UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA.

DESCRIPCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL MONTADO EN EL MOTOR HYUNDAI D4EA.

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Alumno:
David Almarza Padilla.

Profesor Guía:
Fabrizzio Cariñe Avendaño.

2018

OBJETIVOS.

GENERAL.

- Dar a conocer el funcionamiento del sistema Common Rail y su mantenimiento en el ejemplo del motor Hyundai D4EA, 2.0 CRDi.

ESPECÍFICOS.

- Explicar las funciones de los sistemas de inyección Diésel y cómo están constituidos.
- Exponer los componentes del CRS, y el funcionamiento de cada uno de ellos.
- Demostrar un adecuado mantenimiento preventivo del CRS y exponer sus principales fallas y cómo solucionarlas.

RESUMEN.

El presente trabajo trata del sistema de inyección Common Rail montado en el motor D4EA, Hyundai Tucson año 2007.Documento que se desarrollará bajo el marco explicativo y descriptivo del sistema Common Rail Bosch, con información sustraída de manuales de usuario y taller, además de cursos de capacitación.

Inicialmente se realizará una documentación general de los sistemas de inyección Diésel convencionales, su evolución y los logros que ha tenido la tecnología incidente en ellos, hasta llegar al sistema Common Rail.

El segundo capítulo aborda el funcionamiento completo del sistema de inyección, se dan a conocer los sensores y actuadores y como se realiza la gestión de la inyección por medio de la unidad electrónica de control.

En el tercer capítulo veremos el ajuste de la bomba Bosch CP1 y su correcto mantenimiento, además de las fallas comunes en el sistema de inyección Common Rail y sus soluciones y también como comprobar los principales sensores del sistema. Además, se incluirá un capítulo de los costos del mantenimiento preventivo del sistema.

Finalmente se puede concluir que efectuando un buen mantenimiento preventivo y apegado a las sugerencias del fabricante se logra mantener en un óptimo estado del sistema CRS. Y a la vez se disminuyen las posibilidades de hacer mayores gastos en reparaciones de los componentes del sistema.

ÍNDICE.

1. MARCO TEÓRICO. 3

1.1. HISTORIA DEL MOTOR DIESEL. 3

1.2. CICLO DIESEL DE CUATRO TIEMPOS. 3

1.2.1. ADMISIÓN. 4

1.2.2. COMPRESIÓN. 4

1.2.3. TRABAJO. 5

1.2.4. ESCAPE. 6

1.3. L A INYECCIÓN DIÉSEL. 6

1.3.1. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN (ALIMENTACIÓN). 7

1.3.2. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN (INYECCIÓN). 10

1.3.3. TIPOS DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN. 10

1.3.4. TIPOS DE BOMBAS. 12

1.3.5. TIPOS DE INYECTORES. 17

1.4. EMISIONES CONTAMINANTES EN LOS MOTORES DIESEL. 19

1.4.1. EL COMBUSTIBLE. 20

1.4.2. EL COMBURENTE. 20

1.4.3. LA COMBUSTIÓN. 21

1.4.4. LOS GASES DE ESCAPE. 21

1.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO. 23

1.5.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO. 23

1.5.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO. 23

1.5.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO. 23

2. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL MONTADO EN EL MOTOR D4EA, HYUNDAI. 25

2.1. EL HYUNDAI TUCSON 2007. 25

2.2. EL MOTOR D4EA. 25

2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA. 26

2.3.1. ECU. 28

2.3.2. SENSOR CKP. 28

2.3.3. SENSOR DE FASE O CMP. 29

2.3.4. SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR. 29
2.3.5. SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL. 30
2.3.6. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE 31
2.3.7. SENSOR DE FLUJO Y TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN 32
2.3.8. LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP1. 32
2.3.9. EL RIEL. 35
2.3.10. VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN. 36
2.3.11. INYECTORES. 37

2.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL COMMON RAIL MONTADO EN EL MOTOR D4EA, HYUNDAI. 39

2.4.1. FUNCIONES BÁSICAS. 39
2.4.2. FUNCIONES ADICIONALES 39
2.4.3. COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA. 39
2.4.4. INYECCIÓN PREVIA. 41
2.4.5. INYECCIÓN PRINCIPAL. 41
2.4.6. INYECCIÓN POSTERIOR. 42

2.5. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES. 42

2.5.1. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN. 43
2.5.2. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN. 45

3. DIAGNOSTICO Y MANTEMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL BOSCH, MONTADO EN EL MOTOR D4EA. HYUNDAI. 48

3.1. FALLAS TÍPICAS EN EL SISTEMA COMMON RAIL. 48

3.2. AJUSTE DE LA BOMBA DE ALTA 49

3.2.1. RECOMENDACIONES PARA REALIZAR EL AJUSTE DE LA BOMBA. 49
3.2.2. DESARME DE LA BOMBA. 50
3.2.3. MONTAJE DE LA BOMBA. 56

3.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA. 57

3.3.1. FILTRO DE COMBUSTIBLE. 57
3.3.2. COMPROBACIÓN DE LOS SENSORES PRINCIPALES. 58

3.4. DIAGNÓSTICO DE INYECTORES. 60

3.5. DIAGNÓSTICO VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN. 62

4. COSTOS. 64

4.1. COSTOS DE COMPONENTES. 64

4.2. COSTOS DE MANTENCIÓN. 64

4.3. INTERVALOS DE MANTENIMIENTO. 64

ÍNDICE DE FIGURAS.

Imagen 1- 1.- Carrera de admisión. 4
Imagen 1- 2.- Carrera de compresión. 5
Imagen 1- 3.- Carrera de trabajo. 5
Imagen 1- 4.- Carrera de escape. 6
Imagen 1- 5.- Bomba eléctrica de pre-alimentación de combustible..... 8
Imagen 1- 6.- Bomba de pre-alimentación de combustible, de engranajes. 9
Imagen 1- 7.- Bomba de pre-alimentación de combustible, de paletas. 9
Imagen 1- 8.- Tipos de cámaras de combustión abiertas. 11
Imagen 1- 9.- Tipos de cámaras de combustión divididas. 12
Imagen 1- 10.- Bomba de inyección PF..... 13
Imagen 1- 11.- Bomba de inyección en línea. 13
Imagen 1- 12.- Bomba inyectora de émbolo axial tipo VE. 14
Imagen 1- 13.- Bomba inyectora de émbolo radial CAV. 15
Imagen 1- 14.- Unidad inyector-bomba UIS. 16
Imagen 1- 15.- Sistema de bomba unitaria UPS. 16
Imagen 1- 16.- Sistema de Riel Común CRS. 17
Imagen 1- 17.- Tobera de inyector de tipo abierto..... 18
Imagen 1- 18.- Tobera de inyector de tipo cerrado. 19
Imagen 1- 19.- Combustión. 21
Imagen 1- 20.- Composición de los gases de escape en motores Diésel. 22

Imagen 2- 1.- Hyundai Tucson. 285
Imagen 2-2.-MotorD4EA……...26
Imagen 2-3.- . componentes……..27
Imagen 2-4.-sensorCKP…….28
Imagen 2- 5.- Sensor de fase CMP. 29
Imagen 2- 6.- Sensor de posición del acelerador. 30
Imagen 2- 7.- Sensor de presión en el Riel. 31
Imagen 2- 8.- Sensor de temperatura del refrigerante..... 31
Imagen 2- 9.- Sensor de masa del aire de admisión..... 32
Imagen 2- 10.- Bomba de alta presión CP1. 33
Imagen 2- 11.- Partes principales de la bomba CP1. 34
Imagen 2- 12.- Bomba de alta presión CP1, en admisión..... 34
Imagen 2- 13.- Bomba de alta presión CP1, en compresión..... 35
Imagen 2- 14.- Riel acumulador de presión. 36

Imagen 2- 15.- Válvula reguladora de presión..... 37
Imagen 2- 16.- Inyector 0445110 126 Bosch..... 38
Imagen 2- 17.- Gráfico inyección convencional vs Common Rail..... 40
Imagen 2- 18.- Estructura del Sistema Common Rail. 43
Imagen 2- 19.- Electrobomba de pre-alimentación de combustible. 45
Imagen 2- 20.- Esquema del circuito de alta presión..... 45
Imagen 2- 21.- Vista en corte bomba CP1 Bosch..... 46

Imagen 3- 1.- Bomba CP1 en desmontaje. _____ 50
Imagen 3- 2.- Bomba CP1 en desmontaje. _____ 51
Imagen 3- 3.- Bomba CP1 en desmontaje. _____ 51
Imagen 3- 4.- Elementos del conjunto de bombeo de la bomba. _____ 52
Imagen 3- 5.- Extracción del conjunto de accionamiento de la bomba._____ 52
Imagen 3- 6.- Cilindro y émbolo de bombeo._____ 53
Imagen 3- 7.- Válvula inyectora de combustible._____ 53
Imagen 3- 8.- Resorte de elemento de accionamiento._____ 54
Imagen 3- 9.- Eje de accionamiento. _____ 54
Imagen 3- 10.- Brida de la bomba. _____ 55
Imagen 3- 11.- Leva de accionamiento de los émbolos._____ 55
Imagen 3- 12.- Montaje de la brida. _____ 56
Imagen 3- 13.- Montaje del conjunto de bombeo. _____ 56
Imagen 3- 14.- Apriete de los tornillos de sujeción._____ 57
Imagen 3- 15.- Filtro de combustible._____ 58
Imagen 3- 16.- Gráfico del sensor CMP. _____ 59
Imagen 3- 17.- Gráfico de los sensores CMP Y CKP. _____ 59
Imagen 3-18.- Vista aumentada, válvula de regulación._____ 60
Imagen 3-19.- Prueba de retorno._____61
Imagen 3-20.- Prueba de retorno._____62
Imagen 3-21.- Valvula Reguladora de Presión._____62

INDICE DE TABLAS.

Tabla 3- 1 48

SIGLA Y SIMBOLOGÍA.

SIGLA.

CKP: Crankshaft.

CMP: Camshaft.

CRDI: Common Rail Diésel Injection.

CRS. Common Rail Sistem.

PMS: Punto muerto superior.

PMI: Punto muerto inferior.

ECU: Electronic control unit.

EDC: Electronic Diésel control.

EGR: Válvula de recirculación de los gases de escape.

NOX: Óxido de nitrógeno.

NTC: Coeficiente Negativo de Temperatura.

PTC: Coeficiente Positivo de Temperatura.

VCC: Voltaje corriente continua.

C.C.: Centímetros cúbicos.

CV.: Caballo a vapor.

HP: Caballos de fuerza.

SIMBOLOGÍA.

Hz: Hertz.

KM/H: Kilometro por Hora.

Nm: Newton metro.

V: Volt.

Ω: OHM

A: Amper.

ml/min: milímetro por minuto.

°C : Grados Celcius.

INTRODUCCIÓN.

En el siguiente trabajo práctico-investigativo se buscarán como propósitos principales explicar el funcionamiento del sistema Common Rail montado en el motor D4EA de Hyundai que posee el modelo “Tucson“, año 2007. Y dar a conocer el mantenimiento que se le aplica a dicho sistema.

Para cumplir con estos objetivos se realizará una explicación del funcionamiento básico de los sistemas de inyección y cómo éstos han requerido evolucionar en el tiempo para cumplir con las demandas que exige el mercado día a día, abarcando ámbitos principalmente como el rendimiento y las emisiones contaminantes, además de las prestaciones de los motores Diésel que poseen sistemas de inyección con un nivel de tecnología avanzado.

Para hacer de este trabajo de titulación, uno práctico, se realizaran desarmes de los componentes principales del sistema Common Rail y pruebas de funcionamiento para verificar que este sea adecuado, o en caso contrario identificar las posibles fallas que los componentes estén presentando y las reparaciones que en cuyo caso deberían realizarse.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. HISTORIA DEL MOTOR DIESEL.

El motor Diésel es una máquina por la cual la energía acumulada en el combustible, se libera por medio de la combustión, transformándola en energía mecánica.

Debe su nombre al Ingeniero Alemán Rudolf Diésel, quien patentó e hizo funcionar su invención exitosamente en 1895. Desde entonces el perfeccionamiento del motor Diésel ha sido constante e intenso, imponiéndose su uso en variadas actividades.

Gran parte de la maquinaria industrial o de transporte terrestre, marítimo y aéreo está impulsada frecuentemente por motores Diésel, siendo importante recalcar que, dicho motor es la fuente de potencia de mejor rendimiento masivamente utilizada aún en la actualidad.

Este motor se ha diseñado para funcionar según los ciclos de cuatro y de dos tiempos como también de aspiración normal y sobrealimentado. Respecto al rango de potencia podemos decir que varía de unos pocos caballos de fuerza a varios miles, impulsando desde un automóvil hasta un barco de guerra.

1.2. CICLO DIESEL DE CUATRO TIEMPOS.

El funcionamiento del motor Diésel se realiza a través de cuatro carreras del pistón, las cuales completan un ciclo de trabajo, llamadas: admisión, compresión, expansión (trabajo) y escape; las cuáles describiremos a continuación para comprender adecuadamente cómo funciona este motor.

1.2.1. Admisión.

El pistón estando en su punto más alto, llamado punto muerto superior (PMS), inicia su carrera descendente. Al abrirse la válvula de admisión, un poco antes del PMS y permanecer ésta abierta, el pistón aspira al cilindro aire de la atmósfera. Después de pasar el pistón por su posición más baja, llamada punto muerto inferior (PMI), la válvula de admisión se cierra terminando la admisión.

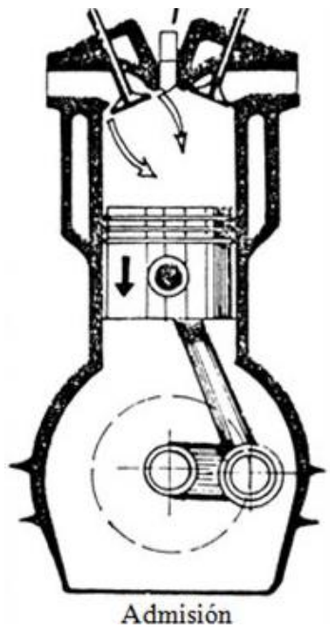

Imagen 1- 1.- Carrera de admisión.

Fuente: “Motores Diésel, funcionamiento y servicio”. Pedro Sarmiento.

1.2.2. Compresión.

Se inicia al estar las válvulas cerradas al continuar el pistón ahora su movimiento ascendente, comprime el aire hasta que el pistón llega nuevamente al PMS. Ésta compresión hace que el aire encerrado aumente considerablemente su presión y temperatura.

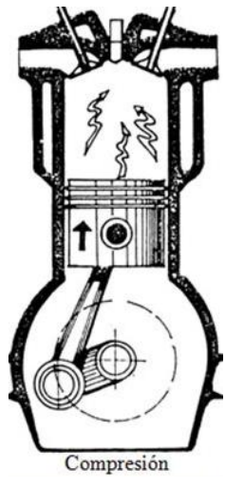

Imagen 1- 2.- Carrera de compresión.

Fuente: “Motores Diésel, funcionamiento y servicio”. Pedro Sarmiento.

1.2.3. Trabajo.

Al llegar el pistón al PMS, el sistema de inyección se encarga de introducir el combustible que se quema al entrar en contacto con el aire a elevada temperatura en que este último se encuentra. En esta combustión se libera la energía química acumulada en el combustible, aumentando la presión, e iniciando ahora el segundo descenso del émbolo, llamada: carrera de trabajo, expansión o potencia. Antes de llegar al PMI se empieza a abrir la válvula de escape, terminando la expansión.

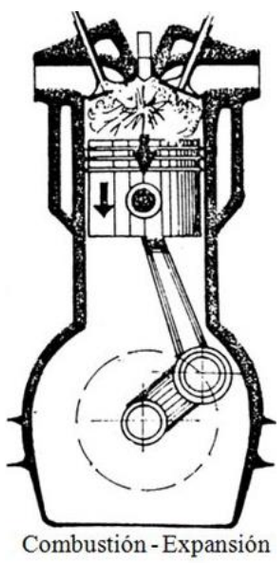

Imagen 1- 3.- Carrera de trabajo.

Fuente: “Motores Diésel, funcionamiento y servicio”. Pedro Sarmiento.

1.2.4. Escape.

Al iniciarse la abertura de la válvula de escape empieza la carrera de escape. Esto sucede antes de que el pistón llegue a su PMI. Desde que la válvula de escape se abre hasta que el pistón llega al PMI, los gases se desplazan hacia el exterior debido a la presión elevada en que se encuentran a consecuencia de la combustión. Pasando por el PMI y nuevamente en su carrera ascendente, el pistón empuja los gases quemados hacia el exterior hasta que llega al PMS. Termina este período un poco después de esta posición, cuando la válvula de escape se ha cerrado.

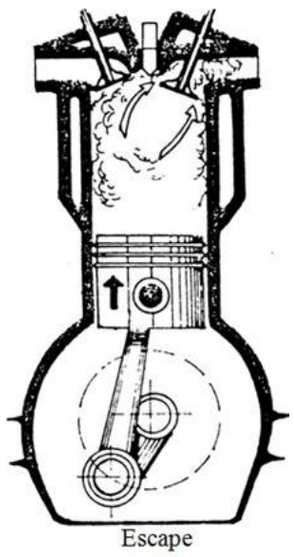

Imagen 1- 4.- Carrera de escape.

Fuente: “Motores Diésel, funcionamiento y servicio”. Pedro Sarmiento.

1.3. L A INYECCIÓN DIÉSEL.

Actualmente existen mayores exigencias en términos de emisiones de gases, ruido, economía y desempeño para los motores Diésel, eso exige de los fabricantes de motores y ensambladoras el desarrollo de mejores motores y vehículos. Y dentro de todos estos aspectos y exigencias, el sistema de inyección es el principal responsable en términos de mejoras, por eso nos centraremos en los distintos avances que este sistema ha sufrido desde sus inicios hasta la actualidad, haciendo una descripción de los principales, y de sus componentes a continuación.

1.3.1. Circuito de baja presión (alimentación).

La función del sistema de suministro de combustible (también denominado sistema de alimentación) es almacenar y filtrar el combustible requerido y abastecer de éste al sistema de inyección a la presión de operación requerida. Además se encarga del retorno del combustible sobrante al depósito de combustible y, en algunos casos, la refrigeración de éste antes de devolverlo al depósito.

El sistema de alimentación puede variar dependiendo del tipo de sistema de inyección y las características de la bomba inyectora. A continuación se describen los componentes del sistema:

a. Depósito de combustible:

El depósito de combustible debe ser resistente a la corrosión, además de a prueba de fugas para presiones superiores al doble de la de operación y de al menos 0.3 bar de sobrepresión y disponer de válvulas de seguridad para el escape de los gases en caso de que haya sobrepresión. El diseño debe tener en cuenta que no se produzcan fugas cuando el vehículo, en su caso, se incline y en caso de sacudidas y de impactos. Por último, debe ir separado del motor, en un lugar en el que se prevenga la ignición del combustible en caso de accidente.

b. Líneas de transporte:

Compuestas por tubos de metal, flexibles e ignífugos. Así mismo tienen que estar preparados para no sufrir daños ante movimientos de torsión del bastidor, movimientos del motor o similares.

Todos los elementos del sistema de transporte de combustible deben estar previstos para evitar daños en operación provocados por incrementos de temperatura.

c. Filtro de combustible:

Su función es garantizar un nivel pureza del combustible que evite daños en el sistema de inyección. Su diseño depende del tipo de sistema de inyección y de las condiciones de operación, es más exigente para sistemas que trabajen a presiones más elevadas.

d. Bomba de pre-alimentación:

Puede ser una bomba eléctrica o de accionamiento mecánico. Esta bomba aspira el combustible del depósito a través del filtro y lo envía por el circuito de baja presión, pasando por el filtro principal, hasta la bomba de alta presión.

✓ Bomba eléctrica: Se compone de un motor eléctrico que acciona un elemento de bombeo (disco de rodillos).

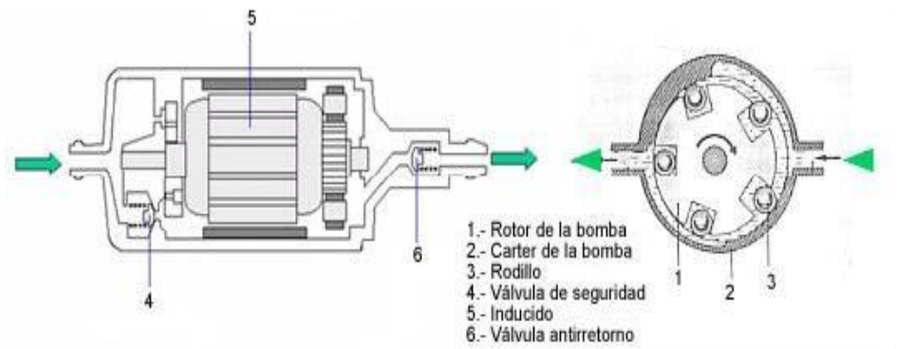

Imagen 1- 5.- Bomba eléctrica de pre-alimentación de combustible.

Fuente:ro-des.com

✓ Bomba de engranajes: La bomba de alimentación de engranajes está fijada directamente al motor o, en el caso del Common Rail, está integrada en la bomba de alta presión. Se acciona mecánicamente por medio de un acoplamiento, una rueda dentada o una correa de distribución.

Sus componentes principales son dos ruedas dentadas que engranan entre sí y que tienen sentido de giro opuesto, que impelen el combustible de los huecos entre dientes y la carcasa impulsándolo del lado de aspiración al lado de presión. En el engranaje entre las dos ruedas se produce un cierre hermético entre ambos lados.

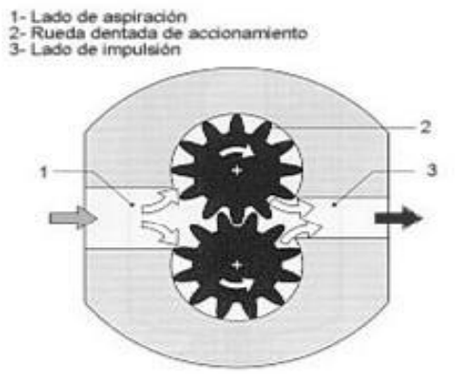

Imagen 1- 6.- Bomba de pre-alimentación de combustible, de engranajes.

Fuente: BlogdeAutomoviles.com

✓ <u>Bomba de paletas:</u> Estas bombas van integradas dentro del cuerpo de las bombas rotativas. Poseen un conducto de aspiración por donde ingresa el combustible y se eleva la presión con el movimiento de las paletas y el arrastre que producen en contra de las paredes de la bomba, enviándolo a presión de alimentación hacia el sistema de alta.

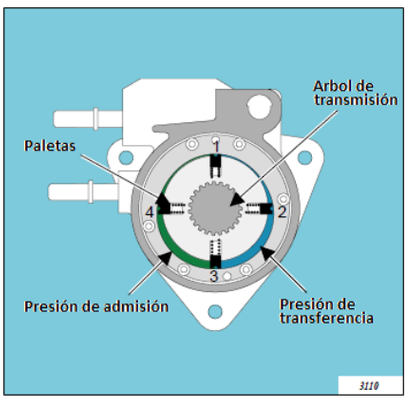

Imagen 1- 7.- Bomba de pre-alimentación de combustible, de paletas.

Fuente: BlogdeAutomoviles.com

1.3.2. Circuito de alta presión (inyección).

El sistema de inyección se encarga de inyectar la cantidad adecuada de combustible a alta presión dentro de la cámara de combustión en el momento adecuado.

Los principales componentes son la bomba de inyección, encargada de dar al combustible la presión adecuada, y los inyectores; ambos están unidos por la línea de alta presión (excepto en los sistemas con bombas de inyección individuales). En todos los casos la tobera de cada inyector sobresale dentro de la cámara de combustión de cada cilindro.

En la mayoría de los sistemas, la tobera o boquilla del inyector deja pasar el combustible cuando se alcanza una determinada presión de apertura, y cierra cuando la presión cae por debajo de este valor. Sólo se controla de forma externa, mediante un controlador electrónico, en el caso de los sistemas Common rail.

1.3.3. Tipos de cámaras de combustión.

La forma de la cámara de combustión es uno de los factores determinantes en la calidad de la combustión y, por tanto, del rendimiento del motor y las características de los gases de escape. Con el diseño adecuado de la cámara de combustión y el movimiento del pistón se puede conseguir crear turbulencias en el interior del cilindro y así mejorar la formación de la mezcla aire/combustible.

Según el diseño de la cámara de combustión, los motores se dividen en dos tipos:

a. Cámara abierta (inyección directa).

Una cámara de combustión abierta es aquella en la que el espacio de combustión no contiene restricciones suficientemente pequeñas como para producir diferencias grandes de presión entre partes diferentes de la cámara durante el proceso de combustión.

En la cámara abierta la formación de la mezcla aire/combustible depende únicamente de las características del chorro y del movimiento del aire dentro del cilindro. Por este motivo, este tipo de motores son muy sensibles a la pulverización del combustible, que debe ajustarse con precisión para asegurar una mezcla rápida. La formación de la mezcla se ve favorecida por el uso de altas presiones de inyección y la subdivisión del chorro.

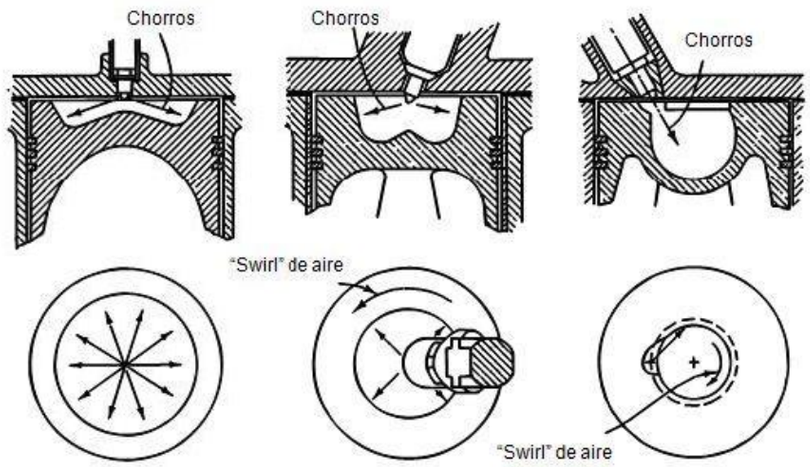

Imagen 1- 8.- Tipos de cámaras de combustión abiertas.

Fuente: heywood.

b. <u>Cámara dividida (inyección indirecta).</u>

Una cámara de combustión dividida es aquella en la que el espacio de combustión se halla dividido en dos compartimentos distintos, entre los que hay un estrechamiento suficientemente pequeño para que existan diferencias apreciables de presión entre ellos durante el proceso de compresión y combustión. A la parte de la cámara en la que se encuentra el pistón se le conoce por el nombre de cámara principal y a la otra con el nombre de pre-cámara o antecámara. En este tipo de cámara de combustión la homogeneización de la mezcla está fundamentalmente encomendada al propio fluido, como consecuencia de la importante turbulencia que aparece durante el tránsito del fluido, a través del estrechamiento.

Durante la compresión el aire se introduce en la pre-cámara, generándose turbulencia a su paso a través del orificio de comunicación entre la cámara principal y la pre-cámara. Al inyectarse el combustible en la pre-cámara la turbulencia favorece la mezcla.

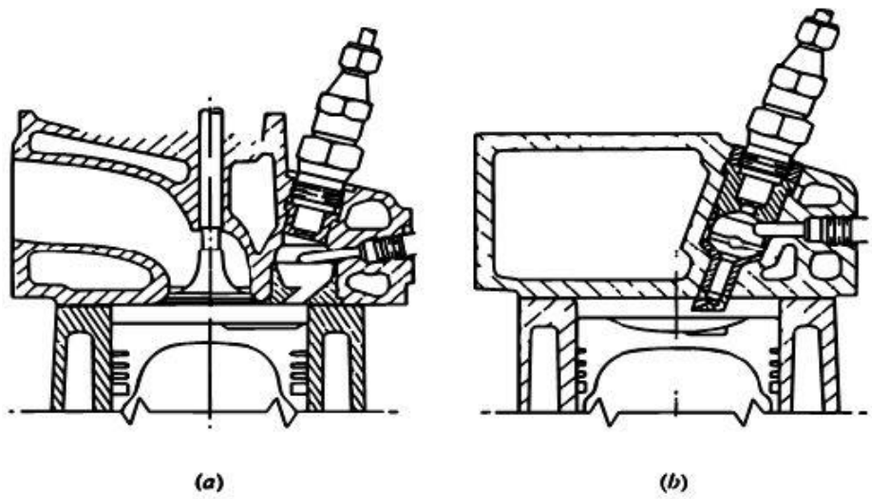

Imagen 1- 9.- Tipos de cámaras de combustión divididas.

Fuente: Heywood.

1.3.4. Tipos de bombas.

a. Bombas de inyección PF.

Estas bombas tienen diversas aplicaciones: motores pequeños, locomotoras Diésel, motores navales, maquinaria de construcción, etc. El sistema que utilizan para conseguir la presión de inyección es el mismo que el del elemento de bombeo de la bomba de inyección en línea estándar PE.

No tienen árbol de levas propio, sino uno común a todas se encuentra sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor. Por este motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas. Aquí puede conseguirse un ángulo de variación de algunos grados mediante la regulación de un elemento intermedio (por ejemplo situando un balancín entre el árbol de levas y el impulsor de rodillo). En motores grandes, el regulador mecánico-hidráulico o electrónico está integrado en el cuerpo del motor.

Imagen 1- 10.- Bomba de inyección PF.

Fuente: blogdeautomobiles.com

b. Bomba de inyección en línea.

Este fue el primer tipo de bomba inyectora. Su invención permitió el uso por primera vez del motor Diésel en vehículos.

El comienzo de la inyección está determinado por una lumbrera de admisión situada en la parte inferior del cilindro, que es cerrada por el émbolo cuando este empieza a subir. La ranura del émbolo y su ángulo de giro determinan el fin de la carrera útil y, por tanto, el caudal de inyección. El giro de los émbolos lo efectúa una cremallera o varilla de regulación que puede ser controlada por un regulador mecánico de fuerza centrífuga (este fue el primer sistema diseñado) o, en el caso de las bombas más modernas, con un mecanismo actuador eléctrico (EDC).

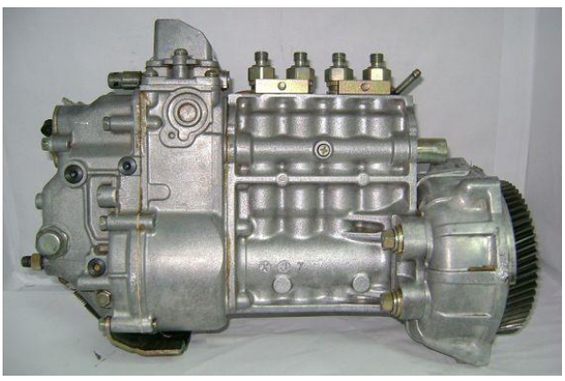

Imagen 1- 11.- Bomba de inyección en línea.

Fuente: blogdeautomobiles.com

c. Bombas inyectoras rotativas (distribuidoras).

✓ De émbolo axial VE: Lleva integrada una bomba de alimentación de paletas que aspira combustible del depósito y lo suministra al interior de la cámara de la bomba de inyección. Un único émbolo distribuidor central, que gira mediante un disco de levas, se encarga de la generación de presión y la distribución a los diversos cilindros. Durante una vuelta del eje de accionamiento, el émbolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a abastecer. Los resaltes de leva en el lado inferior del disco de leva se deslizan sobre los rodillos del anillo de rodillos y originan así en el émbolo distribuidor un movimiento de elevación adicional al movimiento de giro.

Las bombas rotativas de émbolo axial convencionales disponen de un regulador de revoluciones mecánico (por fuerza centrífuga), o con mecanismo actuador regulado electrónicamente. Tienen una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro de la bomba puede regularse mediante un anillo de rodillos (variador de avance). En la bomba rotativa de émbolo axial controlada por electroválvula, existe una electroválvula de alta presión controlada electrónicamente, que dosifica el caudal de inyección, en lugar de la corredera de inyección. Las señales de control y regulación son procesadas en dos unidades de control electrónicas ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor).

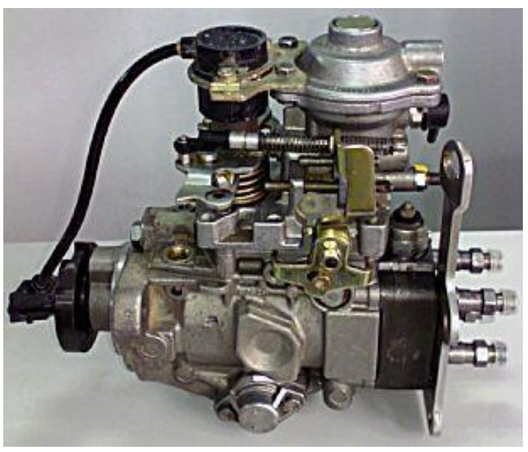

Imagen 1- 12.- Bomba inyectora de émbolo axial tipo VE.

Fuente: blogdeautomobiles.com

✓ De émbolo radial CAV: Esta bomba rotativa utiliza émbolos radiales accionados por un anillo de levas, pueden ser dos o cuatro. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de inyección. El comienzo de la inyección se regula mediante el giro del anillo de levas, con el variador de avance. Igual que en la bomba de émbolo axial controlada por electroválvula, todas las señales de control y regulación se procesan en las unidades de control electrónicas ECU. Mediante la activación apropiada del elemento actuador se regula el número de revoluciones.

Imagen 1- 13.- Bomba inyectora de émbolo radial CAV.

Fuente: elaboración, taller USM.

d. UIS unidad inyector-bomba.

La bomba de inyección y el inyector son una única pieza. Cada cilindro lleva una unidad, montada en la culata del motor. Al igual que las bombas de inyección individuales son accionadas por un árbol de levas montado sobre el bloque del motor; bien directamente mediante un empujador, o indirectamente mediante balancín.

Debido a la supresión de las tuberías de alta presión, se puede conseguir una presión de inyección de hasta 2000 bar (mayor que en los sistemas de riel común). Con esta elevada presión de inyección y mediante la regulación electrónica del comienzo y fin de inyección es posible mejorar el proceso de combustión, reduciendo notablemente el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del motor Diésel.

Imagen 1- 14.- Unidad inyector-bomba UIS.

Fuente: electroinyeccioncolsada.com

e. UPS sistema de bomba unitaria.

Este sistema trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de bomba-inyector, pero está dividido en módulos (bomba individual, tubería e inyector). También dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, accionada por un árbol de levas.

En este caso, debido a la regulación electrónica, también se consigue una reducción del consumo y las emisiones.

Imagen 1- 15.- Sistema de bomba unitaria UPS.

Fuente: autoavance.com

f. CRS Common Rail.

Este sistema, como su nombre indica, dispone de un “raíl” o acumulador común para todas las líneas de inyección. En él se acumula el combustible suministrado por la bomba de alta presión. Esta presión es independiente del régimen de giro del motor y del caudal de inyección.

El acumulador suministra el combustible a alta presión a todos los inyectores, que abren y cierran por medio de electroválvulas. La unidad de control electrónica ECU, en función de unos parámetros almacenados, del régimen del motor y de la carga gestiona la inyección actuando sobre las electroválvulas.

Al igual que en los sistemas de unidad bomba-inyector, el preciso control de la inyección, consigue reducir notablemente el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

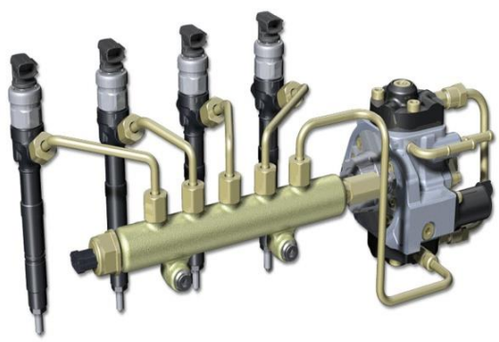

Imagen 1- 16.- Sistema de Riel Común CRS.

Fuente: ryansautomotive.ie

1.3.5. Tipos de inyectores.

a. Inyectores abiertos.

Son utilizados en general donde la pulverización fina no se obtiene con el inyector sino mediante otros métodos como es el caso de motores provistos con pre-cámaras de turbulencias o con cámaras de pre-combustión. La tobera de estos inyectores posee una aguja con una espiga pulverizadora en su extremo de conformación especial,

mediante diversas medidas y la forma de las espigas se puede variar el chorro de inyección.

Imagen 1- 17.- Tobera de inyector de tipo abierto.

Fuente: “Motores Diésel, funcionamiento y servicio”. Pedro Sarmiento.

b. Inyectores cerrados.

También denominado "Inyector de orificios", son utilizados en motores de inyección directa. La tobera y la aguja forman una válvula, la cual es presionada fuertemente sobre el asiento por la acción de un muelle, y es separada del mismo por acción del combustible. Estos inyectores pueden ser de un orificio o varios, en cuyo caso siempre el ángulo de separación de dichos orificios es el mismo.

Imagen 1- 18.- Tobera de inyector de tipo cerrado.

Fuente: “Motores Diésel, funcionamiento y servicio”. Pedro Sarmiento.

1.4. EMISIONES CONTAMINANTES EN LOS MOTORES DIESEL.

Los motores Diésel son unas máquinas térmicas que transforman la energía química en energía mecánica y energía térmica, con un rendimiento en el mejor de los casos del 35-40% (sin tener en cuenta rozamientos ni resistencias aerodinámicas) por lo que un 60-65 % de esa energía química se transforma en calor.

Realmente se produce una combustión en el interior de la cámara del pistón de un motor Diésel, que es una reacción química de óxido-reducción, en la que unos compuestos se oxidan y otros se reducen. Y para que haya una combustión han de haber tres elementos principales, un combustible, un comburente (u oxidante) y una energía de activación.

La energía de activación corresponde con la altísima presión y temperatura que se consiguen con la compresión de la mezcla de combustible y comburente en el interior de la cámara de compresión lo que hace que literalmente explote (oxido-reducción violenta).

1.4.1. El combustible.

El combustible en un motor Diésel, un derivado del petróleo que está compuesto aproximadamente por un 75% de hidrocarburos saturados (principalmente parafinas incluyendo isoparafinas y ciclo-parafinas) y un 25% de hidrocarburos aromáticos (incluyendo naftalenos y alcalobencenos). La fórmula química general del gasóleo común es C12H23. Aproximadamente el 86,1% del Diésel es carbono, y cuando se quema se obtiene un poder calorífico de 43,10 MJ/kg. Contiene como impurezas compuestos azufrados. El Diésel posee un indicador llamado “número de cetano” que mide su resistencia a la auto inflamación, a menor número de cetano, mayor resistencia a la ignición. En Chile tenemos dos calidades de Diésel, la “A-1” para la Región Metropolitana que posee un numero de cetano de 50 y la calidad “B-1” para las otras regiones que tiene un número de cetano de 40.

1.4.2. El comburente.

En comburente en un motor Diésel es el oxígeno. Si miramos la siguiente reacción, “hidrocarburo + o2 = co2 + h2o”, vemos que, en una combustión ideal, el combustible y el comburente reaccionan dando lugar únicamente a dióxido de carbono y agua. En esta reacción, el carbono se oxida (pierde electrones) que se los cede al oxígeno (que los gana), por eso es una reacción de óxido-reducción. Esta reacción puede tener algunos inconvenientes debidos a la falta de oxidante (mezcla no estequiométrica). Cuando esto ocurre se producen otros productos la reacción, como es el caso del monóxido de carbono (CO), carbono (en forma de carbonilla), e incluso hidrocarburos parcialmente quemados (oxidados). También y debido a las impurezas, se obtiene dióxido de azufre (en pequeñas cantidades).

La problemática de los motores Diésel está con la composición del comburente que entra en la cámara de combustión. Y es que en el motor no entra únicamente oxígeno, entra aire, que está formado por un 79 % de nitrógeno y 21 % de oxígeno.

Y es que cuando entra en la cámara de combustión nitrógeno y se alcanzan temperaturas del orden de 1600 ºC y presiones altísimas, este reacciona con un exceso de oxígeno produciendo los llamados óxidos de nitrógeno (NOx).

1.4.3. La combustión.

Contiene cientos de compuestos químicos emitidos en fase gaseosa o fase particulada. Los principales productos gaseosos son dióxido de carbono (CO_2), oxígeno, nitrógeno y vapor de agua. También están presentes el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno (NO_x), los hidrocarburos y sus derivados. El benceno, el tolueno, el benzopireno y otros hidrocarburos poli-cíclicos aromáticos también están presentes en la parte gaseosa. El proceso de la combustión tiene lugar en el momento que comienza la inyección.

Imagen 1- 19.- Combustión.

Fuente: electroinyecciónсolsada.com

1.4.4. Los gases de escape.

Cuando se habla de la composición de los gases de escape de un vehículo se utilizan siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos. Hemos de decir que estas sustancias solo representan una fracción muy pequeña del total de los gases de escape. Algunos de estos gases no son peligrosos, como el dióxido de carbono, el nitrógeno, el agua o el oxígeno. En cambio otros si son peligrosos, y hay que eliminarlos de los gases de combustión (o reducir su porcentaje). Entre los gases contaminantes hay que destacar uno, los óxidos de nitrógeno (NOx). Son combinaciones de nitrógeno N2 y oxígeno O2, como por ejemplo el NO, NO2, N2O, etc. El monóxido de nitrógeno (NO), es un gas incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, se transforma en dióxido de nitrógeno (NO2), de

color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios. Es un gas tóxico, precursor de la formación de partículas de nitrato.

Otro gas que se produce, aunque en mucha menor medida es el dióxido de azufre, gas que propicia enfermedades de las vías respiratorias. Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. Para eliminarlo, hay que disminuir el contenido de azufre en el combustible.

También se produce con motivo de la combustión incompleta del combustible otro gas tóxico, el monóxido de carbono (CO). Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos al unirse al hierro en la hemoglobina. Las partículas de hollín y los hidrocarburos son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta

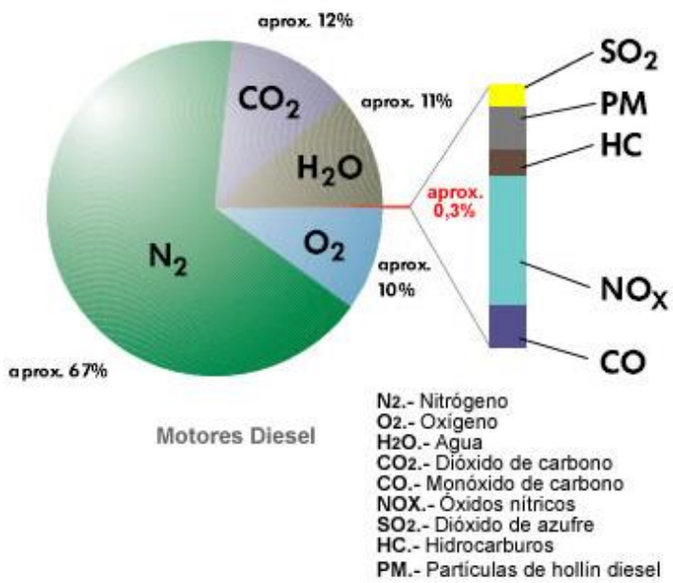

Imagen 1- 20.- Composición de los gases de escape en motores Diésel.

Fuente: didacforner.net

1.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO.

1.5.1. Mantenimiento correctivo.

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

1.5.2. Mantenimiento preventivo.

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

1.5.3. Mantenimiento predictivo.

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

CAPÍTULO 2: COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL MONTADO EN EL MOTOR D4DA, HYUNDAI.

2. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL MONTADO EN EL MOTOR D4EA, HYUNDAI.

2.1. EL HYUNDAI TUCSON 2007.

Es un todo terreno de 5 puertas, que pesa 2210 kg. Aprox. Sus dimensiones son: 4325 mm de longitud, 1795 mm de anchura y 1680 mm de altura. Cuenta con un motor 2.0 CRDi turbo alimentado y tracción a las 4 ruedas permanente, desarrolla una velocidad máxima de 168 km/h y cuenta con un depósito de combustible con capacidad para 58 litros. Logra un rendimiento urbano de 9.2 L/100 km., y un rendimiento extraurbano de 5.9 L/100 km.

Imagen 2- 1.- Hyundai Tucson.

Fuente: autoevolution.com

2.2. EL MOTOR D4EA.

Es un motor de 4 cilindros en línea con distribución OHC. Cuenta con una potencia de 112 hp a 4000 rpm, un par máximo de 255 Nm que logra a las 2000 rpm. Su cilindrada real es de 1991 cc; con un diámetro de cilindro de 83 mm y una carrera de 92

mm. Su relación de compresión es de 17.7:1 y un sistema de inyección de combustible Common Rail Bosch. Además de ser turboalimentado.

Imagen 2- 2.- Motor D4EA.

Fuente: korea-motors.com

2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA.

El sistema de inyección "Common Rail" ofrece una flexibilidad destacadamente mayor para la adaptación del sistema de inyección al funcionamiento motor, en comparación con los sistemas propulsados por levas. Esto es debido a que están separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El combustible para la inyección está a disposición en el acumulador de combustible de alta presión. El conductor preestablece el caudal de inyección, la unidad de control electrónica (UCE) calcula a partir de campos característicos programados, el momento de inyección y la presión de inyección, y el inyector (unidad de inyección) realiza las funciones en cada cilindro del motor, a través de una electroválvula controlada.

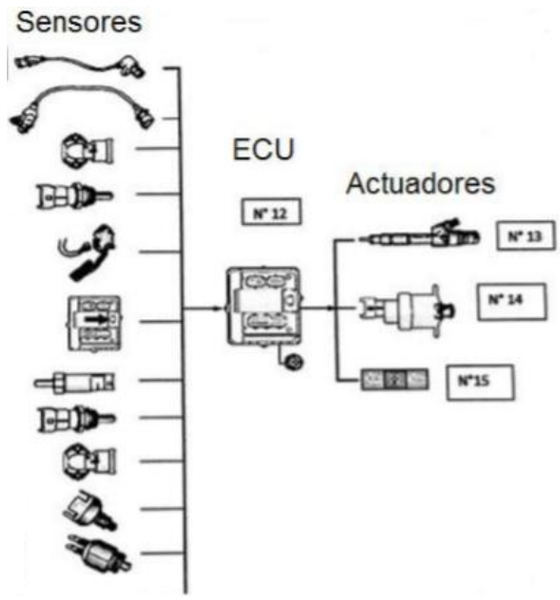

Imagen 2- 3.- Componentes.

Fuente: Bosch service manual.

La instalación de un sistema "Common Rail" consta:

a. Unidad de control (ECU).
b. Sensor de revoluciones del cigüeñal.
c. Sensor de revoluciones del árbol de levas.
d. Sensor del pedal del acelerador.
e. Sensor de presión de "Rail".
f. Sensor de temperatura del líquido refrigerante.
g. Medidor de masa de aire.

La ECU registra con la ayuda de sensores el deseo del conductor (posición del pedal del acelerador) y el comportamiento de servicio actual del motor y del vehículo. La ECU procesa las señales generadas por los sensores y transmitidas a través de líneas de datos. Con las informaciones obtenidas, es capaz de influir sobre el vehículo y especialmente sobre el motor, controlando y regulando. El sensor de revoluciones del cigüeñal mide el número de revoluciones del motor, y el sensor de revoluciones del árbol de levas determina el orden de encendido (posición de fase). Un potenciómetro como sensor del pedal acelerador comunica con la ECU, a través de una señal eléctrica, la solicitud de par motor realizado por el conductor.

2.3.1. ECU.

La unidad de gestión electrónica recibe señales de los sensores, procesa esta información y por medio de comparaciones con valores predeterminados, los actuadores llevarán a cabo las funciones de la inyección, control y advertencias.

Además, realiza detección y registro de fallas, alertando al usuario a través de una luz testigo situada en el tablero de instrumentos, en el caso que se presente alguna falla y si es lo apropiado, se detendrá el motor de forma automática.

2.3.2. Sensor CKP.

Tiene como objetivo informar la velocidad angular del cigüeñal a la ECU.

Resistencia a 25°C = 1.500 a 3.500 ohm.

En combinación con el sensor de velocidad, tenemos el disco dentado de 60 dientes, al cual le faltan dos (58), esto genera impulsos que son identificados por el campo magnético del sensor y enviada a la ECU.

La ausencia de dientes sirve para indicar la posición del cigüeñal. La señal generada por los impulsos se amplifica y llega a la ECU que, junto con otros parámetros, determina el momento de inicio de inyección de combustible.

Este sensor es utilizado por la ECU para determinar la velocidad del motor, el tiempo exacto de inicio de inyección y, en conjunción con el sensor de fase, para determinar el cilindro y recibir la inyección.

Imagen 2-4.- Sensor CKP.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.3. Sensor de fase o CMP.

El sensor de posición del eje de levas se utiliza para que la computadora pueda identificar la posición de los cilindros y así sincronizar la activación secuencial de los inyectores.

Este sensor al ser de efecto hall consta de un imán permanente que induce un campo magnético a través del cual se le aplica una corriente de 5v, este campo magnético y esta corriente son interrumpidas cada vez que un diente pasa cerca del imán del sensor, entonces la señal de 5v es interrumpida varias veces, lo que genera una señal de frecuencia que va de los 0v a los 5v, y esta señal de frecuencia la interpreta la computadora como las revoluciones del eje de levas y por ende la posición de los cilindros.

Imagen 2-5.- Sensor de fase CMP.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.4. Sensor de posición del acelerador.

Debido a esta palanca electrónica presente en el motor, el pedal de acelerador no tiene una acción mecánica (piola) en el suministro de combustible.

Este sensor está localizado donde termina el pedal del acelerador y está conectado con un cable que lleva la señal del sensor hacia el mando electrónico.

Este sensor tiene dos funciones, la primera es informar que el pedal del acelerador está en reposo y la segunda es que el conductor ha presionado el pedal para que haya un incremento de velocidad haciendo que el sensor lleve la señal a la ECU para

que haya incremento de combustible. Este potenciómetro informa una variación de la posición del pedal.

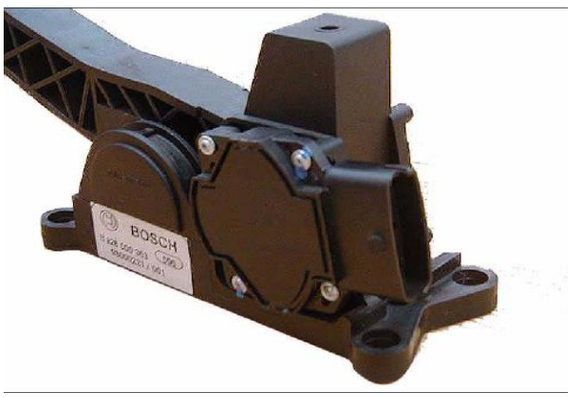

Imagen 2-6.- Sensor de posición del acelerador.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.5. Sensor de presión del riel.

Este sensor debe medir la presión actual del riel con suficiente exactitud y en el menor tiempo posible para hacer llegar una señal a la ECU en función de la presión existente en éste.

El combustible entra hacia el sensor de presión que está cerrado herméticamente por la membrana o diafragma. A través del orificio del sensor el combustible llega a la membrana, la cual es sometida a presión, sobre el diafragma se encuentra el circuito de evaluación o elemento sensor que sirve para transformar la presión en una señal eléctrica y a través de cables de unión se transmite la señal generada a un circuito evaluador que pone a disposición de la ECU la señal que ha generado este sensor.

Este sensor trabaja por el principio de resistencia eléctrica, si la membrana varía su forma, la resistencia de igual manera va variando y va generando un cambio de tensión en el puente abastecido con 5V.

La tensión de este sensor es de 0 a 70 mV y es amplificada por el circuito evaluador entre 0,5 y 4,5 V. La precisión de este sensor tiene un margen de error de ±2% del valor final. En caso de que este sensor sufra un desperfecto, se activa la válvula reguladora de presión en función de emergencia mediante valores preestablecidos dejando pasar una cantidad de combustible hacia el sistema de retorno.

Imagen 2-7.- Sensor de presión en el Riel.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.6. Sensor de temperatura del refrigerante

El sensor de temperatura del líquido refrigerante está localizado en la parte lateral del block. Este sensor cumple con la función básica de informar los cambios de temperatura del refrigerante a la ECU.

Para realizar su función, este sensor varía su resistencia eléctrica de acuerdo con la temperatura y utiliza el valor obtenido como el valor de corrección para calcular la cantidad de combustible a inyectar (NTC).

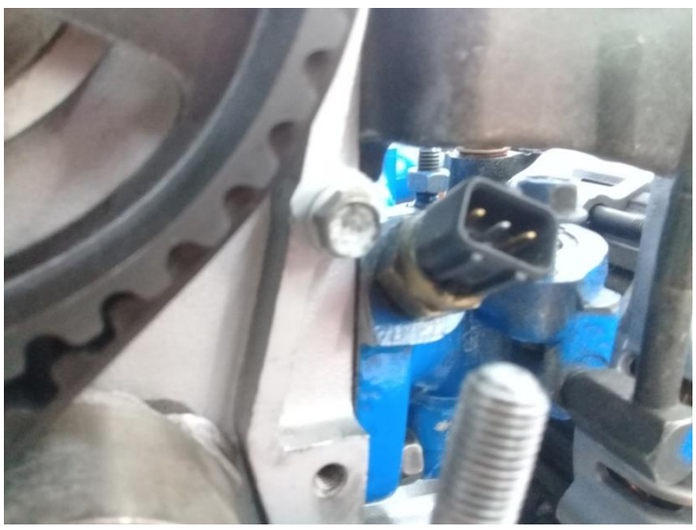

Imagen 2-8.- Sensor de temperatura del refrigerante.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.7. Sensor de flujo y temperatura del aire de admisión

El sensor de masa de aire está localizado en la admisión y determina la masa de aire admitida. El flujo de aire en el tubo de admisión origina señales en el sensor, las cuales son recibidas por la ECU para calcular la cantidad de combustible a inyectar.

Cuando no hay señal de masa aire, el mando electrónico considera un valor fijo, el que hace limitar las r.p.m. del motor del vehículo, entrando en estado de emergencia.

Este sensor en NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura) que actúa de forma indirectamente proporcional, es decir, que a menor la temperatura, mayor es la resistencia.

Imagen 2-9.- Sensor de masa del aire de admisión.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.8. La bomba de alta presión CP1.

La bomba de alta presión CP1 que genera como máximo 1350 bar de presión, se encuentra en la intersección de baja y alta presión de combustible, tiene como función abastecer el riel de inyección con combustible para que se genere la alta presión, también debe mantener una reserva de combustible para un proceso de arranque rápido o un aumento brusco en la presión del riel.

La bomba es accionada mediante un acoplamiento y gira a 3000 r.p.m. como máximo, la desmultiplicación de revoluciones es de 1:2.

Imagen 2-10.- Bomba de alta presión CP1.

Fuente: elaboración propia en taller USM.

En esta bomba la válvula reguladora de presión no está adosada a ésta, el combustible se comprime gracias a 3 émbolos radiales los cuales están desfasados 120° uno del otro, accionados por el movimiento del eje de accionamiento, el cual gracias al árbol de levas generar el movimiento en la Bomba y por consecuente, ésta la presión. Esta bomba no necesita un sistema de refrigeración ni un sistema de lubricación, ya que el combustible actúa como agente lubricante y a su vez refrigerante.

Las partes principales de la bomba de alta presión son:

a. Entrada de combustible: Es donde entra el combustible a baja presión (2 a 3 bar) suministrado por la bomba de pre-alimentación.
b. Eje de accionamiento: Está adosado al motor, el cual al ponerse en marcha hace girar el eje poniendo en funcionamiento la bomba.
c. Leva de accionamiento: Es la protuberancia que está llegando al extremo del eje, el cual presiona el pistón para generar la presión.
d. Válvula de admisión: Es la válvula que deja entrar el combustible hacia la cámara de compresión.
e. Válvula reguladora de presión: Esta válvula tiene la misión de ajustar y mantener la presión del riel, ya que cuando hay una sobre presión la válvula se abre dejando pasar combustible de retorno hacia el estanque.
f. Conexión a alta presión: Aquí va adosada la cañería de alta presión la cual conecta con el riel de inyección suministrándolo de combustible.

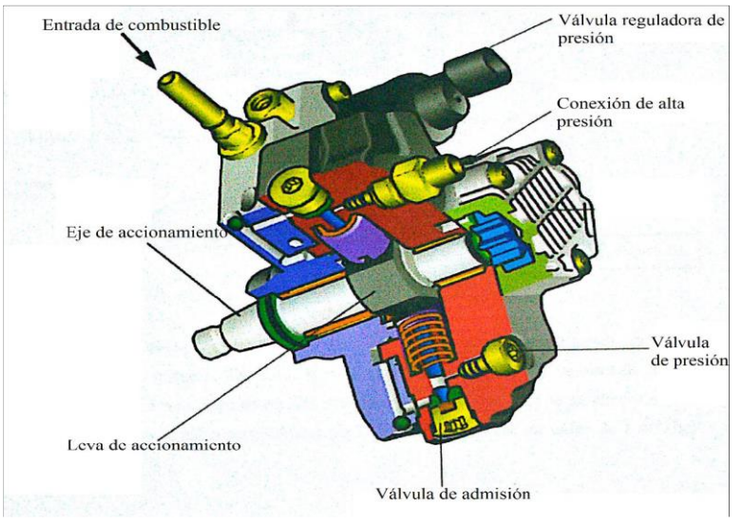

Imagen 2-11.- Partes principales de la bomba CP1.

Fuente: Manual de usuario Hyundai Tucson 2007.

a. Bomba de alta presión CP1, en admisión.

El movimiento descendente del émbolo genera un aumento de volumen en la cámara de compresión, el émbolo o pistón baja gracias a la fuerza ejercida por el resorte que genera presión, de esta manera el combustible administrado por la bomba previa ingresa a través de la válvula de admisión.

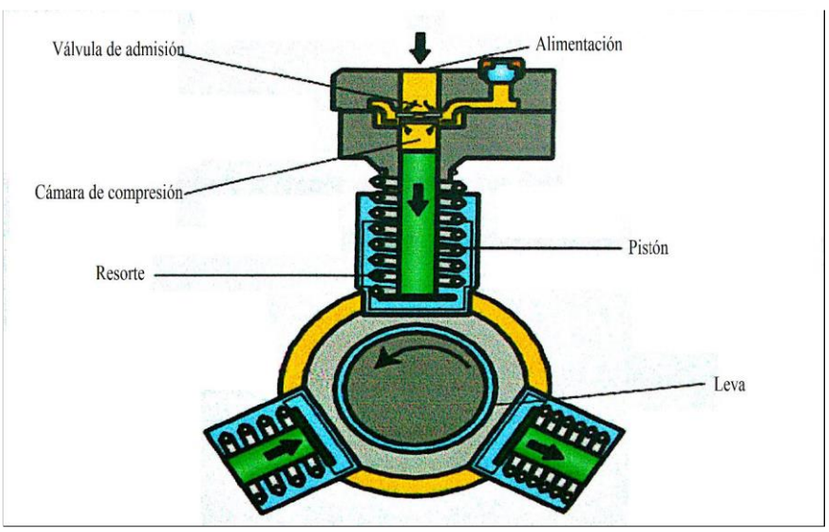

Imagen 2-12.- Bomba de alta presión CP1, en admisión.

Fuente: Manual de usuario Hyundai Tucson 2007.

b. Bomba de alta presión CP1, en Compresión.

Con el movimiento ascendente del pistón, la presión aumenta en la cámara de compresión. El pistón es comprimido hacia arriba cuando la leva toca la cabeza del pistón.

Cada vez que este movimiento ocurre, la presión va aumentando gradualmente hasta llegar al punto que la válvula de salida del combustible se abre haciendo llegar el combustible al riel de inyección para poner el Diésel a disposición de los inyectores.

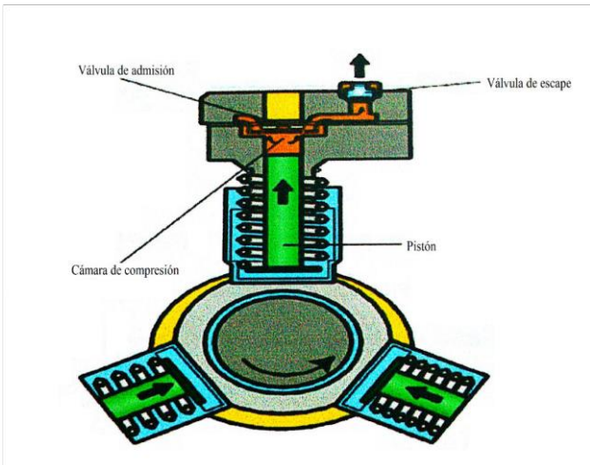

Imagen 2-13.- Bomba de alta presión CP1, en compresión.

Fuente: Manual de usuario Hyundai Tucson 2007.

2.3.9. El riel.

Es el encargado de acumular y suministrar el combustible hacia los inyectores.

Mantiene una presión de 1200 a 1600 bar.

Su material es de acero forjado, el riel está sometido constantemente a presión. La capacidad de compresión que tiene el combustible se aprovecha en el riel, el que cumple la función de acumulador. Al extraer el combustible la variación de presión es mínima y es compensada con la alimentación de la bomba.

En el riel está adosado el sensor de presión, en la válvula limitadora de presión se encuentra la entrada de combustible a alta presión, la salida a retorno que va junto con la válvula limitadora de presión y la salida hacia los inyectores.

Imagen 2- 14.- Riel acumulador de presión.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.10. Válvula reguladora de presión.

La función de esta válvula es limitar la presión del riel dejando libre una abertura de salida en caso de que haya un aumento demasiado grande en la presión (esta válvula admite como máximo 1.500 bar).

Esta válvula puede ser netamente mecánica o electrónica, va unida en el riel de alta presión por una rosca.

Cuando la presión del combustible sobrepasa el límite permisible, esta válvula se abre, dejando pasar combustible hacia retorno y así bajando la sobrepresión del acumulador.

Un muelle presiona sobre el émbolo hermetizándolo en el asiento, de forma de que el riel quede cerrado. Solamente cuando sobrepasa la presión máxima, el émbolo se levanta por la presión en el riel contra la fuerza del muelle, dejando retornar el combustible.

El combustible es conducido por canales internos de la válvula y retorna al depósito a través de una cañería colectora.

Imagen 2- 25.- Válvula reguladora de presión.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.3.11. Inyectores.

El inyector utilizado en este sistema Common Rail se activa electrónicamente por medio de su válvula solenoide, que se encuentra constantemente alimentada con 12 volt. Y para generar el pulso de inyección la computadora le envía una señal de tierra lo que provoca la apertura de la válvula y por consecuencia la inyección. Esta inyección es totalmente controlada por ña ECU y ella discrimina la duración del tiempo de inyección y el caudal de combustible a inyectar, de acuerdo a los parámetros pre-establecidos según compare información de los sensores y el deseo del conductor.

A diferencia de los sistemas de inyección convencional que inyectaba de forma mecánica por presión del combustible.

Las estructuras de los orificios se encuentran situados en el inyector de tal forma que cuando sale el combustible forme un cono en la cámara de combustión.

El número y diámetro de los orificios de inyección dependen del caudal de inyección, forma de la cámara de combustión y la turbulencia del aire al entrar a la cámara.

La aguja de la tobera permanece cerrada por la acción de la alta presión del combustible en el vástago de la tobera inyectora.

Imagen 2- 36.- Inyector 0445110 126 Bosch.

Fuente: Elaboración propia, taller USM.

2.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL COMMON RAIL MONTADO EN EL MOTOR D4EA, HYUNDAI.

2.4.1. Funciones básicas.

Las funciones básicas del sistema "Common Rail" son controlar la inyección del combustible en el momento preciso y con el caudal y presión adecuados de la mejor forma posible al régimen del motor.

2.4.2. Funciones adicionales

Las funciones adicionales, aportan a la reducción de las emisiones contaminantes de los gases de escape y ayudan a reducir el consumo de combustible, o bien sirven para aumentar la seguridad y el confort, ya que se reducen las vibraciones que se traspasan al habitáculo, así como las emisiones acústicas del motor.

El sistema CAN hace posible el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo. Un scanner de diagnóstico permite, al realizar la inspección del vehículo, la evaluación de los datos del sistema almacenado en memoria.

2.4.3. Comportamiento del sistema.

En los sistemas de inyección convencionales la generación de presión, la dosificación del combustible así como la distribución del combustible, van unidos en el mismo dispositivo esto tiene unos inconvenientes:

a. La presión de inyección aumenta junto con el nº de revoluciones y el caudal de inyección.
b. Durante la inyección aumenta la presión de inyección, pero hasta el final de la inyección disminuye otra vez hasta el valor de la presión de cierre del inyector. Las consecuencias de ello son:
a. Los caudales de inyección pequeños se inyectan con presiones más bajas y la presión punta es más del doble que la presión de inyección media.
b. El desarrollo de la inyección es aproximadamente triangular.

Estos datos lo que quieren decir es que a bajas revoluciones el motor no desarrolla todo su potencial por tener una baja presión de inyección y a altas revoluciones la presión punta de inyección es mayor que la necesaria.

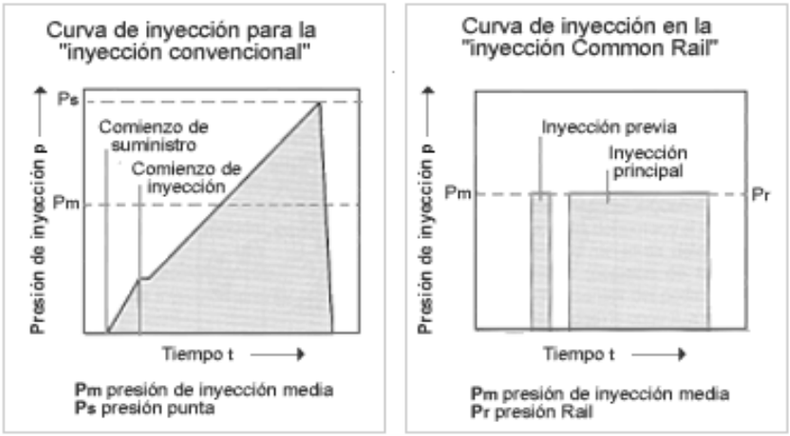

Imagen 2- 47.- Gráfico inyección convencional vs Common Rail.

Fuente: mecanicavirtual.org

Lo anterior mencionado no sucede con el sistema "Common Rail" ya que en estos sistemas la generación de presión está separada de la dosificación y de la inyección de combustible, esto tiene la ventaja de poder tener una presión de inyección constante que no dependa de las revoluciones del motor.

También el grado de libertad en el momento de avance o retraso de la inyección es mucho más grande, lo que hace de los motores equipados con "Common Rail" unos motores muy elásticos que desarrollan mucho mejor su potencial en toda la gama de revoluciones.

El sistema "Common Rail" divide la inyección en una "inyección previa", "inyección principal" y en algunos casos en una "inyección posterior".

2.4.4. Inyección previa.

La inyección previa puede estar adelantada respecto al PMS, hasta 90º del cigüeñal. No obstante, para un comienzo de la inyección previa más avanzado de 40º del cigüeñal antes del PMS, el combustible puede incidir sobre la superficie del pistón y la pared del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisible del aceite lubricante.

En la inyección previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible, que origina un "acondicionamiento previo" de la cámara de combustión, pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y consiguiendo los siguientes efectos:

a. La presión de compresión aumenta ligeramente mediante una reacción previa o combustión parcial, con lo cual se reduce el retardo de encendido de la inyección principal.
b. Se reduce el aumento de la presión de combustión y las puntas de presión de combustión (combustión más suave, menos ruido del motor).

Estos efectos reducen el ruido de la combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos, las emisiones contaminantes. En el desarrollo de presión sin inyección previa, la presión aumenta solo levemente antes del PMS en correspondencia con la compresión, pero lo hace de forma muy pronunciada con el comienzo de la combustión y presenta en el sector de presión máxima una punta comparable muy aguda. El aumento pronunciado de la presión y la punta de presión aguda, contribuyen esencialmente al ruido de combustión del motor Diésel. En el desarrollo de presión con inyección previa, la presión en el margen del PMS alcanza un valor mayor y el aumento de la presión de combustión es menos pronunciado. La inyección previa contribuye solo indirectamente, a la generación de par motor, mediante la reducción del retardo de encendido. En función del comienzo de la inyección principal y de la separación entre la inyección previa y la inyección principal, puede aumentar o disminuir el consumo específico de combustible.

2.4.5. Inyección principal.

Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Asimismo es la responsable principal de la generación del par motor. En el sistema "Common Rail" se mantiene casi inalterable la presión inyección durante todo el proceso de inyección.

2.4.6. Inyección posterior.

La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión hasta 200º del cigüeñal después del PMS. Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada.

Contrariamente a la inyección previa y principal, el combustible no se quema sino que se evapora por calor residual en los gases de escape, hacia el múltiple de escape. Esta mezcla de gases de escape-combustible es conducida en el tiempo de escape, a través de las válvulas de escape, hacia el múltiple de escape. Sin embargo, mediante la retroalimentación de los gases de escape se conduce otra vez una parte del combustible a la combustión y actúa como una inyección previa muy avanzada. El combustible en los gases de escape sirve como medio reductor para los óxidos de nitrógeno.

Como consecuencia se reducen los valores NOx en los gases de escape. Si la inyección posterior es retrasada, conduce a una dilución del aceite del motor por parte del combustible.

2.5. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES.

La instalación del sistema Common Rail se estructura en dos partes principales, el circuito que suministra el combustible a baja presión y el que suministra el combustible a alta presión.

El circuito de baja presión se compone de:

a. Depósito de combustible con filtro previo.
b. Bomba de pre-alimentación.
c. Filtro de combustible.
d. Tuberías de combustible de baja presión.

El circuito de alta presión se compone de:

a. Bomba de alta presión con válvula reguladora de presión.
b. Tuberías de combustible de alta presión.

c. Rail como acumulador de alta presión con sensor de presión, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo.

d. Inyectores.

e. Tuberías de retorno de combustible.

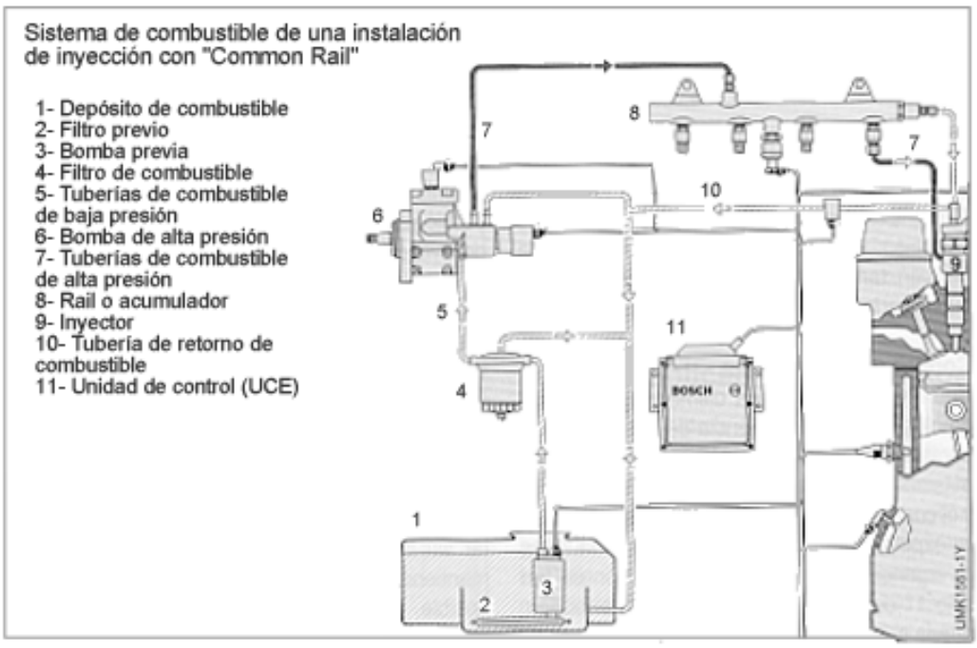

Imagen 2- 58.- Estructura del Sistema Common Rail.

Fuente: mecanicavirtual.org

2.5.1. <u>Circuito de baja presión.</u>

Este se encarga de suministrar el combustible suficiente al circuito de alta presión, bajo todo régimen de funcionamiento del motor.

✓ <u>Bomba de pre-alimentación.</u>

La misión de la bomba de pre-alimentación es abastecer con suficiente combustible a la bomba de alta presión.

a. Bajo cualquier régimen de funcionamiento.

b. Con la presión suficiente.
c. A lo largo de toda su vida útil.

Actualmente existen dos opciones posibles:

Puede aplicarse una electrobomba de combustible o, alternativamente, una bomba de pre-alimentación de combustible de engranajes accionada mecánicamente.

En el sistema Common Rail Bosch montado en el Hyundai Tucson 2007 se pre-abastece con una electrobomba de pre-alimentación de combustible, por ende, solo describiremos dicha opción de pre-abastecimiento.

- Electrobomba de combustible.

Junto a la función de suministrar combustible para la bomba de alta presión, tiene además la función de interrumpir el suministro de combustible en caso necesario, dentro del marco de una supervisión del sistema.

Comenzando con el proceso de arranque del motor, la electrobomba de combustible funciona continuamente y de forma independiente del régimen del motor. La bomba transporta así el combustible continuamente desde el depósito de combustible, a través de un filtro de combustible, hacia la bomba de alta presión.

El combustible excedente retorna al depósito a través de una válvula de descarga. Mediante un circuito de seguridad se impide el suministro de combustible estando conectado la llave de encendido y parado el motor.

La electrobomba de combustible consta de los tres elementos fundamentales:

a. Elemento de bomba (A).
b. Electromotor (B).
c. Tapa de conexión (C).

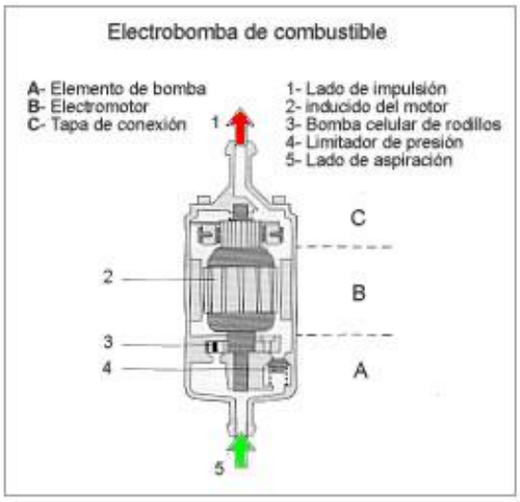

Imagen 2- 69.- Electrobomba de pre-alimentación de combustible.

Fuente: Manual de usuario, Tucson 2007.

2.5.2. Circuito de alta presión.

En la parte de alta presión tiene lugar, además de la generación de alta presión, también la distribución y la dosificación de combustible.

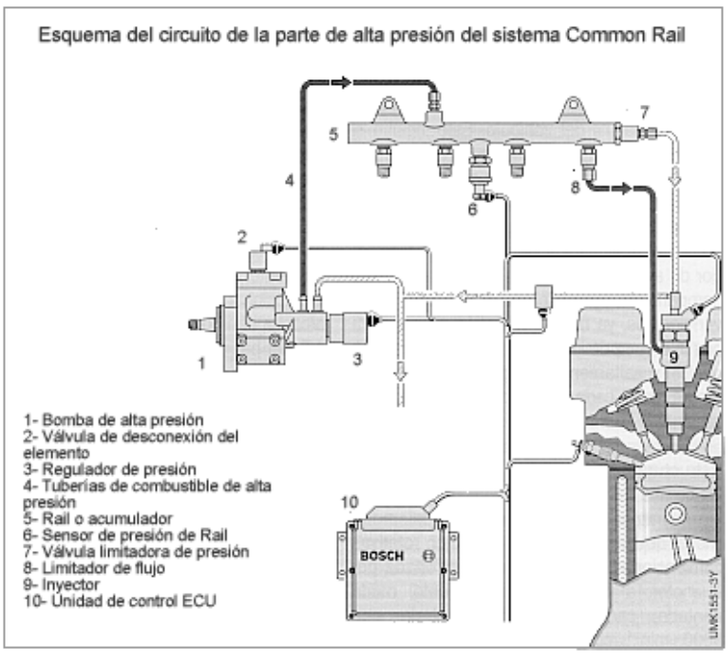

Imagen 2-20.- Esquema del circuito de alta presión.

Fuente: Manual de usuario, Tucson 2007.

- <u>La bomba de alta presión.</u>

La bomba de alta presión se encuentra en la intersección entre la parte de baja presión y la parte de alta presión, anclada directamente al árbol de levas.

La bomba tiene la misión de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los márgenes de servicio y durante toda la vida útil del vehículo. Esto incluye el mantenimiento de una reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque rápido y un aumento rápido de la presión en el Rail.

La bomba genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador alta presión.

Imagen 2-21.- Vista en corte bomba CP1 Bosch.

Fuente: Common Rail Bosch.

En este motor de 2.0 litros, el régimen de revoluciones nominal y con una presión de 1350 bar en el Rail, la bomba de alta presión consume una potencia de 3.8 kW con un grado de rendimiento mecánico de aprox. 90%.

La mayor demanda de potencia tiene sus causas en los caudales de fugas y de control en el inyector y en el retorno de combustible a través de la válvula reguladora de presión.

CAPITULO 3: DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL BOSCH, MONTADO EN EL MOTOR D4EA. HYUNDAI.

3. DIAGNOSTICO Y MANTEMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL BOSCH, MONTADO EN EL MOTOR D4EA. HYUNDAI.

3.1. FALLAS TÍPICAS EN EL SISTEMA COMMON RAIL.

Tabla 3- 1

Síntomas presión cp1.	Falla	Solución
Baja en la potencia y aceleración pobre o demasiado lenta.	Filtro de combustible y aire obstruido. Medidor de masa de aire. Sensor MAP de presión de admisión. Sensor de posición del cigüeñal (CKP). Señal de velocidad. Conducto de admisión suelto o fisurado. Tuberías de vacío sueltas o fisuradas. Sensor NTC de refrigerante. Sensor NTC de combustible. Inyectores defectuosos. Sensor de presión del riel. Bomba de presión.	Revisar el circuito de combustible. Revisar el filtro y los conductos de admisión. Verificar: Medidor de masa de aire. Sensor MAP de presión de admisión. Sensor de presión del riel. Sensor de posición del cigüeñal. Sensor NTC del refrigerante. Sensor NTC del combustible. Inyectores. Revisar que la bomba de alta presión funcione correctamente.
Humo negro en ralentí.	Filtro de aire obstruido. Bujías de calentamiento. Inyectores defectuosos. Potenciómetro del acelerador. Sensor de presión del riel.	Verificar: Bujías de calentamiento. Inyectores defectuosos. Sensor de presión del riel. Potenciómetro del pedal del acelerador.

3.2. AJUSTE DE LA BOMBA DE ALTA

Cuando la bomba de alta presión, comienza a sufrir pérdidas por fugas de combustible debido al desgaste de sus sellos o por desgaste interno por parte de sus componentes móviles, se hace necesario realizarle un ajuste, el cual consta de reemplazar sellos y verificar el estado de sus componentes para una eventual reparación de estos también.

3.2.1. Recomendaciones para realizar el ajuste de la bomba.

a. Tenemos que evitar en extremo, girar en vacío la bomba, ya que como muchos elementos de inyección, es lubricada por el propio Diésel.
b. Hay que marcar claramente la posición de la tapa de cierre de cada elemento, para evitar cambiar un cambio de posiciones al momento del armado.
c. Una vez desmontado el conjunto de bombeo, hay que tener presente que en este punto de desarme nos vamos a encontrar los elementos que componen el kit de reparación, compuesto por o’rings, sellos y anillos de asiento. Por ende se debe procurar un orden y clasificación muy cuidadosos de los elementos.
d. Al extraer el conjunto de accionamiento, hay que tener suma precaución en inspeccionar el interior del alojamiento en busca de elementos de tamaño reducido que puedan caer o extraviarse.
e. Recordar al momento del armado que los pernos de fijación de la brida y de las tapas de elemento deben ser torqueados según las especificaciones del fabricante, cuidando que las superficies de contacto estén limpias y completamente libres de óxido. Es especialmente necesario el correcto torque en las tapas de elemento, ya que estas no utilizan empaquetaduras ni sellos, solo hermetizan el cilindro con el apriete correcto y ajuste adecuado.

3.2.2. Desarme de la bomba.

Para proceder a desarmar la bomba, esta se debe montar cuidadosa y adecuadamente en un soporte especial para realizar dicho procedimiento.

Imagen 3- 1.- Bomba CP1 en desmontaje.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Como segundo paso, hay que asegurar con el manipulo de sujeción, de manera que se enconste en la tapa del elemento a desarmar. Y comenzar el desarme por los tornillos delanteros y retirarlos todos.

Imagen 3- 2.- Bomba CP1 en desmontaje.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Una vez retirados los tornillos se procede con sumo cuidado a aflojar el manipulo de sujcion, para aliviar la tension del resorte.

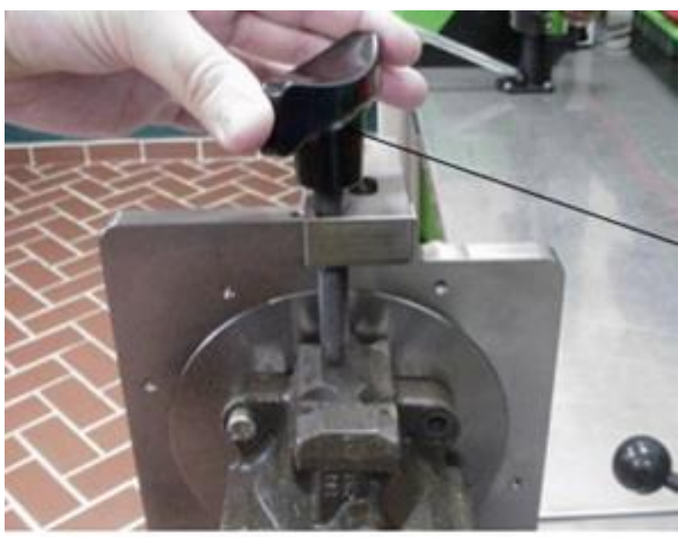

Imagen 3- 3.- Bomba CP1 en desmontaje.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Luego se quita la tapa del elemento en desarme y se cuida extrictamente el orden y la pocision de las piezas, ya que no se pueden invertir oal momento de armar podria provocar inconveniente o bien, un mal tranajo quedando con fallas luego del ajuste.

Imagen 3- 4.- Elementos del conjunto de bombeo de la bomba.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Despues se prosigue con el eje de accionamiento, retirando tambien los tornillos de sujecion y teniendo especial cuidado al momento de retirar el eje, con elementos de tamaño reducido que pudiesen extraviarse.

Imagen 3- 5.- Extracción del conjunto de accionamiento de la bomba.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Ahora el siguiente paso es la evaluación de las piezas.

Se procede a extraer el resorte de conjunto de bombeo y se verifica el correcto deslizamiento de los componentes entre sí, cuidando no realizar movimientos angulares entre ellos durante la inspección.

Imagen 3- 6.- Cilindro y émbolo de bombeo.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Se evalúa la válvula inyectora y que cada componente no tenga daños mecánicos.

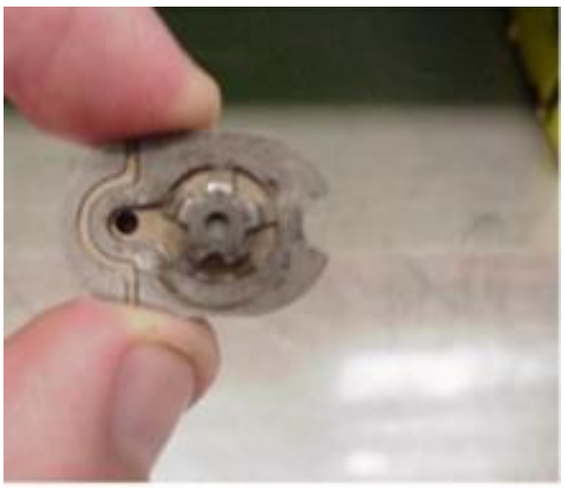

Imagen 3- 7.- Válvula inyectora de combustible.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Como correcta evaluación del resorte se verifica que no sufra de fisuras y esté libre de oxidación.

Imagen 3- 8.- Resorte de elemento de accionamiento.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Evaluar el eje de accionamiento, principalmente en la zona donde trabaja el buje y verificar que no existan daños mecánicos.

Imagen 3- 9.- Eje de accionamiento.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Después se evalúan los bujes tanto de la brida, como el de la leva o polígono.

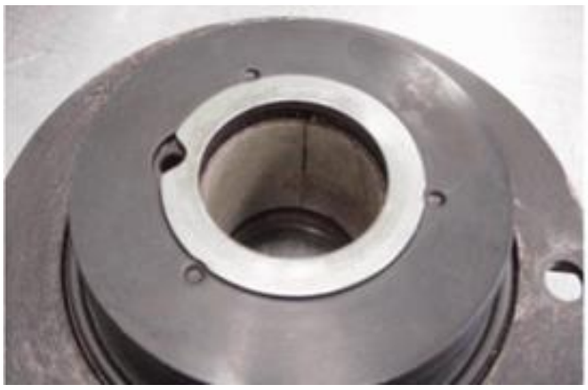

Imagen 3- 10.- Brida de la bomba.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Imagen 3- 11.- Leva de accionamiento de los émbolos.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

3.2.3. Montaje de la bomba.

Se posicionan correcta y cuidadosamente los elementos de mando y se le aplica el par de apriete a los tronillos de sujeción establecido por el fabricante, de 11 Nm.

Imagen 3- 12.- Montaje de la brida.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Se arma el conjunto móvil y se acopla con la tapa del elemento, para luego introducir en el cilindro el conjunto de bombeo completo.

Imagen 3- 13.- Montaje del conjunto de bombeo.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

Finalmente se sujeta la tapa con el manipulo de sujeción para colocar los tornillos y proceder a darles el par de apriete indicado por el fabricante, establecido de 45 Nm.

Imagen 3- 14.- Apriete de los tornillos de sujeción.

Fuente: Manual de ajuste de ajuste de la bomba CP1, Bosch.

3.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA.

3.3.1. Filtro de combustible.

El filtro de combustible de este sistema cuenta con un sensor de temperatura del Diésel que entrega una señal a la ECU la cual interviene en la inyección, además de un sensor de agua que cuenta con un testigo en el talero de instrumentos que informa cuando está saturado. Este es uno de los componentes preventivos de averías esenciales para el CRS.

Debe ser reemplazado recomendablemente cada 5 mil km de recorrido, pero estrictamente el reemplazo es cada 10 mil km.

Para proteger el motor, sistema de inyección y el medio ambiente, Bosch ha desarrollado filtros separadores de alta tecnología que cuentan con vasos de papel especial y sedimentación de alta resistencia.

Imagen 3- 15.- Filtro de combustible.

Fuente: elaboración propia, taller USM.

3.3.2. Comprobación de los sensores principales.

a. El sensor de fase o CMP.

Este sensor está expuesto a sufrir adherencias de sedimentos y micro partículas de metal, que pueden interferir en su correcto funcionamiento falseando sus medidas de lectura, lo que incidiría en un adecuado control de inyección por parte de la computadora y generar fallas como inestabilidad del motor y aumento en el consumo de combustible.

Se recomienda cada 20 mil km extraer el sensor y realizarle una limpieza exterior y a sus pines de conexión lo cual no representa mayor dificultad de operación.

Cuando este sensor falle el motor puede seguir funcionando con el de posición del cigüeñal, sin embargo no podrá ser posible una nueva partida del motor.

Cuando se presuma una avería a de este sensor, la prueba a realizar se efectúa con el siguiente procedimiento:

1. Con el contacto abierto y utilizando un multímetro se verifica que la potencia entregada por la ECU sea de entre 4,5 a 5,5 volts.
2. Con el motor en funcionamiento y utilizando un osciloscopio, se verifica la forma de onda.

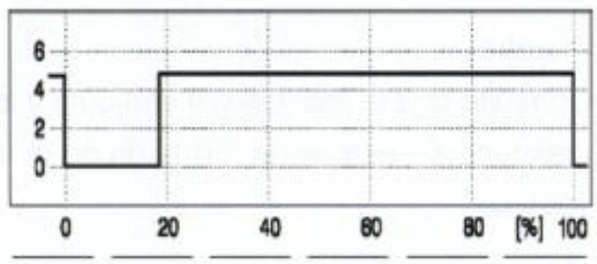

Imagen 3- 16.- Gráfico del sensor CMP.

Fuente: Automotive aftermarket, Bosch.

b. Sensor de posición del cigüeñal CKP.

El mantenimiento preventivo para este sensor y pruebas de correcto funcionamiento se efectúan con los mismos procedimientos, solo que los valores que debemos obtener en el osciloscopio son diferentes, ya que este es un señor inductivo de tipo hall y generara señales de onda más cortas n formas de picos con una variación en el punto donde a su rueda dentada de señal le faltan dos dientes, lo que indica el primer cilindro en PMS.

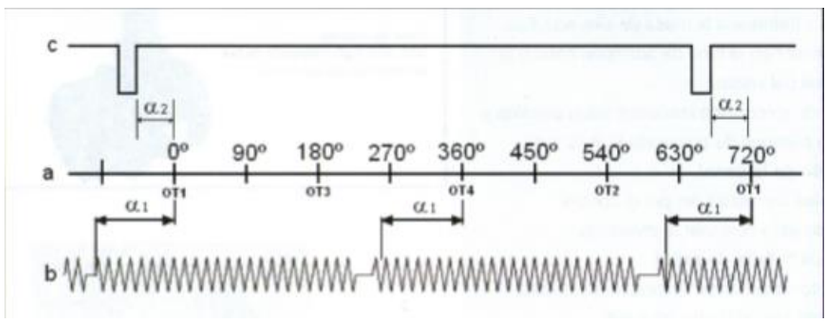

Imagen 3- 17.- Gráfico de los sensores CMP Y CKP.

Fuente: Automotive aftermarket, Bosch.

En la ilustración anterior vemos un correcto funcionamiento de ambos sensores donde (a) indica los grados de giro del cigüeñal, (b) la señal generada por el sensor CKP y (c) la señal generada por el sensor CMP.

3.4. DIAGNÓSTICO DE INYECTORES.

Una forma práctica de evaluar el funcionamiento de los inyectores es medir los volúmenes vertidos por las vías de retornos en forma individual. Una simple comparación de los caudales vertidos suele ser una prueba contundente del mal funcionamiento de los inyectores. Por lo general inyectores defectuosos inyectaran mayor cantidad en los retornos.

En la imagen siguiente se puede ver ampliada la zona correspondiente a la parte superior del embolo donde se encuentra la válvula que libera la presión hacia el retorno permitiendo de esta forma la inyección.

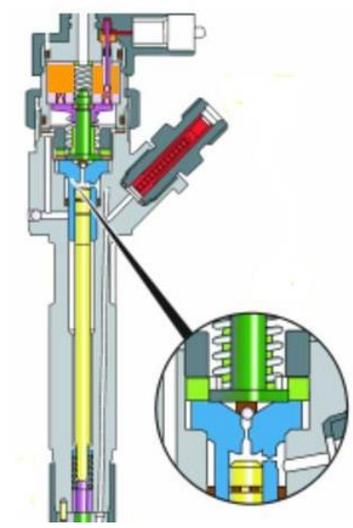

Imagen 3-18.- Vista aumentada, válvula de regulación.

Fuente: CISEelectrónica.com

Por lo general al tener avería en uno o más inyectores, se generarán los siguientes problemas:

a. Ralentí inestable con vibraciones excesivas del motor.
b. Ruido de golpeteo en el funcionamiento.
c. Humo en el escape.
d. Dificultad en la aceleración.
e. Dificultad al arrancar el motor o imposibilidad de hacerlo.

Para realizar la prueba de retorno a los inyectores, debemos seguir los siguientes pasos:

a. Desconectar las cañerías de retorno a depósito, de los inyectores.
b. Conectar las mangueras de los tubos de prueba, a cada inyector independientemente.
c. Dar arranque al motor y mantener en funcionamiento por 1 minuto.
d. Verificar cuanto volumen está enviando a retorno cada inyector.

Si la prueba arroja que la cantidad de combustible es diferente en uno o más inyectores a la que indica el fabricante (10 ml/min) se asume que esos inyectores se encuentran defectuosos y es necesario repararlos o mejormente reemplazarlos. En la imagen se muestra al inyector 3 con exceso de retorno.

Inyector 3 con exceso de retorno de combustible

Imagen 3- 19.- Prueba de retorno.

Fuente: Bosch service manual.

Si en cambio la prueba arroja cantidades de combustible idénticas en el retorno de cada inyector, comprobamos el buen estado de éstos. Como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 3- 20.- Prueba de retorno.

Fuente: Bosch service manual.

3.5. DIAGNÓSTICO VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

Cuando no tiene alimentación eléctrica la válvula reguladora de presión adopta la posición “abierta”, lo que conlleva a una pérdida de presión en riel, por lo que el motor se detendrá y no volverá a arrancar.

- En cuyo caso se debe verificar el circuito de alimentación.

Si la válvula se encuentra obstruida, el motor para inmediatamente y no entrara en funcionamiento.

- En este caso de debe verificar la limpieza de la válvula. Si efectivamente está sucia y se le realiza una limpieza, puede resolverse la falla, si el daño fue mayor, se debe reemplazar.
- Cuándo exista mal funcionamiento se debe verificar la resistencia de la válvula que son 2,6 ohms + - 10 %. Según fabricante. De no cumplir con este parámetro se debe reemplazar.

Imagen 3-21.- Válvula reguladora.

Fuente: Bosch service manual.

CAPÍTULO 4: COSTOS.

4. COSTOS.

4.1. COSTOS DE COMPONENTES.

a. Filtro de combustible $25.000.
b. Inyector $325.000.
c. Riel $440.390.
d. Válvula reguladora de presión $270.000.
e. Juego de cañerías de alta presión $170.000.
f. Bomba de alta presión $800.000.
g. Sensor de presión del riel $120.000.
h. Sensor del pedal de acelerador $120.000.
i. Sensor CKP $45.000.
j. Sensor CMP $60.000.

4.2. COSTOS DE MANTENCIÓN.

a. Cambio de kit y calibración de inyectores $80.000. c/u.
b. Limpieza de inyectores $50.000.
c. Reparación de la bomba CP1 $180.000.
d. Limpieza de cañerías de alta presión $45.000.
e. Limpieza de depósito de combustible y circuito de baja presión $60.000.

4.3. INTERVALOS DE MANTENIMIENTO.

a. Mantenimiento de la bomba CP1 cada 150.000 km.
b. Mantenimiento de los inyectores cada 100.000 km.
c. Cambio de pre-filtro de combustible cada 50.000 km.
d. Cambio de filtro principal de combustible cada 10.000 km.

Cabe destacar que el mantenimiento común que se le realiza al Sistema, es el cambio de filtro principal de combustible y limpieza de inyectores. Y cada intervalo de mantenimiento esta dado según las recomendaciones del fabricante, pero estos intervalos pueden modificarse si las condiciones de uso del equipo son severas o demasiado severas.

CONCLUSIÓN.

El sistema Common Rail es un gran avance tecnológico que ha conseguido mejoras increíblemente útiles en todo ámbito para los motores Diésel, trayendo mejoras en la performance como el rendimiento y potencia de los motores, y también para los usuarios ya que se ha reducido el ruido del motor y las vibraciones que se transmiten al habitáculo.

A pesar de todas las mejoras y beneficios también es válido mencionar que también han aumentado los costos de mantenimiento de estos sistemas ya que por su costo de producción y exigencias de calidad resultan caros de producir y de mantener.

Pero en su mayoría los beneficios superan toda contraproducencia ya que también los beneficios han ido en pro del medio ambiente.

Como principal conclusión queda que haciendo un correcto mantenimiento optimizaremos lo mejor posible el sistema a la vez que lo cuidamos y protegemos de averías graves que pueden inhabilitar el funcionamiento del equipo.

BIBLIOGRAFÍA.

BLOG DE AUTOMÓVILES. (2011) Unidad de control del sistema EDC. Rescatado de http://blogdeautomoviles.com/unidad-de-control-del-sistema-con-edcelectronic-diesel-control/

BOSH CAR SERVICE. (2015). Sistema de inyección Common Rail. Obtenido de: http://www.tallerdemecanica.com/blog/66-el-sistema-de-inyeccion-commonrail-

HYUNDAI. S.A. (2007) Manual de taller Hyundai Tucson CRDi motor D4EA. KOREA.

HYUNDAI. (s.a.). Manual de propietario Hyundai Tucson CRDi motor D4EA. KOREA.

SARMIENTO. (1979) Motores Diésel, Funcionamiento y Servicio. Ediciones universitarias de Valparaíso Casilla 1415, Valparaíso.