudal a plena carga .....	30
3.2.5 Regulación del limitador final o corte de revoluciones .....	30
3.2.6 Régimen de ralentí.....	31
3.2.7 Compensación .....	31
3.3 Desarmado De La Bomba Lineal Tipo A .....	31
3.4 Montaje De La Bomba De Inyección Lineal En El Banco De Pruebas.....	33
<b>CAPÍTULO IV PRUEBAS DE LA BOMBA EN LÍNEA EN EL BANCO COM-EMC.....</b>	
<b>38</b>	
4.1 Pruebas De Calibración Bomba De Inyección Lineal En El Banco De Pruebas .....	38
4.1.1 Verificación De La Entrega Del Combustible.....	40

4.1.2 Valores De Ajuste Bomba De Inyección Con Regulador Adosado .....	43
4.1.3 Caudal De Plena Carga .....	44
4.2 Mantenimiento Del Equipo .....	44
4.2.1 Ajuste Del Inyector Del Banco De Calibración.....	45
4.2.2 Mantenimiento Del Sistema De Combustible .....	45
4.2.3 Inspección Periódica Del Inversor .....	45
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
5.1 CONCLUSIONES .....	49
5.2 RECOMENDACIONES .....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Ubicación de la UIDE, extensión Guayaquil .....	2
Figura. 2 Bomba en línea instalada en el motor .....	5
Figura. 3 Esquemas de conexión de bombas lineal .....	6
Figura. 4 Estructura interna de una bomba de alimentación .....	8
Figura. 5 Denominación de bombas de alimentación.....	8
Figura. 6 Bomba de simple efecto.....	10
Figura. 7 Bomba de doble efecto .....	11
Figura. 8 Tipos de bombas de inyección en línea .....	13
Figura. 9 Diferencias constructivas en los esquemas de la bomba en línea.....	14
Figura. 10 Sección de una bomba en línea.....	16
Figura. 11 Partes del pistón de la bomba de inyección .....	17
Figura. 12 Movimiento de la cremallera .....	18
Figura. 13 Funcionamiento para la dosificación del combustible.....	19
Figura. 14 Funcionamiento para la dosificación del combustible.....	20
Figura. 15 Banco de pruebas universal.....	22
Figura. 16 Banco de calibración COM EMC.....	24
Figura. 17 Partes del banco de calibración COM EMC .....	26
Figura. 18 Partes del sistema de medición de la inyección .....	27
Figura. 22 Partes externas del sistema eléctrico.....	28
Figura. 19 Calibración del comienzo de alimentación .....	29
Figura. 20 Ajuste de caudal de inyección.....	30
Figura. 21 Curva de caudales.....	31
Figura. 23 Bomba de inyección lavada .....	32
Figura. 24 Extracción de la bomba auxiliar y la tapa lateral.....	32
Figura. 25 Extracción de la bomba auxiliar y la tapa lateral.....	33
Figura. 26 Acoples para sujeción de la bomba al banco .....	34
Figura. 27 Acoples montados en la bomba lineal.....	34
Figura. 28 Accesorios adaptables .....	35
Figura. 29 Colocación de la bomba en el banco .....	35
Figura. 30 Conexión de cañerías de entrada y retorno y al medidor .....	36
Figura. 31 Diagrama de conexión de bombas lineales.....	36
Figura. 32 Potenciómetro de velocidad.....	37
Figura. 33 Tiempo de conteo de inyección (Strokes) .....	41
Figura. 34 Medición en las probetas luego de los 100 strokes .....	42
Figura. 35 Calibración de los cilindros descalibrados.....	42
Figura. 36 Colocación del LDA para la prueba del regulador de avance.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las bombas de inyección en línea.....	11
Tabla 2 Tabla de calibración del fabricante .....	38
Tabla 3 Tabla de mantenimiento del banco .....	47

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los bancos de calibración permiten diagnosticar los diferentes tipos de bombas de inyección que existen, entre ellos las bombas lineales. Estos bancos de pruebas permiten realizar evaluaciones previas de las condiciones de calidad de un sistema y han ido avanzando en base al considerable desarrollo tecnológico en los diferentes sistemas de inyección diesel que trabajan de manera mas eficientemente. En base a esto se ve la necesidad de realizar un manual de calibración de bombas lineal tipo A de seis elementos debido al desconocimiento de la mayoría de los técnicos automotrices acerca de nuevos equipos de diagnóstico para los sistemas de bombas de inyección lineal. Para este caso se utilizará el banco de calibración COM -EMC, el cual es adecuada para el campo automotriz para medir presiones, caudales y desgastes de elementos internos, posee relojes manométricos graduados y estrategias definidas en el equipo que facilitan el control del mismo y su aplicación en el diagnóstico de bombas de inyección lineal.

### **1.2 UBICACIÓN DEL PROBLEMA**

El tema de investigación y análisis del tema se desarrolla desde el mes de octubre del 2016 hasta el mes de enero 2017, tiempo que sirvió para presentar la propuesta y posteriormente realizar y culminar el tema de investigación.

La delimitación geográfica es en la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil en el taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, ver figura 1.



Figura. 1 Ubicación de la UIDE, extensión Guayaquil  
Fuente: Google Maps

### 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es necesario elaborar un manual de calibración de bomba lineal tipo A de seis elementos en el banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC?

### 1.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿En que beneficia el tener un manual de calibración de bomba lineal para el banco de bombas diesel COM-EMC?

2. ¿El servicio que prestan las empresas al momento de calibrar las bombas en línea poseen un manual de calibración para su correcto funcionamiento?
3. ¿El personal que labora calibrando bombas a diesel en línea tipo A está calificado para su operación?

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Objetivo General**

Elaborar un manual de calibración de bomba lineal tipo A de seis elementos en el banco COM-EMC de bombas a diésel.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Investigar acerca de las bombas de inyección lineal tipo A para obtener la información técnica para su calibración.
- Identificar cada una de las partes que posee el banco de calibración COM-EMC.
- Realizar la adaptación de las bombas de inyección lineal tipo A en el banco de calibración COM-EMC.
- Desarrollar una guía de manejo del banco de calibración para el análisis de bombas de inyección lineal tipo A.

## **1.6 HIPÓTESIS**

La hipótesis para el presente trabajo se determina de la siguiente manera:  
¿Será posible que con la elaboración de un manual para el banco de calibración

de bombas a diésel COM-EMC, podremos calibrar bombas lineales tipo A de seis elementos?

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 BOMBA DE INYECCIÓN DE ELEMENTOS EN LÍNEA**

Este tipo de bomba ideada por Robert Bosch a principios del siglo XX ha sido la más utilizada por no decir la única que funcionaba sobre todo en vehículos pesados, incluso se usó en turismos hasta la década de los 60 pero se vio sustituida por las bombas rotativas más pequeñas y más aptas para motores rápidos. Este tipo de bombas es de constitución muy robusta y de una fiabilidad mecánica contrastada, sus inconvenientes son tamaño, peso ya que están limitadas a un número de revoluciones que las hacen aptas para vehículos pesados, pero no para turismos. La bomba en línea está constituida por tantos elementos de bombeo, colocados en línea, como cilindros tenga el motor. En su conjunto incluye además de los elementos de bombeo, un regulador de velocidad que puede ser centrífugo, neumático o hidráulico; un variador de avance automático de inyección acoplado al sistema de arrastre de la bomba<sup>1</sup>, (figura 2)

---

<sup>1</sup> ESQUIUS, Juan Villalta. 2002.

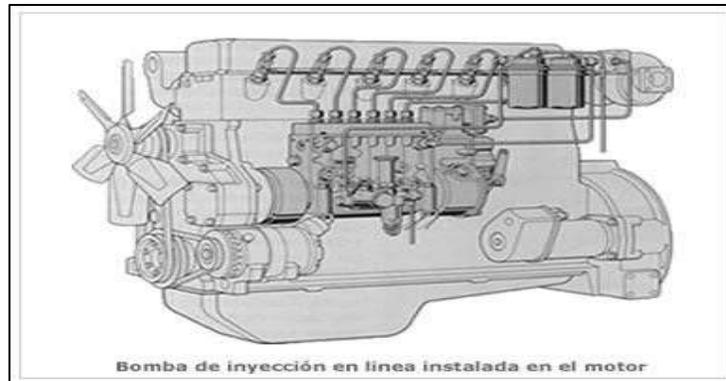


Figura. 2 Bomba en línea instalada en el motor  
Fuente: Dani Meganeboy, fecha 2007 (P-1)

### 2.1.1 Circuito De Combustible

La bomba de inyección se acompaña de un circuito de alimentación que le suministra combustible. Este circuito tiene un depósito de combustible que está compuesto de una boca de llenado, de un tamiz de tela metálica, que impide la entrada al depósito de grandes impurezas que pueda contener el combustible. El tapón de llenado va provisto de un orificio de puesta en atmósfera del depósito. Según Dani Meganeboy: La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito y lo bombea hacia la bomba de inyección a una presión conveniente, que oscila entre 1 y 2 bar. El sobrante de este combustible tiene salida a través de la válvula de descarga situada en la bomba de inyección y también puede estar en el filtro, retornando al depósito. Esta válvula de descarga controla la presión del combustible en el circuito. (Dani Meganeboy, Sistemas de inyección, 2010)

En vehículos donde la distancia y la altura del depósito con respecto a la bomba de inyección estén muy alejados, se instala una bomba de alimentación, normalmente esta bomba se encuentra acoplada a la bomba de inyección. Según las condiciones de funcionamiento del motor y de sus características constructivas, se requieren distintos sistemas de alimentación de la bomba de inyección. Si el filtro de combustible está en las proximidades inmediatas del

motor, pueden formarse burbujas de gas dentro del sistema de tuberías. Para evitar esto resulta necesario "barrer" la cámara de admisión de la bomba de inyección. Esto se consigue instalando una válvula de descarga en la cámara de admisión de la bomba de inyección.

En este sistema de tuberías, el combustible sobrante vuelve al depósito de combustible a través de la válvula de descarga y de la tubería de retorno. Si en el vacío del motor hay una temperatura ambiente elevada, puede utilizarse un circuito de alimentación como el representado en la figura 3. En este circuito el filtro de combustible va instalada una válvula de descarga a través de la cual una parte del combustible retorna al depósito del mismo durante el funcionamiento, arrastrando eventuales burbujas de gas o vapor. Las burbujas de gas que se forman en la cámara de admisión de la bomba de inyección son evacuadas por el combustible a través de la tubería de retorno. El barrido continuo de la cámara de admisión refrigera la bomba de inyección e impide que se formen burbujas de gas.

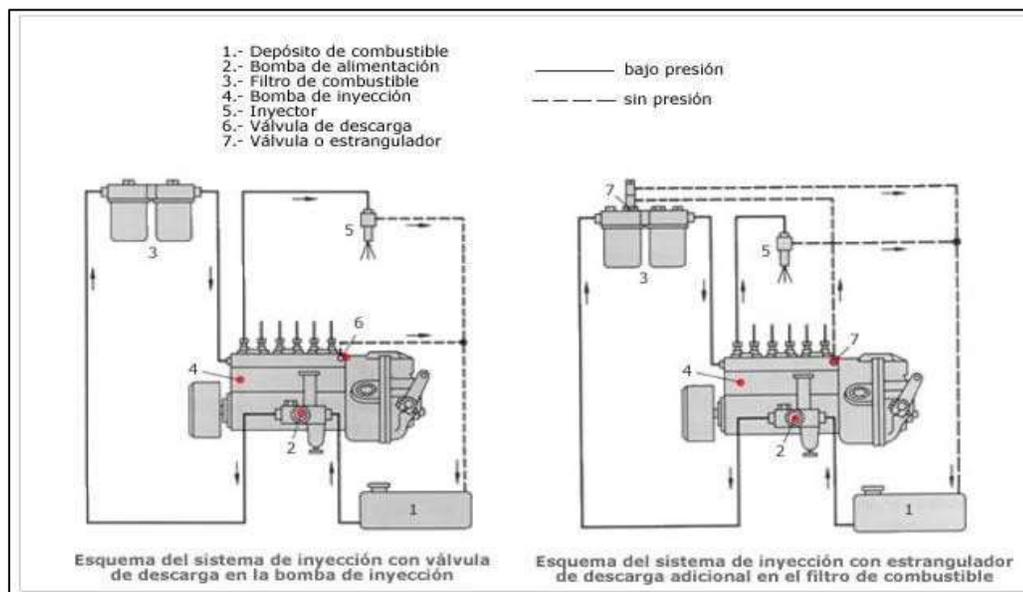


Figura. 3 Esquemas de conexión de bombas lineal  
 Fuente: ESQUIUS, Juan Villalta. 2002.

### 2.1.2 Bombas De Alimentación

Su función es aspirar combustible del depósito y suministrarlo a presión a la cámara de admisión de la bomba de inyección a través de un filtro de combustible. El combustible tiene que llegar a la cámara de admisión de la bomba de inyección con una presión aproximada de 1 bar para garantizar el llenado de la cámara de admisión. Esta presión se puede conseguir utilizando un depósito de combustible instalado por encima de la bomba de inyección (depósito de gravedad), o bien recurriendo a una bomba de alimentación. En este último caso, el depósito de combustible puede instalarse por debajo y alejado de la bomba de inyección. (Dani Meganeboy, Sistemas de inyección, 2010)

La bomba de alimentación es una bomba mecánica de émbolo fijada generalmente a la bomba de inyección. Esta bomba de alimentación es accionada por el árbol de levas de la bomba de inyección. Además, la bomba puede venir equipada con un cebador o bomba manual que sirve para llenar y purgar el lado de admisión del sistema de inyección para la puesta en servicio o tras efectuar operaciones de mantenimiento. Es la encargada de aspirar el combustible del depósito y enviarlo, a través de varios filtros, a la bomba de inyección. Son bombas aspirantes impelentes que, aspiran el gasoil del depósito a través del pre filtro y lo mandan a la bomba de inyección a través del filtro principal. La presión de alimentación debe estar comprendida entre 1 y 4 kg/cm<sup>2</sup>. Son generalmente de accionamiento (Microcaos, sistemas de alimentación en los motores diésel, 2010). Existen bombas de alimentación de simple y de doble efecto. Según el tamaño de la bomba se acoplan en la misma una o dos bombas de alimentación, (figura 4).

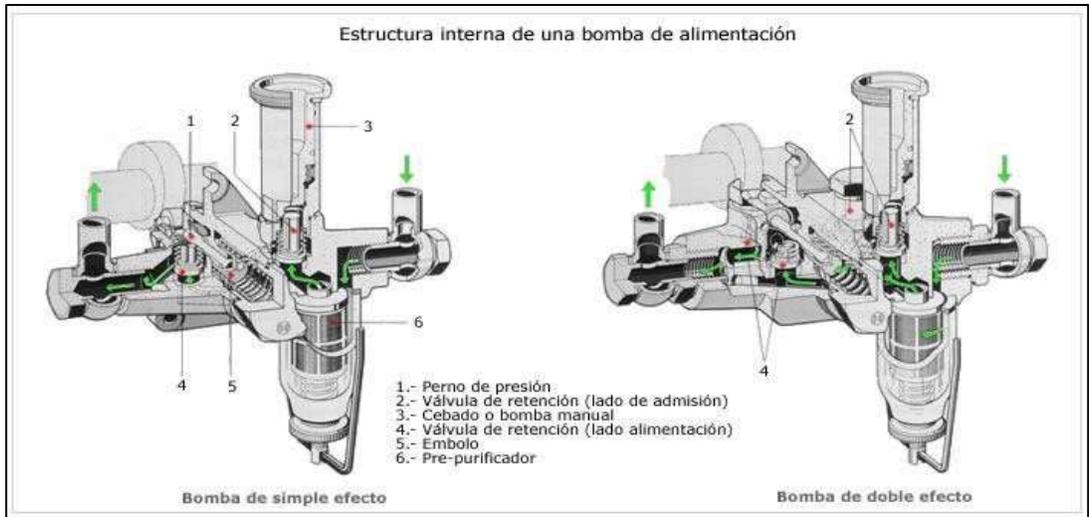


Figura. 4 Estructura interna de una bomba de alimentación  
Fuente: ESQUIUS, Juan Villalta. 2002.

A continuación, se especifica la denominación de bombas de alimentación, en la figura 5.

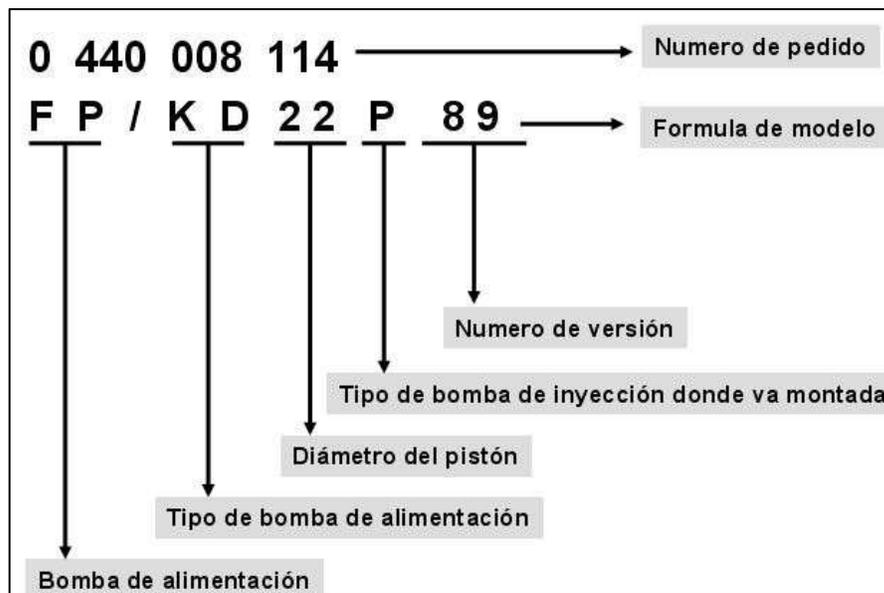


Figura. 5 Denominación de bombas de alimentación  
Fuente: Dani Meganeboy, año 2010

### 2.1.2.1 Bomba De Alimentación De Simple Efecto

Esta bomba está constituida de dos cámaras separadas por un émbolo móvil. El émbolo es empujado por una leva excéntrica a través del impulsor de rodillo y un perno de presión. Durante la carrera intermedia, el combustible se introduce en la cámara de presión a través de la válvula de retención instalada en lado de alimentación. Durante la carrera de admisión y alimentación, el combustible es impulsado desde la cámara de presión hacia la bomba de inyección por el émbolo que retrocede por efecto de la fuerza del muelle. Al mismo tiempo, la bomba de alimentación aspira también combustible desde el depósito del mismo, haciéndolo pasar por un pre-purificador y por la válvula de retención del lado de admisión. Cuando la excéntrica desaparece, el pistón, se desplaza hacia abajo por la acción del resorte. La cámara aumenta y hay aspiración en el depósito. En la cámara el gasoil es impulsado hacia la bomba de inyección. Cuando la excéntrica hace contacto, eleva el pistón por medio del vástago. La cámara disminuye, la válvula de aspiración se cierra, la válvula de impulsión se abre, y el gas-oil es trasvasado a la cámara situada debajo del pistón.

Si la presión en la tubería de alimentación sobrepasa un determinado valor, la fuerza del muelle del émbolo deja de ser suficiente para que se realice una carrera de trabajo completa. Con esto se reduce el caudal de alimentación, pudiendo llegar a hacerse cero si la presión sigue aumentando. De este modo, la bomba de alimentación protege el filtro de combustible contra presiones excesivas, (figura 6).

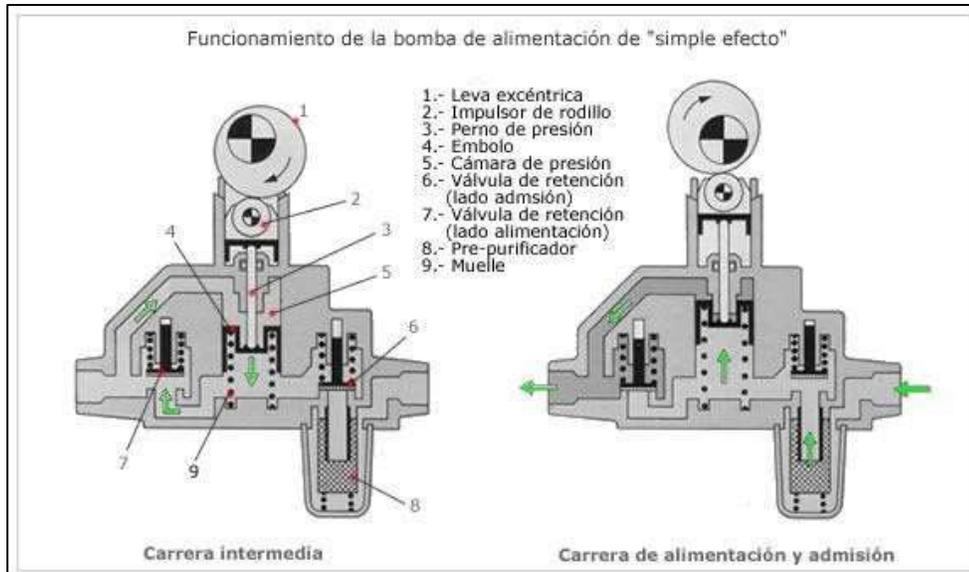


Figura. 6 Bomba de simple efecto  
 Fuente: ESQUIUS, Juan Villalta. 2002.

### 2.1.2.2 Bomba De Alimentación De Doble Efecto

La bomba de alimentación de doble efecto no tiene dos cámaras diferenciadas, sino que utiliza las dos carreras del émbolo para impulsar el combustible, Esto lo consigue mediante dos válvulas paralelas y de efecto inverso en cada una de las cámaras que forma el émbolo. Durante la carrera ascendente, provocada por la fuerza del muelle, el combustible es impulsado desde la cámara superior hacia la bomba de inyección. Al mismo tiempo, se aspira combustible desde el depósito en la cámara inferior haciéndolo pasar por la válvula de admisión. Mientras crece el volumen en la cámara de aspiración en la cámara de impulsión decrece. En la carrera descendente del pistón se invierten las funciones. (Bosch, Bombas de alimentación de combustible, 2010)

Esta bomba cuenta con dos válvulas de retención adicionales que convierten la cámara de admisión y la cámara de presión de la bomba de alimentación de simple efecto, en una cámara de admisión y de presión combinadas, es decir al mismo tiempo que hace la admisión, hace también la

alimentación. La bomba no realiza carrera intermedia. A cada carrera de la bomba de alimentación de doble efecto, el combustible es aspirado a una cámara, siendo impulsado simultáneamente desde la otra cámara hacia la bomba de inyección. Por lo tanto, cada carrera es al mismo tiempo de alimentación y de admisión. Al contrario de lo que ocurre en la bomba de simple efecto, el caudal de alimentación nunca puede hacerse cero. Por lo tanto, en la tubería de impulsión o en el filtro de combustible tiene que preverse una válvula de descarga a través de la cual pueda retornar el depósito el exceso de combustible bombeado, (figura 7).

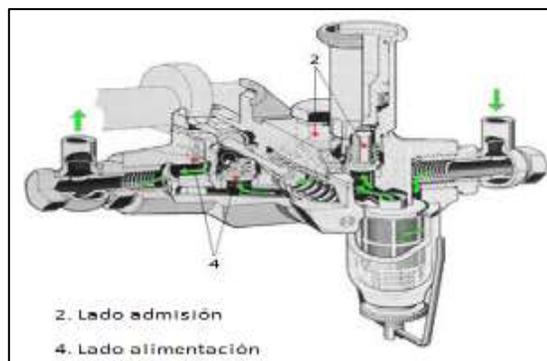


Figura. 7 Bomba de doble efecto  
Fuente: ESQUIUS, Juan Villalta. 2002

### 2.1.3 Aplicaciones De Las Bombas De Inyección De Elementos En Línea

Estas bombas se pueden utilizar en motores con potencias que van desde 10 kW/cil, hasta 200 kW/cil, esto es posible gracias a la extensa gama de modelos de bombas de inyección en línea. Estas bombas se utilizan sobre todo en motores Diésel instalados en camiones y autobuses. Pero también se utiliza en turismos, tractores y máquinas agrícolas, así como en la maquinaria de construcción, por ejemplo: en excavadoras, niveladoras y dumpers, (tabla 1).

Tabla 1 Clasificación de las bombas de inyección en línea

<b>Características:</b>	<b>Tipos:</b>
-------------------------	---------------

	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>MW</b>	<b>P3000</b>	<b>P7100</b>
<b>Presión de inyección (bar)</b>	550	750	1100	950	1300
<b>Aplicación</b>	Turismos y vehículos de transporte		Camiones ligeros y medianos, tractores, motores industriales		Camiones de gran tonelaje, motores industriales
<b>Potencia por cilindro (kW/cilindro)</b>	20	27	36	60	160

Fuente: El autor

Otro campo de aplicación de las bombas de inyección en línea es en los motores navales y en grupos electrógenos. Bosch es el principal constructor de bombas de inyección en línea y las denomina: PE. Existen bombas de distintos tamaños que se adaptan a la potencia del motor que van alimentar. Los tipos de bombas se reúnen en series cuyos rendimientos se solapan en los máximos y mínimos. Dentro de las bombas de inyección en línea PE existen dos construcciones distintas. Por un lado, tenemos las denominadas "M" y "A" y por el otro las "MW" y "P".



Figura. 8 Tipos de bombas de inyección en línea  
Fuente: Bosch, año 2009, (P-6)

#### 2.1.4 Bombas Lineales PE, Tipo "A"

En la configuración de la bomba "A", el cilindro de bomba es aplicado desde arriba directamente en el cuerpo o carcasa de aluminio, siendo presionado con el racor de impulsión contra el cuerpo de la bomba por la porta válvula de presión. Las presiones que se generan dentro de la bomba son muy superiores a las presiones de alimentación, siendo absorbidas estas presiones por el cuerpo de la bomba. Debido a lo anterior, las presiones máximas están limitadas a 400 bares en las bombas del tipo "M" y a 600 bares en las bombas del tipo "A". En la bomba del tipo "A", el tornillo para el ajuste de la carrera previa se encuentra entre el impulsor de rodillo y el platillo de muelle. Va enroscado en el impulsor de rodillo, y se fija con una contratuerca. Sobre el casquillo de regulación se encuentra el segmento dentado con el que se ajusta el caudal de combustible a inyectar por la bomba. Con esta configuración de bomba, las operaciones de ajuste y reglaje de la

bomba solo pueden realizarse con la bomba parada y su cuerpo abierto. Para ello la bomba dispone de una tapa de la cámara del muelle.

La bomba del tipo "P" se distingue de la "A" principalmente por el elemento de brida. El elemento de brida es una pieza que se interpone entre la generación de presión y la carcasa de la bomba, por lo que se evita que la carcasa este sometida a las presiones de inyección. El cilindro de la bomba es una pieza independiente y el racor de impulsión no se apoya en la carcasa de la bomba, sino que esta enroscado en el elemento de brida. Con esta configuración de bomba se consiguen unas mayores presiones de inyección, se pueden alcanzar presiones máximas de hasta 750 bares. Entre el cuerpo y el elemento de brida se encuentra una arandela compensadora, con la que se ajusta la carrera previa. En esta bomba de inyección el émbolo está unido al impulsor de rodillo a través del platillo de muelle inferior. El casquillo de regulación tiene un brazo con rótula, que es accionada por la varilla de regulación. Debido a que esta bomba está cerrada, el ajuste del accionamiento por parte de la leva puede hacerse desde el exterior, girando el casquillo de regulación o el elemento de brida.

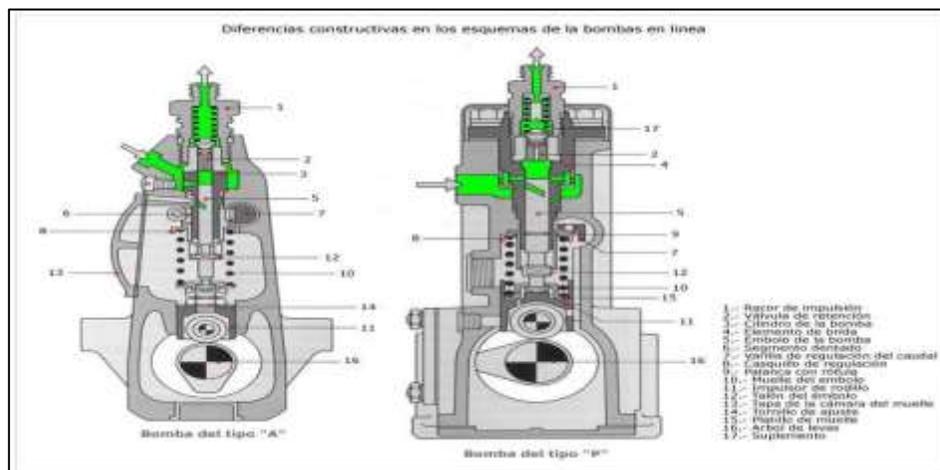


Figura. 9 Diferencias constructivas en los esquemas de la bomba en línea  
Fuente: Bosch, año 2009, (P-6)

### 2.1.4.1 Constitución de la bomba en línea

La bomba de inyección en línea a carrera constante, cuya sección se encuentra, que dispone de un cárter o cuerpo, de aleación de aluminio silicio, que

aloja en su parte inferior o cárter inferior, al árbol de levas, que tiene tantas levas como cilindros el motor. En un lateral del cárter inferior de bomba, se fija la bomba de alimentación, que recibe movimiento del mismo árbol de levas de la bomba de inyección, por medio de una excéntrica labrada en él. Cada una de las levas acciona un empujador o taqué, que, por medio de un rodillo, se aplica contra la leva, obligado por el muelle. El empujador, a su vez da movimiento al émbolo, que se desliza en el interior del cilindro, que comunica por medio de unos orificios laterales llamados lumbreras, con la canalización, a la que llega el gasóleo procedente de la bomba de alimentación. Además del movimiento de subida y bajada del pistón, este puede girar un cierto ángulo sobre su eje vertical, ya que la parte inferior tiene un saliente, que encaja con el manguito cilíndrico, que a su vez rodea el cilindro y que, en su parte superior, lleva adosada la corona dentada, que engrana con la barra cremallera.

El movimiento de esta barra cremallera hace girar a la corona dentada, quien comunica su giro al pistón, por medio del manguito cilíndrico y el saliente de la parte inferior del pistón. La parte superior del cilindro, está cerrada por la válvula, llamada de retención o respiración, que se mantiene aplicada contra su asiento, por la acción del muelle. Cuando la leva presenta su saliente al empujador, este, a su vez, acciona el pistón, haciéndole subir, con lo cual, quedan tapadas las lumbreras del cilindro que lo comunican con la canalización, a la que llega el combustible. En estas condiciones, el gasóleo encerrado en el cilindro, es comprimido por el pistón, alcanzándose una determinada presión en el cilindro, que provoca la apertura de la válvula, venciendo la acción del muelle, en cuyo momento sale por ella el gasóleo hacia el inyector del cilindro correspondiente, a través de la canalización.

Cuando ha pasado el saliente de la leva, el impulsor baja por la acción del muelle, haciendo bajar a su vez el émbolo, que vuelve a ocupar la posición

representada en la figura, permitiendo el llenado del cilindro con nuevo combustible, a través de sus aberturas laterales. La válvula, mientras tanto, ha bajado cortando la comunicación del cilindro y la válvula es empujada por el muelle. La bomba de inyección tiene tantos elementos de bombeo como cilindros el motor. Cada elemento de bombeo, está constituido por un cilindro y un pistón. Cada cilindro, a su vez, está en comunicación con la tubería de admisión, por medio de las lumbreras y con el conducto de salida por el inyector, por medio de una válvula que es mantenida sobre su asiento por medio de un muelle.

El pistón se ajusta en el cilindro con una precisión del orden de varias micras y tiene una forma peculiar. En su parte inferior el pistón tiene un rebaje circular que comunica con la cara superior del pistón, por medio de una rampa helicoidal y una ranura vertical. En la parte inferior, el pistón lleva un dedo de mando o saliente, que, en caja en la escotadura de un manguito cilíndrico, sobre el que se fija la corona dentada, que engrana con la cremallera, (figura 10).

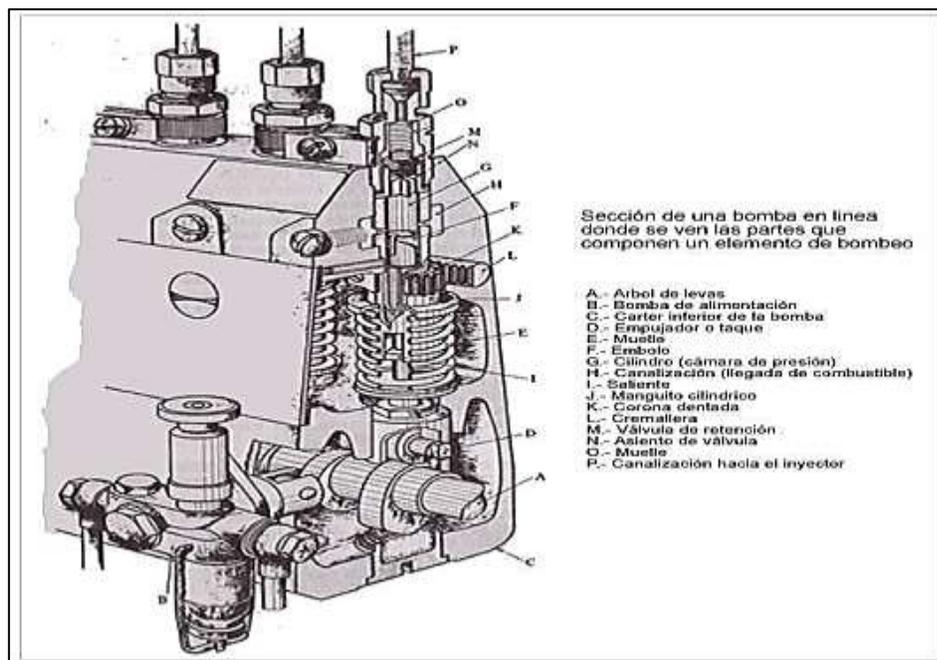


Figura. 10 Sección de una bomba en línea

Fuente: RITTER, Ernst. 2001. Manual Bosch

El movimiento de la cremallera, puede hacer girar el pistón un cierto ángulo sobre su eje vertical. En ciertos tipos de bombas, la cremallera es reemplazada

por una barra corredera, que lleva unas escotaduras en las que encaja el dedo de mando que forma el pistón en su parte inferior, (figura 11).

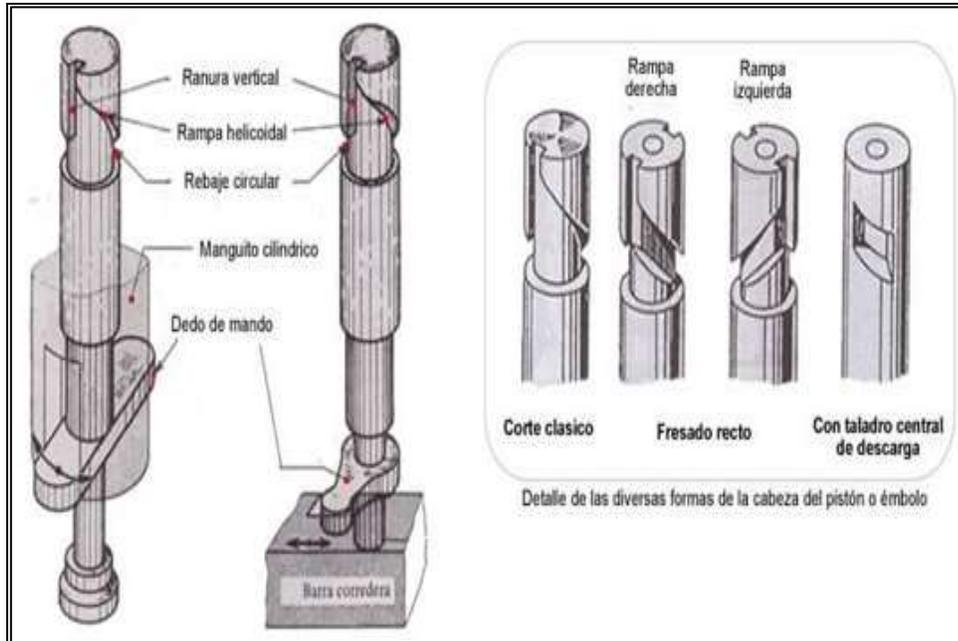


Figura. 11 Partes del pistón de la bomba de inyección  
Fuente: RITTER, Ernst. 2001. Manual Bosch

#### 2.1.4.2 Funcionamiento de la regulación del caudal de combustible

La cantidad de diésel inyectado, depende, por tanto, de la longitud de la carrera efectuada por el pistón, desde el cierre de la lumbrera de admisión, hasta la puesta en comunicación de esta con el cilindro, por medio de la rampa helicoidal, (figura 12).

Moviendo la cremallera en uno u otro sentido, pueden conseguirse carreras de inyección más o menos largas que corresponden:

- Inyección nula
- Inyección parcial
- Inyección máxima

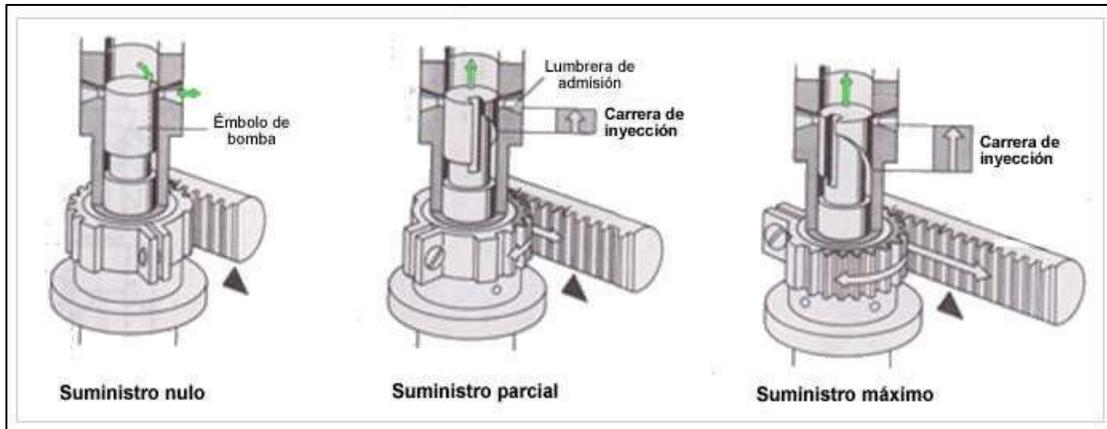


Figura. 12 Movimiento de la cremallera  
 Fuente: RITTER, Ernst. 2001. Manual Bosch

El cierre de la válvula de readmisión, debido a la acción conjunta de su muelle y de la presión existente en el conducto de salida, mantiene en esta canalización una cierta presión, llamada residual, que permite en el siguiente ciclo una subida de presión más rápida y un funcionamiento mejor del inyector.

En el motor de gasolina, las variaciones de régimen y de potencia, se obtienen modificando la cantidad de mezcla (aire/gasolina) que entra en el cilindro. En el motor Diésel, estas variaciones se obtienen actuando únicamente sobre la cantidad de gasóleo inyectado en el cilindro, es decir, modificando la duración de la inyección.

El fin de la inyección depende de la posición de la rampa helicoidal con respecto a la lumbrera de admisión. Esta posición puede ser modificada haciendo girar el pistón sobre su eje vertical, por medio de una cremallera que engrana sobre la corona dentada fijada sobre el casquillo cilíndrico, que a su vez mueve al pistón. La cremallera es movida por el pedal del acelerador, o automáticamente por medio de un regulador, y da movimiento simultáneamente a todos los elementos de inyección de la bomba, (figura 13).

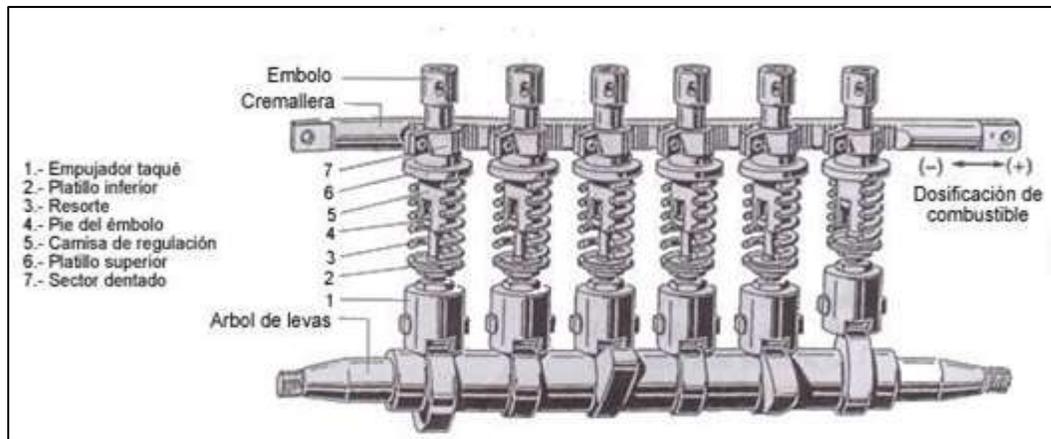


Figura. 13 Funcionamiento para la dosificación del combustible  
Fuente: RITTER, Ernst. 2001. Manual Bosch

## 2.2 INYECTORES A DIÉSEL

La misión del inyector es introducir el combustible alimentado a alta presión por la bomba de inyección a la cámara de combustión del motor. El inyector consta de cuerpo y aguja. Ambos están ensamblados con una precisión de ajuste del orden de 2 a 4 micrómetros y solo deben utilizarse como unidad completa.

El conjunto inyector/porta inyector va montado en la culata del motor. El porta inyector sirve para fijar el inyector en la culata, y para estanqueizarlo frente a la cámara de combustión. El tubo de alimentación desemboca en el porta inyector. Este tiene, además, una conexión para la fuga de combustible.

Se distinguen dos tipos de inyectores:

- Inyectores de orificios para motores de inyección directa.
- Inyectores de tetón para motores con pre cámara de combustión y cámara de turbulencia.

Dentro de estos dos tipos de inyectores existe, sin embargo, diversidad de variantes previstas para los diferentes tipos de motores, (figura 14).

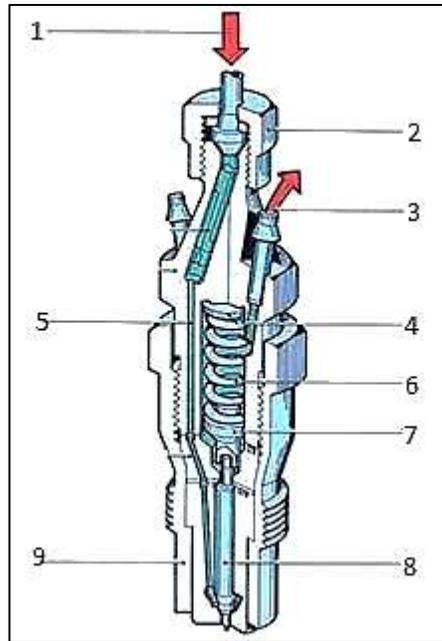


Figura. 14 Funcionamiento para la dosificación del combustible  
 Fuente: Dani Meganeboy, fecha 2007 (P-1)

Partes:

- 1.- Entrada de combustible;
- 2.- Tuerca de racor para tubería de alimentación;
- 3.- Conexión para combustible de retorno;
- 4.- Arandelas de ajuste de presión;
- 5.- Canal de alimentación;
- 6.- Muelle;
- 7.- Perno de presión;
- 8.- Aguja del inyector;
- 9.- Tuerca de fijación del porta inyector a la culata del motor

## 2.3 BANCOS DE CALIBRACIÓN

Un banco de pruebas como concepto es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías. El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular en forma aislada. Puede ser implementado como un entorno de pruebas, pero no necesariamente con el propósito de verificar seguridad.

Los bancos de calibración a diésel para bombas de inyección, incorporan dispositivos electrónicos los cuales reciben señales de información necesarias para su correcto funcionamiento. Existen ciertas exigencias <sup>2</sup>que estos bancos deben cumplir, los cuales se detalla a continuación en la figura 15:

1. Prueba y depuración sobre la cantidad de suministro de diésel y la uniformidad de cada cilindro de la bomba de inyección.
2. Comprueba el espaciamiento del suministro de diésel de cada cilindro y el punto de partida del suministro de aceite en estado estático.
3. Comprueba y ajuste el funcionamiento del regulador de velocidad mecánico.
4. La inspección de sellado del cuerpo de la bomba.
5. La prueba de la válvula solenoide de la bomba de distribución.
6. La prueba de diésel de retorno de la bomba de distribución.
7. Mede la presión interior de la bomba de distribución.
8. Verifica los reguladores de capacidad de vacío.

---

<sup>2</sup> <http://www.directindustry.es/>

9.Comprueba la presión del compensador.

10.Controla la bomba de suministro de combustible.

11.Controla el dispositivo del contador de tiempo del avance.

12.Usuario puede cambiar la temperatura.



Figura. 15 Banco de pruebas universal  
Fuente: Nanyang NanTai Experimental Equipment Co.,Ltd.

## CAPÍTULO III

# DESARROLLO DEL MANUAL DE CALIBRACIÓN PARA BOMBAS EN LÍNEA EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN COM-EMC

### 3.1 BANCO DE CALIBRACIÓN COM - EMC

El banco COM-EMC posee un regulador controlado de velocidad y frecuencia para las probar bombas de inyección diésel. Este posee una computadora que controla todos los parámetros en tiempo real. En el ordenador se muestra, parámetros como: la temperatura, conteos de strokes en los inyectores del banco, la velocidad de rotación, presión de aire y variación de avance, etc. Existen bancos de varias potencias de trabajo que van desde 5.5 KW hasta 15 KW, en el caso de estudio el banco de calibración es de 15 KW<sup>3</sup>, (figura 16).



---

<sup>3</sup> TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO. Manual de instrucciones, 2013.

Figura. 16 Banco de calibración COM EMC

Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

La velocidad de rotación, el conteo, la temperatura, la presión de aire y el ángulo de avance se miden y controlan mediante computadoras en tiempo real y luego se muestran con un LCD de 15 ". Tener las funciones de protección contra sobretensión, sobrecarga y cortocircuito, etc.

Entre las principales características se indican:

- Cambio de frecuencia cambiando la velocidad de rotación, baja caída de la velocidad de rotación y alto par de salida.
- Sistema de operación del DOS o sistema de control del modo de los dígitos;
- Diez clases de velocidades de rotación que pre ajustan.
- Los datos pueden ser buscados, impresos (opciones).
- Temperatura constante controlada.
- Recurso de aire incorporado.
- Las funciones de sobretensión, sobrecarga y protección de cortocircuito.
- Posición de funcionamiento: lado arbitrario de los dos lados del trabajo del soporte de prueba.
- Alta precisión de la medida, ruido ultra bajo.

Entre las principales funciones se indican:

- Medición de la entrega de cada cilindro a varias velocidades de rotación.
- Verificación del tiempo de inyección de cada cilindro con estado estático.
- Comprobación de los reguladores de velocidad mecánicos.
- Comprobación de la válvula electromagnética de las bombas distribuidoras.
- Comprobación del rendimiento de presión positiva de los reguladores de velocidad neumáticos.
- Medición del suministro de reflujo de las bombas distribuidoras.

- Medición de la presión interna del cuerpo de la bomba distribuidora.
- Verificación del recorrido del bastidor.
- Medición del ángulo de avance.
- Comprobación del sellado del cuerpo de la bomba de inyección de combustible.

### 3.1.1 Partes Principales Del Banco De Calibración

El banco es una estructura (figura 17), que posee barras rectangulares fabricadas de acero. El encargado de mover o impulsar a la bomba de inyección es un motor de 20HP, el cual impulsa directamente la bomba descrita por medio de un acoplamiento flexible. Los elementos que forman parte del banco de calibración son los siguientes: 1) Inyector estándar; 2) Verificador de aceite de la colección; 3) Caja de aceite de la colección; 4) Cilindro graduado; 5) Acoplamiento flexible; 6) Disco Graduado; 7) Motor eléctrico principal; 8) Soporte para motor eléctrico principal; 9) Inversor; 10) Carcasa superior de la máquina; 11) Mesa de trabajo; 12) Dispositivo de elevación y caída; 13) Monitor; 14) Panel frontal; 15) Puerta hidráulica; 16) Radiador; 17) Tanque de aceite; 18) Tablero de conmutación

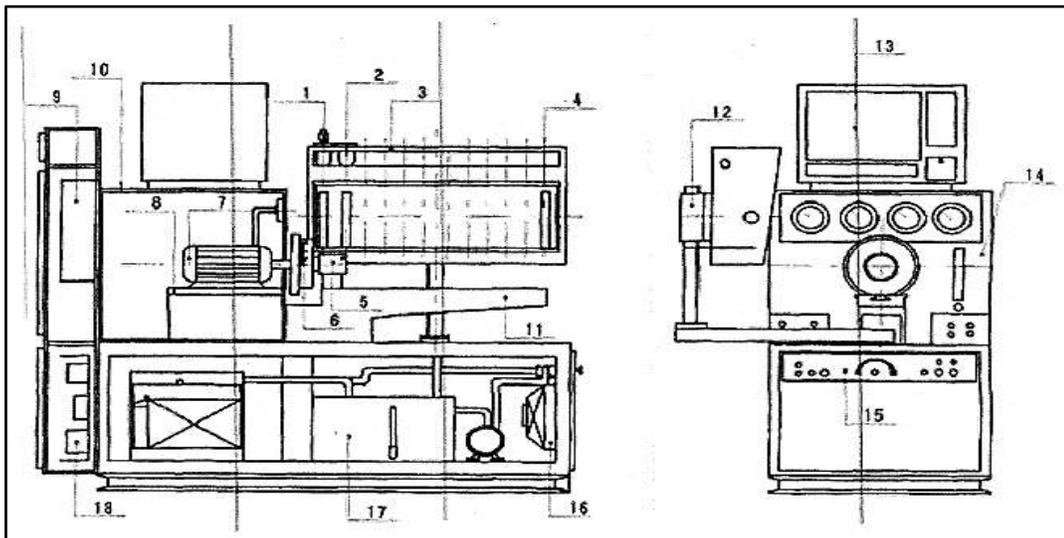


Figura. 17 Partes del banco de calibración COM EMC  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

### 3.1.2 Partes Del Sistema De Medición De La Inyección

Este sistema sirve para medir la entrega de cada cilindro de la bomba de inyección (figura 18). Posee un brazo giratorio que soporte a todo el sistema de probetas y de medición. Además, puede girar hasta 180° junto con el cuerpo base. Para adaptar diferentes tipos de bombas se puede levantar o soltar la caja, para adaptar varios tipos de bombas.

Las probetas se insertan en ambos lados de los clips o sujetadores. Los grandes en un lado y los pequeños en el otro. Los elementos<sup>4</sup> se muestran en la figura 17 y son los siguientes: 1) Brazo giratorio; 2) Caja cuerpo; 3) Clips para probetas; 4) Probetas; 5) Placa para bloquear aceite; 6) Acero electromagnético; 7) Tornillo pasador roscado con tuerca; 8) Pilar; 9) Inyectores estándar.

---

<sup>4</sup> [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

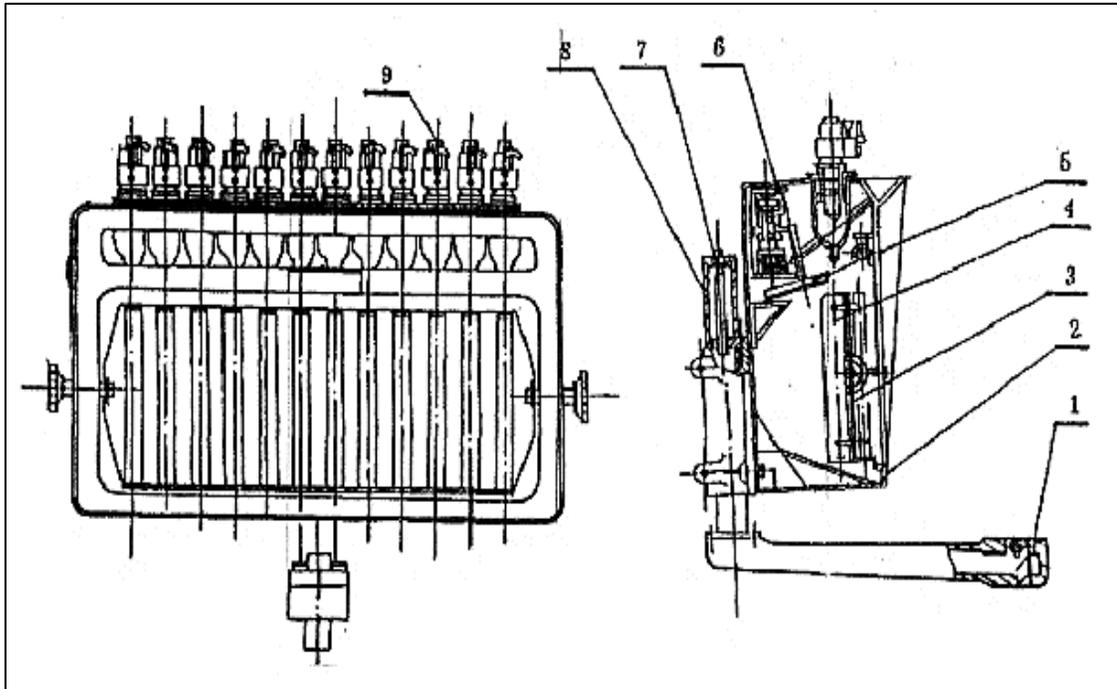


Figura. 18 Partes del sistema de medición de la inyección  
 Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

### 3.1.3 Sistema Eléctrico

Dentro del sistema eléctrico del banco COM- EMC se posee las siguientes partes: 1) Manómetro de alta presión: 0-4MPa; 2) Medidor de presión de aire: -0,1-0,5 MPa; 3) Manómetro interno para las bombas de VE: 0-1.6MPa; 4) Medidor de presión baja: 0-0.4MPa; 5) Caudalímetro; 6) Unión de retorno para el soporte de prueba; 7) Unión para el medidor de flujo; 8) Unión para manómetro 0-1,6MPa; 9) Unión para la bomba VE; 10) Unión de suministro para puestos de prueba; 11) Unión de recorrido del estante, (figura 19).

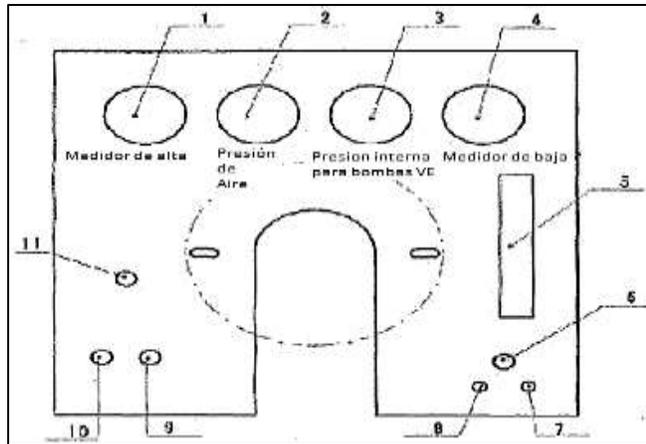


Figura. 19 Partes externas del sistema eléctrico  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

## 3.2. Posibles Pruebas De La Bomba De Inyección En El Banco De Pruebas

### 3.2.1 Ajuste de la bomba de inyección (comienzo de la alimentación)

Las pruebas de bombas de inyección se dividen en tres partes:

- Valores de ajuste de inyección
- Valores de ajuste del regulador
- Valores de ajuste de la bomba de inyección con regulador adosado (caudales)

Los ajustes de las bombas se dividen en dos partes:

- Comienzo de alimentación
- Ajustes básicos

**Comienzo de alimentación.** Este valor define la posición de inyección sobre el perfil de la leva, este desfase nos permite saber esta posición en los otros cilindros y el ajuste del indicador de puesta a punto<sup>5</sup>, (figura 20).

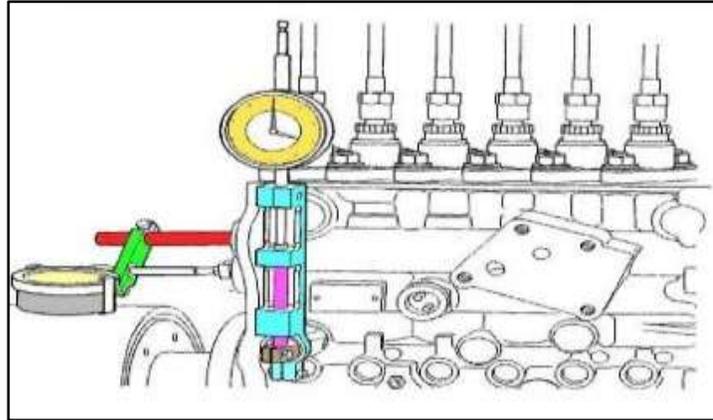


Figura. 20 Calibración del comienzo de alimentación  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

### 3.2.2 Ajuste básico

En este ajuste se debe controlar el caudal que se va a suministrar la bomba de inyección con el recorrido que debe seguir la cremallera indicado en la tabla de pruebas. Con esta prueba podemos verificar el estado de los elementos internos de bombeo y el estado geométrico de las levas, realizando el ajuste del caudal medio y la dispersión (diferencia entre los cilindros) bajo condiciones de caudal a plena carga, (figura 21).

---

<sup>5</sup> [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

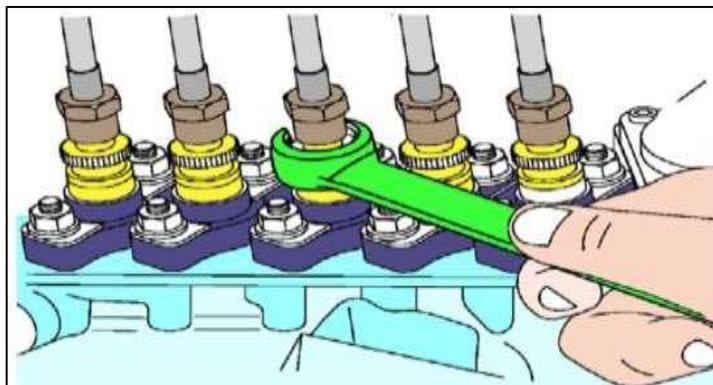


Figura. 21 Ajuste de caudal de inyección  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

### **3.2.3 Valores de ajustes de recorrido y posición del manguito (regulador adosado)**

En la prueba de carrera de manguito podemos verificar el desplazamiento de los contra pesos que se encuentran en función de régimen del motor, así se puede ajustar los muelles del regulador que están insertados los contrapesos. La posición del manguito se puede controlar la posición de los contrapesos y la varilla de regulación.

### **3.2.4 Ajuste del caudal a plena carga**

Este ajuste se realiza con el apartado de caudal a plena carga, ajustado los reguladores que es el tornillo de tope de la palanca de mando, esto define el desplazamiento máximo que recorre la varilla de regulación.

### **3.2.5 Regulación del limitador final o corte de revoluciones**

Se conoce como el corte de revoluciones, elimina el caudal que proporciona la inyección progresiva cuando sobrepasa cierto número de revoluciones.

### 3.2.6 Régimen de ralentí

Mediante esta prueba se verifica el trabajo del regulador con la palanca de mando en posición de ralentí, en donde se fija el tornillo de tope de la palanca de mando.

### 3.2.7 Compensación

También llamada asimilación es la adaptación del caudal inyectado a la curva del par motor, es decir en el momento que se transforma la máxima cantidad de energía química proporcionada por la combustión del combustible debe coincidir con la máxima cantidad de combustible inyectado, (figura 22).

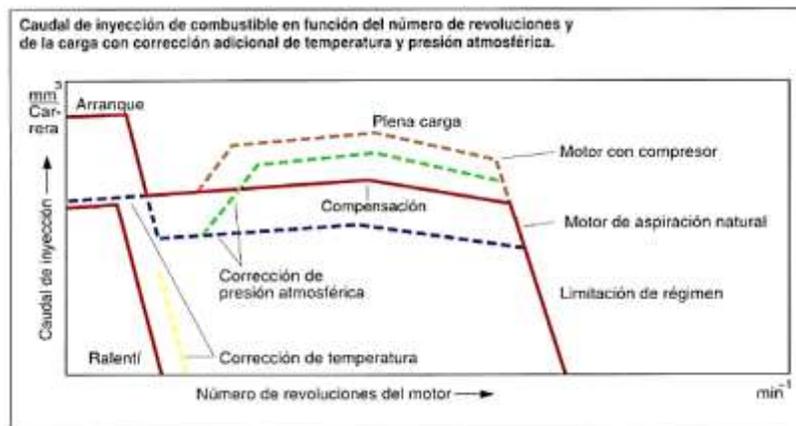


Figura. 22 Curva de caudales  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

## 3.3 DESARMADO DE LA BOMBA LINEAL TIPO A

Para poder realizar las pruebas de calibración a la bomba de inyección lineal tipo A de Nissan 175 Turbo Alta, tenemos que dejar escurrir el aceite, una vez que ya no haya aceite en el interior de la bomba procedemos a lavar toda la

bomba de inyección para que no quede ningún residuo de aceite ni lodo, ya que esto podría ocasionar daños al banco de pruebas.

La limpieza de la bomba la debemos realizar con diésel para poder eliminar todo el aceite y lodo. Por ultimo sopleteamos la bomba para eliminar cualquier residuo de diésel que haya quedado en la bomba, (figura 23).



Figura. 23 Bomba de inyección lavada

Fuente: El autor

Una vez que la bomba se encuentra limpia se procede al desarmado de la bomba de alimentación para poder sacar la tapa lateral y tener espacio libre para proceder a calibrar la bomba en el banco, (figura 24).



Figura. 24 Extracción de la bomba auxiliar y la tapa lateral.

Fuente: El autor

A esta bomba hay que sacar la tapa del regulador, sacar el diafragma (LDA)<sup>6</sup> del turbo y la tapa lateral para poder colocar al banco. Quedando tal como se muestra en la figura 25. Ahí entra al banco para hacer la prueba de cómo están los elementos, la prueba de pre- stroke y luego hacemos la prueba básica que es

---

<sup>6</sup> LDA( Válvula de sobrealimentación para el turbo)

a 1000rpm a 10 mm de cremallera, nos debe dar 7 ml en la probeta en cada cilindro, es decir se regula el caudal.



Figura. 25 Extracción de la bomba auxiliar y la tapa lateral.  
Fuente: El autor

Esta bomba es una S6A85C321RS2000PN234 es la descripción de la bomba en donde se da el número de cilindros, el giro y el tipo de válvula:

- PES= Bomba tipo P
- 6A = Bomba de 6 cilindros y tipo a
- 85C = Diámetro del elemento o cilindro
- 321 = Tipo de válvula
- RS = Sentido de giro derecho

### **3.4 MONTAJE DE LA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL EN EL BANCO DE PRUEBAS**

Aquí se monta el acople del banco para la bomba lineal. Colocamos la base para el banco de pruebas y el acople en el eje de mando de la bomba y montamos al banco, fijamos con los soportes del banco, (figura 26).



Figura. 26 Acoples para sujeción de la bomba al banco  
Fuente: El autor

En la figura 27, se visualiza el armado de los acoples en la bomba lineal, la cual es de un diámetro interno del eje de 17mm.

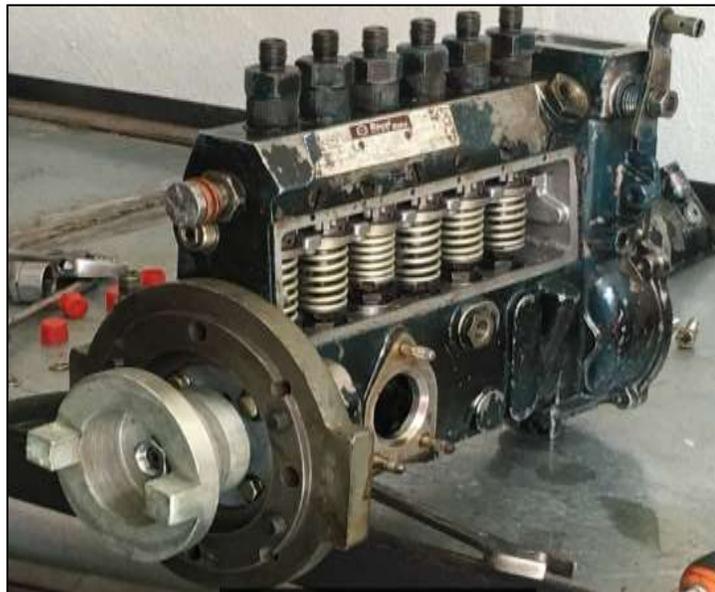


Figura. 27 Acoples montados en la bomba lineal  
Fuente: El autor

Una vez que la bomba se encuentra con sus acoples se debe montar la misma al banco de calibración. Para esto hay que tener en cuenta que hay que atornillar el perno de conexión a la base de sujeción, figura 28.



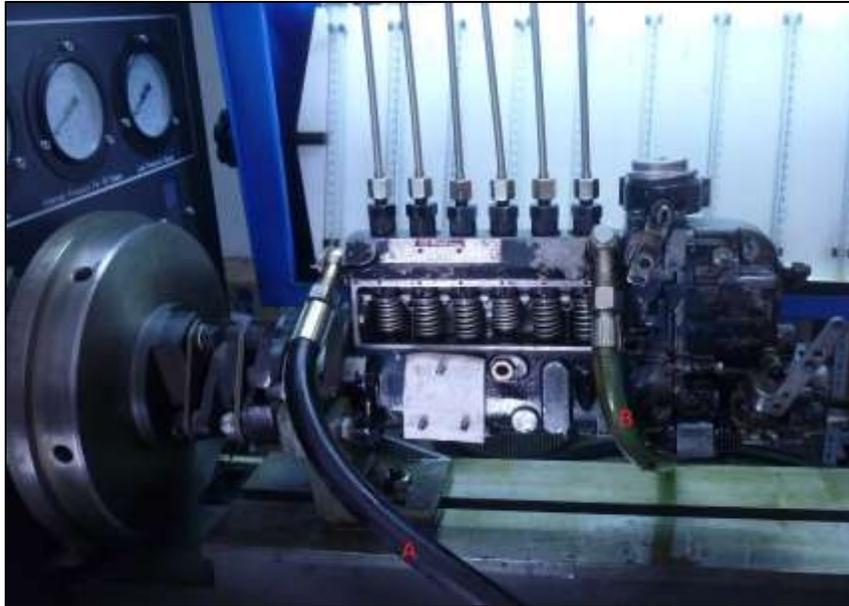
Figura. 28 Accesorios adaptables  
Fuente: El autor

Luego de esto se coloca la bomba en el banco de calibración por medio de los acoples al dumper o volante, (figura 29).



Figura. 29 Colocación de la bomba en el banco  
Fuente: El autor

Conectamos las cañerías de entrada y retorno de combustible y el medidor de transferencia y ajustamos las cañerías, (figura 30 y 31).



A) Entrada de combustible; B) Retorno de combustible

Figura. 30 Conexión de cañerías de entrada y retorno y al medidor  
Fuente: El autor

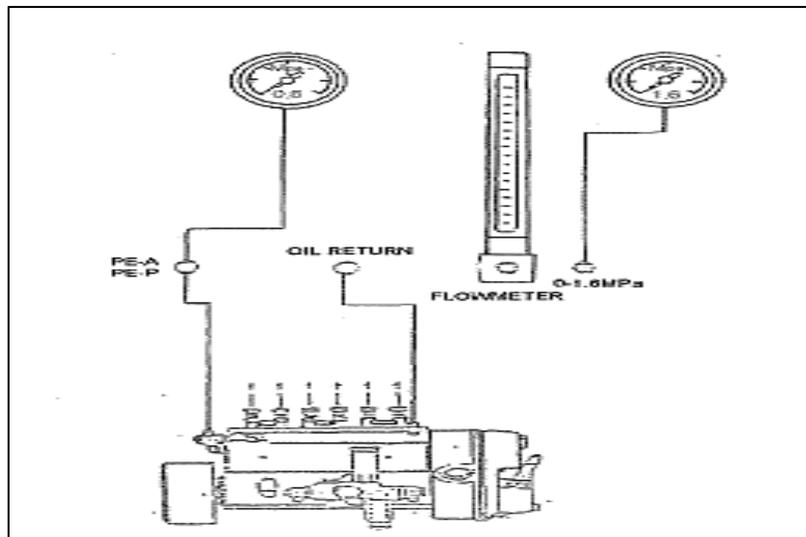


Figura. 31 Diagrama de conexión de bombas lineales  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

En modo digital elija cualquiera de los diez tipos de rotación de velocidad, la velocidad preestablecida anterior se muestra en la ventana de velocidad y, a

continuación, haga clic en el botón <FWD> ya que la bomba es de sentido de lado derecho, figura 32.



Figura. 32 Potenciómetro de velocidad  
Fuente: El autor

En modo manual hacer clic en el botón <L>, arrancara el motor principal dependiendo del giro del potenciómetro de velocidad. Si lo gira en el sentido de las agujas del reloj, el valor de velocidad aumentará gradualmente o el valor de velocidad disminuirá gradualmente.

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS DE LA BOMBA EN LÍNEA EN EL BANCO COM- EMC

#### 4.1 PRUEBAS DE CALIBRACIÓN BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL EN EL BANCO DE PRUEBAS

Las calibraciones<sup>7</sup> se lo harán de acuerdo a las tablas de calibraciones especificada por el fabricante. Y se deberá seguir la secuencia del orden de calibraciones tal como se especifica:

- a) Ajuste previo de combustible de referencia a plena carga
- b) Ajuste de la presión interna de la bomba
- c) Ajuste del combustible a plena carga
- d) Ajuste de la palanca a máxima velocidad
- e) Verificación de la entrega de combustible
- f) Ajuste de la palanca a baja velocidad

En el caso de estudio se comprobará la verificación de la entrega del combustible. Para esto debemos tener los valores de las pruebas del fabricante que se visualiza en la tabla 2.

Tabla 2 Tabla de calibración del fabricante

Número del conjunto ZEXEL	1671-9580
Tipo del motor	ED6
Nombre del Fabricante	NISSAN DIESEL
Fecha de edición	17 – octubre - 2016

<sup>7</sup> TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO. Manual de instrucciones, 2013.

### 1.- Condiciones del ajuste

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Máx.	Valores reales
Aceite de prueba		ISO4113orSAEJ967d			
	1404Test oil				
Temp. de aceite	deagC	40	40	45	
Bocal		105780-8140			
Código inyector BOSCH		NP-DN12SD12T			
Presión cámara	PSI	12			
Dirección rotación		R (izquierda)			
Orden de inyección		1-4-2-6-3-5			

### 2.- Especificaciones de ajuste

#### 2.1.- Entrega de plena carga

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Posición Estructura	mm	11.65			
Velocidad de la bomba	r/min	1600	1600	1600	
Cantidad de inyección	mm <sup>3</sup> /st	79.3	77.3	81.3	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Posición Estructura	mm	11.5			
Velocidad de la bomba	r/min	1000	1000	1000	
Cantidad de inyección	mm <sup>3</sup> /st	78	76.4	78.8	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Posición Estructura	mm	11.5			
Velocidad de la bomba	r/min	650	650	650	
Cantidad de inyección	mm <sup>3</sup> /st	70	68	73	

## 2.2 Inactivo (Ralenti)

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Posición estructura	Mm	6.8			
Velocidad de la bomba	r/min	275	650	650	
Cantidad de inyección	mm <sup>3</sup> /st	10	8.5	11.5	

## 2.3 Inicio (Arranque)

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Posición Estructura	Mm	17.5			
Velocidad de la bomba	r/min	100	275	275	
Cantidad de inyección	mm <sup>3</sup> /st	10	8.5	12	

Fuente: El autor

### 4.1.1 Verificación De La Entrega Del Combustible

El ajuste básico de la bomba se deja para el final por comodidad. Con el ajuste básico se adapta el caudal que debe suministrar la bomba de inyección al recorrido de la cremallera indicado en la tabla de pruebas. Por último, se ajusta el máximo caudal y se comprueba la curva de caudales.

Con estas pruebas se verifica el comportamiento hidráulico de la bomba de inyección, es decir, el estado de los elementos de bombeo y la correcta geometría del árbol de levas.

Esto se consigue ajustando el caudal medio y la diferencia entre cilindros (dispersión) bajo las condiciones prescritas para “caudal de plena carga en tope de plena carga”, y comparando después el comportamiento en otras condiciones de servicio, esto es, el ralenti, el caudal de arranque y otros que puedan venir en el dato de prueba.

Para esto se ajusta la velocidad a 800 RPM, en este momento ajustar el recuento de pulverización de combustible a 100 (según la tabla del fabricante) ver figura 33. Haga clic en el botón <Inicio> en la imagen principal, el sistema comienza a contar desde 0 y el botón <Inicio> se activa. Al mismo tiempo, el combustible rociado en cada cilindro cae en los cilindros correspondientes. Al hacer clic en el botón <Pausa>, el sistema deja de contar y la placa de combustible de bloque empieza a bloquear el mismo. Volver a pulsar el botón <Inicio>.

Cuando el recuento es de hasta el valor de ajuste 200, el sistema detiene automáticamente el recuento y corta la medición de combustible. Mientras tanto, el volumen de diésel en el cilindro es el volumen de entrega de cada cilindro a la velocidad de rotación en la definición de los tiempos de rociado ( círculo rojo)



Figura. 33 Tiempo de conteo de inyección (Strokes)  
Fuente: [www.com-rail.com](http://www.com-rail.com)

Si la medición en las probetas no da 7 ml en todos los cilindros se debe regular el caudal. Para esto se debe regular el caudal del cilindro que se encuentre incorrecto, (figura 34 y 35).



Figura. 34 Medición en las probetas luego de los 100 strokes  
Fuente: El autor



Figura. 35 Calibración de los cilindros descalibrados  
Fuente: El autor

Una vez regulado el valor del caudal del cilindro defectuoso se comprueba nuevamente con otra prueba de conteo de strokes para verificar el caudal por cilindro. Tener en cuenta que hay que dividir los 360 grados que posee en tambor

o dumper para el número de cilindros y así saber cada cuántos grados debe inyectar el banco. En el caso de estudio es una bomba de seis cilindros, por lo que inyectará cada 60 grados.

También se puede realizar diferentes tipos de pruebas que dependiendo de la tabla de calibración indicada en la tabla 2 se podrían realizar.

#### 4.1.2 Valores De Ajuste Bomba De Inyección Con Regulador Adosado

Una vez ajustada la bomba de inyección, se comprueba el correcto funcionamiento del regulador, empezando por verificar el trabajo de los contrapesos. En la prueba de carrera de manguito podemos ver el desplazamiento de los contrapesos en función de un número de revoluciones, con ello se puede ajustar la pretensión de los muelles del regulador que están insertados en los contrapesos.

Con la posición del manguito comprobamos la geometría y posicionamiento de las articulaciones entre los contrapesos y la varilla de regulación. Esta comprobación se realiza después de montar la tapa del regulador y verificando simultáneamente la posición de la palanca de mando, (figura 36).



Figura. 36 Colocación del LDA para la prueba del regulador de avance  
Fuente: El autor

### **4.1.3 Caudal De Plena Carga**

Con el apartado de caudal de plena carga se ajusta en los reguladores del tipo tornillo de tope de la palanca de mando. En este tipo de reguladores el tope define el recorrido máximo de la varilla de regulación (cremallera). La realización de este ajuste puede flexibilizarse en cuanto al orden, dentro del ajuste completo del grupo, y en función de la disposición y número de componentes que lleve montados el regulador en cuestión.

En este caso como el regulador lleva montado un corrector de humos (LDA) horizontal en la parte trasera de la tapa con desconexión de caudal de arranque, se deberá proceder como sigue:

1. Cuando se monta la tapa del regulador, el LDA debe estar montado en su alojamiento, pero sin fijar.
2. Una vez montada la tapa del regulador se fije el LDA
3. Se libera el tope máximo que hace el corrector de humos permitiendo mayor recorrido a la cremallera.
4. Se ajusta el tornillo de tope de la palanca de mando según los valores prescritos más un recorrido adicional de 0.2 mm.
5. Verificar que la posición angular de la palanca de mando corresponde a la indicada en la prueba del corte de revoluciones.

## **4.2 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

El mantenimiento que se requiere para el banco no es tan riguroso. Sin embargo, se prevé de un mantenimiento de tipo preventivo, en los sistemas mecánicos e hidráulicos, para garantizar las correctas calibraciones de la bomba inyectora.

#### **4.2.1 Ajuste Del Inyector Del Banco De Calibración**

Para garantizar la precisión de la prueba del soporte de prueba, calibre los inyectores estándar utilizando el probador de inyectores y compruebe la presión de apertura / cierre. La presión estándar es  $17.5 + 0.2\text{MPa}$ .

#### **4.2.2 Mantenimiento Del Sistema De Combustible**

- El diésel de prueba debe ser reemplazado después de haber probado 500 bombas o trabajado 800 horas.
- Limpie el filtro.
- No girar el volante de la válvula de presión de ajuste fuera de su límite para no dañarlo.

#### **4.2.3 Inspección Periódica Del Inversor**

Apagar siempre la fuente de alimentación antes de comenzar la inspección y, a continuación, esperar al menos un minuto antes de comenzar la inspección, asegurarse de no tocar los terminales inmediatamente después de apagar la alimentación. No cambiar el programa sin autorización.

El mantenimiento que se requiere para el banco no es tan riguroso. Sin embargo, se prevé de un mantenimiento de tipo preventivo, en los sistemas mecánicos e hidráulicos, para garantizar las correctas calibraciones de la bomba inyectora.

- Después de cada práctica del banco se debe limpiar todas las partículas de polvo y aceite depositadas en la bandeja, realizar la carga de la batería interna del sistema electrónico.
- Comprobar habitualmente el ajuste de cañerías, pernos de las bases para evitar vibraciones y fugas.
- Revisar semestralmente todos los sistemas del banco, comprobar la calibración de los inyectores y funcionamiento de la bomba inyectora.

En la siguiente tabla 3 se resume las intervenciones de mantenimiento periódico y preventivo indispensables para el funcionamiento del banco universal en condiciones recomendables.

Se describe sintéticamente después de cuantas horas de trabajo tiene que efectuarse el tipo de intervención aconsejada.

Antes de efectuar las tareas de mantenimiento tener las siguientes precauciones:

- El banco esté desconectado de las fuentes de alimentación.
- El circuito hidráulico debe estar totalmente descargados totalmente sin presión.
- Tener precaución de los sensores electrónicos al momento de realizar las tareas de mantenimiento.

La tabla de mantenimiento se visualiza en la tabla 3, en la cual se detalla por horas la operación a realizar.

Tabla 3 Tabla de mantenimiento del banco

<b>PERIODO HORAS</b>	<b>OPERACIÓN A REALIZAR</b>
<b>10 horas</b>	Limpieza de partículas de polvo y aceites
<b>250 horas</b>	Cambio de aceite de pruebas
	Cambio de filtro de aceite
	Limpieza de separador de agua
	Tensado de la banda
	Control de las abrazaderas metálicas
<b>500 horas</b>	Cambio de aceite de pruebas
	Cambio de filtro de aceite
	Limpieza de separador de agua
	Engrase de chumaceras
	Cambio de batería interna
	Comprobación de la bomba eléctrica
<b>1000 horas</b>	Cambio de aceite de pruebas
	Cambio de filtro de aceite
	Limpieza de separador de agua
	Tensado de la banda
	Control de abrazaderas metálicas
	Cambio de filtro de la bomba eléctrica
	<b>2000 horas</b>
Cambio de filtro de aceite	
Limpieza de separador de agua	
Cambio de bandas	
Control de abrazaderas metálicas	

Fuente: El autor

- Actividades de cada 250 horas realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas
- Actividades de cada 500 horas realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas y 250 horas
- Actividades de cada 1000 horas realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas, 250 horas, 500 horas, 1000 horas.
- Actividades de cada 2000horas realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas, 250 horas, 500 horas, 1000 horas, 2000horas.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que la calibración de las bombas de inyección es un trabajo que debe ser realizado por personal especializado en el manejo del banco de pruebas y bombas de inyección para de esta manera lograr óptimos resultados.
- Con la adecuada calibración de las bombas de inyección se logra evitar el consumo excesivo de combustible; se aumenta la vida útil del motor y se contribuye a la preservación del medio ambiente.
- Antes de montar las bombas de inyección en el banco de pruebas se debe drenar el aceite que está en la cámara de la bomba de inyección para conservar en buenas condiciones el banco de pruebas.
- Se concluye que el diagnóstico que arroje el banco de pruebas permitirá actuar de manera acertada y precisa sobre los elementos defectuosos de la bomba de inyección y lograr un correcto funcionamiento de la misma.
- Se concluye que para medir el caudal que va a enviar la bomba se debe tener la tabla de calibración, y que se debe encerrar siempre la bomba de inyección antes de realizar cualquier prueba.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Recomendamos a las personas que estarán a cargo del manejo del banco de pruebas, indiquen a los estudiantes los parámetros de seguridad antes de manipular en banco, ya que es un equipo muy costoso y muy peligroso para las personas que la estén manejando.
- Cuando se repare una bomba de inyección esta debe estar limpia de impurezas de lodo y aceite para poder manipular sus partes y no contaminar sus elementos internos ya que se puede causar ralladuras a los elementos.
- Al desarmar una bomba de inyección lineal no se debe cambiar el orden en que desarmamos los elementos de cada cilindro ya que puede variar sus calibraciones excepto cuando todos sus elementos sean nuevos.
- Para obtener una correcta calibración y un buen funcionamiento de las bombas de inyección se debe calibrar con las tablas que indique su fabricante de acuerdo al modelo y tipo de bombas de inyección.
- Implementar el laboratorio a diésel adquiriendo el reloj de comprobación para medir el recorrido de la cremallera, un banco de inyectores y las herramientas adecuadas para desarmar y armar bombas de inyección.

## BIBLIOGRAFÍA

**DEMPSEY P. (2000)** “Motores Diésel Localización y Reparación de Averías”, primera edición, España.

**ESQUIUS, Juan Villalta. 2002.** Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor.

**JUAN VILLALTA ESQUIUS.** *Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor.* Perú: Ediciones Ceac, 2002, pág. 28.

**IMPERIAL, Juan Miralles de. 2002.** *Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor.* Perú: Ediciones Ceac, 2002.

**JENSEN Cecil, SHORT Dennis, HELSEL Jay (2003),** Dibujo y Diseño en Ingeniería, Sexta edición, Mc Graw Hill, México.

**MOTT, Roberth. 2006.** *Diseño de elementos de máquinas.* México: Pearson, 2006.

**REUTER, Dr. Ing. Uwe. 1999.** *Técnica de Inyección Diésel como visión de conjunto.* Alemania: Robert Bosch GmbH, 1999.

**RITTER, Ernst. 2001.** *Reguladores para bombas de inyección diésel en línea.* Alemania: Robert Bosch GmbH, 2001.

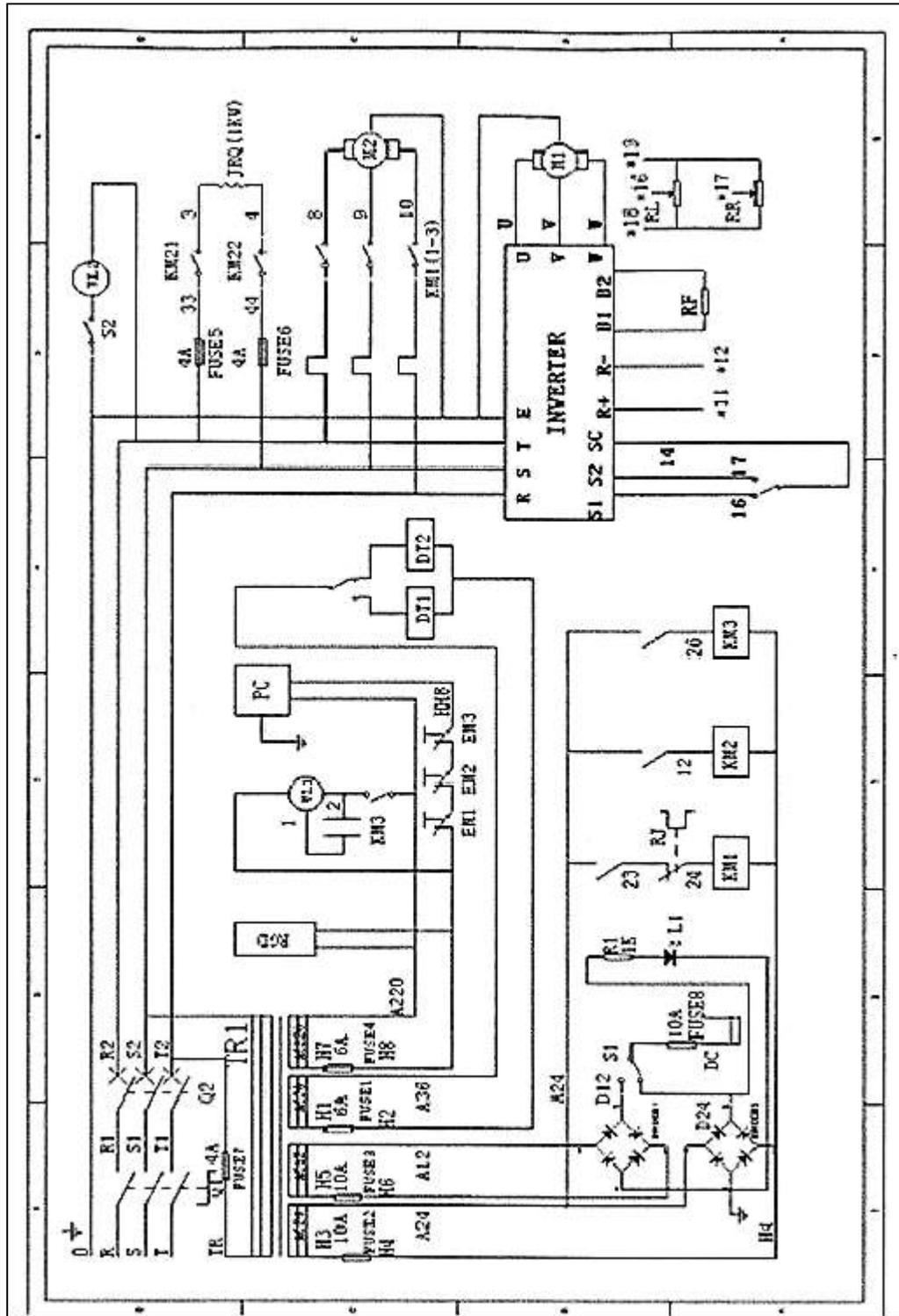
**TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO.** Manual de instrucciones, 2013.

**VICENTE, Miguel de Castro. 2013.** *El motor diésel en el automóvil.* Perú: Ediciones Ceac, 2013.

**ZEXEL CORPORATION (1999),** “Manual de servicio bombas de inyección”, Japón

## **ANEXOS**

Anexo 1. Diagrama Eléctrico Principal del Banco de Calibración



## Anexo 2. Diagrama De Conexión De Los Contactores

