

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

“IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA BOMBAS DE INYECCIÓN LINEALES DE TIPO
MECÁNICA Y SENTIDO DE GIRO HORARIO”

Edison Patricio Guacollante Guañuna
Daniel Ernesto Maya Torres
Omar Rafael Plaza Villarroel

Director: Ing. José Andrés Castillo

2010
Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Edison Patricio Guacollante Guañuna, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Sr. Edison Guacollante Guañuna
CI: 171584435-1

Yo, José Andrés Castillo Reyes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Edison Patricio Guacollante Guañuna, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Director Técnico de Trabajo de Grado
Ing. José Andrés Castillo
Director

CERTIFICACIÓN

Yo, Daniel Ernesto Maya Torres, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Sr. Daniel Maya Torres
CI: 171564557-6

Yo, José Andrés Castillo Reyes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Daniel Ernesto Maya Torres, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Director Técnico de Trabajo de Grado
Ing. José Andrés Castillo
Director

CERTIFICACIÓN

Yo, Omar Rafael Plaza Villarroel, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Sr. Omar Plaza Villarroel
CI: 171611485-3

Yo, José Andrés Castillo Reyes, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Omar Rafael Plaza Villarroel, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Director Técnico de Trabajo de Grado
Ing. José Andrés Castillo
Director

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su comprensión y apoyo mutuo, los que siempre estuvieron para guiarme sobre el camino de la educación y así poder dar una alegría, después de tanto sacrificio.

A mi esposa y a mi hija por ser unas personas muy comprensivas durante los años que le dedique a este trabajo de tesis.

Gracias a Dios por permitirme llegar a este momento tan importante de mi vida y lograr así una meta más en mi carrera de estudios profesionales.

EDISON GUACOLLANTE

AGRADECIMIENTO

La constancia, el empeño y las ganas de alcanzar un sueño, se complementan para lograr una meta anhelada, por la cual agradezco a Dios ya que con su luz iluminó mi camino y a toda mi familia por el apoyo brindado en toda mi carrera, los valores que me inculcaron y sus sabios consejos; así como también a todas las personas que estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos, en especial a mis buenos amigos que juntos luchamos por alcanzar este gran sueño.

DANIEL MAYA

AGRADECIMIENTO

Nada de esto hubiera sido posible sin la entrega, paciencia, ayuda y dedicación de todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron con sus conocimientos, consejos, y experiencias para lograr alcanzar los objetivos trazados tiempo atrás.

Gracias a Dios, a mi familia y a mis amigos; que una vez más estuvieron presentes con su respaldo incondicional; demostrando así su cariño y confianza.

OMAR PLAZA V.

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres queridos por estar siempre conmigo en todo momento y darme una carrera profesional para mi futuro, doy gracias a Dios por haberme puesto en mi camino a una niña muy linda que con el apoyo de ella he podido llegar a culminar las metas que me he propuesto. Esto es para ti mi hija querida.

EDISON GUACOLLANTE

DEDICATORIA

Este proyecto que empezó con una ilusión la de culminar un proceso junto a mis amigos; tuvo grandes dificultades como circunstancias adversas las cuales una vez más nos demostramos que podemos superarlo.

Va dedicado a mi familia que con su amor y comprensión llenan cada día mi vida, a mis padres los cuales son mi soporte y fuente de energía para lograr junto a ellos todo lo que me he propuesto, a un amigo entrañable que lo tenemos presente en nuestra memoria con mucho respeto y admiración.

DANIEL MAYA

DEDICATORIA

Tuve un gran anhelo, ahora la satisfacción de ver orgullosamente plasmado tanto esfuerzo y tiempo en una realidad, me demuestra que se puede conseguir todo aquello que me proponga realizar.

Es por esto que lo dedico a mis queridos padres y muy especialmente a mi madre que tanto tiempo ha soñado con esto, y es ella la que ha sido un soporte fundamental para cumplir este gran anhelo.

Quiero así mismo dedicar como homenaje a la memoria de un gran amigo David Zapata, que con su luz ha iluminado el sendero de mi vida.

OMAR PLAZA V.

SINTESIS

El banco de pruebas para bombas de inyección diesel lineales de tipo mecánica con sentido de giro horario, tiene como objetivo principal el servir como un referente didáctico en la calibración de una bomba de inyección. Encierra varias áreas como mecánica, hidráulica, eléctrica, estructura, entre otras; las cuales deben acoplarse y ayudar a que sea lo más parecido a un banco de pruebas real, sin que necesariamente disponga de todos los elementos que se requieren por la viabilidad del proyecto.

La implementación del banco de pruebas fundamentalmente se basa en tres grandes subtemas los cuales se complementan y conforman un solo conjunto que trabajan simultáneamente para lograr el funcionamiento esperado.

La primera etapa es la construcción de la estructura metálica, la cual está formada por planchas de acero y de latón, unidas mediante una serie de perfiles estructurales que ayudan a dar la rigidez requerida; la estructura tiene como misión principal servir de base o soporte para todas las partes que integran la mayoría de los sistemas eléctricos e hidráulicos; así mismo ésta base brinda protección, nos permite manipular y operar en un margen dentro de los límites de seguridad y prácticamente sin riesgos. Una parte muy independiente pero que se puede determinar cómo estructura es el panel de control volumétrico donde van alojados piezas netamente hidráulicas.

La segunda etapa es la instalación de un sistema hidráulico que permita direccionar el recorrido del combustible (diesel) por todos los lugares donde se lo requiera, por lo cual es necesario minimizar o anular las fugas; se encuentra constituido por varias piezas

mecánicas, ciertos elementos de control, y otros que ayudan a las conexiones del circuito. El flujo del diesel en el circuito hidráulico inicia en el depósito de combustible, sigue por un filtro dirigiéndose a la bomba hidráulica la cual genera éste movimiento (absorbe y expulsa combustible), de ésta manera se eleva la presión del sistema la cual es medida mediante manómetros; su recorrido continúa hasta la bomba de inyección la cual expulsa el combustible hacia los inyectores finalizando en las probetas de medición.

En la tercera etapa se realiza la colocación del sistema eléctrico, el cual es de suma importancia ya que conecta a los anteriores procesos; se encarga principalmente de simular las revoluciones de un motor que trabaja con la bomba de inyección, controlando un motor eléctrico de gran potencia, así mismo mueve la bomba hidráulica para trabajar en conjunto simultáneamente. Consta básicamente de motores y de varios elementos eléctricos que sirven de control y activación del sistema.

Con todas las etapas concluidas, listas e instaladas, se puede realizar los accionamientos de la máquina y observar su proceso de operación; existen procesos de acabados y pintura para la parte estética del proyecto.

SUMMARY

The test bank for bombs of lineal diesel injection of mechanical type with sense of hourly turn, has as a main objective, to serve as a didactic referring in the calibration of a bomb of injection. It includes many areas as mechanics, hydraulics, electrics, structures and others, which should be adapted and also helpful to be the most similar to a bank of real tests, without the necessity to have all the elements that are required for the viability of the project.

The tests bank implementation is fundamentally based on three secondary topics, which are complemented and conformed in a single group, that work simultaneously to achieve the expected operation.

The first phase is the metallic structure construction , which is formed by steel plates and brass, the ones that are joined by a series of structural profiles that help to give the required inflexibility; the main mission of the structure is to serve of base or reforce for all the parts that integrate the majority of the electric and hydraulic systems, also this phase offers protection, permits us manipulate stuff, operate in a margin inside the tolerances of security and practically without risks. A very independent part but that can be determined as structure is the volumetric panel control where pieces are just hydraulics.

The second phase is the hydraulic system installation, that permit to direct the fuel (gas-oil) traveled through all the places that is required, that is why its necessary to minimize or annul the leaks; the system its constituted by several mechanical pieces, certain control elements and others that help the circuit connections. The diesel flow in the hydraulic circuit initiates in the fuel tank, continues for a filter that is directed to the hydraulics

bomb which generates this movement (absorbs and expels fuel), in this way system pressure is elevated, the one that is measured by pressure gauges; its traveled through the injection bomb continues and expels fuel through the injectors, finalizing in the measurement tubes test.

In the third phase the placement of the electric system is carried out, which is very important because it is connect to the previous processes; is chiefly entrusted to simulate motor revolutions that works with the injection bomb, controlling an electric motor of great power, in that way the hydraulics bomb move to work as a group simultaneously. It is compose of motors and of various electric elements that control and activates the system.

With all the phases concluded, ready and installed, the operations of the machine can be done and observe its operation process; there exists finished and painting process for the esthetics part of the project.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I. ANTECEDENTES GENERALES

1.1.	MOTORES DIESEL.....	1
1.1.1.	El motor diesel de cuatro tiempos.....	5
1.1.1.1.	Sistema de alimentación de combustible.....	10
1.2.	FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN	
	LINEAL.....	12
1.2.1.	Funcionamiento de la bomba lineal.....	12
1.2.1.1.	Componentes principales de la bomba en línea.....	13
1.2.1.1.1	Conjunto de Embolo y barril.....	14
1.2.1.1.2.	Válvula de salida o retención.....	18
1.2.1.1.3.	Cremallera de control.....	19
1.2.1.1.4.	Reguladores o Gobernadores.....	21
1.2.1.1.5.	Variador de avance a la inyección.....	23
1.2.1.1.6.	Bomba de alimentación.....	25
1.2.1.1.7.	Topes de varilla de control y limitador de humo.....	29
1.2.1.1.8.	Lubricación.....	31
1.2.1.1.9.	Reglaje y control de la bomba de inyección en línea.....	31
1.2.1.1.10.	Mantenimiento preventivo de la bomba en línea.....	32
1.3.	ESTRUCTURA METÁLICA.....	33
1.3.1.	Constitución de la estructura.....	33
1.3.2.	Esfuerzos.....	33

1.3.2.1.	Esfuerzos de compresión.....	34
1.3.2.2.	Esfuerzos de tracción.....	34
1.3.2.3.	Esfuerzos de flexión.....	35
1.3.2.4.	Esfuerzos de torsión.....	35
1.3.3.	Elementos estructurales.....	36
1.3.3.1.	Pilar.....	36
1.3.3.2.	Escuadra.....	36
1.3.3.3.	Viga.....	37
1.3.4.	Perfiles estructurales.....	37
1.3.5.	Soldadura eléctrica.....	39
1.3.5.1.	Tipos de soldadura.....	39
1.3.5.1.1.	Soldadura por arco eléctrico.....	39
1.3.5.1.2.	Soldadura con gas.....	40
1.3.6.	Electrodos.....	41
1.3.6.1.	Tipos de electrodos.....	41
1.3.6.2.	Identificación de los electrodos.....	42
1.3.7.	Seguridad en la soldadura eléctrica.....	43
1.4.	SISTEMA HIDRÁULICO.....	44
1.4.1.	Mecánica de fluidos.....	44
1.4.1.1.	Tipos de flujo.....	45
1.4.1.1.1.	Flujo compresible.....	45
1.4.1.1.2.	Flujo incompresible.....	46
1.4.1.1.3.	Flujo laminar.....	46
1.4.1.1.4.	Flujo turbulento.....	47
1.4.1.1.5.	Caudal.....	49

1.4.2.	Circuito hidráulico.....	49
1.4.2.1.	Depósito de combustible.....	49
1.4.2.2.	Filtro de combustible.....	50
1.4.2.3.	Bomba hidráulica.....	50
1.4.2.3.1.	Características de las bombas.....	51
1.4.2.3.2.	Rendimiento de la bomba.....	51
1.4.2.3.3.	Tipos de bombas.....	53
1.4.2.4.	Inyectores.....	56
1.4.2.4.1.	Inyectores pasivos.....	57
1.4.2.4.2.	Tipos de inyectores.....	58
1.4.2.5.	Manómetros.....	59
1.4.2.5.1.	Tipos de manómetros.....	59
1.4.2.6.	Probetas.....	61
1.5.	SISTEMA ELÉCTRICO.....	62
1.5.1.	Motor eléctrico.....	62
1.5.1.1.	Motor trifásico.....	64
1.5.1.1.1.	Partes del motor giratorio.....	65
1.5.2.	Circuito eléctrico.....	66
1.5.2.1.	Descripción del circuito.....	68
1.5.3.	Elementos de control y protección.....	69
1.5.3.1.	Interruptor magnetotermico tripolar y monopolar.....	69
1.5.3.2.	Contactores.....	69
1.5.3.3.	Relé térmico.....	70
1.5.3.4.	Pulsador.....	71
1.5.3.5.	Indicador luminoso.....	71

CAPITULO II. IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL DEL BANCO DE PRUEBAS

2.1.	CONSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	72
2.1.1.	Análisis de la estructura metálica.....	72
2.1.2.	Cortes utilizados.....	72
2.1.3.	Armado.....	73
2.1.4.	Proceso de la pintura.....	74
2.2.	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.....	76
2.2.1.	Plancha base.....	76
2.2.2.	Volante de inercia.....	77
2.2.3.	Base de la bomba.....	77
2.2.4.	Acoples volante-bomba inyectora.....	78
2.3.	CÁLCULOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.....	79
2.3.1.	Datos generales.....	79
2.3.2.	Datos de la estructura del banco de pruebas de bombas de Inyección....	79
2.3.3.	Composición química.....	80
2.3.4.	Cálculos de esfuerzos de los tubos de la estructura.....	80
2.3.4.1.	Tensión soportada.....	80
2.3.5.	Deformación bajo carga axial.....	84
2.3.6.	Tensión de esfuerzos.....	84
2.3.7.	Tensión por esfuerzo de corte vertical.....	86

CAPITULO III. IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

3.1.	DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	88
3.2.	ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.....	90
3.2.1.	Depósito de combustible.....	90
3.2.2.	Filtro de combustible.....	90
3.2.3.	Bomba hidráulica.....	91
3.2.4.	Bomba lineal.....	92
3.2.5.	Inyectores.....	92
3.3.	INSTALACION DE ELEMENTOS DE MEDICION.....	93
3.3.1.	Manómetros.....	94
3.3.2.	Probetas.....	94
3.4.	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.....	95
3.4.1.	Mangueras.....	95
3.4.2.	Cañerías.....	95
3.4.3.	Válvula reguladora de presión.....	96
3.4.4.	Habitáculo de inyectores.....	97

CAPITULO IV. IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1.	INTRODUCCIÓN.....	98
4.1.1.	Circuito eléctrico principal.....	98
4.1.2.	Diagrama de control del circuito principal.....	100
4.1.3.	Características del motor trifásico.....	107
4.2.	CIRCUITO ELÉCTRICO SECUNDARIO.....	109

4.2.1. Motor eléctrico monofásico.....	109
--	-----

CAPITULO V. FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

5.1. GENERALIDADES DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	111
5.1.1. MANTENIMIENTO DEL BANCO DE RUEBAS.....	112

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.....	114
6.2. RECOMENDACIONES.....	115

BIBLIOGRAFÍA.....	116
--------------------------	------------

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Motor Diesel.....	1
Figura. 1.2. Esquema de combustión.....	2
Figura. 1.3. Inyección Directa.....	3
Figura. 1.4. Inyección Indirecta.....	4
Figura. 1.5. Tipos de cámaras.....	4
Figura. 1.6. Conjunto cilindro, pistón, biela y cigüeñal.....	6
Figura. 1.7. Admisión.....	7
Figura. 1.8. Compresión.....	8
Figura. 1.9. Combustión.....	9
Figura. 1.10. Escape.....	10
Figura. 1.11. Sistema de alimentación.....	11
Figura. 1.12. Bomba de inyección lineal.....	12
Figura. 1.13. Conjunto embolo y barril.....	14
Figura. 1.14. Proceso de suministro de combustible.....	16
Figura. 1.15. Válvula de retención.....	18
Figura. 1.16. Cremallera de control.....	20
Figura. 1.17. Tipos de topes de cremallera.....	21
Figura. 1.18. Componentes del regulador.....	22
Figura. 1.19. Despiece del variador de avance.....	24
Figura. 1.20. Componentes de la bomba de alimentación.....	26
Figura. 1.21. Funcionamiento de la bomba de alimentación (simple efecto).....	27
Figura. 1.22. Funcionamiento de la bomba de alimentación (doble efecto).....	28
Figura. 1.23. Compensador de aire.....	30
Figura. 1.24. Esfuerzo de compresión.....	34

Figura. 1.25. Esfuerzo de tracción	34
Figura. 1.26. Esfuerzo de flexión	35
Figura. 1.27. Esfuerzo de torsión	35
Figura. 1.28. Elemento estructural de tipo pilar.....	36
Figura. 1.29. Elemento estructural de tipo escuadra.....	36
Figura. 1.30. Elemento estructural de tipo viga.....	37
Figura. 1.31. Perfil estructural tipo plano.....	37
Figura. 1.32. Perfil estructural tipo angular.....	38
Figura. 1.33. Perfil estructural tipo “U”.....	38
Figura. 1.34. Perfil estructural tipo tubular cuadrado.....	38
Figura. 1.35. Bomba de engranes simples.....	53
Figura. 1.36. Composición del inyector.....	57
Figura. 1.37. Manómetro de tubo U.....	60
Figura. 1.38. Manómetro de tubo de Bourdon.....	60
Figura. 1.39. Manómetro de fuelle.....	61
Figura. 1.40. Probetas.....	62
Figura. 1.41. Diagrama de conexión estrella.....	67
Figura. 1.42. Diagrama de conexión triángulo.....	67
Figura. 1.43. Interruptor Magneto térmico.....	69
Figura. 1.44. Contactor.....	70
Figura. 1.45. Relé térmico.....	70
Figura. 1.46. Pulsador.....	71
Figura. 1.47. Indicador luminoso.....	71
Figura. 2.1. Estructura metálica.....	74
Figura. 2.2. Protector anticorrosivo de la estructura metálica.....	75

Figura. 2.3. Pintado de la estructura metálica.....	75
Figura. 2.4. Plancha base.....	76
Figura. 2.5. Volante de inercia.....	77
Figura. 2.6. Base de la bomba.....	78
Figura. 2.7. Acople volante – bomba inyectora.....	78
Figura. 2.7. Unión de acoples.....	80
Figura. 3.1. Depósito de combustible.....	90
Figura. 3.2. Filtro de combustible.....	91
Figura. 3.3. Bomba hidráulica.....	91
Figura. 3.4. Bomba lineal.....	92
Figura. 3.5. Inyector.....	93
Figura. 3.6. Ubicación de inyectores.....	93
Figura. 3.7. Manómetros.....	94
Figura. 3.8. Control volumétrico.....	94
Figura. 3.9. Mangueras de acople hidráulico.....	95
Figura. 3.10. Cañerías de banco de pruebas.....	96
Figura. 3.11. Habitáculo de inyectores.....	97
Figura. 4.1. Instalación eléctrica.....	99
Figura. 4.2. Ubicación del cajetín eléctrico de mando.....	99
Figura. 4.3. Motor trifásico Siemens.....	107
Figura. 4.4. Placa del motor trifásico.....	108
Figura. 4.5. Ubicación y montaje del motor trifásico.....	108
Figura. 4.6. Motor eléctrico con conexión a bomba hidráulica.....	109
Figura. 4.7. Placa del motor monofásico.....	110
Figura. 4.8. Ubicación e instalación del motor monobásico.....	110

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Lamina 1. Circuito hidráulico.....	89
Lamina 2. Diagrama del circuito principal.....	101
Lamina 3. Diagrama de arranque de motor (conexión estrella).....	104
Lamina 4. Conmutación estrella a triangulo.....	105
Lamina 5. Corte de corriente.....	106

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1. MOTORES DIESEL

El motor diesel fue creado por Rudolf Diesel, el cual es un motor de combustión interna que utiliza gas-oil como combustible; constituyendo su principal diferencia el sistema de alimentación y la manera en que se realiza la combustión.

Los elementos que constituyen el motor son muy parecidos a los de un motor de explosión Otto, sin embargo existen varias diferencias constructivas muy específicas con la finalidad de dar mayor robustez a todas aquellas partes del motor que soportan esfuerzos y presiones de trabajo mucho más elevadas.

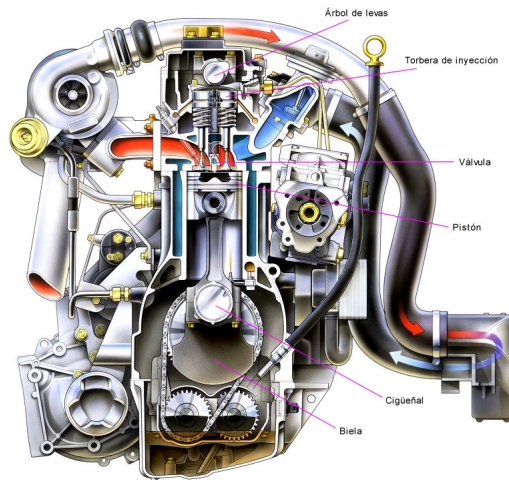


Figura 1.1. Motor Diesel ¹

El motor diesel fue desarrollado principalmente para obtener un mayor rendimiento al del motor de gasolina, para lo cual se utiliza un combustible más pesado y una relación de

¹ Fuente Internet: www.webdelautomovil.com

volumen de compresión más elevada (entre 8:1 y 10:1 para gasolina y entre 14:1 y 23:1 para diesel), en este motor este tipo de compresiones son alcanzadas por el hecho de aspirar y comprimir únicamente aire. La relación volumétrica al final de la fase de compresión da como resultado que la presión de este aire comprimido se encuentre entre 30 a 50 Kg/cm² y la temperatura haya superado los 600 °C. El combustible que se utiliza se inflama a una temperatura de 280°C el cual es inyectado dentro de la cámara de combustión a una presión elevada que se encuentra entre los 100 y 150 Kg/cm².

En los motores a gasolina la combustión se realiza a volumen constante, en los motores diesel se realiza a presión constante; la unión de los ciclos llamado ciclo mixto, es decir en que la combustión se realiza a volumen y presión constante se utiliza en los modernos motores diesel.

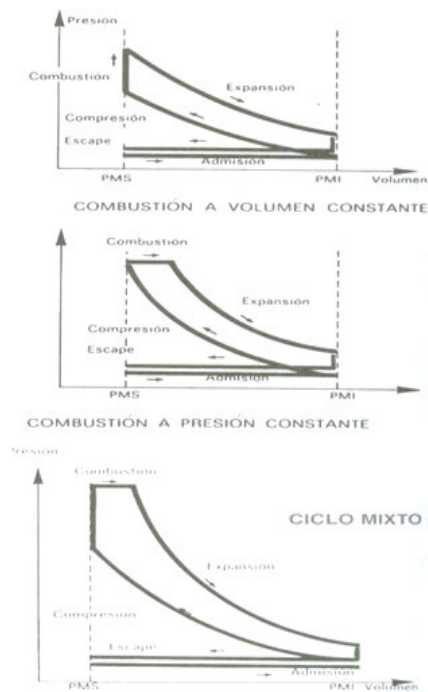


Figura 1.2. Esquema de combustión ²

² Editorial Cultural, Manual del automóvil, 2002

Los motores diesel se clasifican por la forma que se realiza la combustión y el tipo de sistema de inyección que utiliza, así los principales sistemas de inyección son de inyección directa y de inyección indirecta. Los motores de inyección directa, el combustible es inyectado directamente en la cámara de combustión situada generalmente en el pistón, con un inyector de múltiples orificios.

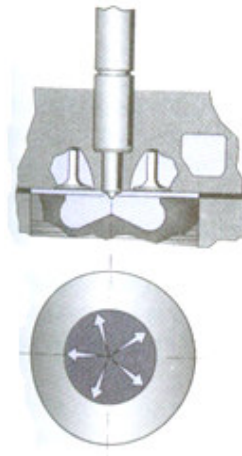


Figura 1.3. Inyección Directa ³

Los motores de inyección indirecta, se puede clasificarlos en motores con cámaras de pre combustión o antecámaras y en motores con cámaras de turbulencia.

³ Editorial Cultural, Manual del automóvil, 2002

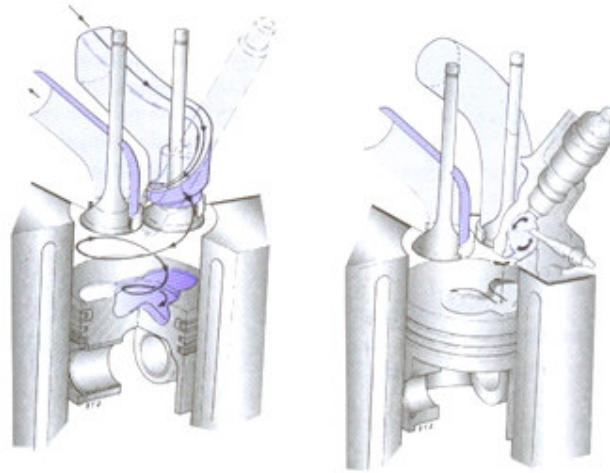


Figura 1.4. Inyección Indirecta ⁴

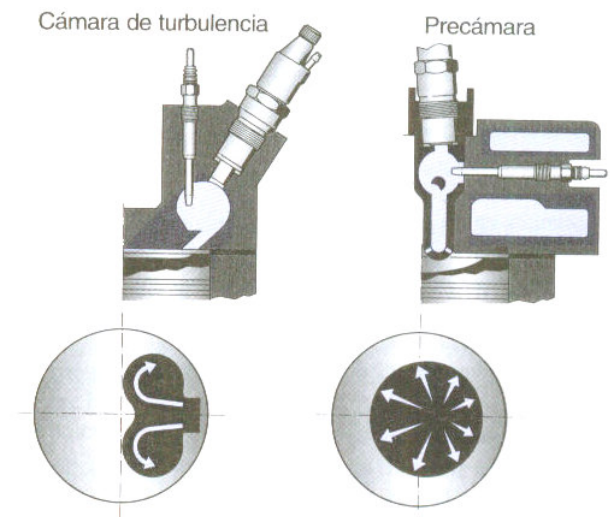


Figura 1.5. Tipos de Cámaras ⁵

Dentro de las partes principales del motor diesel se puede mencionar que son las mismas que las de un motor a gasolina pero con ciertas diferencias específicas. Entre ellas se encuentra el bloque, la culata, el cigüeñal, el volante de inercia, el pistón, el árbol de levas,

^{4 - 5} Editorial Cultural, Manual del automóvil, 2002

la bomba de inyección, los ductos, los inyectores, las válvulas, la bomba de transferencia, las toberas, bujías de precalentamiento, entre otras.

Entre las ventajas del motor diesel tenemos: un menor consumo de combustible, mayor rendimiento térmico, el combustible es más económico, menor emisión de gases contaminantes, no posee riesgos de incendio y por su construcción la vida útil del motor es mayor.

Entre sus desventajas tenemos que por su construcción y mayor peso, necesita bastidores y suspensión más resistentes, la complejidad de inyección dan un precio más elevado así como las reparaciones resultan más costosas y en algunos motores presentan mayor ruido y vibraciones.

Las aplicaciones de este tipo de motor se dan en maquinaria pesada, agrícola, equipo caminero, propulsión ferroviaria, propulsión marítima, automóviles y buses, accionamiento industrial entre otras.

1.1.1. El motor diesel de cuatro tiempos

En el motor de cuatro tiempos las válvulas de cada cilindro coordinan el ingreso del aire y la salida de los gases de forma adecuada para cada uno de los tiempos.

Los cuatro tiempos se denominan de igual manera que en los motores de gasolina, pero lo que sucede en ellos es parcialmente diferente.

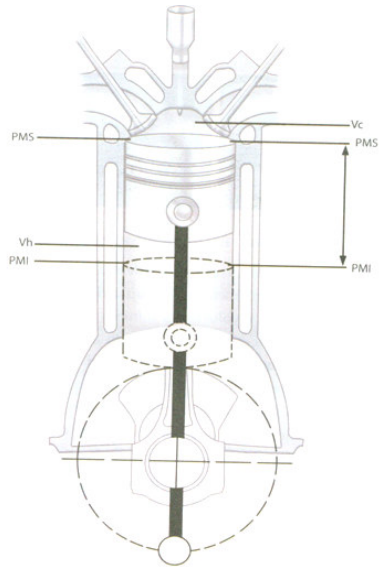


Figura 1.6. Conjunto cilindro, pistón, biela y cigüeñal ⁶

a.- Primer tiempo (Admisión)

El pistón dentro del cilindro inicia el descenso por la inercia completa del motor, la válvula de admisión se encuentra completamente abierta lo que permite el llenado del cilindro con aire, la válvula de escape se encuentra cerrada. Al final de este tiempo la válvula de admisión se cierra finalizando así el llenado del cilindro.

⁶ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

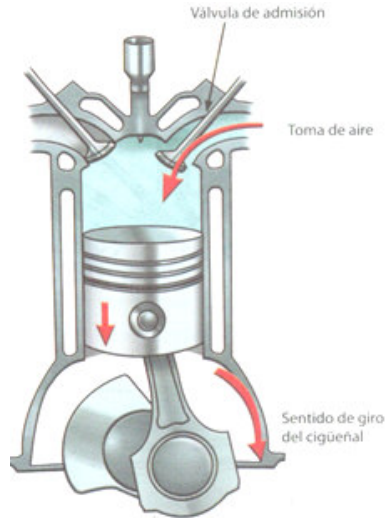


Figura 1.7. Admisión ⁷

b.- Segundo tiempo (Compresión)

Las válvulas de admisión y escape están totalmente cerradas y el pistón comienza su carrera ascendente por la acción de la inercia del motor. El aire es comprimido entre 14 y 24 veces según sea el diseño del motor, haciendo que el aire alcance temperaturas entre 700 y 900 °C. Unos instantes antes de finalizar el ascenso del pistón se produce la inyección del combustible (20 a 30° antes PMS) mediante el inyector finamente pulverizado, la presión de inyección varía según los diseños su rango se encuentra entre los 350 y 2000 bares de presión, la misma que es necesaria para que el combustible ingrese a la cámara de combustión, se pulverice y se disperse.

⁷ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

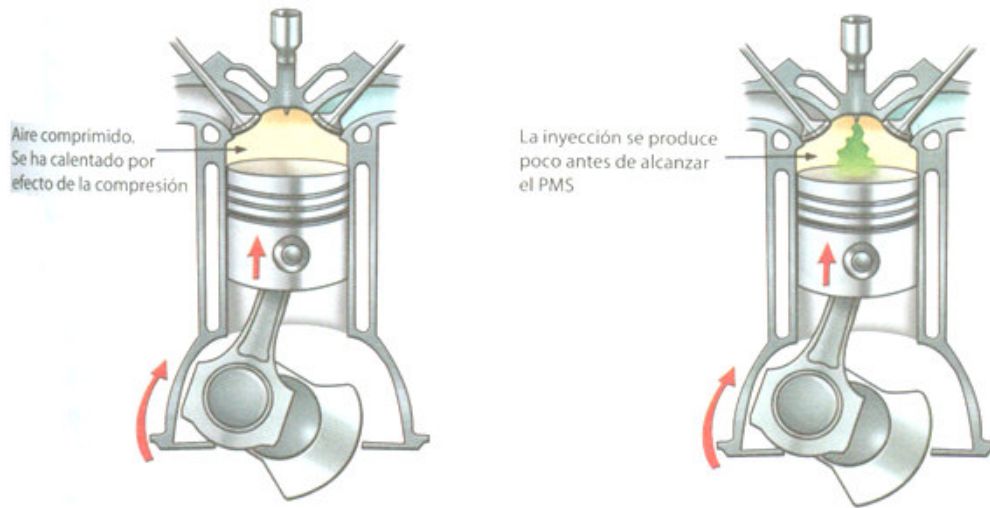


Figura 1.8. Compresión ⁸

c.- Tercer tiempo (Combustión)

Denominado también expansión, el combustible se inflama por autoencendido, idealmente la liberación de la energía se produce cuando el pistón apenas acaba de sobrepasar el punto muerto superior, para ser aprovechada al máximo. Los gases producto de esta combustión se expanden dentro del cilindro empujando así el pistón hacia el punto muerto inferior, es durante este tiempo en el que realmente se produce el trabajo.

⁸ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

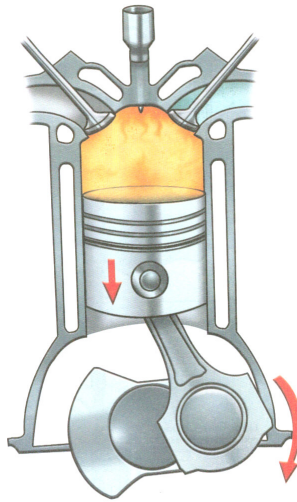


Figura 1.9. Combustión⁹

d.- Cuarto tiempo (Escape)

Denominado también expulsión, el pistón inicia nuevamente su ascenso. Al inicio de este tiempo la válvula de escape se abre completamente permitiendo la salida de los gases calientes sin oponer mayor resistencia, al final de este tiempo la válvula de escape se cierra, comenzando así un nuevo ciclo de trabajo.

Durante un ciclo del motor que cubre los cuatro tiempos el cigüeñal ha dado dos vueltas.

⁹ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

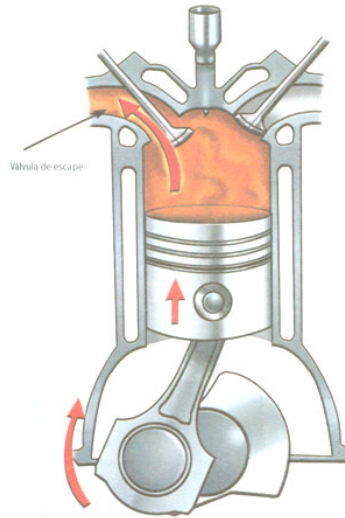


Figura 1.10. Escape¹⁰

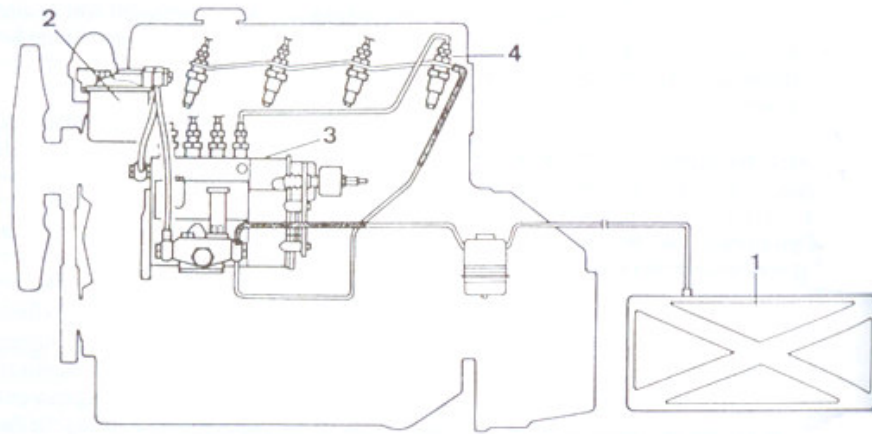
1.1.1.1. Sistema de alimentación de combustible

El sistema de alimentación de combustible posibilita que la combustión se realice de la manera más exitosa consiguiendo así el máximo rendimiento del motor.

El combustible debe inyectarse en la cámara de combustión en condiciones ideales y con la dosificación del combustible requerida.

Para un óptimo rendimiento del motor diesel cada cilindro debe recibir la cantidad precisa de combustible en el momento del ciclo y de acuerdo a las condiciones de régimen y carga de motor, adicionalmente la pulverización, presión y penetración del combustible debe ser uniforme en el interior de la cámara.

¹⁰ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008



ESQUEMA DE LA ALIMENTACIÓN DIESEL DE UN MOTOR CLÁSICO
 1. Depósito - 2. Filtro de carburante - 3. Bomba de inyección - 4. Inyector.

Figura 1.11. Sistema de alimentación ¹¹

Existen dos circuitos principales que posibilitan el alcance de los objetivos que persigue el sistema de alimentación.

a.- Circuito de baja presión:

- ✓ Depósito
- ✓ Bomba de alimentación
- ✓ Filtro

b.- Circuito de alta presión:

- ✓ Bomba de inyección
- ✓ Inyectores

¹¹ Editorial Cultural, Manual del automóvil, 2002

Para el desarrollo de esta tesis se ampliara el estudio correspondiente a bombas de inyección lineales.

1.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN LINEAL

1.2.1. Funcionamiento de la bomba lineal

Las bombas de inyección diesel de tipo lineal son de tipo volumétrico, cuyos elementos de bombeo son iguales en número a los cilindros del motor, cada uno de los cuales está constituido por un pistón de carrera total constante pero con carrera de trabajo regulable por medio del gobernador.

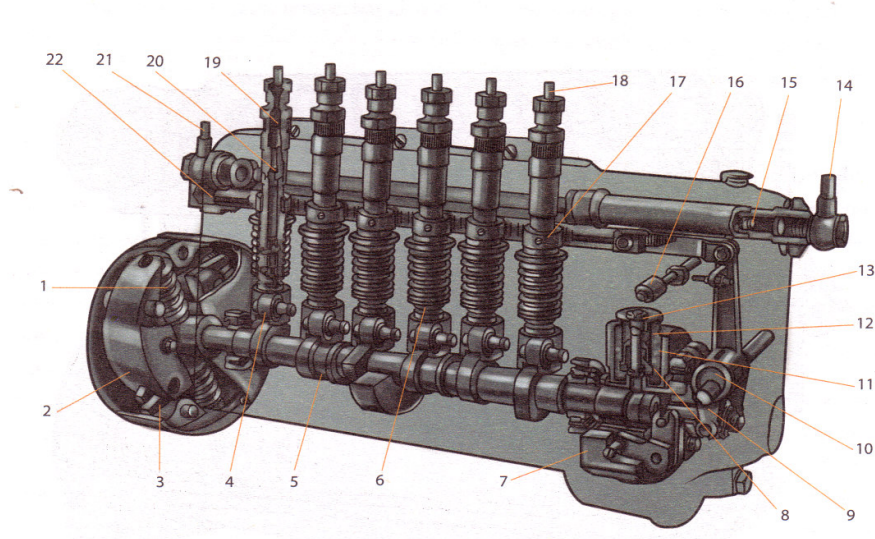


Figura 1.12. Bomba de inyección lineal¹²

¹² Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

1.2.1.1. Componentes principales de la bomba en línea

La bomba de inyección lineal se constituye por la unidad de bomba de inyección, el regulador o también conocido como gobernador, el variador de avance a la inyección, y la bomba de alimentación.

a.- Unidad de bomba

La función primordial de esta unidad de bomba es suministrar combustible comprimido a cada cilindro de acuerdo con el orden de la inyección.

Esta unidad de bomba está constituida por un mecanismo de compresión y de un suministro de combustible, también se encuentra con un mecanismo de control del volumen de inyección así como también un árbol de levas que tiene como función accionar el mecanismo.

b.- Regulador o gobernador

La función del regulador o gobernador es controlar automáticamente el volumen de inyección de combustible para que sea controlado a los cambios de carga del motor, variándose entonces el régimen del motor según las condiciones y necesidades del conductor. Este mecanismo está incorporado al mecanismo de control de volumen de inyección de la unidad de bomba por medio de la cremallera de control.

c.- Variador de avance a la inyección

Su función es controlar el calado de la inyección del combustible de acuerdo con el régimen del motor para que éste tenga una buena combustión. El variador de avance a la inyección está en contacto con el árbol de levas de la unidad de bomba.

d.- Bomba de alimentación

Tiene como función suministrar combustible desde el tanque de combustible a la bomba de inyección. Esta bomba de alimentación se encuentra unida a la unidad de bomba y está accionada por el árbol de levas.

1.2.1.1.1. *Conjunto de Émbolo y Barril*

a.- **Construcción del elemento de bomba**

El émbolo tiene como función principal deslizarse dentro del barril para enviar el combustible comprimido a cada uno de los cilindros.

El juego que hay entre los dos elementos es demasiado pequeño por lo que se puede garantizar la estanqueidad máxima tanto en condiciones de alta presión y bajas revoluciones de régimen, debido al hecho de que el émbolo necesita combustible para su lubricación.

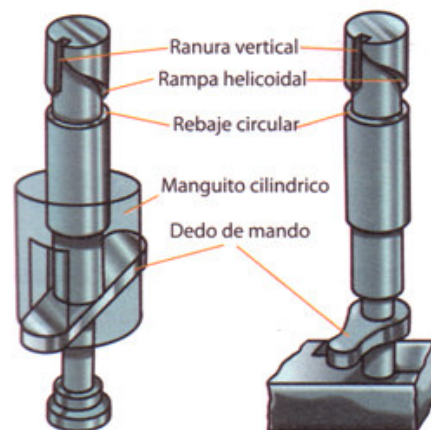


Figura 1.13. Conjunto émbolo y barril ¹³

¹³ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

El émbolo tiene una ranura helicoidal y un conducto vertical por donde fluye el combustible.

El barril también cumple una función muy importante que es el encaje adecuado de la ranura del pasador estriado que sirve para el posicionamiento y detención de rotación del barril con el embolo.

b.- Operación de suministro de combustible

Es enviado combustible desde la bomba de alimentación al cuerpo de la bomba de inyección para que el émbolo de la bomba descargue a presión en cada uno de los cilindros por medio del movimiento del árbol de levas.

De esta manera se indica los siguientes pasos del émbolo:

- 1.- Punto muerto inferior del émbolo, el combustible de la cámara de aspiración ingresa en el cilindro por la lumbrera de alimentación de combustible.
- 2.- El árbol de levas a medida que va girando el émbolo sube; cuando el émbolo sigue subiendo la parte superior del émbolo llega al borde superior de la lumbrera de alimentación se cierra la lumbrera y empieza la compresión del combustible.
- 3.- El émbolo sigue subiendo, el combustible que se encuentra comprimido dentro del barril empuja hacia arriba la válvula de retención permitiendo el paso de combustible por la cañería de presión hacia el inyector.
- 4.- Cuando el borde superior de la ranura helicoidal del émbolo llega al borde inferior de la lumbrera de alimentación termina el bombeo de combustible.

5.- Mientras el émbolo continuo ascendiendo el restante de combustible que queda en el barril sale por medio del orificio de compensación que se encuentra en la parte superior del émbolo, este fluye por la ranura helicoidal pasando por la lumbrera de retorno digiriéndose a la cámara de combustible.

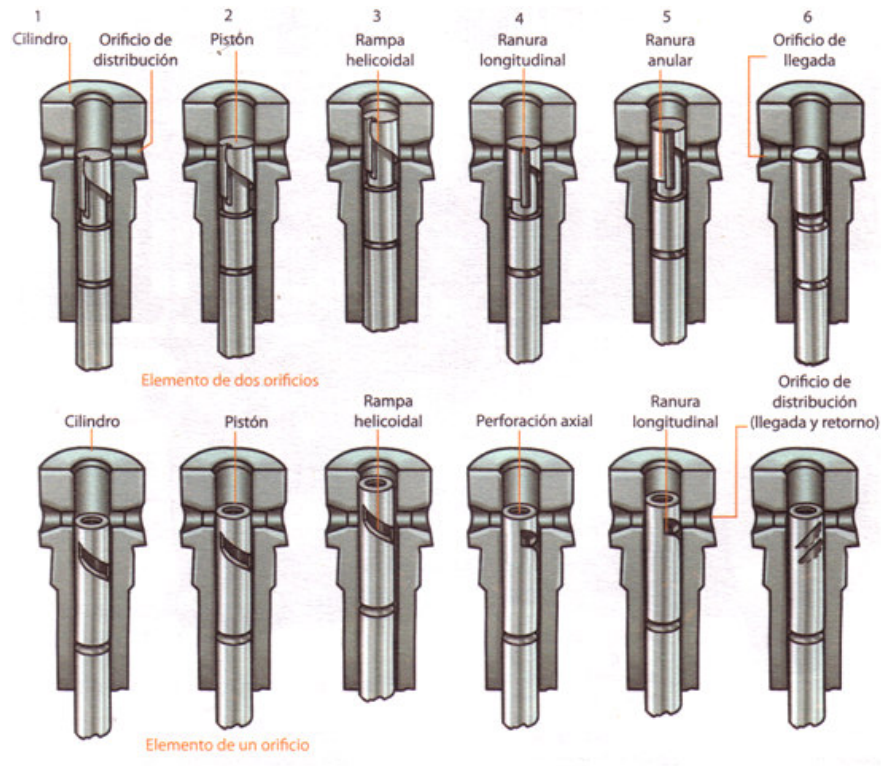


Figura 1.14. Proceso de suministro de combustible ¹⁴

c.- Tipos de émbolo

Se clasifican según la forma, posición, dirección de la ranura helicoidal o hélice:

¹⁴ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

1.- Forma de ranura helicoidal o hélice

Hay dos tipos de constitución de émbolos de ranura helicoidal o hélice; la primera es de ranura helicoidal recta, la misma que cuando el motor está funcionando en régimen de ralentí también conocido como marcha lenta las fluctuaciones de volumen de inyección son mínimas por consecuencia la posición de la barra reguladora durante el régimen de ralentí el incremento de volumen de inyección es mantenido bajo en repuesta a cualquier cambio de la posición de la cremallera de control por medio de la barra reguladora; y de ranura helicoidal curva tiene la característica que el volumen de inyección permanece constante y el cual es independiente de la posición de la cremallera de control por medio de la barra reguladora.

2.- Posición de ranura helicoidal o hélice

Por medio de la posición hay dos tipos de émbolo con ranura helicoidal a la derecha el cual incrementa el volumen de su inyección cuando gira en el sentido de las agujas del reloj y el otro de émbolo con ranura helicoidal a la izquierda el cual incrementa el volumen de su inyección cuando gira en el sentido de las agujas del reloj.

3.- Dirección de la ranura helicoidal

Hay tres tipos de ranura helicoidal normal el cual el volumen de inyección es modificado por la ranura helicoidal final del suministro de combustible; el de ranura helicoidal de arranque en cual tiene un surco en la parte superior del émbolo que tiene un retardo en el cierre de la lumbrera, cuando el motor alcanza su régimen de operación el regulador jala la cremallera de control a su posición normal; y el de ranura helicoidal y surco superior de

control tiene como principio que el volumen de inyección cambia al principio y al fin del suministro de combustible.

1.2.1.1.2. *Válvula de salida o retención*

La válvula de salida o retención se la conoce también como: de presión, suministro, distribución, entrega, la cual está constituida por una válvula y un porta válvula; la cual se encuentra ubicada en la parte superior del conjunto émbolo y barril y a ella se conecta la cañería que lleva el combustible a presión hasta el inyector hasta que nuevamente comience un nuevo ciclo de inyección de combustible.

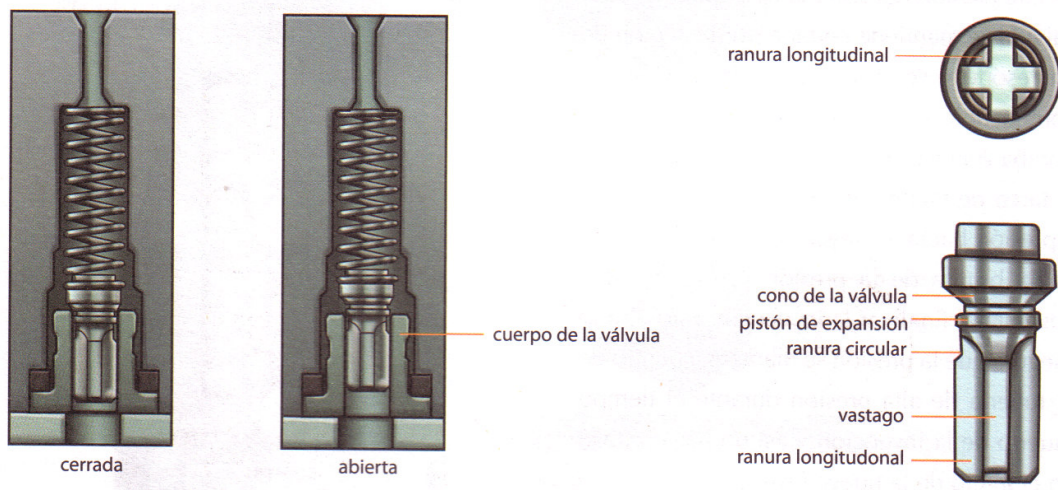


Figura 1.15. Válvula de retención ¹⁵

La válvula se desplaza en forma vertical en la porta válvula efectuando dos funciones:

¹⁵ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

a.- Función de prevención de retorno de flujo de combustible

Cuando el suministro de combustible termina el muelle o resorte impulsa la válvula hacia abajo haciendo que el collarín (válvula de alivio de presión) tome contacto con el asiento del porta válvula dando como resultado el cierre del tubo de impulsión.

b.- Función de re-aspiración de combustible

Mientras el émbolo se desplaza en forma descendente se genera un aumento de volumen en el tubo de impulsión, lo que origina una disminución de la presión existente la cual es necesaria para obtener un cierre rápido de la válvula de tobera del inyector, evitando así el goteo en la cámara de combustión.

1.2.1.1.3. *Cremallera de control*

La cremallera de control es desplazada desde el pedal del conductor por un conjunto de varillas que hace mover a la palanca de aceleración que se encuentra en el regulador dando así el desplazamiento del embolo y variando el volumen de combustible inyectado. Tal desplazamiento se da por unos dientes de engranaje que tiene la cremallera de control y a su vez se engrana en los dientes del piñón de regulación que está conectado con el émbolo.

Para modificar parcialmente el volumen de combustible esta cremallera de control esta unido al sistema del regulador.

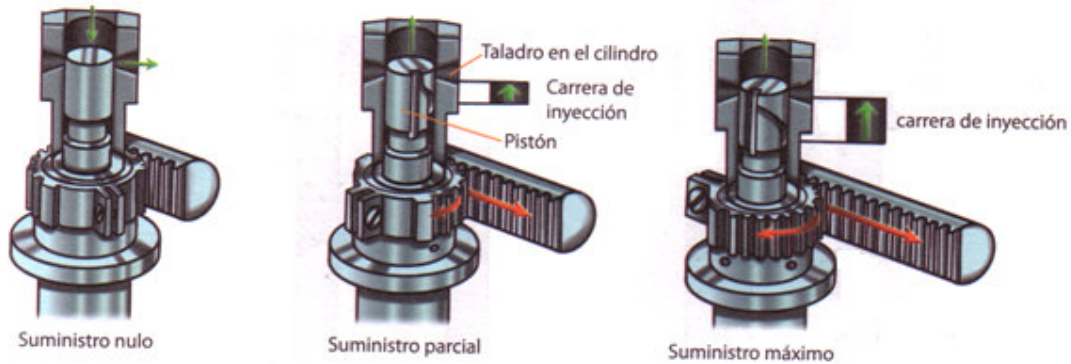


Figura 1.16. Cremallera de control ¹⁶

Se puede desplazar la cremallera de control en dos posiciones opuestas que son; la posición de parada cuando el embolo se encuentra en suministro nulo y la otra posición es en suministro máximo cuando en el embolo se encuentra en la lumbrera de alimentación de combustible y a la máxima pendiente de la ranura helicoidal.

La cremallera de regulación está controlada por un tope ajustable que se le conoce también como tope de emisión de humos este tope tiene como función evitar que la cremallera se deslice demasiado a la posición de suministro máximo, ayudando así a controlar el suministro de combustible hacia los inyectores; tenemos que tener en cuenta que si la cremallera de control no tiene el ajuste recomendado se va a inyectar más combustible de lo necesario a los cilindros y no se podrá realizar una buena combustión por lo que tendrá desperdicio de combustible y humo negro en exceso y también si la cremallera de control no tiene su desplazamiento correspondiente y no tiene un suministro máximo pueda que el motor no tenga la potencia que se debe tener debido a un suministro insuficiente de combustible. Existen varios diseños de topes de cremallera en las diferentes bombas de

¹⁶ Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

inyección siendo los más usados los de tope fijo y tope automático. El tope fijo se ajusta mediante un tornillo que se asegura con una contratuerca, de manera que al accionarse la cremallera este tornillo limita el recorrido máximo. Mientras tanto que el tope automático sirve para aquellos motores con requerimientos de combustible mayores en el momento del arranque, en el cual existe un muelle helicoidal entre el tornillo de ajuste y la cremallera, el que permite un recorrido mayor de la misma.

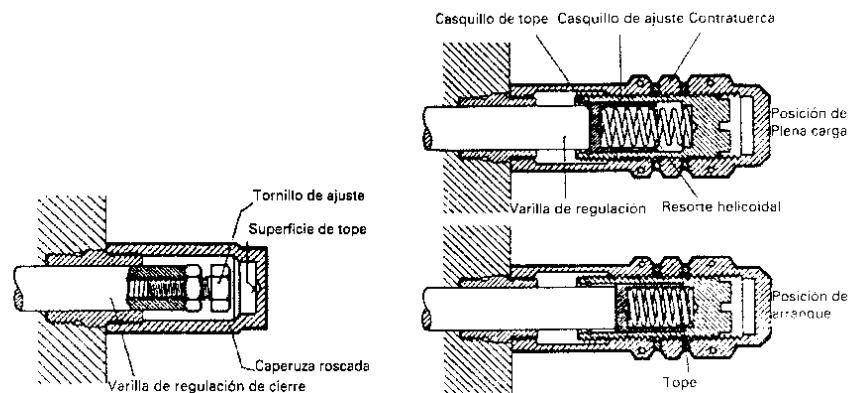


Figura 1.17. Tipos de topes de la cremallera ¹⁷

1.2.1.1.4. Reguladores o Gobernadores

a.- Función del regulador

La función básica de un regulador es la limitación de la velocidad máxima, la regulación automática del volumen de combustible y debe realizar el control de corte de combustible al arranque, así como también variar la entrega de combustible a plena carga (función de la velocidad) y modificar la carga según la presión del aire. Para conseguir que varíe la

¹⁷ Fuente: Denso Corporation(Sistemas de Inyección)

velocidad en un intervalo tan amplio como lo necesite el conductor, el regulador debe cumplir con las siguientes necesidades:

- 1.- Mantener la velocidad constante en diversas condiciones de carga.
- 2.- Mantener al motor a un régimen de ralentí determinado.
- 3.- Precautelar el trabajo forzado del motor.

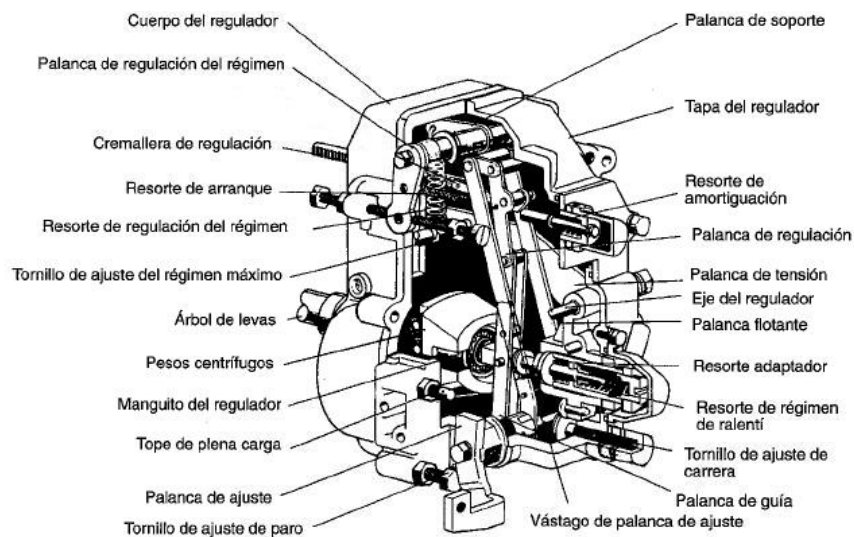


Figura 1.18. Componentes del Regulador ¹⁸

b.- Tipos de gobernadores

Cualesquiera sea el tipo de gobernador se encuentran ubicados en la parte posterior de la unidad de bomba. Los reguladores pueden ser de tres tipos: mecánicos, neumáticos e hidráulicos.

1.- Gobernadores Mecánicos: Los reguladores mecánicos basan su funcionamiento en los principios de la fuerza centrífuga producida por la rotación de unas masas o contrapesos,

¹⁸ Fuente: Denso Corporation(Sistemas de Inyección)

los cuales son accionados por el árbol de levas de la bomba de inyección; este regulador está constituido por contrapesos, palancas y resortes.

Estos contrapesos se encuentran acoplados al árbol de levas de la bomba, los que se desplazan cuando la velocidad de rotación del eje se incrementa venciendo la resistencia de los muelles calibrados, este movimiento es transmitido por medio de balancines y palancas obligando al desplazamiento de la cremallera para modificar el caudal inyectado; a su vez cuando la velocidad de rotación disminuye los contrapesos se juntan por acción de los resortes para aumentar el caudal a ser inyectado.

2.- Gobernadores Neumáticos: Estos gobernadores están basados en la depresión que genera el aire que pasa por el conducto de admisión del motor; en el cual existe una membrana que se encuentra unida a una cremallera de control de la bomba de inyección, la misma que se acciona por medio de la depresión. Mediante el pedal del acelerador se gobierna una mariposa similar a la del carburador que se encuentra en el colector de admisión.

El valor de la depresión es variable a las condiciones de revolución del motor para la misma posición de la mariposa que manda el acelerador, cabe mencionar que si la velocidad de rotación aumenta crece el grado de depresión lo que origina que la membrana se desplace y a su vez mueva la cremallera para disminuir el caudal inyectado.

1.2.1.1.5. *Variador de Avance a la inyección*

Entre el momento del encendido efectivo del combustible y la inyección del mismo existe un cierto tiempo denominado retardo a la inflamación (desde el momento en que el

combustible es inyectado dentro del cilindro del motor al momento en el que el combustible es quemado y encendido efectivamente).

La bomba de inyección lineal realiza la inyección de combustible en el primer cilindro del motor cuando el pistón se encuentra cercano al PMS, y las válvulas se encuentren cerradas (fase de compresión). El tiempo que transcurre hasta que comienza la combustión es el que emplea el pistón en llegar al PMS, y es en este momento cuando la expansión de los gases empuja al pistón hacia el PMI. Cuando el pistón aumenta la velocidad debido al aumento de revoluciones del motor, se ve necesario avanzar al tiempo de inyección, con la finalidad de equiparar la velocidad de la combustión con la velocidad del pistón; si este punto de inyección no fuera adelantado proporcional al aumento de revoluciones, la combustión llegaría retardada, cuando el pistón este en el PMI, ocasionado pérdidas de potencia. Este adelanto de inyección se mide en grados de giro del motor y se encuentra determinado por el fabricante. Cabe mencionar que el avance no debe ser excesivo ya que ocasionaría un riesgo de rupturas de piezas.

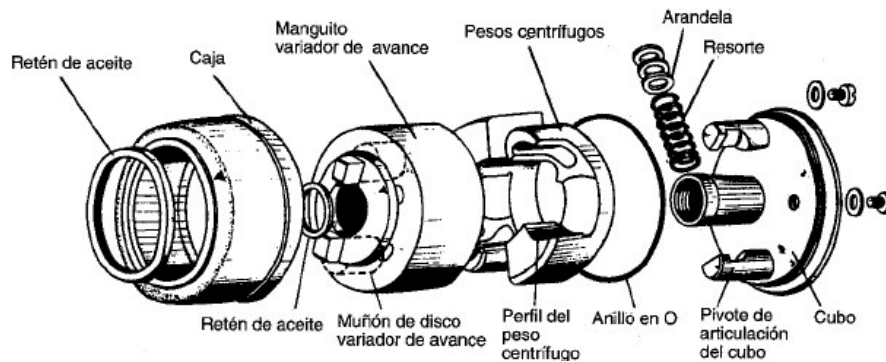


Figura 1.19. Despiece del variador de avance¹⁹

¹⁹ Fuente: Denso Corporation(Sistemas de Inyección)

El variador de avance se encuentra ubicado directamente sobre el árbol de levas, este variador de avance está compuesto por contrapesos y muelles, los cuales se encargan de avanzar al eje de levas de la unidad de bomba unos grados antes de la sincronización que consta en el motor.

a.- Tipos de Variador de Avance

Existen dos tipos de variadores de avance que por su modo de accionamiento se los clasifica por:

1.- Tipo accionamiento externo: Este tipo de variador de avance se lo conoce también como exterior, y es accionado por un acople que se encuentra montado en el extremo del eje propulso del motor; este tipo de variador tienen una construcción sellada.

2.- Tipo accionamiento interno: Este tipo de variador se encuentra constituido por un mecanismo de engranaje variador, el mismo que es propulsado por el motor por medio del engranaje directo conectado con el engranaje del motor.

1.2.1.1.6. Bomba de Alimentación

La bomba de alimentación tiene la función de succionar el combustible desde el depósito y alimentar a la unidad de bomba que siempre debe mantener una presión constante, esta accionada por una excéntrica que se encuentra acoplada al árbol de levas de la unidad de bomba el cual empuja al propulsor de la bomba de alimentación para que el movimiento se transmita por medio de un vástago para que sea empujado por el pistón que es el encargado de aspirar el combustible a la primera cámara y transferirla a la segunda cámara para enviar el combustible hacia los filtros y pase a la unidad de bomba, posee una bomba manual de cebado la que nos ayuda a llenar y purgar todo el circuito de alimentación.

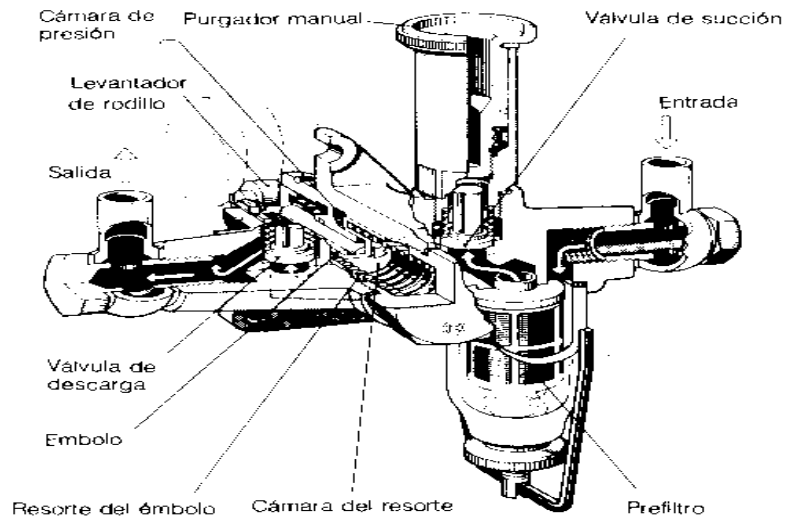


Figura 1.20. Componentes de la bomba de alimentación ²⁰

a.- Funcionamiento de la Bomba de Alimentación de tipo pistón (simple efecto)

1.- Carrera inicial: Cuando gira la leva hasta su posición alta se empuja hacia abajo el propulsor el cual trasmite el movimiento por medio del vástago el cual comprime el resorte del embolo; por lo que presiona el embolo y empuja el combustible fuera de la cámara de aspiración, a través de la válvula de descarga y envía a la cámara de presión. Cuando la carrera intermedia llega a su fin la válvula descarga y vuelve a cerrarse.

2.- Carrera de aspiración y descarga: Cuando la excéntrica gira hasta su posición baja, éste sube impulsando a su vez al pistón, que por este movimiento se crea una sobre presión en la cámara superior lo que permite que la salida del combustible por la válvula de escape y el cierre de la válvula de admisión.

3.- Terminación: En el momento que la presión de descarda de combustible llega a ser un valor aproximado de 35,6 PSI, dicha presión genera que el émbolo se encuentre y

²⁰ Thiessen, F. y Dales, D., Manual de Mecánica Diesel, 1990

permanezca en una posición intermedia de carrera, comprimiendo así el resorte del émbolo. En este estado, la bomba de transferencia no trabaja.

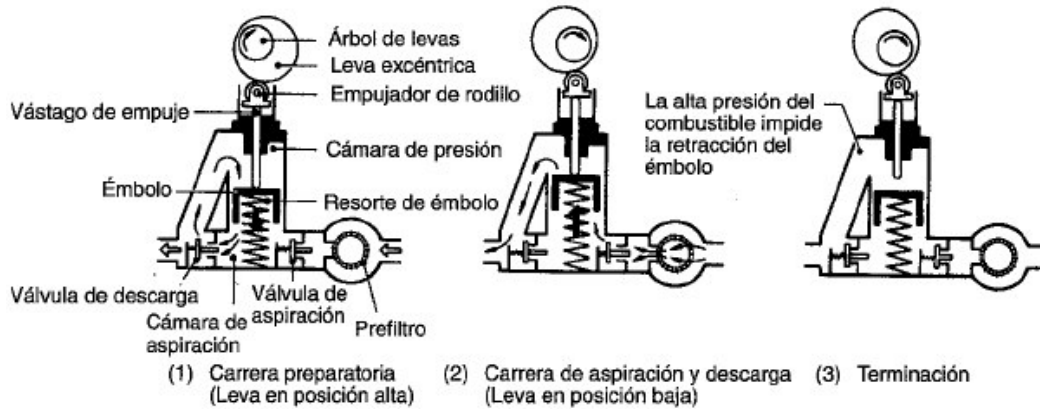


Figura 1.21. Funcionamiento de la bomba de alimentación (simple efecto) ²¹

b.- Funcionamiento de la bomba de alimentación de tipo pistón (doble efecto)

Este tipo de bomba de alimentación consta de dos válvulas de aspiración y dos válvulas de descarga de combustible.

1.- Carrera de compresión del resorte del émbolo: Al momento de que la leva aplica una fuerza descendente al émbolo, la válvula de descarga se abre y permite que el combustible que se encuentra en la cámara interior sea descargado a través del conducto de la salida para la descarga. Así en el mismo tiempo la válvula de aspiración se abre para aspirar o absorber combustible en la cámara exterior.

²¹ Fuente: Denso Corporation(Sistemas de Inyección)

2.- Carrera de retracción del resorte del émbolo: Después de que la leva gira a la posición original, el émbolo es devuelto a la parte superior por la acción del muelle del émbolo. Es en este momento cuando la válvula de descarga se abre para desfogar el combustible en la cámara exterior, mientras que la válvula de aspiración se abre para admitir combustible en la cámara interior.

La bomba de transferencia realiza los procesos ya mencionados para bombear el combustible durante las carreras ascendente y descendente del émbolo. Debido a que ésta bomba produce una alta presión de descarga cuando la leva empuja el émbolo hacia abajo, este sistema de suministro de combustible debe incorporar una válvula de cebado y retorno de combustible.

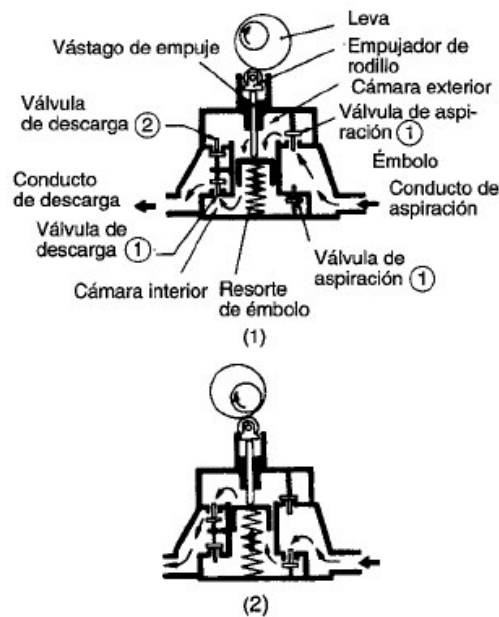


Figura 1.22. Funcionamiento de la bomba de alimentación (doble efecto) ²²

²² Fuente: Denso Corporation(Sistemas de Inyección)

1.2.1.1.7. *Topes de varilla de control y limitador de humo*

a.- Topes de varilla de control

Entre los principales topes de varilla de control se encuentran, los rígidos y de resorte, topes para la entrega a carga máxima con destrabe mecánico para el arranque, topes con un mecanismo de control ínter construido de control de torque.

1.- Tope rígido y de resorte de exceso de combustible para el arranque: Se usa principal con los gobernadores con una baja velocidad en vacío, el cual sirve para limitar la entrega de combustible al arranque.

2.- Tope automático de la varilla de control para plena carga: Cuando el motor está parado, los resortes de los contrapesos del gobernador a través del perno deslizante, oprime al resorte del balancín como resultado este balancín jala al tope de plena carga hacia abajo, en consecuencia cuando el motor se pone en marcha se mueve la varilla hasta la posición de arranque.

Una vez que el motor haya arrancado el perno deslizante se aleja del balancín mediante la fuerza centrífuga, además la varilla de control retorna a la posición de menor suministro de combustible. Como consecuencia el resorte del balancín desliza el brazo largo a la posición superior y la oreja de la banda de paro limita la varilla de control para suministrar el combustible a plena carga.

b.- Compensar de aire (LDA)

Se utiliza en los motores turbo cargados, se determina la entrega de combustible a plena carga de acuerdo con la presión del aire en el múltiple de admisión.

El suministro de combustible a plena carga se debe ajustar en la relación correspondiente a un menor peso de aire, esta función, se lo hace mediante el limitador de humo, el cual reduce la entrega a plena carga en el rango de baja comenzando a cierta presión de la carga de aire.

Está constituida por una caja atornillada con un diafragma herméticamente al aire, la cual tiene una conexión hacia la presión del múltiple de admisión del motor. El diafragma es empujado por la presión de carga el cual mediante un eje empuja un balancín el cual modifica el tope de recorrido máximo de la varilla de control, un aumento en el recorrido de esta dará como resultado un mayor caudal de combustible inyectado equiparando así la relación aire-combustible dentro de la cámara de combustión.

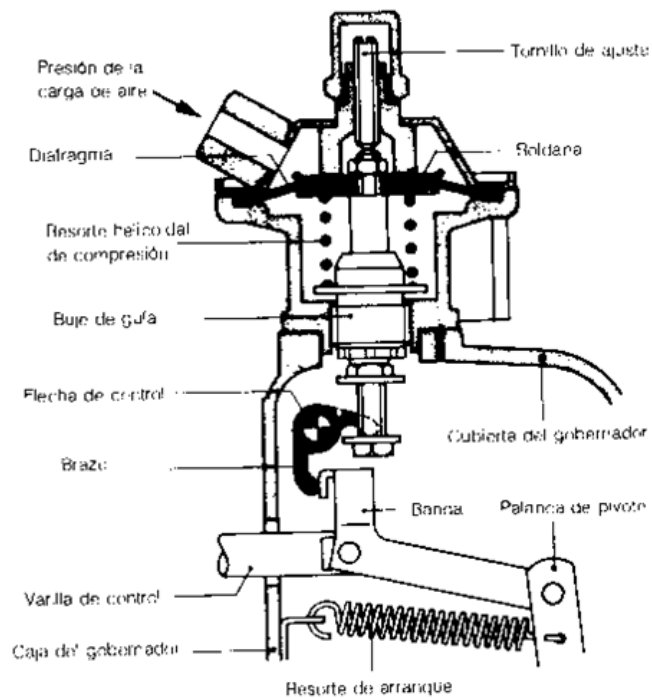


Figura 1.23. Compensador de aire²³

²³ Thiessen, F. y Dales, D., Manual de Mecánica Diesel, 1990

1.2.1.1.8. *Lubricación*

La lubricación en las bombas de inyección diesel lineales son con un aceite 15w40 igual al que se utiliza en el motor existen dos tipos de lubricación que son:

1.- Lubricación de un depósito: En las bombas de inyección diesel antiguas se necesitaba de un depósito de aceite para la lubricación; este sistema mantiene un nivel constante de aceite en el cárter del árbol de levas, Este sistema tenía un defecto que tanto las levas como los taques de empuje sufrían un desgaste forzoso por la separación que hay entre el embolo y barril el cual el aceite se contaminaba con el combustible (diesel) por lo cual este sistema ya es discontinuado y fue reemplazado por otro.

2.- Lubricación de circulación de alimentación forzada: Este sistema está conectado directamente al circuito del motor, el cual suministra el aceite a las levas, a los taques de empuje, y al gobernador con una lubricación perfecta para que no tenga ningún daño ningún elemento ya mencionado; cuando el nivel de aceite esta en exceso el aceite se retorna dependiendo del tipo de bomba que puede ser retornado a través de la tapa de cojinete y el árbol de levas o un sangrador de rebose.

1.2.1.1.9. *Reglaje y control de la bomba de inyección en línea*

La calibración es el proceso mediante el cual se controla o se ajusta la cantidad necesaria de combustible que se entrega por cada uno de los elementos de bombeo de tal forma que entrega exactamente la misma cantidad de combustible.

Los ajustes se lo realizan moviendo el embolo de cada uno de los elementos de bombeo o ajustando los topes de control de la cremallera esto va a depender del diseño de la bomba.

a.- Procedimiento de la bomba de inyección en el banco de pruebas

Se monta al banco de pruebas la bomba de inyección asegurándose que tenga suficiente espacio entre el acople de la bomba y el acople motriz de banco de pruebas; se conecta la entrada de combustible y salida (retorno) de combustible se debe tener en cuenta llenar la unidad de bomba con el aceite lubricante si la bomba es lubricada con el mismo aceite del motor. Se debe seleccionar el giro de la bomba verificado si es izquierda (L) ó es derecha (R) luego se abre el suministro del combustible que va hacia la cámara combustible para realizar el purgado y salga todo el aire que se encuentra en la cámara.; se mueve la palanca de velocidad a la posición máxima para así verificar la entrega máxima de combustible del émbolo en los tubos de ensayo durante en número especificado de golpes cuantas veces sea necesario se debe realizar este procedimiento hasta que se encuentre todos los émbolos con exactitud cómo nos indica el fabricante; luego se realiza la verificación del regulador ajustando todos los topes de regulación como nos especifica el fabricante.

Después de todos los procedimientos se debe sellar la bomba con sellos de seguridad para asegurar que no sea manipulado.

1.2.1.1.10. *Mantenimiento preventivo de la bomba en línea*

1.- Limpieza general: Se debe limpiar las partículas de polvo que se encuentren impregnadas en la bomba de inyección siempre y cuando se vaya a aflojar cualquier conducto de combustible, cambio de filtro, u otros implementos que se adhieran a la misma; esta limpieza se lo realiza con un cepillado de todo el contorno de la bomba luego se realiza una limpieza con un solvente apropiado y se lo seca con aire comprimido se

debe tener muy en cuenta que si ingresa una partícula de polvo acorta la vida útil de trabajo de la bomba.

2.- Combustible: Debe estar lo más limpio posible y libre de impurezas con el fin de evitar fallas prematuras en las partes y piezas de la bomba; se debe considerar que la humedad existente en el ambiente generara agua dentro del tanque de combustible por lo que se sugiere drenar frecuentemente el tanque.

3.-Aceite lubricante: La bomba de inyección se encuentra lubricada por el mismo aceite del motor por lo que se debe cambiar el aceite y los filtros regularmente con el fin de que llegue el aceite lo más limpio posible.

1.3. ESTRUCTURA METALICA

1.3.1. Constitución de la estructura

La estructura metálica tiene el propósito fundamental de lograr una estructura sólida, económica y segura, la que debe cumplir con los requerimientos de función, habilidad y estética. Tiene la capacidad de resistir cargas sin que exista deformaciones excesivas por ello la estructura transmite las fuerzas de un punto al otro en el espacio resistiendo su aplicación sin perder la estabilidad. Tiene la función de soportar el peso de los objetos; sostener objetos sobre ella; y contener objetos en el interior de la misma.

1.3.2. Esfuerzos

Cuando hay dos o más fuerzas que son aplicadas sobre los cuerpos aparecen en ellos tensiones internas que tienden a deformarse, estas tensiones se las conoce como esfuerzos.

Tenemos algunos tipos de esfuerzos que se va a mencionar los esfuerzos que pueden ser ejercidos en la estructura metálica a ser aplica.

1.3.2.1. Esfuerzo de compresión

Este esfuerzo somete a que las fuerzas que actúen sobre el tiendan a comprimirlo, es necesario dos fuerzas opuestas que actúen hacia el interior del cuerpo en la misma dirección y sentidos contrarios. Los pilares de la estructura están sometidos a compresión.

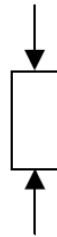


Figura 1.32. Esfuerzo de Compresión

1.3.2.2. Esfuerzo de tracción

Son las que están sometidas las fuerzas que actúen sobre el tendiéndose a estirarse. Las fuerzas son opuestas, actuando hacia el exterior del cuerpo, en la misma dirección y sentidos opuestos. Una cuerda a través de la cual pretendemos levantar un peso está sometida a tracción.

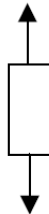


Figura 1.33. Esfuerzo de tracción

1.3.2.3. Esfuerzo de flexión

Este esfuerzo tiene la particularidad de que las fuerzas actúen sobre él y tiendan a doblarlo.

Tiene que tener por lo menos tres fuerzas para que se produzca flexión caso contrario no la tendrá. La viga es sometida a flexión cuando soporta un peso.

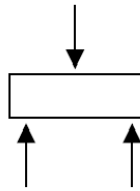


Figura 1.34. Esfuerzo de flexión

1.3.2.4. Esfuerzo de torsión

En éste esfuerzo tienden a torcerse cuando las fuerzas actúan sobre él. El latón utilizado podría torcerse si se aplica fuerzas no deseadas.

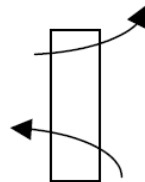


Figura 1.35. Esfuerzo de torsión

1.3.3. Elementos estructurales

Las estructuras metálicas más habituales están construidas con elementos sencillos como pilares, vigas, escuadras y tirantes.

1.3.3.1 Pilar

Es un elemento vertical que soportara el peso de la estructura metálica cabe recalcar que un pilar colocado sobre una base se puede soltar con un pequeño esfuerzo.

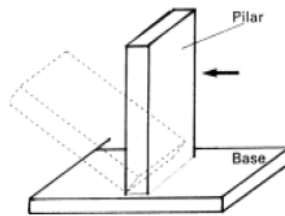


Figura 1.36. Elemento estructural de tipo pilar ²⁴

1.3.3.2. Escuadra

Es en forma de triángulo que refuerza pilares (y vigas) asegurando su estabilidad.

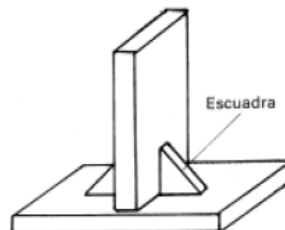


Figura 1.37. Elemento estructural de tipo escuadra ²⁵

²⁴⁻²⁵ Fuente Internet: www.construaprender.com

1.3.3.3. Viga

Tiene un elemento horizontal que soporta las cargas de la estructura y es transmitida hacia las vigas.

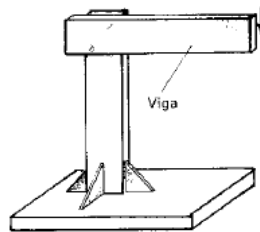


Figura 1.38. Elemento estructural de tipo viga ²⁶

1.3.4. Perfiles estructurales

Son piezas de acero laminado porque son de acero y son utilizados en la mayoría de veces para reforzar a la estructura metálica para poder resistir las fuerzas a ser sometidas cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, ángulo; también encontramos barras hexagonales en todos los tamaños; y planchas de acero laminado en caliente con anchos de 203mm y 219mm y con espesores de 5,8mm y mayores de 4,5mm.



Figura 1.39. Perfil estructural tipo plano ²⁷

^{26 -27} Fuente Internet: www.construaprender.com

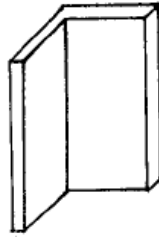


Figura 1.40. Perfil estructural tipo Angular ²⁸

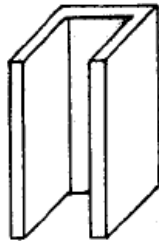


Figura 1.41. Perfil estructural tipo “U” ²⁹

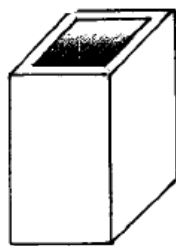


Figura 1.42. Perfil estructural tipo tubular cuadrado ³⁰

²⁸⁻²⁹⁻³⁰ Fuente Internet: www.construaprender.com

1.3.5. Soldadura eléctrica

Es la unión de 2 o más piezas metálicas, con o sin material de aporte, utilizando cualquier tipo de aplicación de presión, y también calentando los materiales a una temperatura determinada. Es conocido también al material base como las piezas por unir y material de aporte al material con que se suelda.

1.3.5.1. Tipos de soldadura

1.3.5.1.1. Soldadura por arco eléctrico

La energía producida que se obtiene por medio del calor producido por el arco eléctrico que se forma en el entrehierro comprendido entre la pieza a soldar y la varilla que sirve como electrodo, el electrodo también provee el material de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, realizando así la unión de las piezas este proceso genera una temperatura superior de 5500 °C.

La corriente empleada puede ser continua o alterna, para mejores trabajos se utiliza la corriente continua debido a que la energía es más constante y el arco eléctrico que es generado es más estable, mientras que la corriente alterna permite realizar soldaduras en posición horizontal y con materiales ferrosos mientras que la corriente continua no presta esas limitaciones de posición y material.

El principio de funcionamiento es que el arco se enciende cortocircuitando el electrodo con la pieza a soldar, en esta situación el punto de contacto se realiza el calentamiento óhmico

que es intenso el cual se empieza a fundir el extremo del electrodo produciendo ionización térmica y así estableciendo el arco eléctrico.

El diámetro del electrodo se mide en el núcleo y nos permite determinar la intensidad de la corriente promedio que debe utilizarse. Por ejemplo, para un diámetro de 4 mm puede emplearse una corriente de unos 150 a 200 A. La longitud de los electrodos tiene la medida más usual que es de 356mm.

1.3.5.1.2. *Soldadura con gas*

Las soldaduras que se emplean gas generan la energía necesaria para fundir el material de aporte. Los combustibles que se utiliza son el acetileno y el hidrógeno los que al combinarse con el oxígeno, como comburente generan la soldadura oxiacetilénica. La soldadura oxiacetilénica se combina el acetileno con el oxígeno en un soplete, los mayores problemas del acetileno es que no se puede almacenar a presión por lo que este gas se puede obtener por medio de generadores de acetileno el cual se les agrega acetona.

En los sopletes de la soldadura oxiacetilénica se pueden obtener tres tipos de llama que son reductora, neutral y oxidante. La que más se utiliza es la llama neutral, la cual está balanceada en la cantidad de acetileno y oxígeno que utiliza en su cono luminoso la temperatura es de 3500 °C; en el cono solvente alcanza 2100 °C y en la punta extrema llega a 1275 °C.

En la llama reductora tenemos exceso de acetileno lo que genera que entre el cono luminoso y el envolvente exista un cono color blanco cuya longitud está definida por el exceso de acetileno.

La llama oxidante tiene igual apariencia a la llama neutral excepto que el cono luminoso es corto y el cono envolvente tiene más color.

1.3.6. Electrodos

El electrodo nos sirve para conducir la corriente a través de la pieza de trabajo y fusionar dos piezas juntas para poder ser unidas, el electrodo se encuentra compuesto de un núcleo o también conocido como alma el cual se encuentra en la parte interior de la varilla, por la cual se determina el diámetro del electrodo y el revestimiento que se encuentra en la parte externa. El revestimiento forma una copa en la punta del electrodo para poder dirigir el arco y las gotas del metal fundido se combinan con el oxígeno y el nitrógeno del aire y también los elementos que tiene el metal para ser soldados formando compuestos de poca densidad que suben a la superficie de la soldadura en forma de escoria.

1.3.6.1. Tipos de electrodos

a.- Electrodo de carbón

Son muy pocos utilizados en la actualidad, el electrodo de carbón se utiliza como un conductor para generar calor, el cual el metal de aporte se agrega por separado.

b.- Electrodo metálico

El electrodo metálico tiene una función peculiar que sirve de metal de aporte al derretirse sobre los materiales a ser unidos.

c.- Electrodo recubierto

Los más utilizados en la actualidad son los electrodos metálicos con recubrimientos que mejoran satisfactoriamente la soldadura, las funciones de los recubrimientos son las siguientes:

- ✓ Proveen una atmósfera protectora.
- ✓ Proporcionan escoria de características adecuadas para proteger al metal fundido.
- ✓ Estabilizan el arco.
- ✓ Añaden elementos de aleación al metal de la soldadura.
- ✓ Desarrollan operaciones de enfriamiento metalúrgico.
- ✓ Reducen las salpicaduras del metal.
- ✓ Aumentan la eficiencia de deposición.
- ✓ Eliminan impurezas y óxidos.
- ✓ Influyen en la profundidad del arco.
- ✓ Disminuyen la velocidad de enfriamiento de la soldadura.

1.3.6.2. Identificación de los electrodos

En la mayoría de electrodos se especifican con cuatro o cinco dígitos:

E XX X X

Empieza con la letra “E” que significa electrodo y se refiere a la soldadura por arco.

E XX X X

Las dos primeras cifras de un número de cuatro cifras o las tres primeras cifras de un número de cinco cifras se designan la resistencia a la tracción.

E 60 X X

La penúltima cifra indica la posición para soldar, el numero 1 significa para todas las posiciones, el numero 2 significa posición horizontal o plana, y el numero 3 significa posición plana solamente.

E XX 1 X

Con la última cifra nos indica tipo de corriente, tipo de escoria, el tipo de arco, y la penetración que puede realiza

E XX X 3

1.3.7. Seguridad en la soldadura eléctrica

Las operaciones de soldadura por arco eléctrico presentan una serie de peligros que es necesario tener en cuenta para evitar accidentes personales. Entre los mismos encontramos los de origen netamente eléctrico como los originados por soldar sin máscaras de protección debida a la gran emisión de radiación ultravioleta.

a.- Recomendaciones generales de seguridad:

- ✓ Controlar el estado de los cables antes de usarlos.

- ✓ Verificar si los terminales o enchufes están en buen estado.
- ✓ Tomar los recaudos necesarios para la conexión del neutro y la tierra (especial cuidado puesto que los errores en esta toma de tierra pueden ser graves).
- ✓ El cable de masa se conectará sobre la pieza a soldar o lo mas cerca que sea posible.
- ✓ No trabajar en recintos que hayan contenido gases o líquidos inflamables, sin que previamente hayan sido debidamente ventilados.
- ✓ En caso de utilizar electrodos que generen humos, poner en funcionamiento los aspiradores correspondientes, o en caso contrario, emplear equipos de protección respiratoria.
- ✓ Se comprobará que las mascararas de seguridad no estén deterioradas puesto que si así fuera no cumplirían su función.
- ✓ Verificar que el cristal de las mascararas de seguridad sea el adecuado para la tarea que se va a realizar.
- ✓ La pinza porta electrodos debe estar lo suficientemente aislada y cuando este bajo tensión deberá tomarse con guantes.

1.4. SISTEMA HIDRAULICO

1.4.1. Mecánica de fluidos

Es importante señalar primeramente que la mecánica de fluidos es la rama de la mecánica de medios continuos que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos); así como las fuerzas que los provocan.

La característica principal que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de una forma definida). También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita.

1.4.1.1. Tipos de flujo

1.4.1.1.1. Flujo compresible

Todos los fluidos son compresibles, incluyéndose a los líquidos. Cuando estos cambios de volumen son demasiado grandes se opta por considerar el flujo como compresible (que muestran una variación significativa de la densidad como resultado de fluir), esto sucede cuando la velocidad del flujo es cercana a la velocidad del sonido. Estos cambios suelen suceder principalmente en los gases ya que para alcanzar estas velocidades de flujo los líquidos precisan de presiones del orden de 1000 atmósferas, en cambio un gas sólo precisa una relación de presiones de 2:1 para alcanzar velocidades sónicas.

La compresibilidad de un flujo es básicamente una medida en el cambio de la densidad.

Los gases son en general muy compresibles, en cambio, la mayoría de los líquidos tienen una compresibilidad muy baja. Normalmente el estudio de los flujos compresibles se le conoce como dinámica de gases, siendo esta una nueva rama de la mecánica de fluidos, la cual describe estos flujos.

En un flujo usualmente hay cambios en la presión, asociados con cambios en la velocidad.

En definitiva, estos cambios de presión inducirán a cambios de densidad, los cuales influyen en el flujo, si estos cambios son importantes los cambios de temperatura presentados son apreciables. Aunque los cambios de densidad en un flujo pueden ser muy importantes hay una gran cantidad de situaciones de importancia práctica en los que estos cambios son despreciables.

1.4.1.1.2. *Flujo incompresible*

Un flujo es incompresible dependiendo del nivel de variación de la densidad del fluido durante ese flujo. La incompresibilidad es una aproximación y se dice que el flujo es incompresible si la densidad permanece aproximadamente constante a lo largo de todo el flujo. Por lo tanto, el volumen de todas las porciones del fluido permanece inalterado sobre el curso de su movimiento cuando el flujo o el fluido es incompresible. En esencia, las densidades de los líquidos son constantes y así el flujo de ellos es típicamente incompresible. Por lo tanto, se suele decir que los líquidos son sustancias incompresibles.

1.4.1.1.3. *Flujo laminar*

Según la viscosidad del fluido, un flujo se puede clasificar en laminar o turbulento. Se conoce como flujo laminar o corriente laminar al tipo de movimiento de un fluido cuando éste es perfectamente ordenado, estratificado, suave, de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse si la corriente tiene lugar entre dos planos paralelos, o en capas cilíndricas coaxiales. Las capas no se mezclan entre sí. El mecanismo de transporte es exclusivamente molecular. Se menciona que este flujo es aerodinámico; en el

flujo aerodinámico, cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente.

La ley de Newton de la viscosidad es la que rige el flujo laminar; esta ley establece la relación existente entre el esfuerzo cortante y la rapidez de deformación angular. La acción de la viscosidad puede amortiguar cualquier tendencia turbulenta que pueda ocurrir en el flujo laminar. En situaciones que involucren combinaciones de baja viscosidad, alta velocidad o grandes caudales, el flujo laminar no es estable, lo que hace que se transforme en flujo turbulento. Este flujo se da en fluidos con velocidades bajas o viscosidades altas, cuando se cumple que el número de Reynolds es inferior a 2300. Más allá de este número, será un flujo turbulento.

El número de Reynolds es un número adimensional utilizado en la mecánica de fluidos y otras ramas para caracterizar el movimiento de un fluido. Los parámetros que conforman a dicho número son el espesor de una capa límite o diámetro de una tubería, una escala de velocidad y la viscosidad cinemática.

1.4.1.1.4. *Flujo turbulento*

En mecánica de fluidos, se le conoce como flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, inestable, en la cual las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible.

El flujo turbulento es mas comúnmente desarrollado debido a que la naturaleza tiene tendencia hacia el desorden y esto en términos de flujos significa tendencia hacia la turbulencia. Este tipo de flujo se caracteriza por trayectorias circulares erráticas. El flujo turbulento ocurre cuando las velocidades de flujo son generalmente muy altas o en fluidos en los que las fuerzas viscosas son muy pequeñas.

La turbulencia puede originarse por la presencia de paredes en contacto con el fluido o por la existencia de capas que se muevan a diferentes velocidades. Además, un flujo turbulento puede desarrollarse bien sea en un conducto liso o en un conducto rugoso.

En el flujo turbulento las partículas se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas. El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales.

La turbulencia según definiciones actuales menciona que puede producirse por el paso del fluido sobre superficies de frontera, o por el flujo de capas de fluido, a diferentes velocidades que se mueven una encima de la otra.

Si el número de Reynolds es mayor a 4000 el flujo será turbulento.

a.- Tipos de turbulencia

- 1.- Turbulencia de pared: Generada por efectos viscosos debida a la existencia de paredes.
- 2.- Turbulencia libre: Producida en la ausencia de pared y generada por el movimiento de capas de fluido a diferentes velocidades.

1.4.1.1.5. *Caudal*

El caudal es la cantidad de fluido que se entrega en una unidad de tiempo. Existen dos tipos de caudal.

a.- Caudal Fijo

El caudal fijo o constante es aquel que se entrega siempre con el mismo volumen de fluido en una unidad de tiempo.

b.- Caudal Variable

El volumen varia únicamente al variar (aumentar o disminuir) la velocidad del fluido.

1.4.2. Circuito Hidráulico

Para poder transmitir y controlar la potencia de los líquidos a presión, necesitamos un conjunto de componentes interconectados, el número de componentes dependen del circuito que se vaya a realizar, que básicamente utilizan agua, aceite, etc.

1.4.2.1. Depósito de combustible

La función principal del depósito de combustible es de contener y almacenar el líquido (combustible) del circuito hidráulico.

Este depósito también nos ayuda a enfriar el líquido (combustible) permitiendo así el asentamiento de los contaminantes como pueden ser partículas de tierra, y el escape del aire retenido.

1.4.2.2. Filtro de combustible

El filtro de combustible es una parte esencial del sistema de alimentación, puesto que el mecanismo interno de las bombas y otros componentes, deben protegerse contra cualquier cuerpo extraño que pueda encontrarse en el combustible.

La función del filtro es retener las impurezas que pueda llevar en suspensión el combustible. Incluso impurezas mínimas pueden dar lugar a perturbaciones en el sistema de alimentación.

1.4.2.3. Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas son los encargados de producir la presión hidráulica, hasta el valor nominal que precisa el sistema, de acuerdo con las condiciones que se requiere. Para ello la bomba se alimenta de líquido (combustible) almacenado en un depósito.

La energía requerida por la bomba se lo puede realizar por medio de un motor eléctrico, que tiene la función de elevar un fluido desde un nivel determinado a otro más alto o bien, a convertir la energía mecánica en energía hidráulica.

Todas las bombas desplazan líquido, pero este desplazamiento puede ser:

- a.- Positivo: produce un caudal y lo sostiene contra la resistencia del circuito hidráulico.
- b.- No Positivo: produce un caudal no sostenido.

1.4.2.3.1. *Características de las Bombas*

a.- Caudal

Es el volumen de fluido que entrega la bomba en la unidad de tiempo a 1500 rpm. Existen bombas de:

- ✓ Caudal fijo
- ✓ Caudal variable

b.- Presión

Hay que conocer la presión máxima que soporta la bomba, este valor es dado por el fabricante.

c.- Velocidad de giro

Se debe conocer también para calcular el mecanismo de accionamiento para que de ese caudal.

1.4.2.3.2. *Rendimiento de la bomba*

La operación y eficiencia de la bomba hidráulica, en su función básica de obtener una presión determinada, a un número también determinado de revoluciones por minuto se define mediante tres rendimientos a saber:

a.- Rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico de la bomba es el cociente que se obtiene al dividir el caudal de líquido que comprime la bomba y el que teóricamente debería comprimir. Dicho en

otros términos el rendimiento volumétrico expresa las fugas de líquido que hay en la bomba durante el proceso de compresión.

El rendimiento volumétrico es un factor de la bomba muy importante, pues a partir de él se puede analizar la capacidad de diseño y el estado de desgaste en que se encuentra una bomba.

El rendimiento volumétrico se ve afectado también por la presión del fluido hidráulico que se transporta y también por la temperatura del mismo.

b.- Rendimiento mecánico

El rendimiento mecánico mide las pérdidas de energía mecánica que se producen en la bomba, debidas al rozamiento y a la fricción de los mecanismos internos.

En términos generales se puede afirmar que una bomba de bajo rendimiento mecánico es una bomba de desgaste acelerado.

c.- Rendimiento total o global

El rendimiento total o global es el producto de los rendimientos volumétrico y mecánico. Se llama total porque mide la eficiencia general de la bomba en su función de bombear líquido a presión, con el aporte mínimo de energía al eje de la bomba.

Así pues el rendimiento total se expresa como el consumo de energía necesario para producir la presión hidráulica nominal del sistema.

1.4.2.3.3. Tipos de bombas

a.- Bombas de volumen fijo o bombas de desplazamiento fijo

Estas bombas se caracterizan porque entregan un caudal fijo a velocidad constante, se usa más comúnmente en los circuitos industriales básicos de aplicación mecánica de la hidráulica.



Figura 1.45. Bomba de engranes simples ³¹

b.- Bombas de engranes y piñones

La bomba de engranes se denomina también "caballo de carga" y son las más utilizadas. Las bombas de engranes exhiben buenas capacidades de vacío a la entrada y para las situaciones normales también son auto cebantes; tienen una característica importante es la cantidad relativamente pequeña de pulsación en el volumen producido.

c.- Bombas de engranes de baja presión

³¹ Thiessen, F. y Dales, D., Manual de Mecánica Diesel, 1990

La flecha impulsora gira, los dos piñones como están engranados, girarán en direcciones opuestas. La rotación es hacia el orificio de entrada desde el punto de engrane. Conforme los dientes de los dos piñones se separan, se formará una cavidad y se produce un vacío en el orificio de entrada. Este vacío permitirá a la presión atmosférica forzar el fluido al lado de entrada de la bomba. El fluido será confinado en el espacio entre los dientes del engrane. La rotación continuada de los engranes permitirá que el fluido llegue hasta la salida.

Una desventaja de este tipo de bombas son los escapes o pérdidas internas en la bomba producidas en la acción o esfuerzo para bombear un fluido a presión.

d.- Bombas de engranes de alta presión

Los factores que mejoran la capacidad de una bomba para desarrollar un vacío alto en la admisión, también producirán incrementos muy favorables en la eficiencia volumétrica y total de la bomba.

La capacidad relativamente alta de vacío en la admisión de las bombas de engrane, las ha hecho más adaptables a los problemas que se presentan en el equipo móvil y para minería.

e.- Bombas de paletas

Está diseñado de un rotor ranurado es girado por la flecha impulsora. Las paletas planas rectangulares se mueven acercándose o alejándose de las ranuras del rotor y siguen a la forma de la carcasa o caja de la bomba. El rotor está colocado excéntrico con respecto al eje de la caja de la bomba.

La bomba mostrará desgaste interior de la caja y en las aristas de las paletas, causado por el deslizamiento de contacto entre las dos superficies.

Este tipo de bomba tendrá la misma situación en lo que se refiere a la carga sobre los cojinetes que el caso de las bombas de engranes.

f.- Bombas de pistón

Las bombas de pistón generalmente son consideradas como las bombas que verdaderamente tienen un alto rendimiento en las aplicaciones mecánicas de la hidráulica. Algunas bombas de engranes y de paletas funcionarán con valores de presión cercanos a los 2000 lb/plg², pero sin embargo, se les consideraran que trabajan con mucho esfuerzo. En cambio las bombas de pistón, en general, descansan a las 2000 lb/plg² y en muchos casos tienen capacidades de 3000 lb/plg² y con frecuencia funcionan bien con valores hasta de 5000lb/plg². Estas bombas tienen un menor desgaste de piezas por ser una bomba de descanso y no sufren fatiga de material.

g.- Bombas de volumen variable

La acción de bombeo de las bombas de volumen variable es a grandes rasgos similar a la acción de bombeo de las bombas de volumen fijo.

- ✓ Los volúmenes variables para bombas de engranes únicamente son utilizables si se varía la velocidad de impulsión de la bomba. El factor de escape uniforme prohíbe la eficiencia constante con velocidad variable y elimina a las bombas de engranes para uso potencial de volumen variable.

- ✓ Las bombas de paletas pueden adaptarse para producir volúmenes variables, pero las restricciones de la conversión generalmente lo limitan. Una bomba de paletas de volumen variable no puede ofrecer una carga hidráulica balanceada en la caja interna de bombeo. Los volúmenes variables pueden conseguirse con bombas de paletas si se cambia la excentricidad del anillo de desgaste, en relación al rotor y las paletas.
- ✓ Las bombas de pistón son las mejores adaptadas para diseños de volumen variable, y las bombas axiales de pistón generalmente son consideradas como las más eficientes de todas las bombas, y son por sí solas las mejores para cualquier condición de volumen variable. Las bombas radiales de pistón son también utilizables para producir volúmenes variables.

1.4.2.4. Inyectores

Los inyectores tiene la función de dirigir la cantidad medida de combustible a la cámara de combustión dado por la bomba de inyección, el combustible se descarga de la tobera y se realiza la pulverización finamente divididas de tal modo que se mezcle completamente con el aire comprimido en la cámara de combustión.

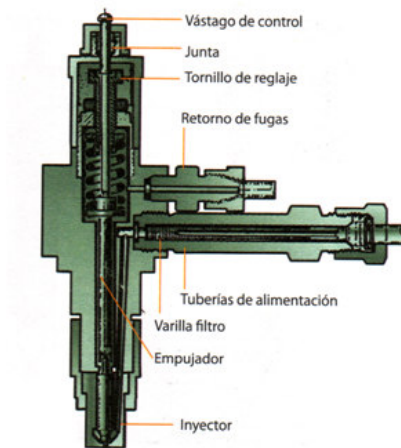


Figura 1.46. Composición del inyector ³²

Los inyectores son sometidos a condiciones de trabajo muy forzadas y las exigencias son muy elevadas, los inyectores tienen que abrirse y cerrarse 2500 veces por minuto, hay algunos de ellos que trabajan con presiones de hasta 3000 bares dependiendo del tipo de motor soportando temperaturas de 500 grados centígrados.

Existen distintos tipos de inyectores que varían según el motor y el sistema de inyección empleada hay algunos tipos de inyectores; inyectores pasivos, inyectores bomba inyector, y inyectores electro inyectores.

1.4.2.4.1. *Inyectores pasivos*

Estos inyectores son denominados pasivos por que dependen esencialmente de la bomba que impulsa el combustible, si la presión es bien suministrada el inyector se abre cuando disminuye la presión el inyector se cierra parcialmente. Se emplean en todos los sistemas

³² Moreno, G. y Castro, L., Motores Diesel, 2008

alimentados por la bomba de inyección lineal y rotativa que son los que se encargan de controlar la cantidad de combustible que se envían a los inyectores.

El cuerpo del inyector tiene un canal por donde ingresa el combustible a presión donde se llena la cámara de impulsión, en la parte inferior del cuerpo, la aguja de la tobera tiene un asiento dependiendo del tipo de aguja cuando la presión aumenta la aguja se separa de su asiento y el combustible escapa por los orificios de inyección y esto depende de cuantos orificios tenga dependiendo del tipo de tobera.

La aguja de la tobera es empujada hacia abajo mediante un vástago empujador, un resorte y un tornillo de calibración. La presión ejercida sobre la aguja mueve al vástago empujador mediante el resorte se levanta la aguja del asiento permitiendo que el combustible a presión fluya hacia la cámara de combustión.

1.4.2.4.2. *Tipos de inyectores*

a.- Inyector de toberas tipo agujero

Se utilizan para motores de combustión directa. La tobera de tipo agujero tiene un cono en la parte superior de la tobera el cual sirve de asiento; hay toberas de un agujero el cual tiene un solo orificio que puede estar barrenado central o lateralmente, y en la tobera de agujeros múltiples los orificios tiene un ángulo de 180° para poder obtener una distribución optima de combustible en la cámara de combustión.

b.- Inyector de tobera tipo aguja

Se usan para motores de combustión indirecta. La tobera de tipo aguja tiene una aguja de forma especial en la parte superior de la tobera la cual se proyecta dentro del agujero de

aspersión, del cuerpo de la tobera con una holgura pequeña. Estas toberas tienen un tipo de aspersión que se puede cambiar las dimensiones y perfiles de la aguja.

La tobera de aguja son usados en los motores de combustión indirecta, al combustible se lo prepara principalmente por la turbulencia del aire, respaldada por una forma adecuada de la aspersión.

1.4.2.5. Manómetros

Es un instrumento que se utiliza para medir presiones de fluidos tanto líquidos como gases, todos los manómetros tienen una propiedad cuando son sometidos a presión por lo cual; el cambio se manifiesta en una escala determinada directamente en la unidades de presión correspondientes.

1.4.2.5.1. Tipos de manómetros

a.- Manómetros de tubo U

Estos están formados por un tubo de vidrio en forma de U se encuentra lleno de líquido de una densidad conocida uno de los extremos es conectado a donde se quiere medir y otro extremo libre hacia la atmosfera.

Cuando se genera la presión en el extremo donde se va a medir se produce el movimiento del líquido dentro del tubo dando una diferencia de nivel conocida como h (altura), esta dependerá de la presión y la densidad del líquido.

Estos manómetros miden presiones menores que la atmosférica pero la diferencia es que la columna de líquido ascenderá en el lado de baja presión.

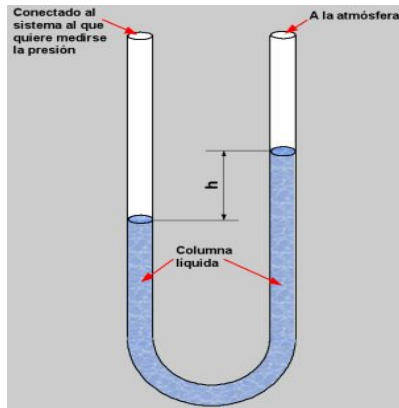


Figura 1.47. Manómetro de tubo U ³³

b.- Manómetro de tubo de Bourdon

Este tipo de manómetro tiene un tubo metálico elástico aplanado y con una curva de forma especial llamado tubo de Bourdon. Cuando se realiza una medición el tubo se tiende a enderezarse cuando en su interior actúa una presión por lo que el tubo de Bourdon es desplazada y mueve un juego de palancas y engranes que realiza un movimiento amplificado de una aguja que nos indica la presión en la escala.

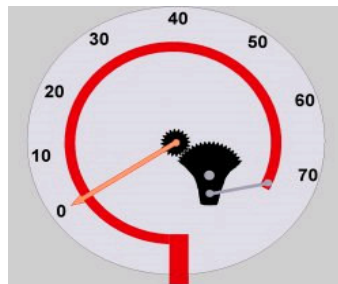


Figura 1.48. Manómetro de tubo de Bourdon ³⁴

³³ - ³⁴ Fuente Internet: www.sabelotodo.org

c.- Manómetro de fuelle

Este manómetro tiene un elemento elástico en forma de acordeón el cual se le aplica la presión a medir, esta presión estira el fuelle y el movimiento de su extremo libre se transforma en el movimiento de la aguja indicadora.

Otro tipo de manómetro de fuelle es el manómetro de diafragma, en este caso la presión actúa sobre un diafragma elástico el que se deforma y la deformación se convierte en el movimiento del puntero indicador.

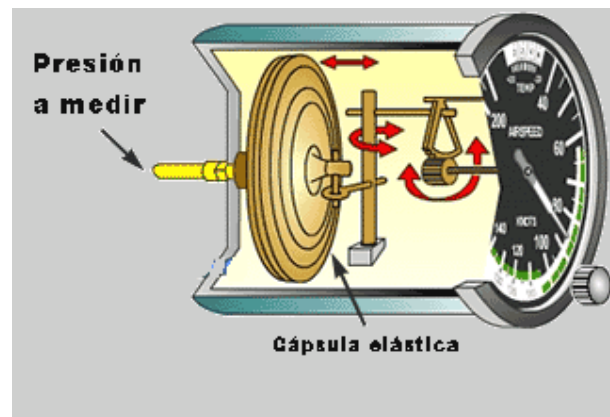


Figura 1.49. Manómetro de fuelle ³⁵

1.4.2.6. Probetas

La probeta graduada es un instrumento volumétrico, que nos sirve para calcular volúmenes superiores, aunque con menor precisión.

³⁵ Fuente Internet: www.sabelotodo.org

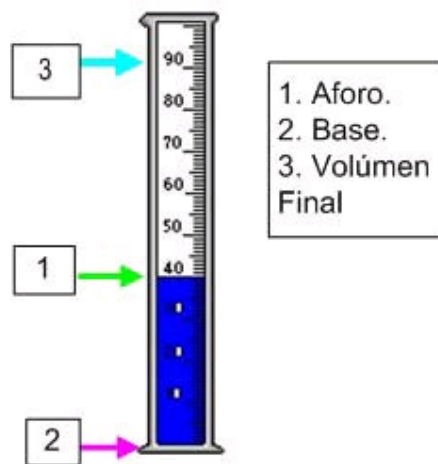


Figura 1.50. Probeta ³⁶

Su constitución es de un tubo transparente el cual tiene una graduación, que son varias marcas grabadas empezando desde 5ml, 10ml, 15ml dependiendo del tamaño de la probeta, en la parte inferior está cerrado, mientras que en la parte superior está abierta para poder introducir el liquido a medir (combustible). Estas probetas se debe tener mucho cuidado en manipular por lo que son de vidrio un pequeño golpe se puede romper y son las más utilizadas para medir, por lo que también hay probetas de plástico el cual son más fáciles de manipular pero no muy exactas en la medición.

1.5. SISTEMA ELÉCTRICO

1.5.1. Motor Eléctrico

El motor eléctrico es aquel que convierte la energía eléctrica en mecánica. Está formado por un estator (permanece fijo a la carcasa) y un rotor (gira en el interior del estator). El

³⁶ Fuente Internet: www.google.com.ec/images/probetasgraduadas

motor funciona por la atracción y repulsión entre campos magnéticos creados en unas bobinas colocadas en el rotor y en el estator. Las bobinas son alimentadas con corriente eléctrica para crear los campos magnéticos. La alimentación del rotor se realiza por medio de un colector (que gira con el rotor) y de escobillas (que permanecen fijas en la carcasa). Los motores eléctricos pueden funcionar con corriente eléctrica continua o alterna siendo necesario estructuras internas diferentes.

a.- Motor eléctrico de corriente continúa

Motor que funciona con corriente eléctrica continúa. El campo magnético se crea en el inducido (rotor) y en el inductor (estator). Necesitan un colector en el rotor y escobillas para su alimentación eléctrica. Este tipo de motor fue el primero que se utilizó en la tracción de los vehículos eléctricos por la simplicidad de los sistemas de control de revoluciones. Tiene un elevado mantenimiento por el desgaste de las escobillas y de los colectores por el alto consumo de corriente que tienen. En los motores de alta potencia, su tamaño llega a ser muy voluminoso.

b.- Motor eléctrico de corriente alterna

Motor que funciona con corriente eléctrica alterna y que pueden ser asíncronos y síncronos. Los motores asíncronos tienen un rotor formado por una jaula de ardilla (conductores eléctricos colocados en un cilindro simulando la ruleta utilizada en las jaulas de ardillas o ratones) que no es alimentado con corriente eléctrica. El estator es alimentado con corriente eléctrica y crea los campos magnéticos variables. Este tipo de motor tiene un mantenimiento muy reducido y bajo coste, se utiliza en la industria pero no en el automóvil por sus elevadas dimensiones y la dificultad para controlar la velocidad de giro. Los motores síncronos tienen el rotor alimentado con corriente eléctrica y crea los campos

magnéticos variables junto al estator. Necesita colector y escobillas, lo que aumenta su coste y mantenimiento, pero tiene un tamaño reducido y puede controlarse más fácilmente el número de revoluciones. Además permiten una mejor evacuación del calor generado en el inducido al estar en el estator (fijo a la carcasa).

1.5.1.1. Motor trifásico

El motor trifásico está constituido principalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de laminas ferro magnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatoricos y rotoricos respectivamente.

Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

El sistema trifásico consta de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, en torno a 120° , y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

Los motores que admiten las conexiones estrella y triángulo, son alimentados por dos tensiones diferentes, 230 V y 400 V, siendo especificado en su placa de características.

1.5.1.1.1. *Partes del motor giratorio*

a.- Estator

Es la parte fija del motor y se compone de:

1.- Carcasa: Parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con hierro fundido o acero laminado.

2.- Núcleo Magnético: Es un apilado de láminas ferro magnéticas de pequeño espesor aisladas entre sí por medio de barnices.

3.- Bobinado estatorico: Bobinas que tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras (abiertas o semi-cerradas) que tienen el núcleo.

4.- Bornera: Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcasa, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estatorico. Los bornes a los cuales se conectan los principios de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1, W1 y los finales U2, V2 y W2.

b.- Rotor

Básicamente está formado por un eje y un paquete de laminas ferro magnéticas, que llevan en la periferia unas ranuras para alojar las bobinas rotoricas.

Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor.

1.5.2. Circuito Eléctrico

El arranque directo de un motor, absorbe elevadas corrientes en el instante en el cual se conecta a la red, equivalente a 2.5 veces el valor de la intensidad nominal, lo cual se implicaría la utilización de devanados eléctricamente más robustos, dispositivos de control y protección de mayor rango, alimentadores de mayor capacidad aumentando de ésta manera los costos de construcción e instalación de un motor; por lo que el sistema de arranque directo no se utiliza en motores de elevada potencia.

En nuestro caso, el motor empleado requiere la utilización de un sistema de arranque denominado estrella-triángulo.

Es necesario conocer a que nos referimos con cada conexión que se aplicará en el circuito.

a.- Conexión Estrella

Básicamente consiste en unir entre sí un terminal de cada bobina del estator y alimentar el otro terminal, con lo cual se genera una tensión equivalente a la tensión entre fases, dividida por el factor $\sqrt{3}$ entre los terminales de cada bobinado.

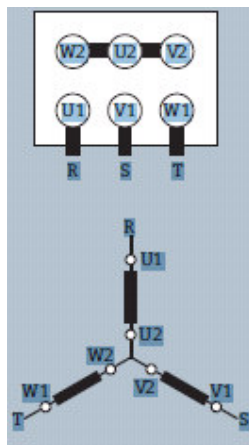


Figura. 1.51. Diagrama de conexión estrella ³⁷

b.- Conexión triángulo

Esta conexión consiste en conectar en serie las bobinas del estator y aplicar tensión equivalente a la tensión línea-línea.

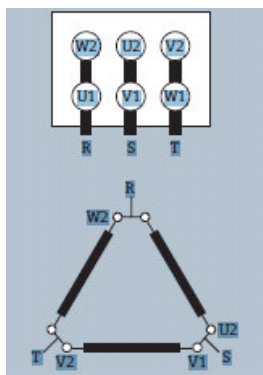


Figura. 1.52. Diagrama de conexión triángulo ³⁸

³⁷ Fuente Internet: www.ite.educacion.es/w3/recursos/fp/cacel/CACEL1

³⁸ Fuente Internet: www.ite.educacion.es/w3/recursos/fp/cacel/CACEL1

1.5.2.1. Descripción del circuito

El arranque estrella-triángulo es el método por reducción de tensión más usado por la simplicidad que ofrece el realizarlo. Este método de arranque que se utilizó para el motor empleado permite reducir la corriente de arranque a límites admisibles. Para efectuar un arranque estrella-triángulo, el motor debe estar preparado para funcionar correctamente en triángulo con la tensión suministrada en la toma de corriente.

Básicamente, el momento de arranque consiste en conectarlo primeramente en estrella, logrando así absorber una tercera parte de la corriente nominal, pero arranca lanzándose a una velocidad próxima a la nominal. El principal inconveniente es que en estrella solamente se puede aportar la tercera parte de su par motor, con lo cual no se puede cargar mientras arranca. Una vez estabilizada la velocidad, se procede a conmutar a la conexión triángulo, con lo que pasa a proporcionar todo su par motor, pero sin haber absorbido la elevada corriente o pico de arranque. Ahora, para realizar este arranque por medio de contactores, es necesario sustituir los puentes de la placa de bornes del motor por dos contactores que hagan la función de los puentes de estrella y los de triángulo. Cabe recalcar que ambos contactores no pueden estar activados a la vez en ningún momento. Normalmente la secuencia de conexiones puede establecerse manualmente (por pulsadores), siempre y cuando el operario deje que el motor arranque adecuadamente en conexión estrella. Es muy importante que el automatismo asegure la correcta y eficaz sucesión de las dos conexiones, por lo que se utiliza un pulsador de doble cámara (NC+NA) para poner en marcha el triángulo, que actúa a su vez con parada de la conexión estrella. La acción sobre este pulsador no tiene efecto alguno si no se ha alimentado primeramente el contactor de línea; para prever la activación indebida del contactor estrella en el retorno del pulsador se usa un enclavamiento eléctrico mediante contactos NC.

1.5.3. Elementos de control y protección

1.5.3.1. *Interruptor magnetotérmico tripolar y mono polar*

Los interruptores magneto térmicos son de reducido tamaño, diseñados para protección contra cortocircuitos y sobre cargas en los circuitos de control y mando en instalaciones eléctricas. Existen varios tipos que son mono polar, bipolar y tripolar; entendiéndose por el número de polos que poseen.

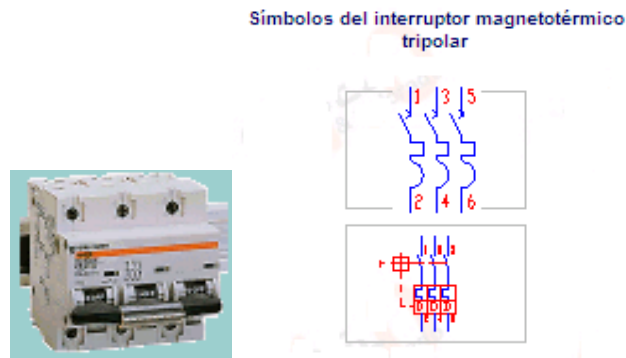


Figura. 1.53. Interruptor Magneto térmico ³⁹

1.5.3.2. *Contactores*

El contactor es un aparato de maniobra automática con poder de corte, su función consiste en conectar y/o desconectar el equipo que controla en condiciones normales. Durante breves períodos puede soportar sobrecargas y cortocircuitos, pero no es un elemento de protección.

³⁹ Fuente Internet: www.ite.educacion.es/w3/recursos/fp/cacel/CACEL1

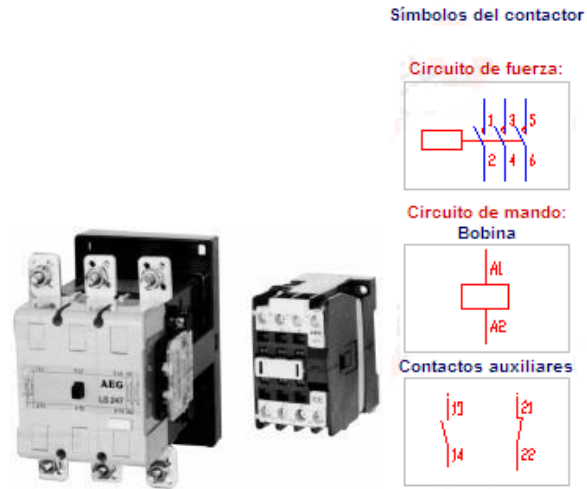


Figura. 1.54. Contactor ⁴⁰

1.5.3.3. Relé térmico

Este relé es un elemento de protección contra sobrecargas, cuyo funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales bajo el efecto de calor. Cuando alcanzan una temperatura determinada accionan el sistema de contactos internos del relé con lo cual permite gobernar la maniobra del sistema de arranque.

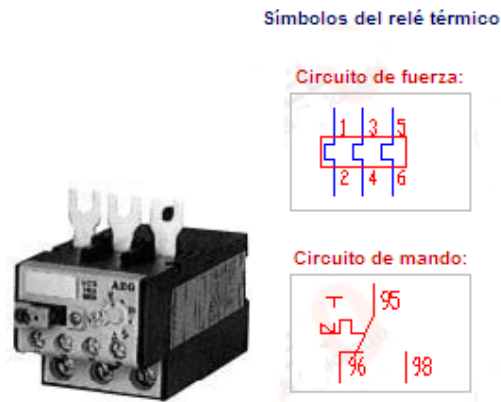


Figura. 1.55. Relé térmico ⁴¹

⁴⁰ - ⁴¹ Fuente Internet: www.ite.educacion.es/w3/recursos/fp/cacel/CACEL1

1.5.3.4. Pulsador

Es un elemento que permite el paso o la interrupción de la corriente mientras es accionado, cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

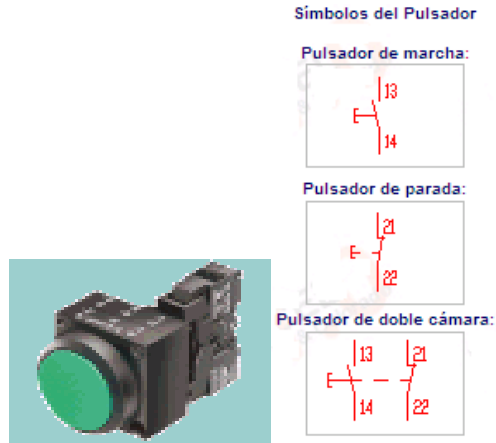


Figura. 1.56. Pulsador ⁴²

1.5.3.5. Indicador luminoso

Son aquellos que muestran visualmente el estado actual del circuito.



Figura. 1.57. Indicador luminoso ⁴³

⁴² - ⁴³ Fuente Internet: www.ite.educacion.es/w3/recursos/fp/cacel/CACEL1

CAPÍTULO II

IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL DEL BANCO DE PRUEBAS

2.1. CONSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

2.1.1. Análisis de la estructura metálica

La decisión de construir una estructura metálica para un banco de pruebas diesel de tales especificaciones y dimensiones se desarrollo con el fin de mejorar el estudio practico del manejo de un banco de pruebas diesel, por tal motivo siendo más rígido que es equivalente a un peso elevado por el sobre dimensionamiento estructural, es decir, que con esto se busca minimizar daños por los esfuerzos que se presentan al momento de realizar pruebas de funcionamiento de una bomba de inyección.

La estructura metálica tiene fijado sus puntos de aplicación de carga que se encuentran lo mas alineado posible por lo que debe soportar cargas aplicadas como son el motor eléctrico, volante de inercia, base de la bomba y sus acoples, y la bomba en sí, se encuentra dimensionada y tiene suficiente espacio para poder ser manipulado de la manera más simple posible, y así mismo puedan dotarlo de diferentes instrumentos de medida que se pueda necesitar e implementarlos sin que la estructura metálica sufra daños excesivos.

2.1.2. Cortes utilizados

Con todas las dimensiones específicas dadas por BOSCH se realizaron los cortes a ser utilizados para el montaje de la estructura metálica; se realizo los cortes con sierra de corte,

por lo que no se puede utilizar arco eléctrico debido a que el corte puede salirse de las dimensiones requeridas.

Con ésta sierra de corte se permite tener un corte regular de todas las piezas y también que las tensiones o transformaciones de origen térmico producidas no causen perjuicio alguno al acero. Las rebabas formadas por los cortes y las irregularidades que se generaron en los bordes se eliminaron mediante el cepillado y esmerilado fino; al ser una estructura metálica tiene que soportar grandes fuerzas, también se eliminaron los ángulos sin las aristas vivas redondeando con el mayor radio posible para que al futuro no sufra fisuras internas.

También se realizó el fresado de los bordes de apoyo donde se van a unir las placas y así lograr una soldadura homogénea para no tener desperfectos en la unión. Luego de determinar todas las placas a ser utilizadas, se eliminó la suciedad que se haya adherido al momento de realizar los cortes. Los agujeros para los tornillos se perforaron con taladro eléctrico, el diámetro utilizado fue de 5mm y 7mm el cual se debe perforar de esta manera por cualquier circunstancia ya sea por correcciones de estética.

2.1.3. Armado

Después de haber realizado los cortes necesarios para el armado de la estructura metálica se utilizó una soldadura de arco eléctrico con electrodos de revestimiento E6013, comenzando a unir las bases que servirán de soporte para toda la estructura a ensamblarse, dicha base se encuentra formada por cuatro perfiles estructurales tipo U que forman un rectángulo, adicionando cuatro refuerzos horizontales de tipo perfil tubular cuadrado, los cuales sirven de base para el motor eléctrico de la bomba hidráulica y también para el depósito de combustible.

De la base principal se levantan cuatro pilares los cuales proporcionan la altura requerida y soportan el peso de la estructura soldada a ellas. Sobre los pilares se unen nuevamente

cuatro perfiles tipo U que forman otro rectángulo mayor denominado base secundaria en la cual están montados la base del motor eléctrico trifásico, los refuerzos de la base y el habitáculo que encierra el motor; los cuales están conformados por perfiles estructurales tipo U y tipo tubular cuadrado, a demás de perfiles planos.

Entre las bases principal y secundaria de la estructura metálica se coloca una escuadra para asegurar la estabilidad y refuerzo de los pilares.



Figura. 2.1. Estructura metálica

2.1.4. Proceso pintura

Luego de haber realizado el armado se procedió a un lijado completo de toda la estructura metálica para eliminar rebabas de la soldadura para poder tener una superficie libre de impurezas y lo más plana posible, se empleo un protector anticorrosivo el cual se centra en aislar la acción del agua y el oxigeno manteniendo así protegida la estructura después del secado que fue de un tiempo máximo de tres horas; luego se procedió a masillar en las

partes que se encontraba con deformaciones que no fue en su totalidad sino en la mayoría fue donde se realizó la soldadura, luego se dio una primera capa de pintura utilizando una base blanco hueso esmalte dejando secar por un tiempo de tres horas, llegando así a dar tres capas de pintura. Las planchas desmontables se pintaron con base negra mate generando así un acabado estético.

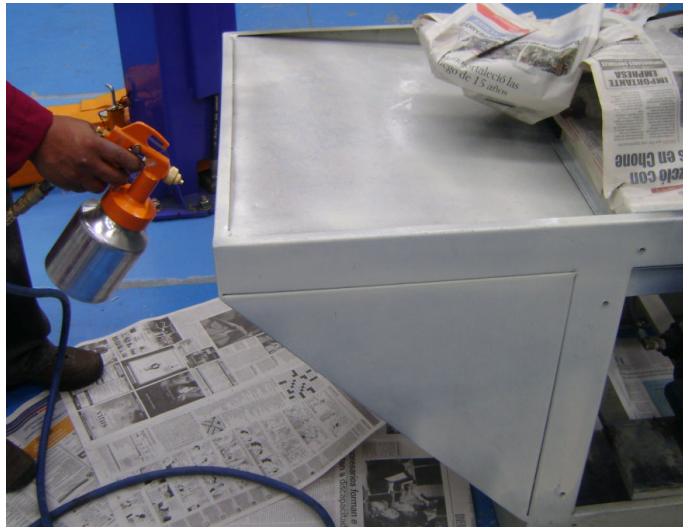


Figura. 2.2. Protector anticorrosivo de la estructura metálica



Figura. 2.3. Pintado de la estructura metálica

2.2.ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

2.2.1. Plancha base

La plancha está constituida de hierro fundido con una longitud de 665mm y un ancho de 225mm y un espesor de 31mm; cabe mencionar que se realizo de estas dimensiones por la factibilidad que presta en banco de pruebas para cuando se requiera se pueda montar bombas de mayor numero de cilindros y así soportar todo el peso con el fin de que no sufra vibraciones, ni movimientos bruscos que puedan dañar al volante de inercia al momento de estar realizando pruebas de trabajo, tiene como objetivo soportar el peso de la base de la bomba y la bomba lineal el cual nos permite sujetar la base de la bomba con la plancha base por medio de unos sujetadores de tipo “L” los que permiten no tener movimientos y que no sufran roturas en el volante de inercia como en los acoples de la bomba, manteniendo un trabajo progresivo; también se tiene un canal de guía para el momento de montaje y así mantener centrada la base de la bomba con el volante de inercia.

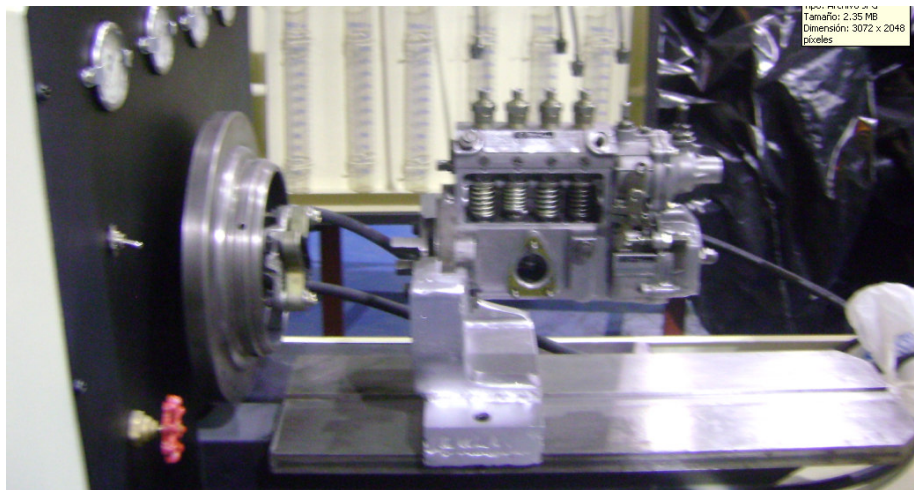


Figura. 2.4. Plancha base

2.2.2. Volante de inercia

Se encuentra acoplado al motor trifásico, tiene un accionamiento directo del mismo el cual gira conjuntamente con las revoluciones del motor, tiene un destaje que aloja una chaveta para seguridad. Se encuentra perfectamente balanceado para evitar vibraciones.

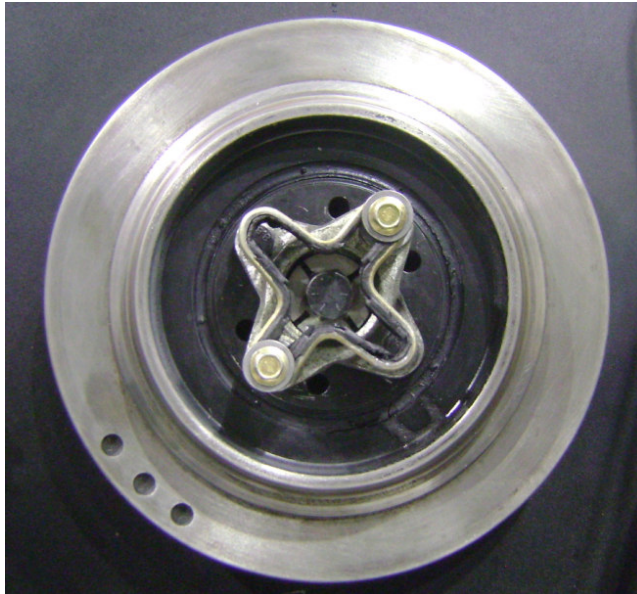


Figura. 2.5. Volante de inercia

2.2.3. Base de la bomba

Esta base es el soporte principal en la que se asienta la bomba de inyección, mediante acoples se logra la sujeción de la misma; adicionalmente consta de acoples que se ajustan a la plancha base para fijación en el banco. Tiene un movimiento axial que es permitido por una guía dado entre la base y la plancha.



Figura. 2.6. Base de la bomba

2.2.4. Acoples volante – bomba inyectora

Son dos acoples que trabajan conjuntamente, el primero va empernado al volante de inercia, tiene una forma de cruz hueca tipo hembra, posee un recubrimiento interno de caucho el que minimiza vibraciones, golpes y ruidos excesivos. El segundo acople va instalado en el eje del árbol de levas de la bomba de inyección, esencialmente es una brida de acoplamiento tipo macho.

Los dos juntos permiten la transmisión de revoluciones para el funcionamiento de la bomba de inyección.

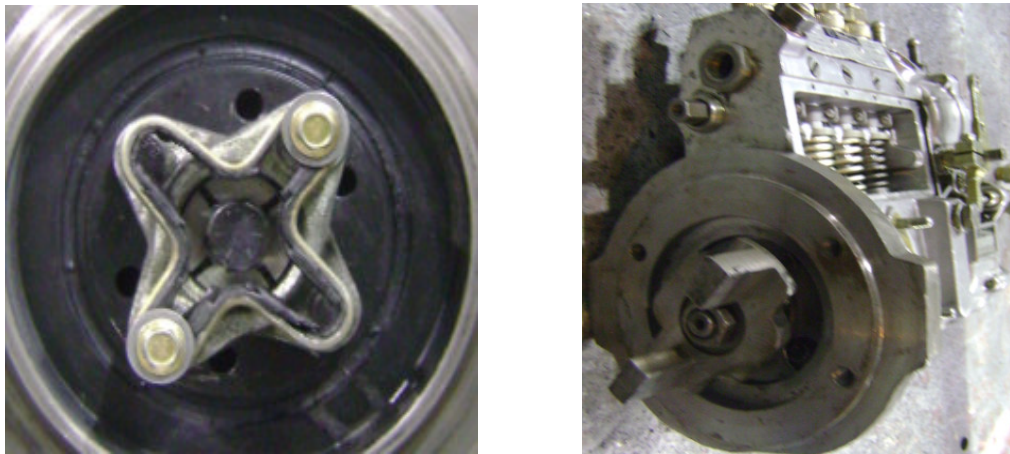


Figura 2.7. Acoples volante – bomba inyectora

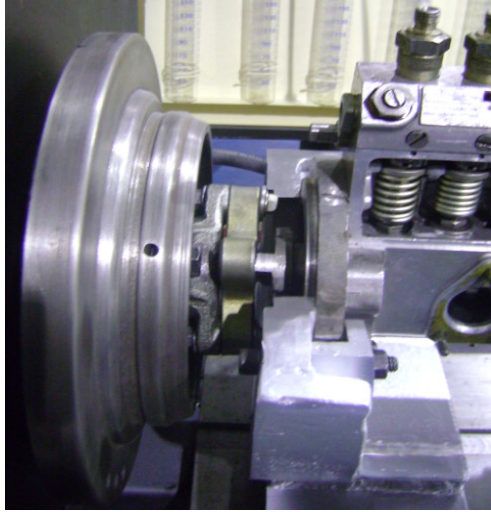


Figura 2.8. Unión de acoples

2.3. CÁLCULOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

2.3.1. Datos Generales

Cedula 40

Norma: ASTM (American Standars and Testing Materials) A 53 GR B

Recubrimiento: Negro

Resistencia Mecánica

Resistencia a la tracción: 60000 psi

Limite de elasticidad: 35000 psi

Alargamiento: 0,5 %

2.3.2. Datos de la estructura del banco de pruebas de bombas de inyección

PERFIL: 3/4 "

ESPESOR: 26,70 *pulg*

PRESION / PRUEBA: 1,05 kg/cm^2

PESO: 2,87 kg/mt

NOMINAL: 0,11 mm

EXTERIOR: 49 mm

2.3.3. Composición química

MAXIMO PORCENTAJE

Carbón 0,3

Manganeso 1,2

Fosforo 0,05

Azufre 0,06

2.3.4. Cálculos de esfuerzos de los tubos de la estructura

2.3.4.1. Tensión soportada

ESTRUCTURA 1"3/4

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf/A} \quad W = 324 \text{ kg.f} = F$$

$$1"3/4 = 1.75 \text{ ''}$$

$$1.75 \text{ ''} \times 2.54 \text{ cm/pulg} = 4.445 \text{ cm} = D_{ex} = 0.044 \text{ m}$$

$$D_{in} = 0.040 \text{ m } A = \pi/4 (D^2 - d^2)$$

$$A = \pi/4 (0.044^2 - 0.040^2)$$

$$A = 2.638 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / 2.38 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = \sigma = 1228203.18 \text{ kgf/m}^2 = 29.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 12036.391 \text{ MPa}$$

ESTRUCTURA 1"1/2

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / A \quad W = 324 \text{ kgf} = F$$

$$1"1/2 = 1.5 \text{ ''}$$

$$1.5 \text{ ''} \times 2.54 \text{ cm/pulg} = 3.81 \text{ cm} = D_{ex} = 0.038 \text{ m}$$

$$D_{in} = 0.034 \text{ m } A = \pi/4 (D^2 - d^2)$$

$$A = \pi/4 (0.038^2 - 0.034^2)$$

$$A = 2.261 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / 2.261 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = \sigma = 1432994.25 \text{ kg fm} / 29.8 \text{ N1 kg}$$

$$\sigma = 14043.34365 \text{ MPa}$$

ESTRUCTURA 1"1/4

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / A \quad W = 324 \text{ kg.f} = F$$

$$1"1/4 = 1.25 \text{ ''}$$

$$1.25 \text{ ''} \times 2.54 \text{ cm} / 1 \text{ pulg} = 3.175 \text{ cm} = D_{ex} = 0.031 \text{ m}$$

$$D_{in} = 0.027 \text{ m} \quad A = \pi/4 (D_{ex}^2 - d^2)$$

$$A = \pi/4 (0.031 \text{ m}^2 - 0.027 \text{ m}^2)$$

$$A = 1.822 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / 1.822 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = \sigma = 1778265.642 \text{ kg fm} / 29.8 \text{ N1 kg}$$

$$\sigma = 17427.003 \text{ MPa}$$

ESTRUCTURA 1"

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / A \quad W = 324 \text{ kg.f} = F$$

$$1'' = 2.54 \text{ cm}$$

$$2.54 \text{ cm} \cdot 100 \text{ cm} = D \text{ ex} = 0.0254 \text{ m}$$

$$D \text{ in} = 0.0214 \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (D^2 - d^2)$$

$$A = \pi/4 (0.025^2 \text{ m}^2 - 0.021^2 \text{ m}^2)$$

$$A = 1.445 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = 324 \text{ kgf} / 1.445 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = \sigma = 2242214.533 \text{ kg f/m}^2 \cdot 9.8 \text{ N/1 kg}$$

$$\sigma = 21973.702 \text{ MPa}$$

2.3.5. Deformación bajo carga axial

$$L = 0.38 \text{ m } 1\frac{3}{4}$$

$$\delta = \sigma \times LE$$

E= Modulo de elasticidad

$$E = 207 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \quad \delta = 12036.391 \text{ Nm}^2 \times 0.58 \text{ mt} / 207 \times 10^9$$

$$\delta = 3.37 \times 10^{-8} \text{ mt}$$

2.3.6. Tensión por esfuerzos

$$\text{Perfil} = 1\frac{3}{4} = 44.445 \text{ mm}$$

$$\tau_{\max} = T \times CJ$$

$$\tau_{\max} = 0.04445 \text{ m}$$

$$c = D/2$$

$$c = 0.04452 = c = 0.02222 \text{ m}$$

$$T = F D^2$$

$$T = 648 \text{ kg} \cdot 0.02222 \text{ m} = 14.399 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 9.8 \text{ N/kg} = 141.11 \text{ Nm}$$

$$T = 141.11 \text{ JOULES } J = \pi^3 D^4 - d^4$$

$$D = 0.004445 \text{ m}$$

$$d = 0.04045 \text{ m}$$

$$J = \pi^3 1.226 \times 10^{-6}$$

$$J = 1.2042 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\tau_{\max} = T \times C J$$

$$\tau_{\max} = 141.11 \text{ Nm} \times 0.02222 \text{ m} \cdot 1.2042 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\tau_{\max} = 26037736.26 \text{ Nm}^2$$

$$\tau_{\max} = 26037 \text{ MPAS}$$

2.3.7. Tensión por esfuerzo de corte vertical

$$Q = A_p \cdot y \quad A_p = \pi D^2 t$$

$$t = r_1 - r_2$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$A_p = \pi D^2 t \quad Y \quad y = D/4 \quad t = 0.002 \text{ m}$$

ESTRUCTURA $\phi = 1 \frac{3}{4}$

$$A_p = \pi \cdot 0.0445 \text{ m}$$

$$A_p = 7.75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Y = D/4 = y = 0.044454 \quad y = 0.0111 \text{ m}$$

$$Q = 7.75 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 0.0111 \text{ m}$$

$$Q = 8.6025 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau = V \cdot Q / I \cdot T$$

$$V = \text{Peso}$$

$$Q = \text{Valor dado } t = D_1 - D_2$$

$I = \text{Tabla}$

$T = \text{espesor}$

$L = 0.58 \text{ m}$ 2.09 kg $x 1 \text{ m}$ 0.58 m

$x = 1.21 \text{ kg}$

$V \text{ de } 0.58 \text{ m} = V = 1.21 \text{ kg}$ 9.8 N 1 kg F

$V = 11.858 \text{ N}$ $I = \pi D^4 - d^4 / 64$

$I = \pi 0.0444 \text{ m}^4 - 0.0404 \text{ m}^4 / 64$

$I = 6 \times 10^{-8} \text{ m}^4$

$\tau = V \cdot QI \cdot T$

$\tau = 11.858 \text{ N}$ $8.6025 \times 10^{-6} \text{ m}$ $36 \times 10^{-8} \text{ m}^4$ $x 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

$\tau = 2 \text{ mm} = \tau = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

$\tau = 8500070.37 \text{ Nm}^2$ $\tau = 850.07 \text{ MPa}$

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

3.1. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Con el trabajo de la bomba hidráulica, el combustible que se encuentra alojado en el depósito se dirige hacia la entrada de la bomba lineal, mediante la cañería de alimentación de combustible, pasando por el filtro de combustible el cual ayuda a la retención de las impurezas o partículas para un buen funcionamiento de todo el sistema. Al ingresar el combustible a la bomba lineal se distribuye en todos los elementos los cuales son regulados por la cremallera permitiendo el suministro o no del combustible mediante las revoluciones del motor, a través de las cañerías el combustible se dirige a los inyectores para su debida pulverización en las probetas de control, cierta cantidad del mismo cae en el panel de control en el cual existe un retorno hacia el depósito de combustible, por otro lado en la bomba lineal se tiene la cañería de retorno por la cual fluye el combustible hacia el manómetro el que indica a la presión que trabaja el sistema, luego se dirige a una llave que debe estar en posición de abierta para que todo el circuito trabaje, si esta se cierra la presión en el circuito aumenta y hay que purgar el mismo para poder realizar las pruebas en el banco, al pasar por la llave el combustible regresa al depósito a través la cañería de retorno.

3.2. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

3.2.1. Depósito de Combustible

El depósito de combustible se encuentra en la parte inferior del banco de pruebas, está constituido de cuatro paredes de acero con una tapa superior que es desmontable, posee las cañerías de alimentación y de retorno del combustible, su capacidad de almacenamiento es aproximadamente de 5 galones.

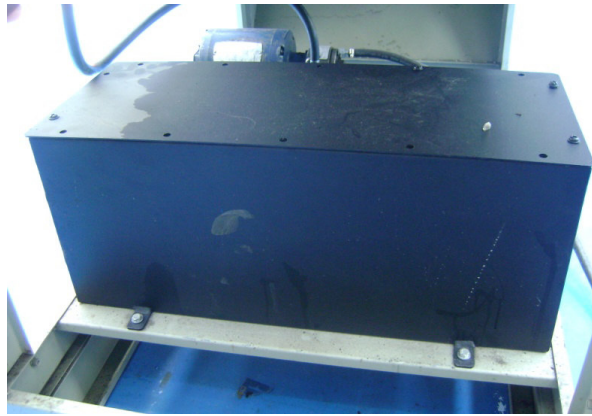


Figura 3.1. Depósito de combustible

3.2.2. Filtro de combustible

El filtro de combustible se encuentra ubicado en la parte inferior de la base del motor principal, el filtro se encuentra conectado después del depósito de combustible mediante la manguera de alimentación de combustible, para retener las impurezas que pueden generar problemas en el funcionamiento de la bomba lineal.

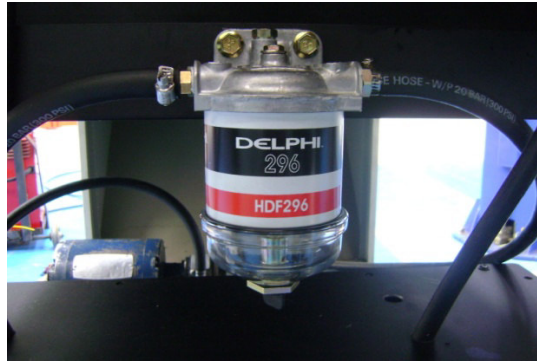


Figura 3.2. Filtro de combustible

3.2.3. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica que es de paletas desequilibradas, se encuentra alojada en su respectiva base junto con el motor eléctrico el cual nos ayuda con el giro de la misma, posee una entrada y salida de combustible que mediante las mangueras de alta presión suministra el combustible hacia la bomba lineal para el funcionamiento de la misma, la presión de trabajo es de 1.5 bares.

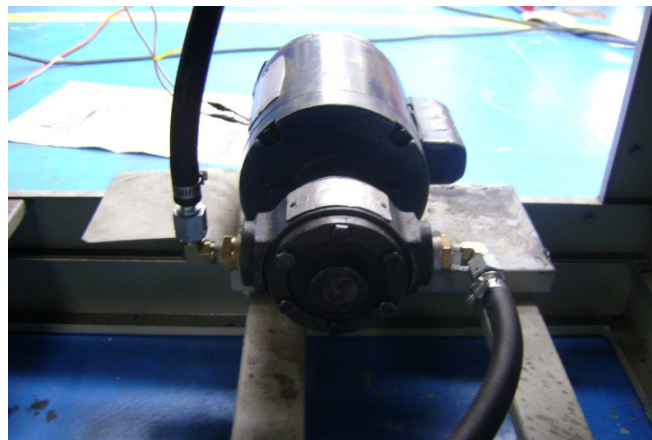


Figura 3.3. Bomba hidráulica

3.2.4. Bomba lineal

La bomba lineal utilizada trabaja con combustible y es accionada por un mando de árbol de levas; es de cuatro cilindros la misma que funciona a una presión de 1.5 bares.



Figura 3.4. Bomba lineal

3.2.5. Inyectores

Los inyectores utilizados en el banco de pruebas son de tipo pasivos, los cuales se abren o cierran debido a la presión que suministra la bomba lineal, cabe mencionar que estos inyectores no son específicos para el banco de pruebas debido a su alto costo, sin embargo para poder verificar como funcionan didácticamente se procedió a colocar este tipo de inyectores.



Figura 3.5. Inyector



Figura 3.6. Ubicación de inyectores

3.3. INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE MEDICION

3.3.1. Manómetros

Para poder medir la presión a la que trabaja el sistema en el banco de pruebas se colocó el manómetro de presión que se encuentra ubicado en la parte superior de la pared central para que al operario le sea fácil y útil la visualización de los parámetros en los que se

trabaja. El manómetro se encuentra en una escala de 0-4 bar. Adicionalmente se encuentran ubicados 2 manómetros y 1 manovacuometro, los cuales los hemos puesto para que se pueda apreciar todo lo que se puede medir en el banco y que puedan ser aplicaciones futuras.



Figura 3.7. Manómetros

3.3.2. Probetas

Las probetas nos permiten medir la cantidad de combustible inyectado, estas son de material de vidrio y están ubicadas en el panel de control volumétrico; poseen una escala de medición que viene dado en ml.

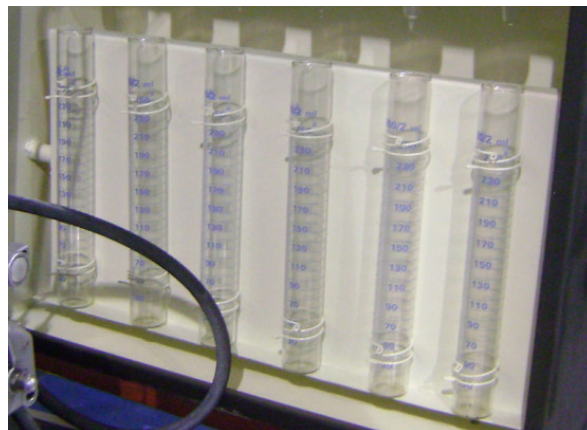


Figura 3.8. Control volumétrico

3.4. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

3.4.1. Mangueras

En nuestro banco de pruebas existen diferentes tipos de mangueras las cuales nos ayudan a transportar el combustible por todo el circuito hidráulico. Así se pueden distinguir las mangueras de alimentación y las de retorno.

Las mangueras de $\frac{3}{4}$ de diámetro con una presión máxima de 20 bares o 300 psi y las mangueras de $\frac{1}{4}$ con una presión máxima de 120 psi.

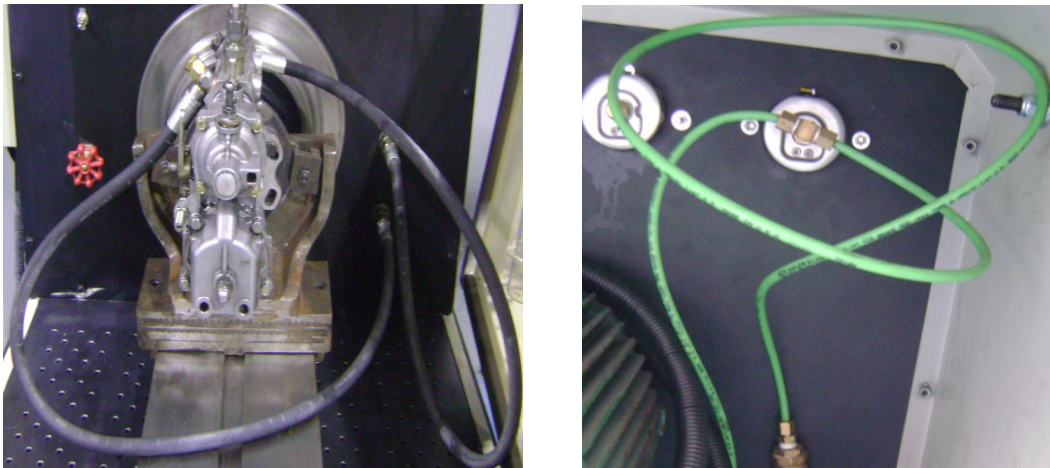


Figura 3.9. Mangueras de acople hidráulico

3.4.2. Cañerías

El numero de cañerías está dado por el numero de cilindros que posee la bomba en nuestro caso se va a trabajar con una bomba de 4 cilindros por lo que se necesitan 4 cañerías. Las mismas que nos ayudan a transportan el combustible de la bomba lineal hacia los inyectores poseen unos acoples o racor en los extremos para poder tener un sello hermético

y que no se puedan producir fugas; son fáciles de doblar según sea la necesidad y son desmontables.

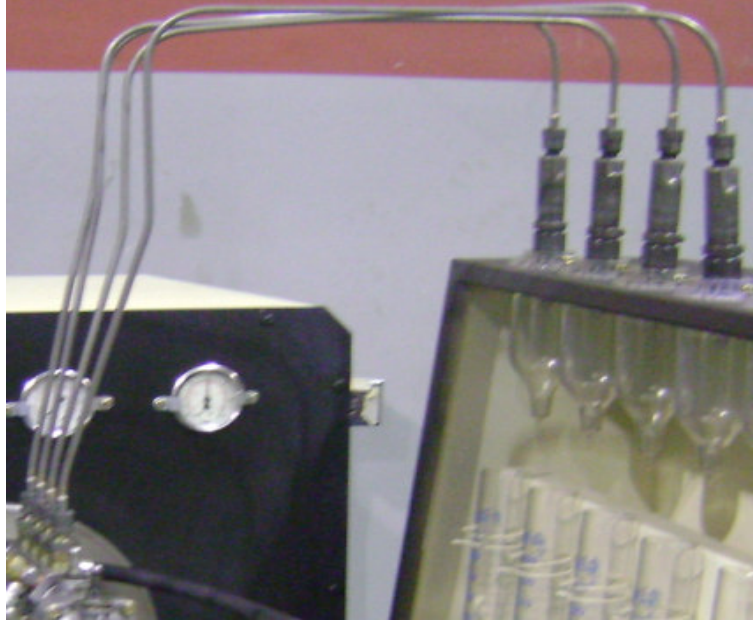


Figura 3.10. Cañerías de banco de pruebas

3.4.3. Válvula reguladora de presión

Cabe mencionar que la instalación de dicha válvula no se pudo realizar debido a que las características requeridas para el banco no se encontraron en el mercado, por lo cual con fines demostrativos se instaló una válvula de paso de simple efecto, cuya misión es el mantener una presión constante de flujo en el sistema.

3.4.4. Habitáculo de inyectores

Estos habitáculos tienen la función de dirigir el fluido (diesel) hacia las probetas de medición, evitando la generación de burbujas las mismas que se eliminan mediante la punta de goteo. Consta de cuatro piezas esenciales que son:

- ✓ Base de inyector
- ✓ Porta inyector
- ✓ Cámara de almacenamiento
- ✓ Punta de goteo



Figura 3.11. Habitáculo de inyectores

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1. INTRODUCCIÓN

En el banco de pruebas se encuentran instalados dos circuitos básicos para el funcionamiento del mismo, los cuales se encargarán de proporcionar la energía eléctrica necesaria para transformarla en movimientos.

4.1.1. Circuito eléctrico principal

El circuito eléctrico principal es el que se encuentra controlando al motor trifásico, el mismo que a su vez proporciona las revoluciones iniciales y de trabajo de la bomba de inyección.

Está conformado por una serie de interruptores, relés, contactores, pulsadores; los que permiten distribuir la corriente de una manera más eficiente, eliminar picos indeseados y precautelar la estabilidad de las piezas mecánicas de acople; el cableado se utilizado está diseñado para soportar estos altos voltajes y reducir en lo posible el calor generado por la activación del motor.

Este circuito de control va instalado en un cajetín eléctrico el cual cumple con los requerimientos necesarios de espacio, maniobrabilidad y disipación de calor.



Figura. 4.1. Instalación eléctrica



Figura. 4.2. Ubicación del cajetín eléctrico de mando

4.1.2. Diagrama de control del circuito principal

El diagrama del circuito se encuentra representado por las siguientes leyendas:

- a.- QM1 - Interruptor magnetotérmico
- b.- KM1 - Contactor principal
- c.- KM2 - Contactor Triángulo
- d.- KM3 - Contactor Estrella
- e.- FR1 - Relé térmico
- f.- M1 - Motor
- g.- SB1 - Pulsador de parada
- h.- SB2 - Pulsador de marcha
- i.- SB3 - Pulsador estrella/triángulo
- j.- HL1 - Señalización motor en marcha
- k.- HL2 - Señalización disparo relé térmico

Este circuito principal tiene tres funciones específicas en cuanto al control del motor se refiere; en el primer estado se realiza el arranque del motor (M1), para lo cual en la **Lámina N.- 4**, se puede apreciar que para la puesta en marcha del motor, en el esquema de mando se activa el pulsador de marcha (SB2) el mismo que permite el cierre del circuito. La corriente pasa por el interruptor magneto térmico (QM1) el cual va estar permanentemente accionado, similar situación ocurre con el contactor principal del circuito (KM1) y el contactor de estrella (KM3) el cual va a permitir que el motor se ponga en marcha con las características de arranque que este tipo de conexión representa. Hasta esta primera parte la conexión representa únicamente un diagrama de arranque y lo que se requiere es generar mayores revoluciones adecuadas para el funcionamiento de trabajo de la bomba de inyección; dicho esto se acciona el pulsador de conmutación estrella a triángulo (SB3) visto en la **Lámina N.-5**, el mismo que simultáneamente abre el circuito del contactor estrella (KM,3) y permitiendo ahora el paso de corriente por el contactor triángulo (KM2), generando el aumento de revoluciones deseada por medio de la entrega de toda la corriente. Así mismo se desconecta el pulsador de marcha (SB2) y se enclava con el fin de que no existan posibilidades de que por algún error o manipulación indebida se active nuevamente, esto no puede darse ya que todos los elementos que conforman el circuito de arranque no están dimensionados para soportar cargas mayores, adicionalmente se generaría un cambio brusco en la intensidad de trabajo, lo que se entiende por una disminución abrupta de revoluciones lo que puede causar daños internos en el motor y a las demás piezas y acoples que conforman el conjunto de inyección.

Por último, se requiere que una vez realizada las pruebas necesarias de alguna manera se realice el corte de corriente, con el fin de realizar el paro del motor, en la **Lámina N.-6**, se denota que para este efecto se activa el pulsador de parada (SB1), el mismo que al

momento de ser accionado abre o desactiva el contactor principal (KM1), dejando de esta forma sin corriente en todo el circuito, lo que por ende apaga el motor; los pulsadores vuelven nuevamente a su posición normal, es decir, listos para un nuevo ciclo de trabajo.

El pulsador estrella (SB2) y su contacto (KM3) están abiertos así como también el pulsador triángulo (SB3). De esta manera se puede proceder a la activación del motor nuevamente.

Cabe mencionar que el relé térmico (FR1) siempre va a permitir el paso de corriente, su función específicamente es el de trabajar en conjunto con el interruptor magneto térmico (QM1) los que van a restringir el paso de la corriente en situaciones de sobre calentamiento del circuito; situación que se puede producir por deterioro de los cables, conexiones, elementos de control del circuito, o por daños en los bobinados internos del motor eléctrico.

4.1.3. Características del motor trifásico

El motor instalado en el banco de pruebas es un motor siemens, entre sus características principales es un motor trifásico con una potencia de 12 hp, función en un rango de 220v a 440v.



Figura. 4.3. Motor trifásico Siemens ⁴⁴

La placa de características técnicas del motor se las adjunta en el siguiente gráfico.

⁴⁴ Fuente Internet: www.google.com.ec/imagenes/motores+trifasicos+siemens

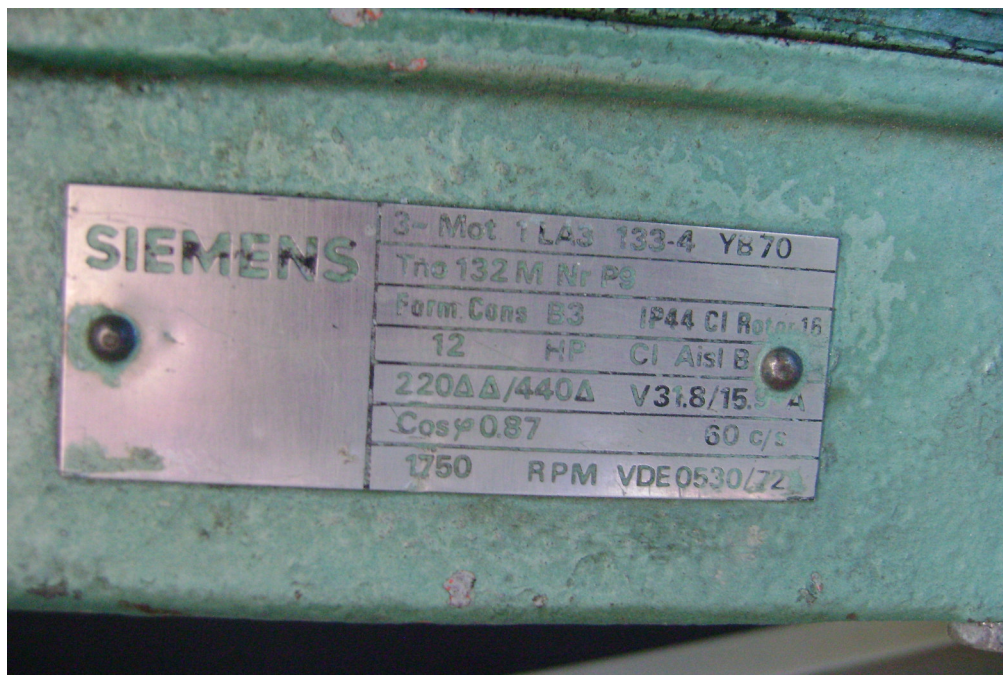


Figura. 4.4. Placa del motor trifásico

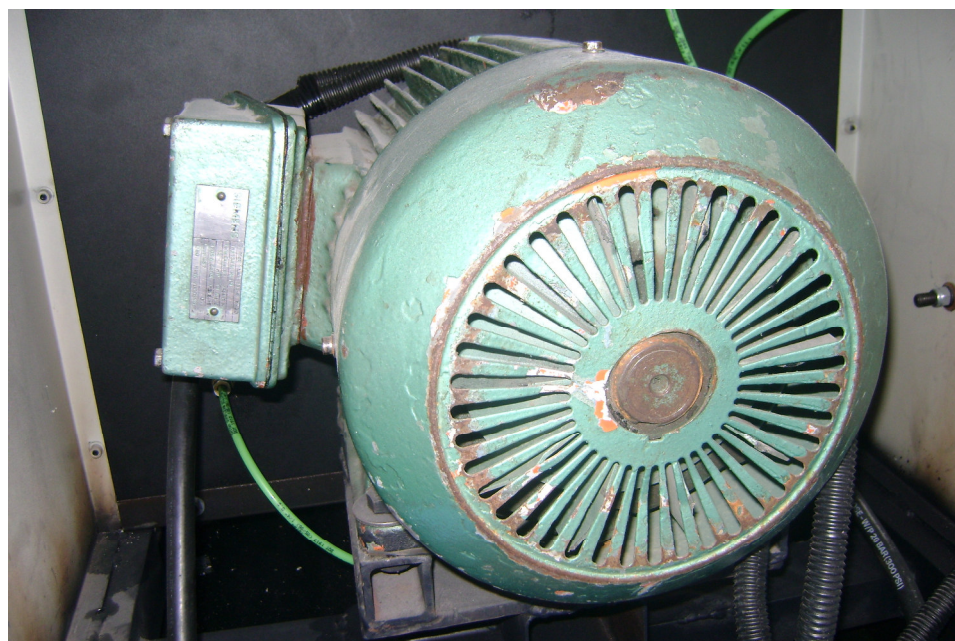


Figura. 4.5. Ubicación y montaje del motor trifásico

4.2. CIRCUITO ELÉCTRICO SECUNDARIO

El diagrama del circuito es básico, consta de cables conductores, interruptor ON/OFF, y el motor, no se le ha agregado protecciones adicionales ya que no trabaja con corrientes muy elevadas ni se sobrecalienta por el trabajo que realiza.

4.2.1. Motor eléctrico monofásico

El motor eléctrico que acciona la bomba hidráulica es un motor monofásico. Al ser activado, el motor gira y provee de revoluciones a la bomba hidráulica, de ésta forma genera el flujo de combustible en el circuito hidráulico. Este motor trabaja con 120 voltios.



Figura. 4.6. Motor eléctrico con conexión a bomba hidráulica

En el siguiente gráfico se muestra la placa técnica de las características del motor.



Figura. 4.7. Placa del motor monofásico

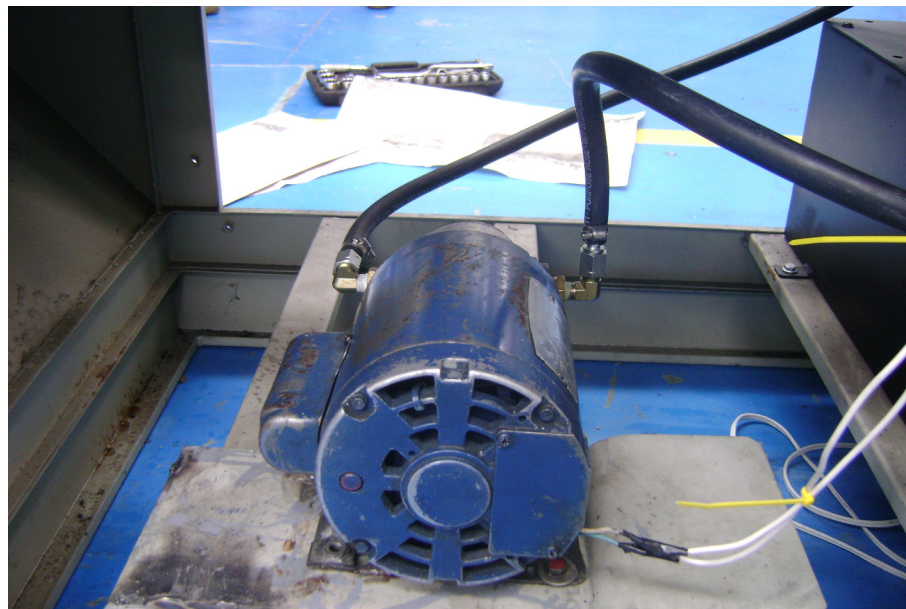


Figura. 4.8. Ubicación e instalación del motor monofásico

CAPÍTULO V

FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

5.1. GENERALIDADES DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

A continuación se describe el proceso total para la puesta en funcionamiento del banco de pruebas.

- ✓ Primero colocamos el acople en la bomba lineal el cual esta sujeta por dos pernos guías, luego colocamos la brida de giro que se acopla en el eje de árbol de levas, una vez acoplado se procede a montar en el banco por medio de la base la cual sujeta a toda la bomba que se conecta al volante de inercia para que en el momento de giro no sufra vibraciones ni golpes que afecten en el trabajo de la misma.
- ✓ Una vez ya ubicada la bomba se procede a conectar la manguera de alimentación de combustible, así como también la manguera de retorno de combustible mediante una válvula de retención la cual servirá para realizar la purga en el sistema y mantener la presión en la cámara.
- ✓ En los racores de la bomba se conectan las cañerías que se dirigen hacia los inyectores en el panel de control de inyección en cual nos permitirá verificar la cantidad de combustible inyectado.
- ✓ Luego de realizar el montaje de la bomba se procede a poner en marcha el motor eléctrico que se encuentra acoplado con la bomba hidráulica, el cual nos ayuda a suministrar el combustible hacia la cámara de la bomba la cual debe permanecer

llena para que los elementos no sufran un recalentamiento y no se remuerdan, teniendo hacia una presión de todo el sistema de 1,5 bar.

- ✓ Procedemos a poner en marcha al motor trifásico el cual esta conectado en triángulo con el pulsador del cajetín eléctrico el cual nos permite obtener una velocidad aproximada de 1200rpm, teniendo otro tipo de velocidad cercana a la nominal que se encuentra conectado en estrella el cual posee su propio pulsador en el cajetín eléctrico que tiene una velocidad aproximada de giro de 1300pm; el periodo de funcionamiento va de 10 – 15 minutos.
- ✓ En el cajetín eléctrico tenemos un pulsador de paro de motor el cual nos ayuda a detener el funcionamiento del motor en caso de un recalentamiento, y así que no se produzcan mayores daños en las partes de la bomba lineal como pueden ser los elementos.

5.2. MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

Realizar una inspección general de todos los sistemas que conforman el banco de pruebas.

- ✓ Reajustar pernos de seguridad de la estructura y cambiar si se encuentra en estado de deterioro también; verificar perfiles, elementos estructurales que no se encuentren desoldados y si es necesarios realizar refuerzos su mantenimiento se lo debe realizar en un periodo de seis meses.
- ✓ Realizar una limpieza interna de los bornes de contacto en los motores eléctricos, verificar los cables de conexión hacia el cajetín eléctrico y hacia los tomacorrientes, reajustar los pernos de sujeción del motor trifásico ya que serán sometidos a varias vibraciones y verificar el estado de los cables para su correcto funcionamiento.

- ✓ Se recomienda la sustitución del filtro de combustible de acuerdo al funcionamiento que se le de al banco de pruebas, cabe recalcar que se lo debe cambiar por el mismo modelo de filtro, así también revisar cañerías de todo el sistema que no se encuentren fisuradas u obstruidos por partículas que se pueden encontrar en el combustible, el depósito de combustible se debe mantener con un nivel mínimo de cuatro galones para que no absorba suciedades y debemos dar una limpieza total del depósito cada seis meses para que no se forme partículas de agua y así no deteriore el sistema de suministro y tengamos un buen funcionamiento.
- ✓ Se debe limpiar con una material absorbente el reservorio de combustible no utilizado que se encuentra debajo de la plancha base ya que ahí se aloja todo el combustible y también las impurezas del medio ambiente como tierra, polvo, etc.
- ✓ Reajustar el volante de inercia y sus respectivos acoples cada cierto número de pruebas (siete pruebas) para disminuir el riesgo de posibles desplazamientos de su eje de giro.
- ✓ En el panel de control volumétrico encontramos las probetas el cual debemos dar una limpieza de la parte interior con un cepillo de cerdas, para que en el momento de realizar las pruebas no nos encontremos con medidas erróneas por partículas (polvo) que pueden subir el nivel en cada probeta.
- ✓ Dar un mantenimiento a los inyectores dando una calibración específica para cada prueba que se vaya a realizar y verificando que las toberas no estén remordidas ni obstruidas estas toberas se debe cambiar cada año dependiendo el trabajo que se lo de.
- ✓ Debemos limpiar todo el contorno del banco de pruebas con un franela húmeda para evitar que las partículas de polvo deterioren a la pintura.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se determina que el banco de pruebas no puede realizar calibraciones solamente demostraciones del proceso a seguir en la calibración de bombas de inyección, por tal motivo éste proyecto no es viable debido a la escases en el mercado local y a los altos costos de componentes tales como inyectores de banco, válvula reguladora de presión, contador de revoluciones digital, sensor de giro del motor, contador de pulsos de inyección (stroker), y demás piezas de control electrónico.

- ✓ La serie de pruebas de funcionamiento del banco demostró que existe una sincronización en todos los circuitos (hidráulico y eléctrico) complementados en conjunto con la estructura del mismo, evitando de esta manera vibraciones, ruidos, fugas, recalentamientos, deformaciones y fisuras en general.

- ✓ El banco de pruebas tiene la función de realizar el giro de la bomba de inyección figurando un proceso de calibración de la misma; con la implementación de diversos acoples se puede montar adicionalmente distintos tipos de bombas de inyección (rotativas).

- ✓ La estructura metálica está construida para soportar los diferentes tipos de cargas y esfuerzos que van a estar implícitos en el funcionamiento del mismo; de igual

forma el espacio físico ofrecido está debidamente adecuado para la ubicación de cada componente del banco.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un mantenimiento trimestral al banco de pruebas construido, ya que con las pruebas a realizarse existe un desgaste normal de las piezas, las mismas que deben ser verificadas y/o sustituidas dependiendo el caso en un periodo determinado de trabajo.

- ✓ Proteger de golpes al panel de control volumétrico ya que éste consta de piezas muy sensibles que pueden ocasionar rupturas o abolladuras graves.

- ✓ Revisar periódicamente las conexiones eléctricas tanto de los motores montados como de los circuitos que controlan su funcionamiento, además de las tomas de corriente con las que trabaja el banco de pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.** GIL Martínez, D. Hermógenes. Manual del Automóvil, Reparación y mantenimiento, Edición 2002.
- 2.** THIESSEN, F. y DALES, D. Manual de Mecánica Diesel Tomo II, III, Segunda Edición
- 3.** ALONSO Pérez, J. Manuel. Técnicas del Automóvil, Editorial Paraninfo. Edición 2001
- 4.** MORENO, F. y CASTRO, L., Motores Diesel, Manual de mantenimiento y reparación, Editorial Diseli, Edición 2008.
- 5.** DENSO Corporation, Sistema de Inyección Diesel, Edición 2000.

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

- 1.** GIL Martínez, D. Hermógenes. Manual del Automóvil, Reparación y mantenimiento, Edición 2002.
- 2.** THIESSEN, F. y DALES, D. Manual de Mecánica Diesel Tomo II, III, Segunda Edición
- 3.** ALONSO Pérez, J. Manuel. Técnicas del Automóvil, Editorial Paraninfo. Edición 2001
- 4.** MORENO, F. y CASTRO, L., Motores Diesel, Manual de mantenimiento y reparación, Editorial Diseli, Edición 2008.
- 5.** DENSO Corporation, Sistema de Inyección Diesel, Edición 2000.