



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO PRINCIPAL DE
COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO KIA SORENTO 3.0 WGT PARA
OPTIMIZAR SU FUNCIONALIDAD**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Mecánica Automotriz**

Autores:

Carlos Alfredo Andrade Sigüenza

Jorge Esteban Montero Segarra

Director:

Edgar Mauricio Barros Barzallo

Cuenca – Ecuador

2011

DEDICATORIA

Esta monografía la dedico a mi hijo y a mi esposa, porque en ellos veo la fuerza para luchar y continuar superándome, tanto en forma profesional como emotiva y demostrarles que son las personas más importantes en mi vida.

Carlos

El desarrollo de este trabajo de tesis está dedicado, en primera instancia a Dios, quien me proporcionó la inteligencia y capacidad para realizar y concluir el mismo, a mis padres, quienes desde siempre me han brindado su apoyo e incondicional amor y a mi esposa e hija, quienes me han acompañado hasta el último momento brindándome ánimo para alcanzar esta meta.

Jorge

AGRADECIMIENTO

Este agradecimiento va dirigido a mis padres por todo el esfuerzo que me dedicaron para lograr ser la persona que soy. Por todo el tiempo que día a día me brindaron a mí y a mis hermanos para que nunca nos falte nada, ni siquiera una buena educación.

Agradezco también a mi esposa e hijo porque en ellos consigo las fuerzas para superarme y formar un ejemplo, para que estos pasos se reflejen en la vida de mi hijo.

Carlos

A Dios, por sobre todas las cosas, GRACIAS, por abrirme las puertas para poder concluir este importante trabajo, por permitir cumplir un sueño más de mi vida con su ayuda, pero sobre todo, con su gran amor.

A mis padres, esposa e hija, por ser parte de mis metas y anhelos, por no dejarme desanimar sino más bien por alentarme a concluir este paso importante en mi vida profesional.

Además, agradezco al Ing. Mauricio Barros, por su constante instrucción, ayuda y guía en la elaboración de esta monografía.

Agradezco infinitamente a la Universidad del Azuay, por haberme instruido no solo en el área profesional sino también como ser humano, dotado de valores que me permitan aportar positivamente en esta sociedad.

Jorge

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I: GASOIL Y FILTROS

1.1	Descripción del sistema y funcionamiento del CRDI.....	2
1.1.1	Gasoil.....	12
1.1.2	Filtros.....	12
1.2	Análisis de filtros para evaluar la cantidad de material particulado y sedimentos que éstos contienen.....	13
1.2.1	Métodos para la medición de material particulado.....	14
1.2.1.1	Decantación.....	14
1.2.1.2	Filtración.....	14
1.2.1.3	Aplicación del método de filtración en las muestras de gasoil recolectadas para evaluar el contenido de material particulado.....	15
1.2.1.4	Análisis comparativo de los filtros de gasoil a ser utilizados en el rediseño del sistema de filtrado, en cuanto a su capacidad de filtrado y retención de partículas.....	23
1.2.2	Análisis comparativo de caída de presión de cada filtro.....	24
1.3	Conclusiones.....	36

CAPITULO II: REDISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO

2.1	Rediseño del sistema de filtrado.....	38
2.1.1	Características y constitución.....	38
2.2	Selección de componentes.....	39
2.3	Ubicación de componentes.....	40
2.4	Proceso de Instalación del pre-filtro.....	43
2.5.....	Conclusiones.....	54

CAPITULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1	Recopilación de datos.....	56
3.1.1	Pruebas de filtración.....	56
3.2	Análisis de presión en la línea de alimentación de combustible.....	58
3.3	Análisis de duración de los elementos filtrantes.....	61
3.4	Análisis de costos de los conjuntos pre-filtro.....	62
3.5	Análisis de fallas al saturarse el elemento filtrante.....	64
3.6	Análisis de frecuencia de mantenimiento del conjunto pre-filtro.....	66
3.7	Análisis de ventajas y desventajas al instalar el conjunto pre-filtro.....	67
3.8	Conclusiones.....	70
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....	71
	BIBLIOGRAFIA.....	73
	ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características técnicas de fabricación del filtro marca racor.....	23
Tabla 1.2 Características técnicas de fabricación del filtro Delphi.....	24
Tabla 1.3 Lecturas de presión de combustible.....	24
Tabla 1.4 Material particulado retenido en el filtro.....	25
Tabla 1.5 Material particulado contenido en el diesel.....	25
Tabla 1.6 Cuadro comparativo de filtros escogidos para el estudio.....	32
Tabla 2.1 Características técnicas del sistema de alimentación de combustible.....	38
Tabla 2.2 Componentes utilizados para el sistema de filtrado.....	39
Tabla 2.3 Herramientas utilizadas para instalación del sistema de filtrado.....	39
Tabla 2.4 Costos materiales utilizados para montaje del conjunto pre-filtro.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sub-secciones del sistema de Inyección de Combustible.....	3
Figura 1.2 Gráfico esquemático del filtro de gasoil del vehículo Kia Sorento.....	4
Figura 1.3 Componentes del sistema de inyección directa por Riel Común (CRDI).....	5
Figura 1.4 Módulo de control ECM.....	6
Figura 1.5 Tipos de bombas de baja presión en el sistema CRDI.....	7
Figura 1.6 Bomba alta presión CRDI.....	9
Figura 1.7 Elementos de control de presión del sistema CRDI.....	11
Figura 1.8 Gráfico procedimiento de drenaje de agua.....	13
Figura 1.9 Luz de advertencia del separador de agua.....	13
Figura 1.10 Plantilla del filtro a fabricar.....	16
Figura 1.11 Dimensiones del papel filtrante.....	17
Figura 1.12 Doblado del elemento filtrante.....	17
Figura 1.13 Asegurado de aristas.....	18
Figura 1.14 Peso de los filtros nuevos.....	18
Figura 1.15 Proceso de filtrado de las muestras de gasoil recolectadas.....	19
Figura 1.16 Separación del material particulado del gasoil.....	20
Figura 1.17 Secado de elemento filtrante en el horno.....	21
Figura 1.18 Resultados luego del secado de los filtros.....	22
Figura 1.19 Medida de peso de elemento filtrante.....	22
Figura 1.20 Desmontaje del asiento posterior izquierdo.....	26
Figura 1.21 Tapa de carrocería.....	26
Figura 1.22 Cañerías de alimentación de combustible.....	27
Figura 1.23 Conexión manómetro de presión de combustible.....	27
Figura 1.24 Toma de medida de presión de combustible.....	28
Figura 1.25 Toma de medida de presión con el pre-filtro instalado.....	28
Figura 1.26 Filtro Racor.....	29
Figura 1.27 Elementos constituyentes del filtro Racor.....	29
Figura 1.28 Filtro Delphi.....	30

Figura 1.29 Microfotografía filtro Racor 40 X.....	32
Figura 1.30 Elemento filtro Racor.....	33
Figura 1.31 Microfotografía filtro Delphi 40 X.....	33
Figura 1.32 Elemento filtro Delphi.....	34
Figura 1.33 Microfotografía filtro Sakura 20 X.....	34
Figura 1.34 Elemento filtro Sakura.....	35
Figura 1.35 Microfotografía filtro Mahle 20 X.....	35
Figura 1.36 Elemento filtro Mahle.....	36
Figura 2.1 Disposición del pre-filtro en el chasis del vehículo.....	42
Figura 2.2 Disposición del pre-filtro en el sistema de alimentación.....	43
Figura 2.3 Zapatos de trabajo adecuados.....	44
Figura 2.4 Gafas de seguridad.....	44
Figura 2.5 Guantes de trabajo.....	45
Figura 2.6 Borne negativo de batería.....	45
Figura 2.7 Puntos de elevación del vehículo.....	46
Figura 2.8 Ubicación de mangueras de impulsión y retorno.....	47
Figura 2.9 Pernos de sujeción del tanque de combustible al chasis.....	47
Figura 2.10 Adaptación de mangueras.....	48
Figura 2.11 Agujeros roscados en el chasis.....	49
Figura 2.12 Placa soporte.....	50
Figura 2.13 Fabricación de placa protectora.....	51
Figura 2.14 Base de filtro y neplos.....	51
Figura 2.15 Conexión de mangueras.....	52
Figura 2.16 Cartucho filtrante.....	52
Figura 2.17 Placa protectora.....	53
Figura 3.1 Gráfico de áreas de filtrado.....	57
Figura 3.2 Gráfico de medidas de presión de combustible.....	59
Figura 3.3 Grafico de medidas de presión de combustible.....	61
Figura 3.4 Grafico de duración del pre-filtro en kilómetros.....	62
Figura 3.5 Grafico de costos del Conjunto Pre-filtro.....	64
Figura 3.6 Gráfico de fallas detectas.....	65

Figura 3.7 Gráfico de reducción de fallas detectadas con el conjunto pre-filtro Delphi instalado.....	66
Figura 3.8 Organigrama de ventajas de la utilización de pre-filtro de combustible.....	68
Figura 3.9 Organigrama de desventajas al no utilizar pre-filtro de combustible.....	69

RESUMEN

Para mejorar el funcionamiento del vehículo Kia Sorento 3.0 WGT se rediseñó su sistema de filtrado principal de combustible mediante la implementación de un conjunto pre-filtro de la marca Delphi, escogido luego de los análisis y estudios realizados debido a los resultados favorables que avalan su calidad. Se escogieron todos los componentes y herramientas necesarios para su elaboración, además se muestra la fabricación de soportes necesarios para la sujeción del conjunto pre-filtro y la descripción de las diferentes pruebas realizadas, con la finalidad de extender la vida útil del filtro de equipo original, optimizando así el funcionamiento del sistema de alimentación de combustible.

ABSTRACT

In order to improve the performance of the Sorento 3.0 WGT Kia vehicle, the main filtration system was redesigned by implementing a Delphi brand pre-filtered set, which was chosen after studies and analysis that guaranteed its quality and usefulness in our project.

Besides the Delphi filter, all the necessary components and tools for the creation of the project were chosen, the fabrication of the necessary supports to sustain the pre-filter set is exposed as well as the description of the tests performed throughout this project. The results were those anticipated during the thesis outline.



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,

Diana Lee Rodas

Andrade Sigüenza Carlos Alfredo

Montero Segarra Jorge Esteban

Trabajo de graduación

Ing. Mauricio Barros Barzallo

Julio del 2011-07-26

REDISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO KIA SORENTO 3.0 WGT PARA OPTIMIZAR SU FUNCIONALIDAD

INTRODUCCION

Uno de los componentes principales de un vehículo es su sistema de filtrado, el mismo permite que el motor funcione de una manera óptima en todo régimen de funcionamiento; este sistema cumple su finalidad al retener la gran mayoría de partículas en suspensión o emulsificadas en el combustible gasoil evitando de esta forma que dicho material particulado produzca desgaste en la bomba de inyección e inyectores, verdaderos elementos de precisión dentro del sistema de inyección de combustible gasoil.

De esta manera un correcto filtrado de combustible es de vital importancia para alargar la vida útil de los elementos constituyentes del sistema de inyección, ayuda a reducir fallas en el motor a causa de un bajo caudal de combustible entregado por la bomba de cebado y además ayuda a reducir la contaminación ambiental al participar en la obtención de una combustión óptima en el interior del motor evitando de esta forma la expulsión de gases contaminantes por el sistema de escape.

El uso de un filtro eficiente además de permitir al vehículo mantenerse en buen estado en cuanto a la durabilidad de los elementos que componen el sistema de inyección, ayuda también a mantener al motor libre de fallas reduciendo los costos de mantenimiento y alargando el plazo en kilómetros de los mismos.

En el capítulo 1 haremos referencia al gasoil y filtros que se encuentran en el mercado cuencano, su calidad, sus valores, y sus diferentes características lo cual nos permitirá analizar la razón por la cual escogeremos el filtro más adecuado para el rediseño del sistema de filtrado principal de combustible para dar una solución profunda y definitiva a la saturación prematura del filtro principal de combustible del vehículo Kia Sorento modelo 2006.

En el capítulo 2 presentaremos las características, componentes y herramientas requeridas para realizar el Rediseño del Sistema de Filtrado Principal de Combustible del vehículo Kia Sorento. En el capítulo 3 hablaremos de los análisis de los datos obtenidos durante las pruebas realizadas y de sus resultados, información que fue requerida para elaborar este trabajo monográfico de una manera técnica, segura y garantizada.

CAPITULO 1

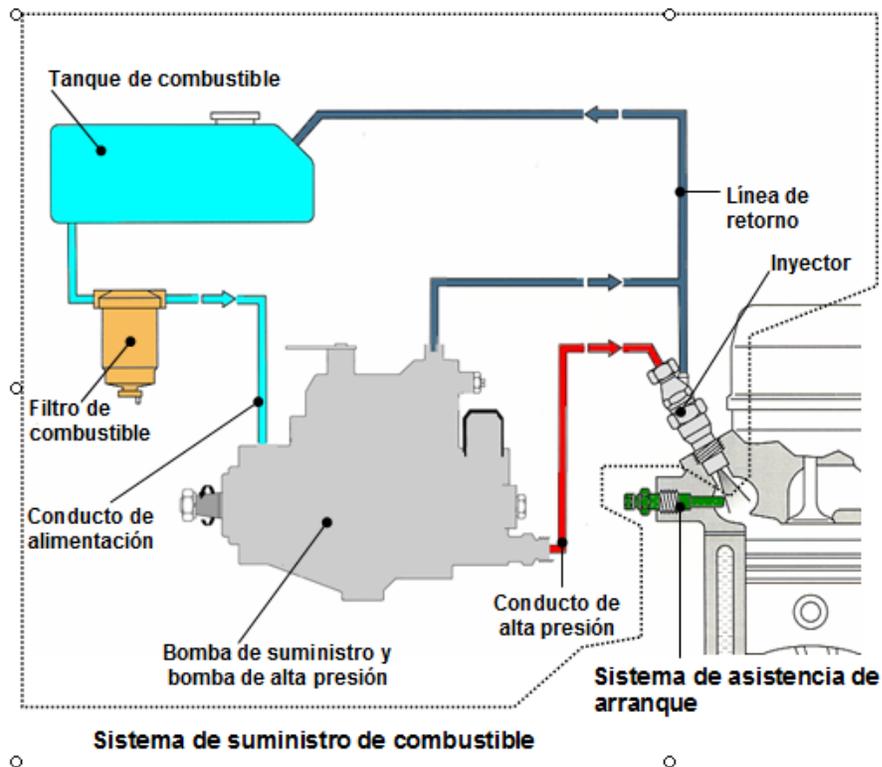
GASOIL Y FILTROS

1.1 Descripción del sistema y funcionamiento del sistema CRDI.

En el sistema de Inyección Diesel el suministro y distribución de combustible está dividido en: sistema de suministro de baja presión y alta presión. El sistema de inyección diesel en general está compuesto por las siguientes secciones principales:

- Sistema de Distribución de Combustible, incluye el tanque de combustible, líneas de suministro, filtro de combustible, bomba elevadora de combustible (tipo eléctrico o tipo mecánico), bomba de alta presión y conductos de alta presión.
- Sistema de Asistencia de Arranque, incluye las bujías incandescentes y la unidad de control de las bujías (integrada en el Módulo de Control del Motor que tiene el Kia incorporado).
- Sistema de Admisión de Aire, incluye el Filtro de Aire y Recirculación de Gases de Escape (EGR)
- Sistema de Escape, incluye el catalizador por oxidación y el filtro particulado (solo CRDI)
- Sistema de Control Electrónico, incluye sensores y actuadores (sólo bomba rotativa electrónicamente controlada y CRDI)
- Sistema de Vacío

Figura 1.1 Sub-secciones del sistema de Inyección de Combustible



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 5

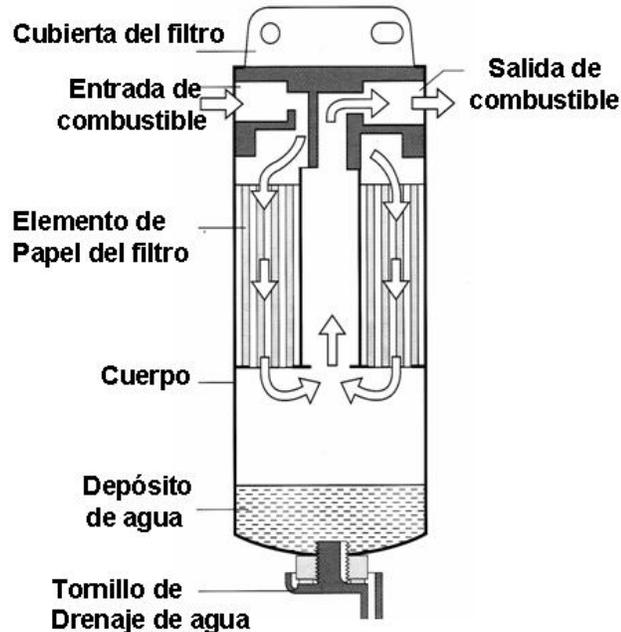
Los contaminantes en el combustible pueden conducir al daño del sistema de inyección. Esto, por lo tanto, requiere del uso de un filtro de combustible especialmente diseñado para los requerimientos particulares del sistema de inyección, de otra forma no se podrá garantizar una operación libre de fallas y mayor duración de los componentes. El combustible Diesel puede contener agua en suspensión (emulsión) o en forma libre (por ejemplo, condensación de agua debido a cambios de temperaturas). Si esta agua ingresa al sistema de inyección, puede producir daños como resultado de la corrosión.

El creciente número de motores diesel usados en vehículos de pasajeros ha conducido a la necesidad de implementar un dispositivo automático de advertencia que le indique al conductor cuando debe drenarse el agua del filtro de combustible.

El sistema de inyección diesel necesita un filtro de combustible con un depósito de agua, desde donde pueda drenarse el agua con intervalos regulares, o cuando se ilumine la luz

de advertencia del separador de agua. Para drenar el agua se debe abrir el tapón de drenaje en el depósito de agua.

Figura 1.2 Gráfico esquemático del filtro de gasoil del vehículo Kia Sorento



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 6

Algunos filtros (por ejemplo, Bosch CRDI) incorporan una válvula de alivio de presión ubicada en la parte superior del conjunto de filtro de combustible. En caso de alguna restricción dentro del filtro o en el lado de salida del filtro, se abre la válvula de alivio de presión, permitiendo de esta forma el libre flujo de combustible hacia bomba de alta presión.

Los sistemas de Inyección Directa con Riel Común (CRDI) están compuestos por los siguientes elementos principales:

- Módulo del Control del Motor (ECM)
- Bomba de Alta presión
- Inyectores
- Acumulador de Alta presión (Riel)

Figura 1.3 Componentes del sistema de inyección directa por Riel Común (CRDI)



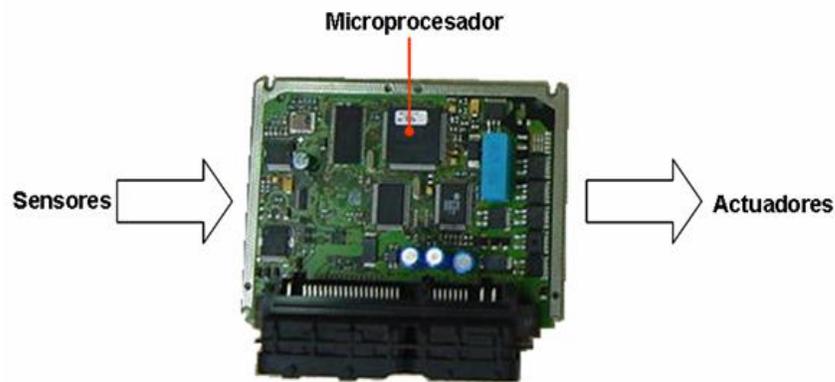
Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 2

En los sistemas de Inyección Directa con Riel Común (CRDI), la bomba genera una alta presión la cual es almacenada en el acumulador. Al mismo tiempo, el acumulador reduce las oscilaciones de presión que son generadas debido al suministro de la bomba de alta presión. Además la inyección del combustible es amortiguada por el volumen en el riel. Este acumulador de alta presión es común para todos los cilindros, de allí su nombre “Riel Común”. Aun cuando grandes cantidades de combustibles son extraídas, el riel común mantiene la presión interna prácticamente constante. Esto asegura que la presión de inyección permanezca constante desde el momento en que el inyector abre.

El sistema de Inyección Directa con Riel Común es controlado por el Módulo de Control del Motor (ECM). El Módulo de Control del Motor (ECM) tiene cuerpo metálico. Los sensores, actuadores y suministro de energía están conectados al ECM mediante un conector de terminales multipolar. Los componentes de energía que activan directamente los actuadores están integrados en el ECM de tal manera que ellos pueden disipar de manera eficiente su temperatura al cuerpo del ECM. El Módulo de Control del Motor (ECM) evalúa las señales recibidas desde los sensores externos y las limita a un nivel de voltaje permisible. Con los datos de entrada y con los mapas característicos almacenados, el microprocesador del ECM calcula la cantidad y tiempo de inyección.

Las señales de salida desde el microprocesador del ECM se utilizan para controlar las etapas de conducción que suministran la energía apropiada para conmutar los actuadores que controlan la presión del riel y cambiar el interruptor a OFF. Adicionalmente, son accionados los actuadores para el funcionamiento del motor (por ejemplo el actuador EGR, relé para bomba eléctrica de combustible, etc.), así como para aquellas otras funciones auxiliares tales como el relé de bujías incandescentes o del aire acondicionado.

Figura 1.4 Módulo de control ECM



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 37

Suministro de baja presión

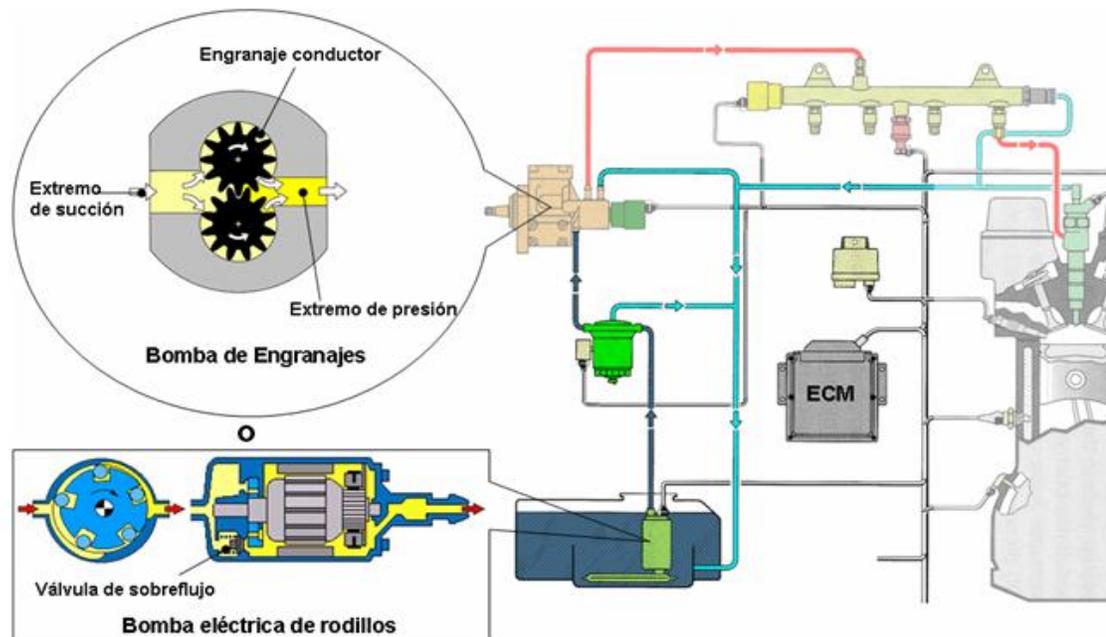
La bomba de alimentación puede ser una bomba eléctrica de combustible con un pre-filtro o una bomba de combustible del tipo engranajes. La bomba arrastra el combustible desde el tanque y suministra de manera continua la cantidad necesaria de combustible hacia la bomba de alta presión.

Bomba eléctrica de combustible:

La bomba eléctrica de combustible de rodillos es responsable del suministro de combustible a la bomba de alta presión. Comenzando con el proceso de arranque del motor, la bomba eléctrica funciona continuamente independientemente de las revoluciones del motor. Esto significa que la bomba suministra combustible constantemente desde el tanque, a través del filtro a la bomba de alta presión. El exceso

de combustible puede fluir de vuelta al tanque a través de una válvula de sobre flujo. Un circuito de seguridad está provisto para prevenir el suministro de combustible en caso que el encendido estuviera en ON con el motor detenido. Las bombas eléctricas de combustible en KIA están disponibles en “la línea de combustible” o en “el tanque de combustible”. Las bombas de combustible en la línea están instaladas fuera del tanque, entre el tanque y el filtro de combustible. Por otro lado, las bombas de combustible en el tanque están instaladas al interior del mismo, mediante un anclaje especial. Además de las conexiones eléctricas e hidráulicas exteriores, este anclaje usualmente incorpora una malla de filtro, un indicador de nivel de combustible y un depósito de turbulencia que actúa como reserva de combustible.

Figura 1.5 Tipos de bombas de baja presión en el sistema CRDI



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 38

Bomba de Combustible del tipo Engranajes:

En ciertos modelos una bomba de combustible del tipo engranajes se usa para suministrar combustible a la bomba de alta presión del riel común. Está integrada con la

bomba de alta presión y comparte el sistema de accionamiento. Los principales componentes son dos engranajes que giran en sentido contrario y que permanecen acoplados uno con el otro cuando están rotando, en estos el combustible es atrapado en las cámaras formadas entre los dientes del engranaje y la pared de la bomba produciendo el aumento de presión de combustible, llevándolo hacia la salida (lado de presión). La línea de contacto entre los engranajes giratorios suministra el sello entre los extremos de succión y presión de la bomba, previniendo el flujo inverso del combustible. La cantidad de entrega de la bomba de combustible del tipo engranajes es prácticamente proporcional a la velocidad del motor. La bomba del tipo de engranajes es libre de mantención. Para purgar el sistema de combustible antes del primer arranque, o cuando el tanque se ha quedado vacío, se puede instalar una bomba manual directamente a la bomba de engranajes o en la línea de baja presión.

Suministro de Alta Presión:

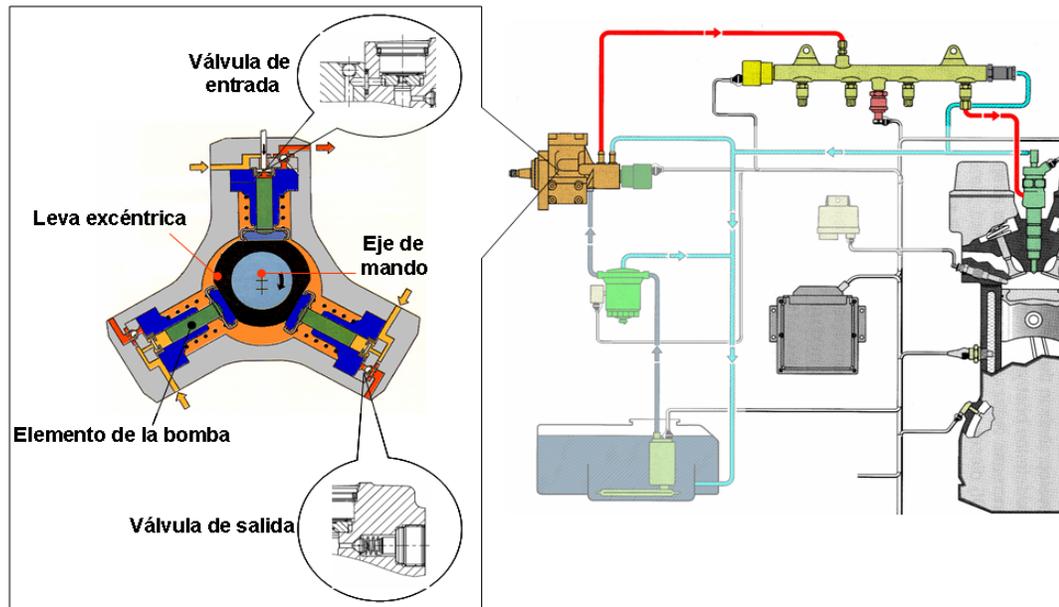
La bomba de alta presión es la interface entre las etapas de baja presión y alta presión. La bomba de alta presión genera continuamente la presión en el sistema según la necesidad en el acumulador de alta presión (riel). Esto significa por lo tanto, que en contraste con los sistemas convencionales, el combustible no tiene que estar especialmente comprimido para cada proceso individual de inyección.

Bomba de Alta Presión

La bomba de alta presión está instalada preferentemente en el mismo punto en que el motor diesel tiene la bomba rotativa convencional. Es conducida por el motor mediante un acople (con la mitad de la velocidad del motor, pero a 3000 rpm máximas) y se lubrica con el combustible diesel que bombea. El interior de la bomba de combustible está compuesto por tres bombas de pistón ordenadas radialmente a ángulo de 120° entre ellos. Como tres carreras de suministro tienen lugar por cada revolución, solamente se produce un torque reducido en la conducción, por lo que el esfuerzo de la bomba permanece uniforme. La potencia requerida para conducir la bomba es proporcional a la presión fijada en el riel y a la velocidad de la bomba (cantidad suministrada). Para el giro de un motor de 2 litros a velocidad relativa y con un ajuste de presión de 1.350 bar

en el riel, la bomba de alta presión necesita 3.8kW suponiendo que la eficiencia mecánica es de alrededor del 90%.

Figura 1.6 Bomba alta presión CRDI



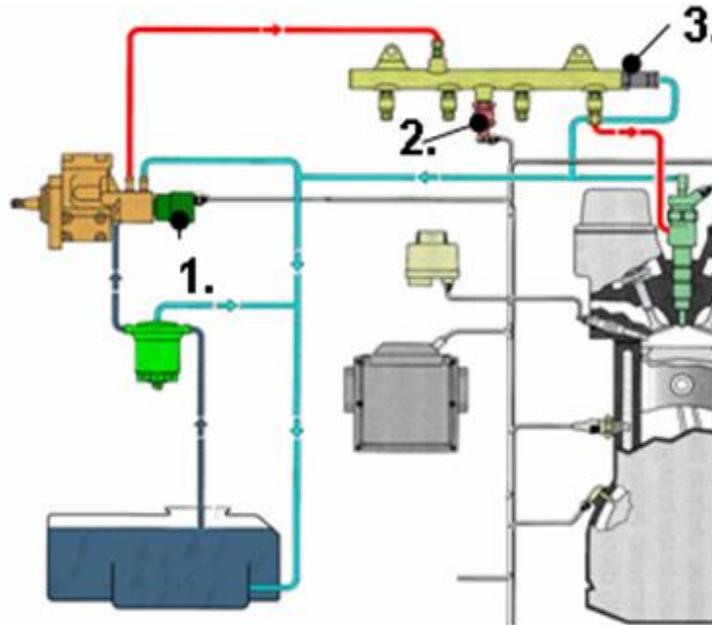
Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 39

El eje de transmisión con sus levas excéntricas mueve los tres pistones de la bomba hacia arriba y abajo de acuerdo con el perfil de la leva. La bomba de suministro puede forzar el combustible a través de las válvulas de entrada de la bomba de alta presión hacia la cámara del elemento de bombeo cuyo pistón está en movimiento descendente (carrera de succión). La válvula de entrada se cierra cuando el pistón pasa el Punto Muerto Inferior (PMI) y desde este momento es imposible que el combustible en la cámara del elemento de bombeo escape, ahora puede ser comprimido a la presión de descarga. La presión incrementada abre la válvula de salida tan pronto como se alcanza la presión del riel y el combustible comprimido entra al circuito de alta presión. Tan pronto como la presión en la cámara del elemento de bombeo cae por debajo de la presión de la bomba de suministro, la válvula de entrada se abre y el proceso de bombeo se inicia nuevamente.

Dependiendo de las condiciones, tal como la carga del motor, el Módulo de Control del Motor (ECM) necesita aumentar, reducir o mantener la presión dentro del acumulador (riel). Se aplican diferentes tipos de estrategia de control de presión del riel entre los modelos y motores. En general, el ECM observa la señal del Sensor de presión del Riel (2) y compara su valor con la presión del riel o presión objetivo.

La presión máxima generada en el sistema es de alrededor de 1.350 bar. El ECM controla una Válvula Proporcional Magnética (1) adosada a la bomba de alta presión. La Válvula Proporcional Magnética (MPROP) es del tipo normalmente abierta y fija la presión correcta en el riel y la mantiene en el nivel adecuado. Si la presión del riel es excesiva, la MPROP se cierra y la cantidad de combustible que ingresa a la bomba de alta presión se reduce. Si la presión del riel es muy baja, la válvula de control de presión se abre y permite el ingreso de una mayor cantidad de combustible a la bomba de alta presión, aumentando así la presión en el riel. La ventaja de este tipo de sistema es que el torque de conducción de la bomba de alta presión es menor en comparación al tipo con control de salida. La desventaja de este sistema es que libera excesiva presión del riel bajo ciertas condiciones de desaceleración. Bajo estas condiciones el tiempo de apertura del inyector se modifica por el ECM con el fin de reducir el exceso de combustible en el riel. Una Válvula Limitadora de presión (3) está instalada en el acumulador de alta presión. Esta es necesaria para liberar la presión excesiva en el caso de que la MPROP estuviera atascada en condición abierta.

Figura 1.7 Elementos de control de presión del sistema CRDI



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 40

El comienzo de la inyección y la cantidad de combustible inyectado son regulados por los inyectores que a su vez son eléctricamente activados por el Módulo de Control del Motor. Los inyectores del sistema de riel común son elementos de muy alta precisión. Son capaces de inyectar flujos en un rango desde 0,5 a 100 mg/carrera con presiones de 150 a 1.600 bares. Para esto se requieren tolerancias de producción extremadamente precisas. Sin embargo, debido a que leves variaciones en la regulación, caída de presión, fricción mecánica y fuerza magnética pueden producirse entre los inyectores, como resultado puede ocurrir una desviación de 5 mg/carrera. Esto significa que es imposible controlar efectivamente un motor con tales diferencias entre los inyectores. Por lo tanto es necesario aplicar una corrección que haga posible inyectar la cantidad requerida de combustible cualquiera sea la característica inicial del inyector, para lograr esto, es necesario conocer sus características y aplicar el pulso correcto al inyector de acuerdo con las diferencias entre las características y la condición objetiva almacenada en el Módulo de Control del Motor (ECM).

1.1.1 Gasoil

El combustible Gasoil es una fracción específica resultado de la destilación de aceite combustible (comúnmente petróleo) que se usa como combustible en el motor Diesel. Como es una mezcla de hidrocarburos, esta se obtiene de la destilación fraccional de aceite crudo entre 250°C y 350°C a presión atmosférica.

El combustible gasoil es como un aceite combustible y es alrededor de 18 % más denso que la gasolina. Este combustible, frecuentemente, contiene altas cantidades de impurezas. El diesel contiene aproximadamente un 18% más de energía por unidad de volumen que la gasolina, lo que junto con la mayor eficiencia de los motores Diesel, contribuye a la economía de combustible.

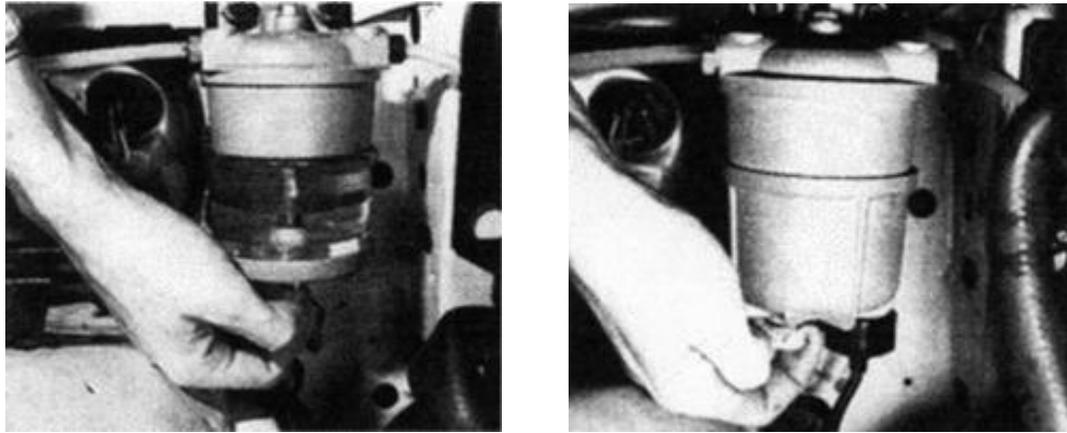
La mala calidad del gasoil que se comercializa en la ciudad disminuye la vida útil del filtro principal, a una duración de 5000 Km. cuando el valor promedio para su reposición debería ser de 40000 Km. según datos proporcionados por el fabricante, razón por la cual el propietario del vehículo debe llevarlo al concesionario con mayor frecuencia para realizar el mantenimiento respectivo con la consecuente repercusión económica, puesto que el valor del filtro Mahle es de 51,96 dólares sin considerar el costo de mano de obra que es de 25 dólares por cada hora de trabajo.

1.1.2 Filtros

El combustible gasoil puede contener gran número de sedimentos o material contaminante en forma de partículas además de agua en suspensión (emulsión) o en forma libre, como por ejemplo, condensación de agua debido a cambios de temperatura. Si dicha agua ingresa al sistema de inyección puede producir daños severos como resultado de la corrosión.

El sistema de inyección Diesel necesita un filtro de combustible capaz de retener gran cantidad de elementos extraños con tamaños muy reducidos en el orden de tres a diez micras y mayores, además debe contar con un depósito de agua, de donde pueda drenarse la misma con intervalos regulares, o cuando se ilumine la luz de advertencia del separador de agua.

Figura 1.8 Gráfico procedimiento de drenaje de agua



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 6

Figura 1.9 Luz de advertencia del separador de agua.



Fuente: Guía de entrenamiento Kia, 2006, pág. 6

1.2 Análisis de filtros para evaluar la cantidad de material particulado y sedimentos que éstos contienen.

El combustible gasoil luego de su refinamiento tiene que ser transportado y distribuido a las diferentes estaciones de servicio que tienen a su cargo el expendio de dicho combustible. El gasoil es transportado a través de grandes tuberías al salir de la refinería hasta llegar al tanque de reserva principal de donde es distribuido a las diferentes gasolineras mediante tanqueros de gran capacidad que depositan a su vez el combustible en bodegas de almacenaje adecuadas que se encuentran en cada lugar de expendio. Durante este proceso las impurezas del medio ambiente como también las impurezas de las mangueras y tanqueros se mezclan con el combustible volviéndolo “impuro” para su

utilización dentro de los sistemas de alimentación CRDI (inyección directa por riel común). A continuación evaluaremos la cantidad de material particulado retenidos por los filtros tomando en cuenta las marcas que hemos escogido para el estudio; para esto nos regimos a los métodos de evaluación descritos en los siguientes párrafos.

1.2.1 Métodos para la medición de material particulado

Los métodos para la medición de material particulado a usar en la presente monografía son: decantación y filtración del gasoil, puesto que nos enfocaremos al problema puntual de la acumulación de material particulado en el combustible y el agua que se emulsifica en el mismo cuando éste se transporta y se almacena.

1.2.1.1 Decantación

La decantación es un método físico de separación de mezclas heterogéneas, estas pueden ser formadas por un líquido y un sólido, o por dos líquidos. Es necesario dejarla reposar para que el líquido se sedimente, es decir, descienda y sea posible su extracción.

La decantación se basa en la diferencia de densidad entre los dos componentes, al dejarlos en reposo, ambos se separan hasta situarse el más denso en la parte inferior del envase que los contiene. De esta forma, es posible vaciar el contenido menos denso por la parte superior del envase y transferirlo a un nuevo envase o filtro.

Un ejemplo es el agua y el aceite. En el proceso de decantación, las partículas cuya densidad es mayor que el agua se sedimentan en el fondo del decantador por acción de la gravedad. A este proceso se le llama desintegración másica de los compuestos e impurezas; las cuales son componentes que se encuentran dentro de una mezcla, en una cantidad mayoritaria. El agua clarificada que queda en la superficie del decantador, es redirigida hacia un filtro o un nuevo envase. La velocidad de caída de las partículas es proporcional a su diámetro y masa volumétrica.

1.2.1.2 Filtración

La filtración es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio

poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene la mayor parte de él o de los componentes sólidos de la mezcla.

Dicha contaminación puede producir daño a los componentes del sistema de combustible debido a su naturaleza fuerte y abrasiva. Este tipo de contaminación comprende el 30 o 60% del material atrapado en el filtro de combustible. Otros efectos de la contaminación se detallan a continuación:

- Desgaste y corrosión en la bomba de transferencia que pueden producir presiones y flujos reducidos, que usualmente se advierten por problemas en el arranque.
- La reducción de la vida útil del filtro aumentan el tiempo de detenimiento del vehículo por falla y los costos de servicio.
- Desgaste innecesario de las boquillas del inyector que causan patrones de pulverización ineficientes y se advierten mediante el bajo rendimiento o el consumo excesivo de combustible del motor Diesel.

Debido a los efectos negativos de abrasión ocasionados por la presencia de material particulado en el sistema de combustible y los efectos adicionales del agua circundante, resulta imprescindible una filtración y separación eficaz del material particulado y del agua respectivamente.

1.2.1.3 Aplicación del método de filtración en las muestras de gasoil recolectadas para evaluar el contenido de material particulado

Para cuantificar la cantidad de material particulado de una forma precisa hemos optado por filtrar las muestras de gasoil contaminado haciéndolas pasar a través de un material filtrante de alta calidad; para de esta manera retener el material particulado que el fluido contiene y luego de un proceso de secado de la lámina filtrante en el horno proceder al pesaje de la lámina filtrante conjuntamente con las partículas retenidas y de esta forma obtener datos reales de la cantidad de impurezas sólidas que contiene el gasoil de las muestras recolectadas.

Para la elaboración de los filtros hemos utilizado papel filtrante de alta calidad con un tamaño de poro de filtración de 10 micras, dicho material se puede encontrar en el mercado para fines de uso en laboratorios. Fabricamos filtros de forma rectangular y de tamaños idénticos para no alterar los datos obtenidos en el proceso de medición; aunque

como veremos a continuación el peso entre uno y otro filtro difieren en milésimas de gramo (miligramos). Dichos filtros van soportados en recipientes plásticos de tamaño adecuado para permitir la recolección del gasoil filtrado en la parte inferior del mismo.

Fabricación de filtros para realizar las mediciones

1. Procedemos a dibujar el contorno o la forma del filtro que deseamos fabricar.

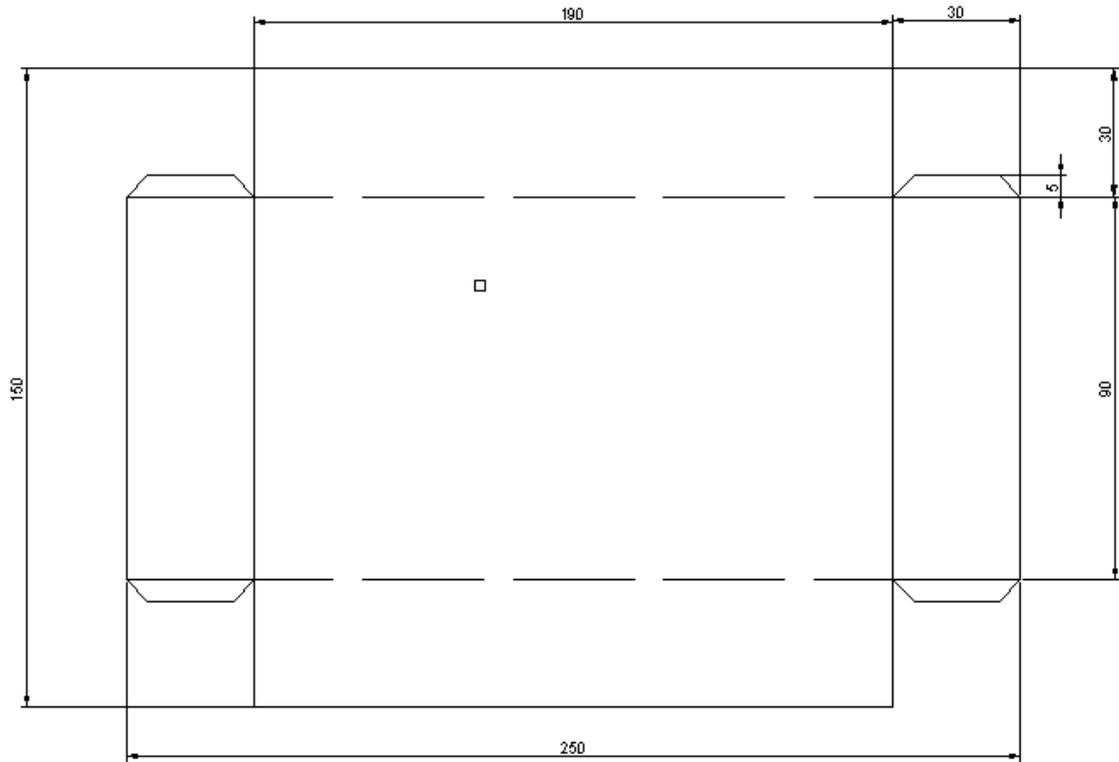
Figura 1.10 Plantilla del filtro a fabricar



Fuente: Autor

2. Procedemos a cortar el papel filtrante de acuerdo a las medidas especificadas:

Figura 1.11 Dimensiones del papel filtrante



Fuente: Autor

3. Seguimos con el doblado del elemento filtrante

Figura 1.12 Doblado del elemento filtrante



Fuente: Autor

4. Por último aseguramos las aristas del filtro para evitar deformaciones y derrames.

Figura 1.13 Asegurado de aristas



Fuente: Autor

Figura 1.14 Peso de los filtros nuevos



Fuente: Autor

El diesel recolectado para las pruebas ha sido envasado en recipientes plásticos adecuados para evitar el contacto de la muestra con agentes de contaminación externos

como polvo, humedad, partículas en suspensión etc. El gasoil pasará a través de los elementos filtrantes fabricados como lo explicamos en el párrafo anterior en los cuales observaremos la cantidad de material particulado recolectado que será cuantificado mediante el pesaje del elemento filtrante saturado y del cual se le restará la diferencia de su peso neto cuando el material se encontraba limpio. De esta manera podremos obtener los datos que necesitamos para nuestro trabajo posterior. Además de esto para completar el proceso de recolección del material particulado y poder cuantificarlo, es necesario secar también los filtros con los cuales hemos equipado a los vehículos para las distintas pruebas de funcionamiento, para de esta manera pesarlos a fin de obtener el peso del material particulado retenido en los filtros al compararlo con los elementos filtrantes que se encuentran libres de impurezas.

Figura 1.15 Proceso de filtrado de las muestras de gasoil recolectadas



Fuente: Autor

Como describimos anteriormente el proceso de filtrado requiere de un material o elemento filtrante que será el encargado de separar el combustible gasoil de las partículas en suspensión que en él se encuentran. Se requiere de un tiempo prudencial (10 minutos) para que el fluido atraviese dicho elemento y quede de este modo retenido el material particulado que deseamos cuantificar.

Figura 1.16 Separación del material particulado del gasoil



Fuente: Autor

Una vez separado el material particulado del gasoil se da lugar al secado del elemento filtrante puesto que con el proceso de filtración el papel filtrante retiene también combustible gasoil entre sus poros, razón por la cual es necesario en primer lugar,

proceder al secado del elemento filtrante en un horno adecuado a cien grados Celsius para al final del proceso poder obtener datos acertados del peso de material particulado retenido en la película filtrante. El tiempo de secado dependerá directamente de la cantidad de gasoil retenido en el elemento filtrante, para nuestro caso el tiempo de secado fue de 15 días con el horno encendido constantemente, tiempo en el cual tanto el papel filtrante como el material particulado se encontraban completamente secos.

Figura 1.17 Secado de elemento filtrante en el horno



Fuente: Autor

Figura 1.18 Resultados luego del secado de los filtros



Fuente: Autor

Luego del proceso de secado se realiza el pesaje de los distintos elementos filtrantes para obtener los datos comparativos que nos darán a conocer que elemento filtrante brinda la mejor capacidad de retención de partículas. Para este fin utilizamos la balanza electrónica con apreciación de una diezmilésima de gramo obteniendo los siguientes datos:

Peso papel filtrante limpio 18,4071 gr.

Peso papel filtrante impuro 29,0970 gr.

Peso de impurezas=Peso papel filtrante impuro-peso papel filtrante limpio=10,6899 gr.

Figura 1.19 Medida de peso de elemento filtrante



Fuente: Autor

Cabe hacer referencia que la prueba anteriormente descrita se realizó con cada uno de los filtros que hemos tomado como muestras y que hemos equipado en el vehículo a fin de obtener datos de cuál de los elementos filtrantes es el más apto para retener la mayor cantidad de impurezas posible.

1.2.1.4 Análisis comparativo de los filtros de gasoil a ser utilizados en el rediseño del sistema de filtrado, en cuanto a su capacidad de filtrado y retención de partículas.

El sistema de alimentación del Kia Sorento requiere que el combustible a circular en su interior sea finamente filtrado con el objeto de que ninguna partícula en suspensión en el gasoil actúe como un material abrasivo que genere problemas en la bomba de inyección o inyectores, verdaderos elementos de precisión dentro de este conjunto. Es por esto que debemos conocer las características técnicas de fabricación de los elementos filtrantes a fin de tener conocimiento pleno de cuáles son los parámetros con los que vamos a trabajar.

Tabla 1.1 Características técnicas de fabricación del filtro marca racor

Tamaño de Nepló de entrada	¼ ′′ X 18
Elemento de reemplazo	R11T (Micras)
Peso seco	0.59 Kg.
Máxima presión admisible	6.9 bares.
Presión líquido en el elemento de filtrado	0.01 bares.
Capacidad de agua en el depósito	35.5 ml.
Temperatura máxima de combustible	88 ° C
Área del elemento filtrante	600 cm ²

Fuente: Catálogo de características técnicas de la marca Racor, 2006

Tabla 1.2 Características técnicas de fabricación del filtro Delphi

Caudal máximo	50L/H
Filtración	10 Micrones
Salida/Entrada	1/4"
Altura	180 mm.
Diámetro	100 mm.
Peso	590 Gr.
Área del elemento filtrante	9640 cm ²

Fuente: Catálogo de características técnicas de la marca Delphi, 2006

1.2.2 Análisis comparativo de caída de presión de cada filtro

Como bien sabemos al colocar un segundo elemento filtrante es de suponerse que este ofrecerá resistencia al paso de combustible hacia la bomba de cebado manual y por consiguiente al resto del sistema; para esto hemos realizado medidas precisas mediante la lectura de presión indicada en el manómetro de combustible en donde hemos obtenido los datos que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1.3 Lecturas de presión de combustible

Presión Filtro	Sin pre-filtro (Filtros Limpios)	Con pre-filtro limpio	Con pre-filtro (10000 Km.)
RACOR	5,9 Kg.f/cm ² (bar)	5,8 Kg.f/cm ² (bar)	2,8 Kg.f/cm ² (bar)
DELPHI	5,9 Kg.f/cm ² (bar)	5,8 Kg.f/cm ² (bar)	5,5 Kg.f/cm ² (bar)
SAKURA	5,9 Kg.f/cm ² (bar)	5,7 Kg.f/cm ² (bar)	4,0 Kg.f/cm ² (bar)
MAHLE	5,9 Kg.f/cm ² (bar)	5,8 Kg.f/cm ² (bar)	3,2 Kg.f/cm ² (bar)

Fuente: Autor

Tabla 1.4 Material particulado retenido en el filtro

Filtro \ Peso	Filtro limpio	Filtro sucio	Total impurezas
RACOR	54,8775 gr.	76,6327 gr.	21,7552 gr.
DELPHI	144,1333 gr.	196,9976 gr.	52,8643 gr.
SAKURA	128,3454 gr.	143,6539 gr.	15,3085 gr.
MAHLE	370,0000 gr.	401,2546 gr.	31,2546 gr.

Fuente: Autor

Tabla 1.5 Material particulado contenido en el diesel

Filtro \ Peso	Filtro limpio	Filtro sucio	Total impurezas	Total Material retenido
RACOR	18,4071 gr.	29,0970 gr.	10,6899 gr.	32,4451 gr.
DELPHI	18,4071 gr.	30,0395 gr.	11,6324 gr.	64,4967 gr.
SAKURA	18,4071 gr.	27,0789 gr.	8,6718 gr.	23,9803 gr.
MAHLE	18,4071 gr.	29,7236 gr.	11,3165 gr.	42,5711 gr.

Fuente: Autor

Proceso de medida de presión de combustible en el circuito alimentación

1. Retirar asiento posterior izquierdo para tener acceso a la tapa de la carrocería que cubre el aforador de combustible.

Figura 1.20 Desmontaje del asiento posterior izquierdo



Fuente: Autor

2. Retiramos los cuatro tornillos que sujetan la tapa a la carrocería del vehículo.

Figura 1.21 Tapa de carrocería



Fuente: Autor

3. Retiramos la tapa de la carrocería y seguidamente identificamos las cañerías de alimentación de combustible que poseen un sistema de acople rápido.

Figura 1.22 Cañerías de alimentación de combustible



Fuente: Autor

4. Conectamos el manómetro de presión de combustible utilizando para lo propio los acoples adecuados que forman parte del kit de comprobación llamado CRT 1000 de la marca Kia Motors.

Figura 1.23 Conexión manómetro de presión de combustible



Fuente: Autor

5. Encendemos el vehículo, verificamos que no existan fugas y procedemos a medir la presión en el circuito de baja, cuyo valor es de 5,9 Kg.f/cm² (Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado - bar)

Figura 1.24 Toma de medida de presión de combustible



Fuente: Autor

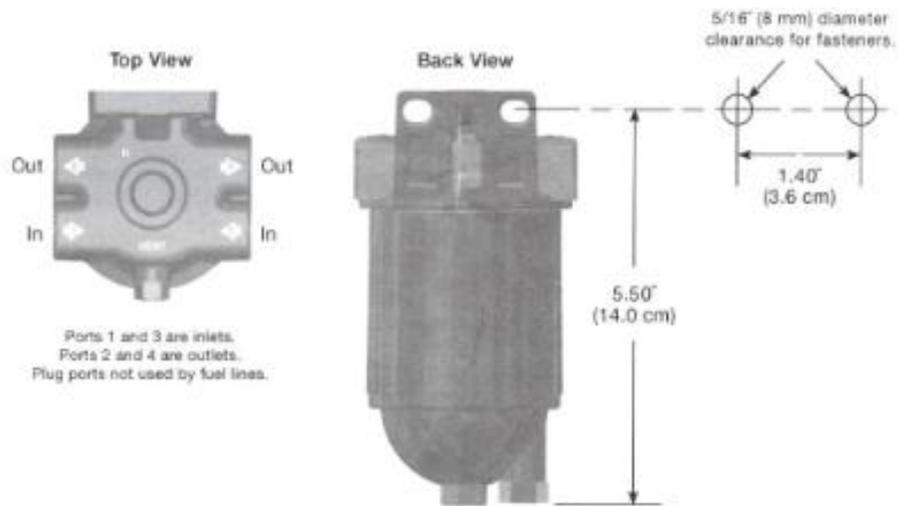
Para el caso en el que se encuentra colocado el pre-filtro podemos observar que existe una caída de presión relativamente baja que es del orden de 0.1 Kg.f/cm² cuyo valor no influye desfavorablemente en el circuito y funcionamiento normal del vehículo.

Figura 1.25 Toma de medida de presión con el pre-filtro instalado



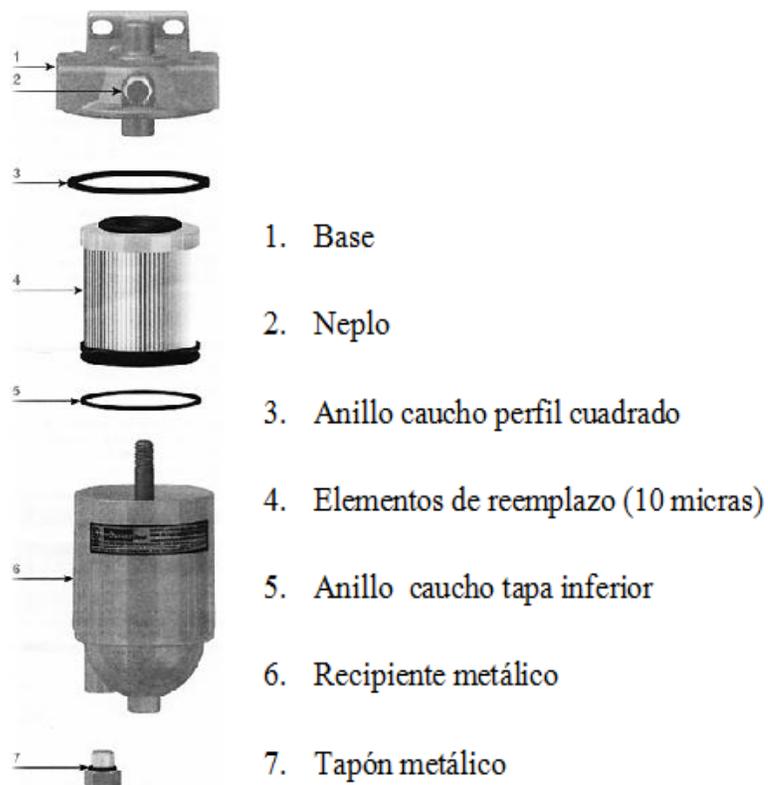
Fuente: Autor

Figura 1.26 Filtro Racor



Fuente: Catálogo de características técnicas de la marca Racor, 2006

Figura 1.27 Elementos constituyentes del filtro Racor



Fuente: Catálogo de características técnicas de la marca Racor, 2006

Figura 1.28 Filtro Delphi

Fuente: Catálogo de características técnicas de la marca Delphi, 2006

Para cumplir con esta función de retención de partículas extrañas del combustible se requieren elementos filtrantes de muy buena calidad que permitan el flujo adecuado del mismo, sin oponer resistencia al caudal enviado por la bomba auxiliar (bomba de cebado) de combustible localizada en la bomba de alta presión. Además deben tener la capacidad de separar el agua contenida en el gasoil para evitar los problemas de corrosión y herrumbre, por tal motivo el vehículo debe sujetarse a los programas de mantenimiento que sugiere el fabricante o de ser el caso en períodos más frecuentes si las condiciones del combustible así lo requieran. Los filtros utilizados para las diferentes pruebas de funcionamiento deben tener características superiores a los utilizados originalmente en el vehículo; en el mercado encontramos diferentes tipos y marcas de filtros de las cuales hemos escogido los modelos mostrados anteriormente en las figuras. Para escoger el conjunto pre-filtro que nos de las mejores prestaciones tenemos que basarnos en algunos aspectos que mencionaremos a continuación:

- **Calidad**

En el mercado local existe una gran variedad de modelos, tamaños y aplicaciones para los filtros de combustible gasoil. Existe también variedad en la calidad de cada uno de los elementos filtrantes de los cuales se destacan algunos por su excelente rendimiento,

duración y calidad. Para nuestro estudio hemos requerido que los filtros a utilizar sean de mejores características en relación a los filtros de equipo original. Para poder garantizar la eficiencia del filtro tenemos que verificar la calidad del papel filtrante puesto que este tiene que encontrarse certificado por las distintas normas internacionales que avalan características de fabricación para un funcionamiento óptimo en todos los regímenes de giro del motor.

Un filtro de buena calidad posee un resorte de papel filtrante más ancho que los filtros comunes por lo tanto la capacidad de filtrado es mayor debido a su mayor superficie y durante un aumento de presión en el sistema de alimentación un filtro de calidad superior sigue reteniendo impurezas y no permite que existan fugas internas causadas por roturas o deformaciones de la película filtrante que comprometan el funcionamiento adecuado del sistema de inyección.

- **Capacidad**

Uno de los parámetros a tomar en cuenta es la capacidad de combustible que puede almacenar el filtro y la que puede filtrar en un determinado tiempo sin ocasionar caídas de presión considerables (0,01 bares) o restricciones al paso del mismo.

La capacidad de cada uno de los filtros viene expuestos en las tablas de características técnicas razón por la cual no se hace necesario calcular este parámetro.

- **Disponibilidad de mercado**

Al escoger un determinado filtro debemos que tener la certeza de que el producto existente en el mercado tenga una alta rotación para de esta manera poder adquirir el elemento filtrante sin dificultad y teniendo la seguridad que no sea un producto discontinuado por lo que, se mantendrá en el mercado por un largo tiempo.

Tabla 1.6 Cuadro comparativo de filtros escogidos para el estudio

FILTROS	AREA FILTRADO	DURACIÓN	COSTO \$
RACOR	600 cm ²	5000 Km.	22,00
DELPHI	9640 cm ²	15000 Km.	4,00
SAKURA	924 cm ²	8000 Km.	4,80
MAHLE	1452 cm ²	8000 Km.	51,96

Fuente: Autor

Para tener una visión más clara y profunda de los elementos filtrantes que vamos a utilizar para las diferentes pruebas en los vehículos debemos conocer la estructura interna de los mismos, no solamente su disposición física sino también su conformación estructural desde un punto de vista microscópico para poder observar de esta manera las fibras entrelazadas de su material de origen.

A continuación podemos observar las microfotografías tomadas en el microscopio invertido con una ampliación de imagen de 20x a 40x y un formato de 640 x 480 píxeles del material del que están fabricados cada uno de los filtros que utilizaremos en nuestro estudio:

Figura 1.29 Microfotografía filtro Racor 40 X



Fuente: Autor

Figura 1.30 Elemento filtro Racor



Fuente: Autor

Figura 1.31 Microfotografía filtro Delphi 40 X



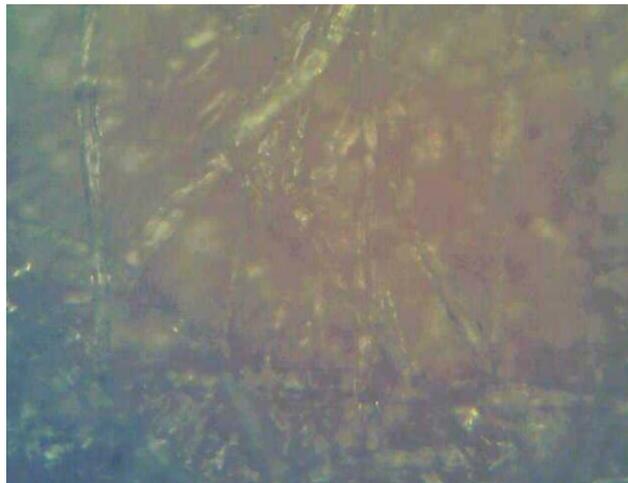
Fuente: Autor

Figura 1.32 Elemento filtro Delphi



Fuente: Autor

Figura 1.33 Microfotografía filtro Sakura 20 X



Fuente: Autor

Figura 1.34 Elemento filtro Sakura



Fuente: Autor

Figura 1.35 Microfotografía filtro Mahle 20 X



Fuente: Autor

Figura 1.36 Elemento filtro Mahle



Fuente: Autor

1.3 Conclusiones Técnicas

Luego de haber realizado el análisis comparativo de los filtros existentes en el mercado y utilizando para nuestro estudio el combustible gasoil que se expende a nivel local hemos determinado que la solución más apropiada al problema propuesto en este trabajo de monografía será colocar el filtro de la marca Delphi mediante una conexión en serie que irá ubicado entre el tanque de combustible y la bomba de cebado manual. Con esta adaptación se asegura la fluidez normal de combustible puesto que no existe una caída de presión importante en el circuito luego de instalado el nuevo filtro.

La duración del filtro principal de combustible es mucho mayor, puesto que, el filtro Delphi se encarga de retener la mayor cantidad de impurezas circundantes en el combustible para luego de esto ser finamente filtrado por el filtro principal; además se tiene como complemento un sistema separador de agua para obtener un valor agregado a esta adaptación. El filtro Delphi tiene un costo de 4,00 dólares en el mercado que tiene un valor menor que el filtro original de combustible Mahle que tiene un precio de 51,96 dólares con lo cual logramos un ahorro importante en el mantenimiento del sistema del

vehículo. El filtro Delphi tiene una duración de 15000 Km. según los resultados obtenidos en los estudios realizados con lo que hemos logrado quintuplicar la vida útil del filtro principal y por consiguiente el valor monetario es de una décima parte de lo que costaría si no estuviera colocado dicho filtro.

Además después de observar cuidadosamente las microfotografías tomadas a los distintos elementos filtrantes podemos indicar que el filtro de la Marca Delphi posee un ancho de poro microscópico más pequeño debido al complejo entretejido de sus fibras constituyentes, razón por la cual es capaz de retener hasta las impurezas más finas, permitiendo de este modo una mayor retención de partículas y obteniendo una gran eficacia en el filtrado.

CAPITULO 2

REDISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO

2.1 Rediseño del sistema de filtrado

El sistema de alimentación de combustible del vehículo Kia Sorento trabaja con altas presiones de 250 a 1350 bares, por tal motivo el combustible debe ser filtrado adecuadamente para su funcionamiento y para proteger a los elemento de precisión, no obstante debido a la baja calidad del combustible, este sistema necesita ser rediseñado para optimizar su calidad de filtrado y por consiguiente se procura obtener un mejor funcionamiento del conjunto.

2.1.1 Características y constitución

Las características que se necesitan tener presente para el rediseño del sistema de alimentación se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 2.1 Características técnicas del sistema de alimentación de combustible

Elementos	Especificación	
Depósito de combustible	Capacidad	80 litros. (21,1 galones)
Sistema de retorno de combustible	Tipo	Tipo de retorno
Filtro de Combustible	Tipo	Tipo de alta presión (integrado en el compartimiento del motor)
Bomba de Combustible Alta Presión	Tipo	Mecánico, tipo bombeo de émbolo
	Impulsada por	Correa de transmisión
Presión de combustible (máximo)	Presión	1.350 bares (160 MPa. 23.206 psi.)

Fuente: Manual de mantenimiento y reparación Kia, 2006

2.2 Selección de componentes

Luego del análisis realizado utilizando los métodos de filtración y decantación anteriormente descritos hemos elegido el filtro de la marca Delphi por poseer mejores prestaciones de acuerdo a las conclusiones técnicas obtenidas.

Los componentes que utilizaremos para el rediseño del sistema de filtrado serán los siguientes:

Tabla 2.2 Componentes utilizados para el sistema de filtrado

Componentes	Características
Filtro Delphi	7111-296
Cuatro bridas	Metálicas tipo tornillo
Manguera de combustible	14,09 bares presión máxima
Placa acero	12cm x 14cm x 10mm de grosor
Pernos	M8 x 1,25 x 16 mm.
Pintura Sintética	Para uso automotriz color negro brillante
Lija de hierro	# 150
Placa de acero	20cm x 16cm x 2mm de espesor.

Fuente: Autor

Las herramientas a usar en el rediseño del sistema son las siguientes:

Tabla 2.3 Herramientas utilizadas para instalación del sistema de filtrado

Herramientas	Características
Taladro	Eléctrico 110 V.
Brocas	6, 8 y 12mm
Machuelo	M8 x 1,25
Racha	Mando ½
Palanca de fuerza	Mando ½

Dado	13 mm. Mando ½
Extensión mediana	Mando ½
Juego de destornilladores	Planos y estrella
Playo	Universal

Fuente: Autor

2.3 Ubicación de componentes

El pre-filtro se ubicará entre el tanque de combustible y el filtro principal (como se indica en la figura 2.1) así lograremos que el filtro principal tenga mayor vida útil, y por lo tanto mejoramos la calidad de filtrado del gasoil que ingresa al sistema de inyección. Este pre-filtro posee un decantador de agua para evitar que los elementos del sistema de alimentación entren en contacto con el agua y se oxiden.

Para justificar la ubicación de los componentes que intervendrán en el rediseño del sistema de filtrado principal de combustible de una manera técnica es necesario tener presente algunos aspectos que son de vital importancia para garantizar la seguridad en el funcionamiento, la calidad y durabilidad de los elementos en juego.

- **Alteraciones en la formación o composición estructural del material del bastidor.**

Una elevación brusca de temperatura direccionada en uno o varios puntos del chasis como por ejemplo un proceso de soldadura, puede influir o alterar la composición estructural del material significativamente hasta deformarlo permanentemente, razón por la cual para nuestro estudio hemos descartado de forma definitiva la opción de realizar algún proceso de soldadura o imprimación de calor que incida de manera directa en el chasis del vehículo.

Para no alterar la distribución de fuerzas que se soportan a lo largo de la estructura del bastidor hemos decidido no taladrar el mismo con el objeto de crear agujeros roscados que sujeten la base del filtro. En lugar de esto hemos utilizado dos agujeros roscados M8 maquinados de fábrica, estos se encuentran a una distancia adecuada del tanque de

combustible resultando ser lo más idóneo posible para colocar la base del pre-filtro de combustible.

Estos agujeros roscados M8 se encuentran ubicados en una zona plana y espaciosa del chasis en donde el pre-filtro no interfiere con el funcionamiento normal de elementos en movimiento ni de ningún otro elemento. Además de esto el peso del conjunto pre-filtro completo según la medida de peso realizada no supera los 500 gr. lo que comparado con el peso de otros elementos soportados en el chasis este conjunto no compromete la resistencia estructural del bastidor de ninguna manera.

- **Presión y fluidez de combustible libre de restricciones.**

Al existir una disposición idónea del conjunto pre-filtro logramos también un direccionamiento adecuado de las mangueras que van conectadas al pre-filtro.

Mediante el correcto ruteo de manguera evitamos los dobleces y deformaciones de las mismas, ya que esto puede ser el causal de restricciones del gasoil o roturas por el aumento de presión (superior a 14,09 bares) al reducir la sección, o también pueden generar caídas abruptas de presión (inferior a 1 bar) que dan como resultado el mal funcionamiento del motor.

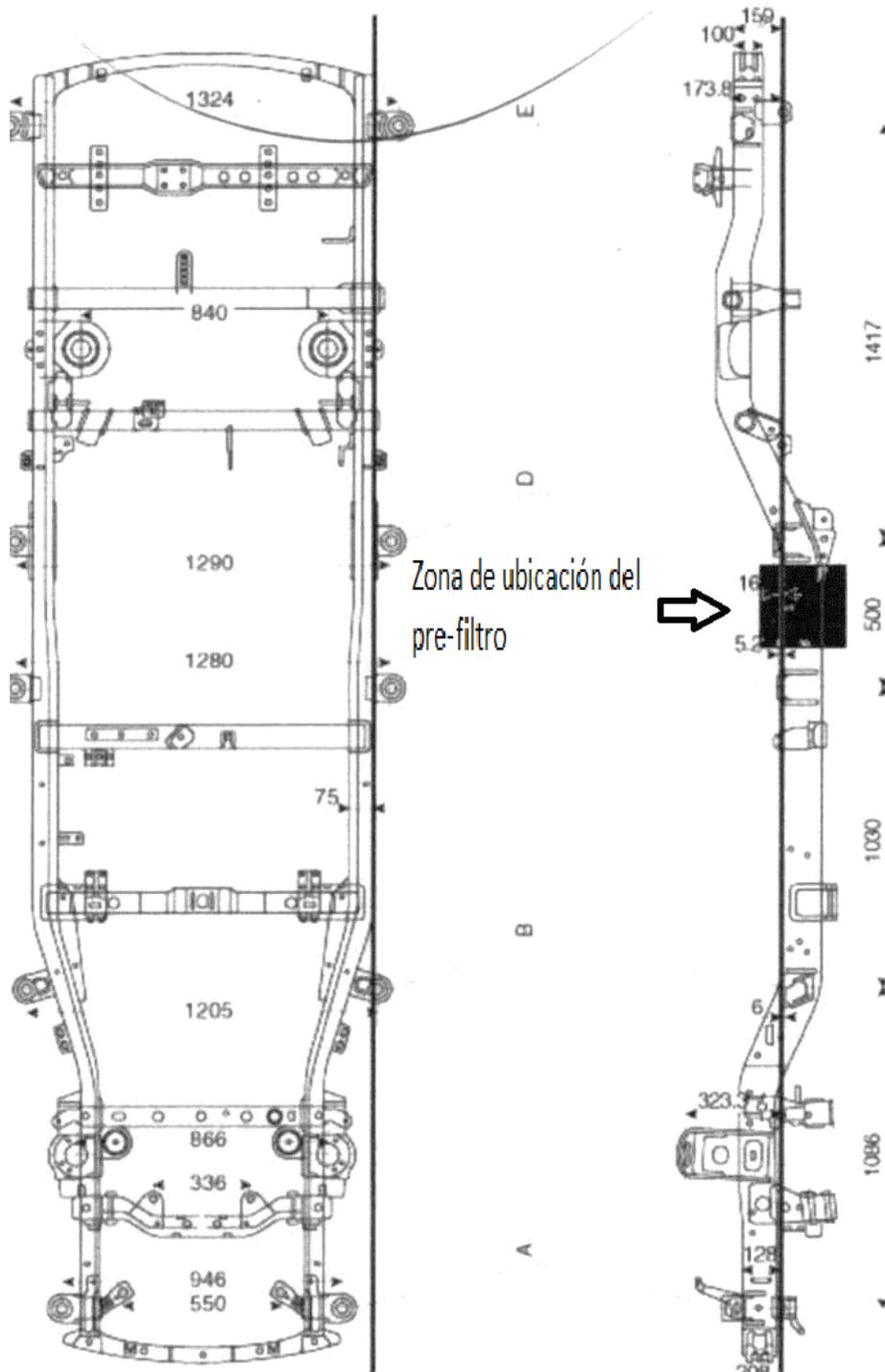
- **Apariencia decorosa**

El conjunto pre-filtro debe ir ubicado en una zona de libre acceso para no entorpecer los trabajos de mantenimiento, pero también debe ser una zona lo más segura posible contra impactos de elementos extraños que puedan reducir la vida útil del conjunto o dañarlo por completo.

El conjunto debe guardar simetría con las líneas de fábrica y el respectivo paralelismo con la superficie en la cual se va a sujetar, debe ser también agradable a la vista y resaltar las características anteriormente mencionadas de una instalación técnicamente realizada.

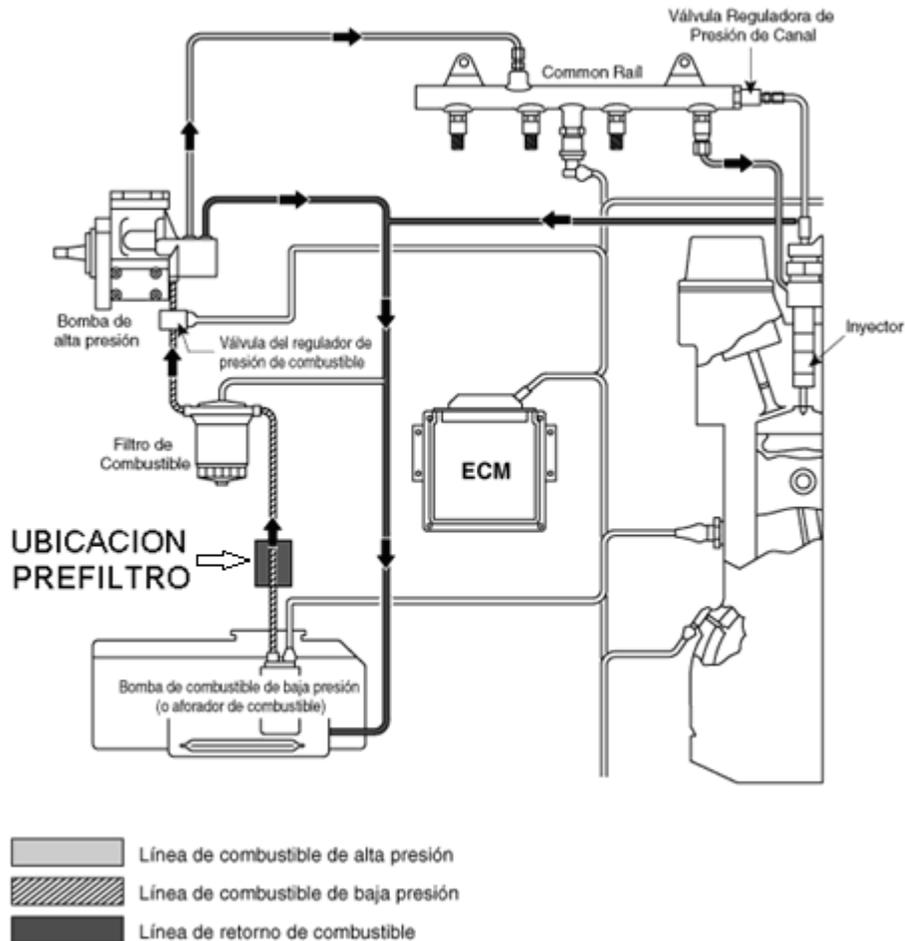
Debemos hacer constar que por más segura que sea la ubicación del conjunto, se tiene un porcentaje de riesgo mínimo pero real de que objetos extraños impacten contra la estructura del pre-filtro, razón por la cual hemos visto necesario la implementación de una placa de seguridad que sirva de barrera protectora contra dichos objetos.

Figura 2.1 Disposición del pre-filtro en el chasis del vehículo



Fuente: Manual de mantenimiento y reparación Kia, 2006

Figura 2.2 Disposición del pre-filtro en el sistema de alimentación



Fuente: Manual de mantenimiento y reparación Kia, 2006

2.4 Proceso de instalación del pre-filtro vehículo Kia Sorento año 2006

Para proceder con la instalación de los componentes debemos tener presentes algunos aspectos que detallaremos a continuación:

- **Usar ropa de trabajo adecuada:** se requiere que la persona o personas que vayan a ejecutar el trabajo utilicen ropa de trabajo lo más cómoda posible, que brinde seguridad a su portador es decir que sea de un material resistente, liviano y que sea ajustada al cuerpo para evitar que partes flojas de la vestimenta se

enganchen en zonas móviles del vehículo como por ejemplo bandas y poleas del motor.

- **Uso de zapatos de trabajo:** en el área automotriz es imprescindible el uso de zapatos adecuados para el trabajo que posean un labrado antideslizante para evitar resbalones y que este labrado sea grueso para proteger al pie de elementos punzantes que puedan atravesar la misma y así causar heridas.

Figura 2.3 Zapatos de trabajo adecuados



Fuente: Autor

- **Uso de gafas de seguridad:** es necesario el uso de gafas de seguridad para trabajos en los que partículas sólidas o líquidas como es el caso del desmontaje del tanque y del pre-filtro de combustible puedan desprenderse de la carrocería, chasis y otros elementos como por ejemplo el filtro de combustible y de este modo puedan causar irritación en los ojos.

Figura 2.4 Gafas de seguridad



Fuente: Autor

- **Uso de guantes de trabajo:** es necesario en zonas donde aristas vivas de elementos metálicos u otros objetos puedan causar cortes o heridas al trabajador, o al tener contacto directo con derivados de petróleo o fluidos tóxicos.

Figura 2.5 Guantes de trabajo

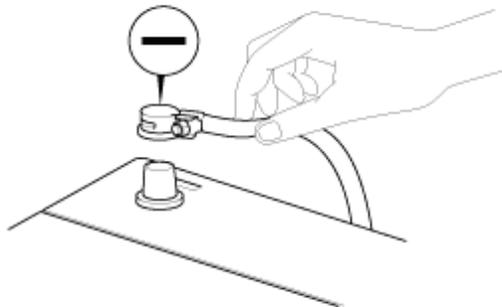


Fuente: Autor

El proceso de instalación del conjunto pre-filtro en el vehículo se describe de la siguiente manera:

1. **Desconectamos la batería:** para comenzar a realizar un trabajo por precaución es necesario desenergizar el vehículo para no provocar daños a otros sistemas además del intervenido a causa de corto circuitos al manipular la herramienta o al desmontar los elementos.

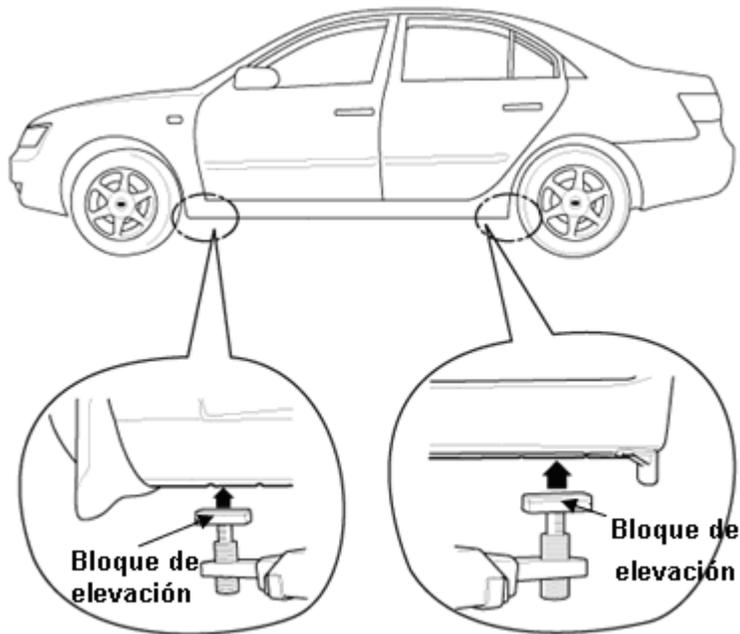
Figura 2.6 Borne negativo de batería



Fuente: Autor

- 2. Colocar el vehículo en el elevador:** para poder realizar el trabajo de una manera cómoda y ágil contamos con un elevador hidráulico. Para levantar el vehículo de una manera segura tenemos que ubicar los brazos del elevador en los puntos que indica el manual de reparación y mantenimiento.

Figura 2.7 Puntos de elevación del vehículo



Fuente: Autor

- 3. Desconexión de mangueras:** es preciso desconectar las mangueras de llenado del tanque de combustible así como también las de impulsión, retorno y conexiones eléctricas por la parte interior del vehículo para poder desmontar el tanque sin complicaciones.

Figura 2.8 Ubicación de mangueras de impulsión y retorno



Fuente: Autor

- 4. Desmontaje de tanque de combustible:** para desmontar el tanque de combustible necesitamos retirar los pernos de sujeción del tanque al chasis del vehículo teniendo presente colocar una gata tipo pedestal para no realizar esfuerzo innecesario que pueda comprometer la salud física del personal.

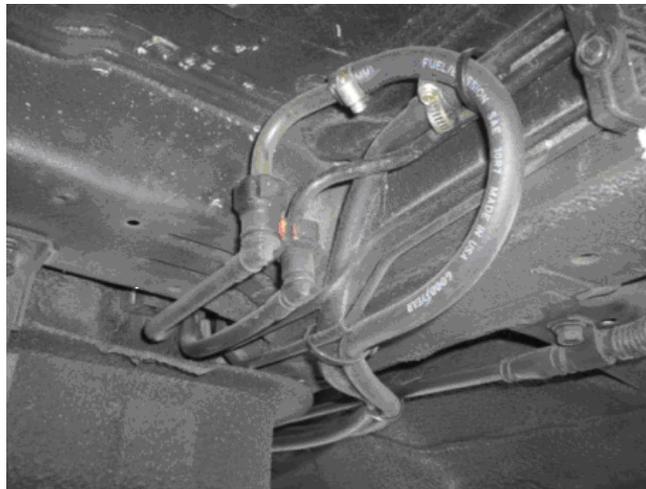
Figura 2.9 Pernos de sujeción del tanque de combustible al chasis



Fuente: Autor

- 5. Adaptación de mangueras:** las mangueras usadas para la adaptación del conjunto pre-filtro son de alta calidad de diámetro 1/2 pulgada, cuyo diámetro interior es idéntico al diámetro de la cañería original razón por la cual no producen alteraciones en el flujo del gasoil durante el funcionamiento. Además soportan sin problema la presión que genera la bomba del circuito de baja presión puesto que la manguera utilizada es de excelente calidad y su límite de presión es de 14,09 bares. Como se puede observar en la figura las mangueras van dispuestas de tal manera que no se forman restricciones o dobleces en las mismas y no se encuentran cerca de puntos calientes como por ejemplo el escape, y no tienen contacto con elementos cortantes del chasis o carrocería.

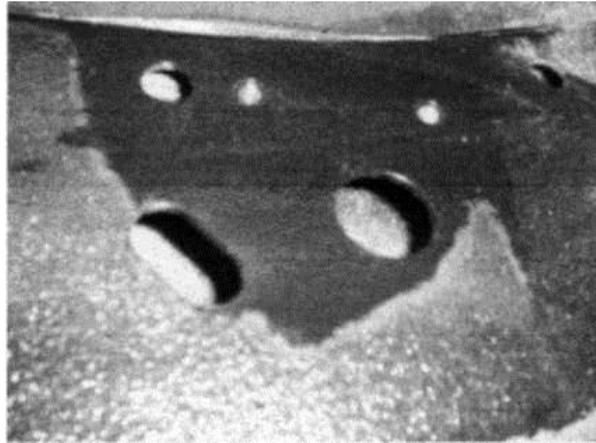
Figura 2.10 Adaptación de mangueras



Fuente: Autor

- 6. Agujeros roscados:** ubicamos los agujeros roscados M8 x 1,25 que nos servirán para colocar la placa soporte que fabricaremos para sujetar al conjunto pre-filtro al chasis del vehículo.

Figura 2.11 Agujeros roscados en el chasis



Fuente: Autor

- 7. Fabricación placa soporte:** para la fabricación de la placa soporte hemos escogido una platina de acero de 10 mm. de espesor de la cual cortaremos para la placa un rectángulo de 10 x 8 cm. En esta placa rectangular realizaremos los agujeros roscados para sujetar dicha placa al bastidor utilizando para tal fin una broca de 8,5 mm. de diámetro para que los pernos de sujeción M8 x 1,25 se introduzcan fácilmente hasta anclarse al chasis del vehículo. Además hemos practicado agujeros roscados M6 x 1mm. en la parte lateral derecha de la placa soporte puesto que en esa ubicación irá sujeta una placa protectora contra impactos que resguardará al conjunto pre-filtro del impacto de elementos extraños. Hemos pintado este elemento metálico con pintura negro brillante para evitar el ataque corrosivo, ya que se encuentra ubicada en un lugar expuesto al agua, lodo, etc.

Figura 2.12 Placa soporte



Fuente: Autor

- 8. Fabricación placa protectora:** Para fabricar la placa de protección del conjunto pre-filtro contra impactos de elementos extraños hemos escogido un pedazo de plancha de tol de 2mm. de espesor con una dimensión de 18 cm. x 9 cm. y practicamos un destaje inclinado de 3 cm. a 30° para permitir el paso de la manguera al neplo de conexión del conjunto pre-filtro. De igual manera que en el caso anterior pintamos la placa para protegerla de la corrosión.

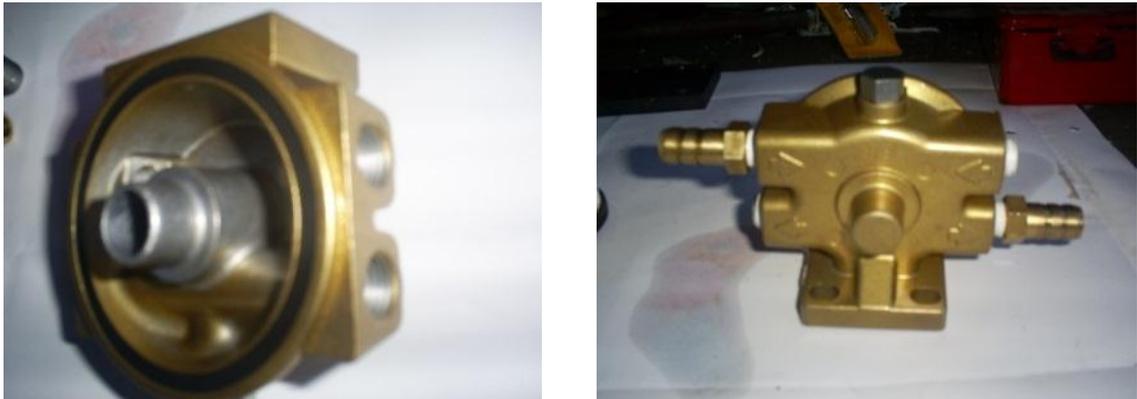
Figura 2.13 Fabricación de placa protectora



Fuente: Autor

Colocamos la placa soporte en el chasis asegurándola con dos pernos M8 x 1,25 que tiene 15 mm. de longitud, seguidamente colocamos la base del conjunto pre-filtro en la placa soporte con dos pernos M8 x 1,25 mm.

Figura 2.14 Base filtro y cañerías



Fuente: Autor

9. Conexión de mangueras: conectamos las mangueras a los neplros de entrada y salida de combustible respetando el sentido de flujo indicado en la base del conjunto

pre-filtro. Estos acoples poseen una rosca de conexión de $\frac{3}{4}$ " y un tubo de salida de $\frac{1}{2}$ ".

Figura 2.15 Conexión de mangueras



Fuente: Autor

10. Montaje del cartucho filtrante: colocamos el elemento filtrante en el depósito del mismo llenando dicho depósito con gasoil limpio para permitir que el sistema se purgue con rapidez y no se generen burbujas que puedan afectar el funcionamiento normal del circuito.

Figura 2.16 Cartucho filtrante



Fuente: Autor

11. Montaje placa protectora: colocamos la placa protectora.

Figura 2.17 Placa protectora



Fuente: Autor

Una vez instalado el pre-filtro purgamos el sistema y revisamos el correcto funcionamiento del mismo observando de manera minuciosa que no se presenten fugas o desperfectos y que el motor funcione de manera óptima en todo régimen de funcionamiento.

Tabla 2.4 Costos materiales utilizados para montaje del conjunto pre-filtro

Materiales	Características	Precio	Cantidad	Total \$
Platina	Acero 10 mm. Espesor	4,50	1	4,50
Plancha tol	18 cm. x 9 cm. x 2mm.	0,62	1	0,62
Manguera	½" Para combustible	3,50	2	7,00
Acoples	¾ a ½"	2,00	2	4,00
Bridas	Acero de ½"	0,50	8	4,00
Pernos	M8 x 1,25	0,30	8	2,40
Lija	# 320	0,80	2	1,60
Pintura	Sintética automotriz (Litro)	7,80	1	7,80
Disolvente	Industrial (Litro)	1,80	1	1,80

Wype	Blanco (Libra)	1,20	1	1,20
Conjunto filtro Delphi	7111-296	60,00	1	60,00
			Total	94,92

Fuente: Autor

2.5 Conclusiones

Una vez seleccionados los elementos constituyentes del conjunto pre-filtro de manera técnica, basado en el análisis y estudio del sistema de alimentación de combustible y tomando en cuenta las características constructivas de los distintos modelos de pre-filtros existentes en el mercado y realizando las diferentes pruebas de funcionamiento una vez instalado dicho conjunto, hemos confirmado nuestras expectativas al observar los resultados favorables obtenidos, puesto que la duración del filtro principal de combustible se multiplicó y las fallas que se presentaban en el motor debido a la mala filtración del combustible para separarlo del material particulado contenido en este, se redujeron notablemente hasta el punto de eliminarlas por completo.

Para ubicar el conjunto pre-filtro de manera adecuada hemos tomado en cuenta algunos aspectos como por ejemplo no producir alteraciones en la composición estructural del chasis, y colocar este pre-filtro en una zona de fácil acceso para realizar el mantenimiento pero a su vez protegido del impacto de elementos extraños y del roce con otros elementos del vehículo. Además debemos resaltar el aspecto decoroso para no desvincular la parte técnica de la parte estética del automóvil.

En el transcurso del montaje de los elementos debemos tener presente el uso de implementos de seguridad como ropa de trabajo adecuada y utilizar las herramientas con el fin para el cual fueron fabricadas. Con todos estos aspectos resaltados anteriormente podemos garantizar nuestro trabajo brindando calidad y seguridad para el usuario del vehículo y de la población en general.

Además realizamos un análisis de costos, lo cual nos permite hacer un presupuesto y precisar los valores que requerimos para realizar el proyecto. Es importante señalar que los costos son muy bajos y los resultados son de gran utilidad para sus usuarios.

El costo de la mano de obra es el equivalente al 40 % del total registrado en la tabla 2.4, con lo cual obtenemos un valor de 38 dólares, este precio dividido para el tiempo de tres horas que toma la instalación del conjunto pre-filtro, nos da como resultado 12,65 dólares, el mismo que tomamos como referencia para el costo de la hora/hombre. Dicho rubro comparado con el del mercado local resulta altamente competitivo puesto que el valor medio registrado es de 15 dólares y su valor máximo alcanza los 25 dólares.

CAPITULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Recopilación de datos

En este capítulo abordaremos temas muy importantes puesto que realizaremos la recopilación de datos de las pruebas realizadas previas al escogitamiento del conjunto pre-filtro y los resultados obtenidos luego de la instalación de dicho conjunto.

Para el caso nos enfocaremos en el análisis comparativo de averías presentadas antes de la colocación del conjunto pre-filtro dentro de las cuales podemos citar: atrancaderas o enviones, pérdida de potencia, apagones, encendido dificultoso, etc. Además realizaremos un cuadro comparativo de ventajas y desventajas desde la instalación del pre-filtro, y también presentaremos un análisis comparativo numérico-gráfico para tener una perspectiva más clara y concreta de los pros y contras obtenidos la investigación.

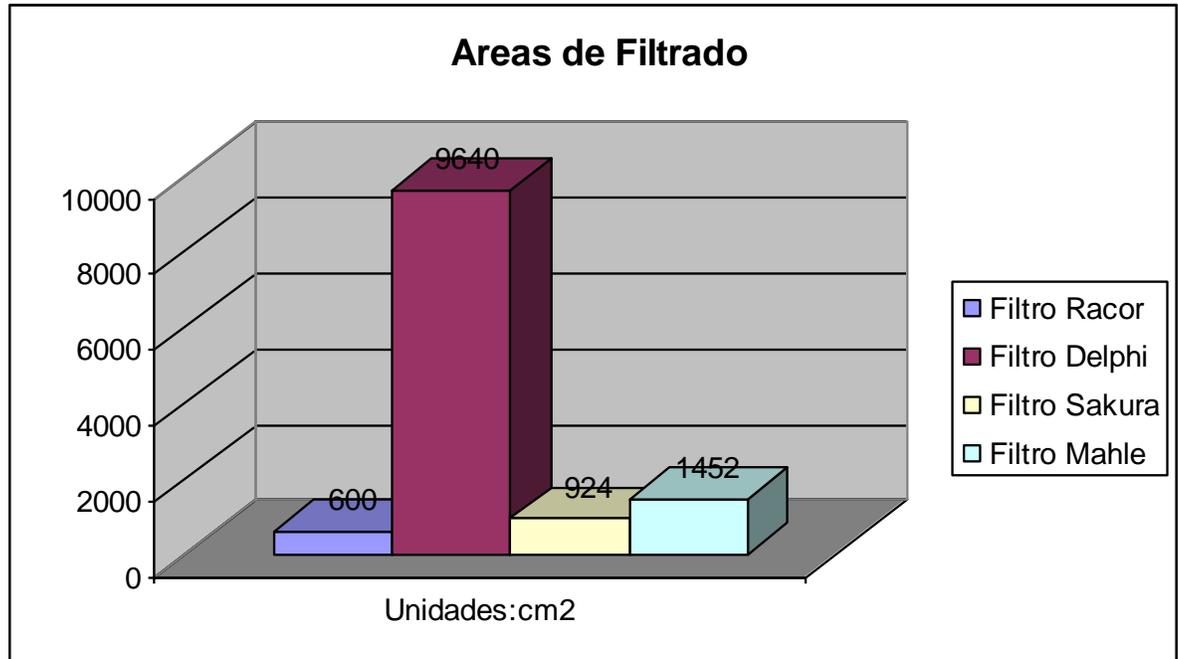
3.1.1 Pruebas de filtración

Para las pruebas de filtración hemos recolectado muestras de 500 ml de combustible gasoil en recipientes herméticamente sellados, para evitar la contaminación con agentes externos, obteniendo de esta manera resultados precisos en las diferentes pruebas. El gasoil contaminado lo hicimos pasar a través de un papel filtrante de uso en laboratorios con un tamaño de poro de filtración de 10 micras. Luego del proceso de filtrado el material particulado contenido en el combustible fue separado y cuantificado usando una balanza analítica (apreciación de 0,0000 gr.), para luego sumarlo al material retenido por cada uno de los cuatro tipos de filtros utilizados para las pruebas de investigación.

La capacidad de retención de cada uno de los elementos filtrantes resultó ser proporcional al tamaño de cada filtro. Por ejemplo como lo veremos más adelante en las gráficas el filtro de mayor capacidad y con mayor área de material filtrante según las mediciones del caso es el filtro de la marca Delphi cuya capacidad de retención es

sumamente alta comparado con los otros tres filtros instalados en el vehículo para las diferentes pruebas.

Figura 3.1 Gráfico de áreas de filtrado



Fuente: Autor

En este gráfico podemos observar claramente la superioridad del área de filtrado del filtro de la marca Delphi, dicha área ha sido medida en centímetros cuadrados, para esto hemos separado el recipiente metálico del papel filtrante para así poder realizar esta medida. En contraste con el filtro de la marca Delphi tenemos al filtro de la marca Racor que es el filtro de menor área de filtrado contando con 600 centímetros cuadrados; le sigue con 924 centímetros cuadrados el filtro de la marca Sakura y por último tenemos el filtro Mahle con un área de filtrado de 1452 centímetros cuadrados. Cabe hacer la observación de que todos los filtros escogidos son de muy buena calidad de material filtrante pero la diferencia es que al tener mayor área de filtrado se obtiene mayor capacidad de retención de partículas debido a la mayor cantidad de material filtrante del conjunto.

Esta capacidad de retención de partículas superior del filtro de la marca Delphi nos da como resultado la mayor duración del elemento filtrante sin lugar a obstrucciones, situación que no ocurrió con los otros tres tipos de elementos filtrantes puesto que según los datos obtenidos en nuestros estudios el filtro de la marca Racor al cumplir los 5000 Km. de recorrido se saturó de impurezas dando lugar a la generación de fallas en el motor al haberse restringido el caudal de combustible gasoil. El filtro de la marca Sakura tuvo una duración un poco mayor siendo esta de 8000 Km. Kilometraje en el cual se dio lugar a la generación de fallas en el motor por obstrucción del elemento filtrante. El filtro de la marca Mahle alcanzó una duración tope de 8000 Km. En donde comenzó a generar problemas por el restringido caudal de combustible brindado al encontrarse saturado de impurezas.

3.2 Análisis de presión en la línea de alimentación de combustible

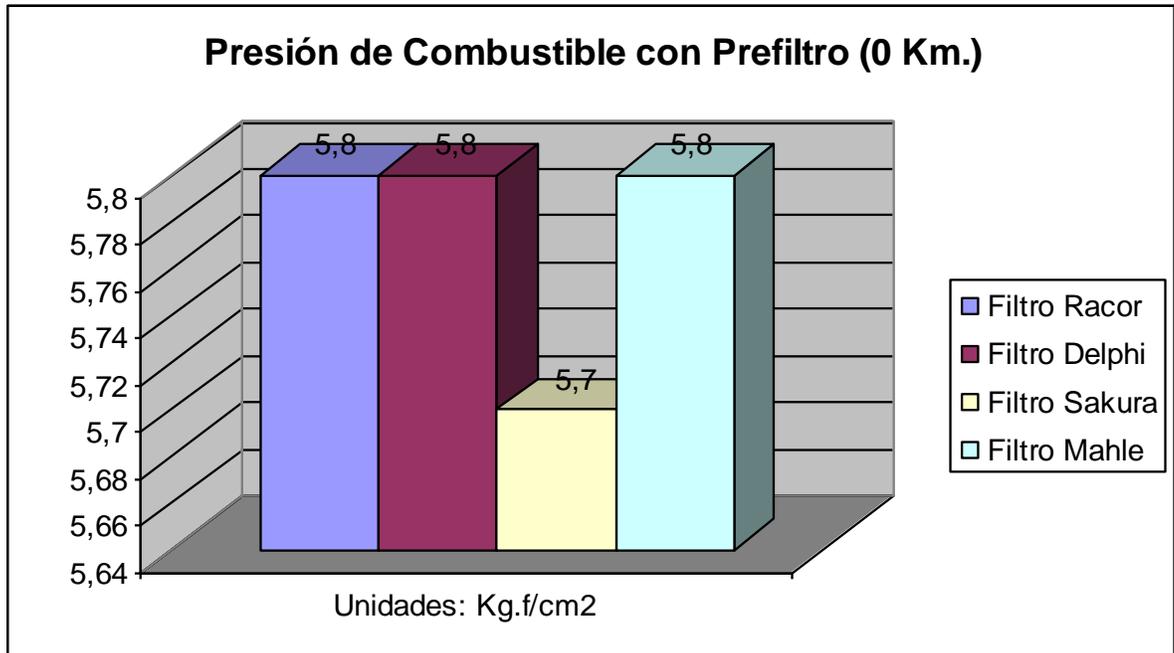
En el capítulo anterior realizamos medidas de presión de la línea de alimentación de combustible para observar la existencia de eventuales caídas de presión al instalar uno u otro elemento filtrante, con el objetivo de poder identificar cuál de los conjuntos pre-filtros será el más apto para que el vehículo trabaje en condiciones óptimas de funcionamiento.

Para realizar las medidas utilizamos un manómetro de combustible gasoil en una escala de Kg.f/cm^2 (Kilogramos fuerza sobre centímetro cuadrado - bar) en donde un observador entrenado puede identificar fácilmente la diferencia entre uno y otro elemento filtrante, pero para esta investigación quisimos mostrar de una manera lo más clara posible estos datos obtenidos en las pruebas, con el objeto que cualquier persona observe este análisis y entienda con facilidad lo aquí expuesto, para este fin hemos decidido ilustrar estas medidas con un gráfico de barras, para poder visualizar y analizar de una manera eficiente y objetiva los resultados obtenidos.

En el siguiente gráfico se muestran las medidas de presión de combustible con cada uno de los elementos filtrantes nuevos instalados en donde realizamos el análisis comparativo encontrando que la presión suministrada por la bomba de alimentación de combustible decae ligeramente llegando a ser el valor mínimo obtenido $5,7 \text{ Kg.f/cm}^2$, siendo el valor nominal $5,8 \text{ Kg.f/cm}^2$.

La caída de presión de combustible con el elemento filtrante nuevo no afecta el buen funcionamiento del motor, ni del sistema de inyección por lo cual desechamos la idea de retirar a cualquiera de los elementos filtrantes escogidos previamente.

Figura 3.2 Gráfico de medidas de presión de combustible



Fuente: Autor

Para comenzar con el periodo de pruebas los conjuntos pre-filtros fueron instalados uno a uno en el vehículo; luego de cierto kilometraje recorrido los elementos filtrantes comienzan a saturarse de impurezas hasta el punto en el que se obstruyen causando fallas como por ejemplo: pérdidas de potencia en altas revoluciones por minuto, atrancaderas o enviones al pisar el acelerador más aún cuando el conductor demanda mayor rendimiento del vehículo, además de alta concentración de emisiones contaminantes evacuadas por el sistema de escape.

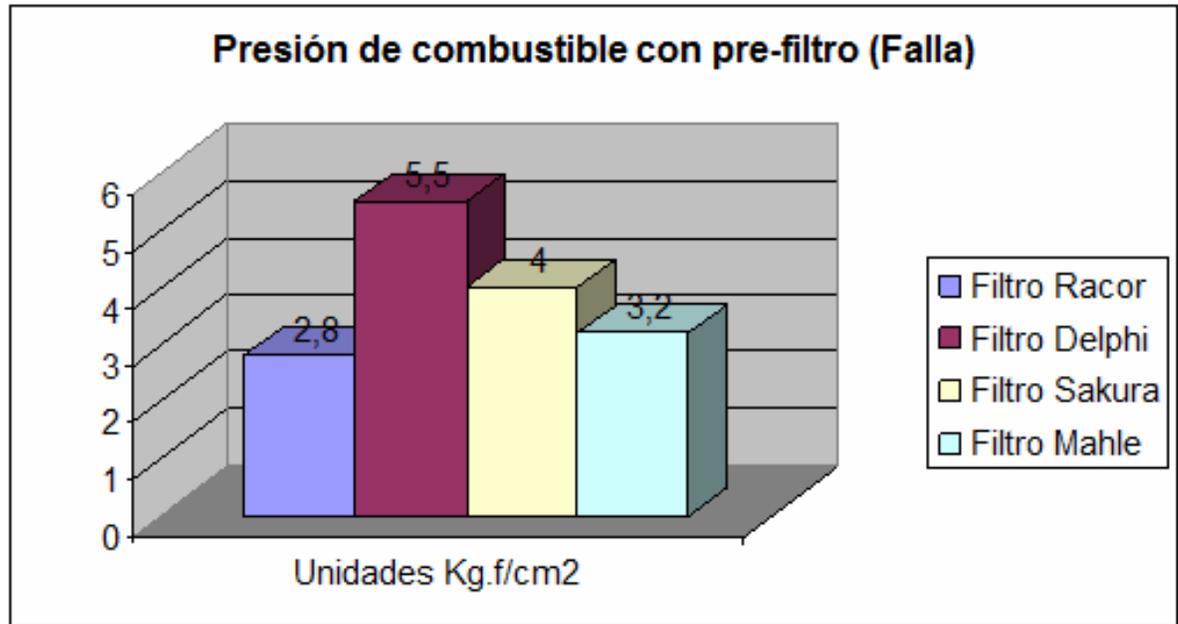
El punto de saturación máxima depende o es proporcional al tamaño del elemento filtrante, como lo veremos a continuación, pero al momento de suscitarse la falla es conveniente revisar todos los elementos relacionados con el sistema de alimentación de

combustible para de esta manera descartar cualquier falla posible causada por algún otro elemento en mal estado.

Una vez analizada la pérdida de potencia o algún otro de los síntomas citados anteriormente que se producen debido a la saturación del conjunto pre-filtro, procedemos a realizar la medida de presión en la línea de combustible gasoil para de esta manera obtener medidas reales de la presión existente en el circuito cuando sucede la falla.

Dichos datos se muestran a continuación en el gráfico de barras en donde la presión medida para el caso del filtro de la marca Racor es de 2,8 kilogramos fuerza sobre centímetro cuadrado (Kg.f/cm^2), con esta medida de presión muy reducida comparada con la que aporta la bomba de combustible se generan fallas como: pérdida de potencia, atrancos o enviones al demandar potencia del vehículo y el encendido en frío resulta muy dificultoso. El elemento filtrante de la marca Delphi medido en el mismo número de kilómetros, tiene como resultado una presión en la línea de combustible de 5,5 Kg.f/cm^2 razón por la cual a este kilometraje el filtro de la marca Delphi no produce complicaciones para el motor. El conjunto pre-filtro de la marca Sakura muestra una presión medida en la línea de combustible de 4 Kg.f/cm^2 y presenta una ligera pérdida de potencia para el mismo kilometraje de 5000 Km. El conjunto pre-filtro de la marca Mahle al mismo kilometraje citado anteriormente entrega como resultado una presión en la línea de combustible de 3,2 Kg.f/cm^2 ocasionando gran desmejora en cuanto a potencia y presenta problemas de encendido en frío con el consecuente incremento en el consumo de combustible.

Figura 3.3 Grafico de medidas de presión de combustible



Fuente: Autor

3.3 Análisis de duración de los elementos filtrantes

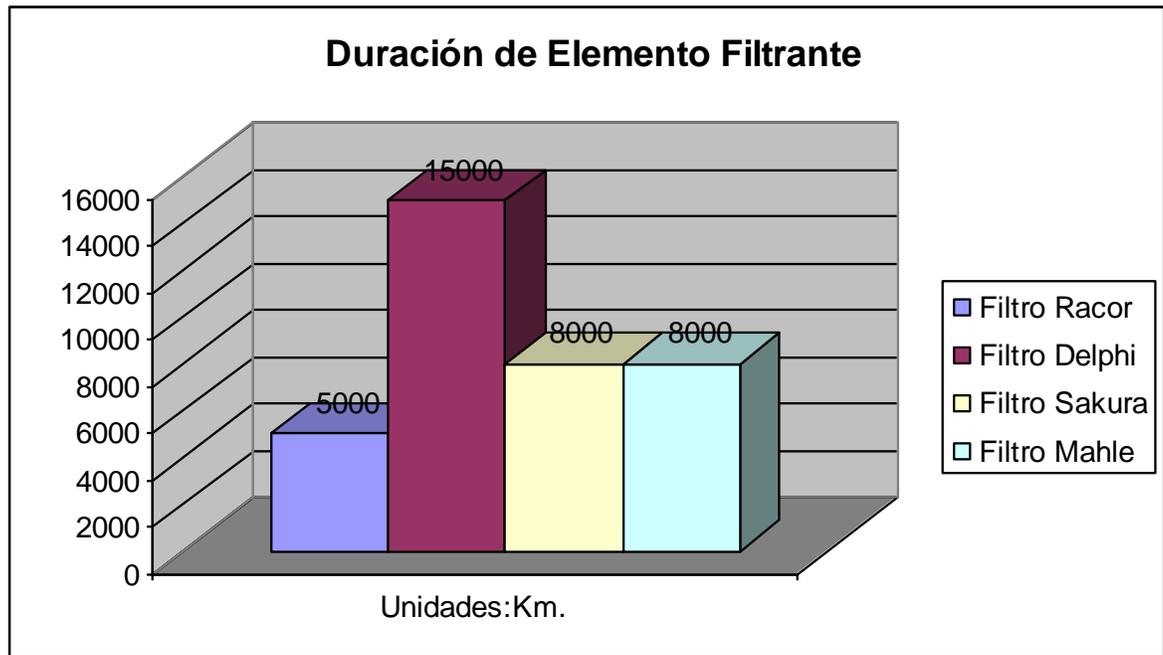
En cuanto a duración de los distintos elementos filtrantes tenemos que el filtro de la marca Racor tiene una duración de 5000 Km. recorrido en el que el elemento filtrante se satura completamente de material particulado, razón por la cual se generan fallas en el motor a este kilometraje. El conjunto pre-filtro de la marca Delphi tiene un kilometraje en el cual se satura completamente de impurezas y produce fallas de la misma naturaleza que como el elemento filtrante anterior son pérdida de potencia, enviones al requerir mayor rendimiento, arranque en frío dificultoso y emisiones contaminantes expulsadas por el sistema de escape, dicho kilometraje es de 15000 Km.

El conjunto pre-filtro de la marca Sakura tiene una duración de 8000 Km, en el cual, de igual manera que con los elementos filtrantes anteriores se producen fallas, las mismas que describimos anteriormente. Y por último tenemos al conjunto pre-filtro de la marca Mahle que al igual que el conjunto pre-filtro de la marca Sakura tiene una duración de 8000 Km. en la cual genera fallas debido al reducido caudal de combustible gasoil

enviado a la bomba de alta presión del sistema de inyección, por una saturación completa del elemento filtrante.

Entre todos los conjuntos pre-filtros mencionados anteriormente podemos observar con toda claridad que el conjunto pre-filtro de la marca Delphi es el de mejores prestaciones en cuanto a duración de su elemento filtrante al retener el material particulado presente en el combustible gasoil. En contraste con el elemento filtrante Delphi tenemos al de la marca Racor con una duración de apenas 5000 Km. durante el cual se obstruye completamente.

Figura 3.4 Grafico de duración del pre-filtro en kilómetros



Fuente: Autor

3.4 Análisis de costos de los conjuntos pre-filtro.

En el siguiente gráfico de barras mostramos los costos de cada uno de los elementos filtrantes equipados al vehículo para las pruebas pertinentes. Los precios de los conjuntos pre-filtro mostrados a continuación fueron tomados del mercado de la ciudad

de Cuenca actualizados a la fecha para evitar cualquier error en cuanto al análisis económico se refiere.

En primer lugar tenemos al conjunto pre-filtro de la marca Racor cuyo precio en el mercado es de 22,00 dólares americanos, un costo alto en nuestra opinión comparado con las ventajas que ofrece al estar equipado en el vehículo a pesar de su excelente calidad de material de su elemento filtrante.

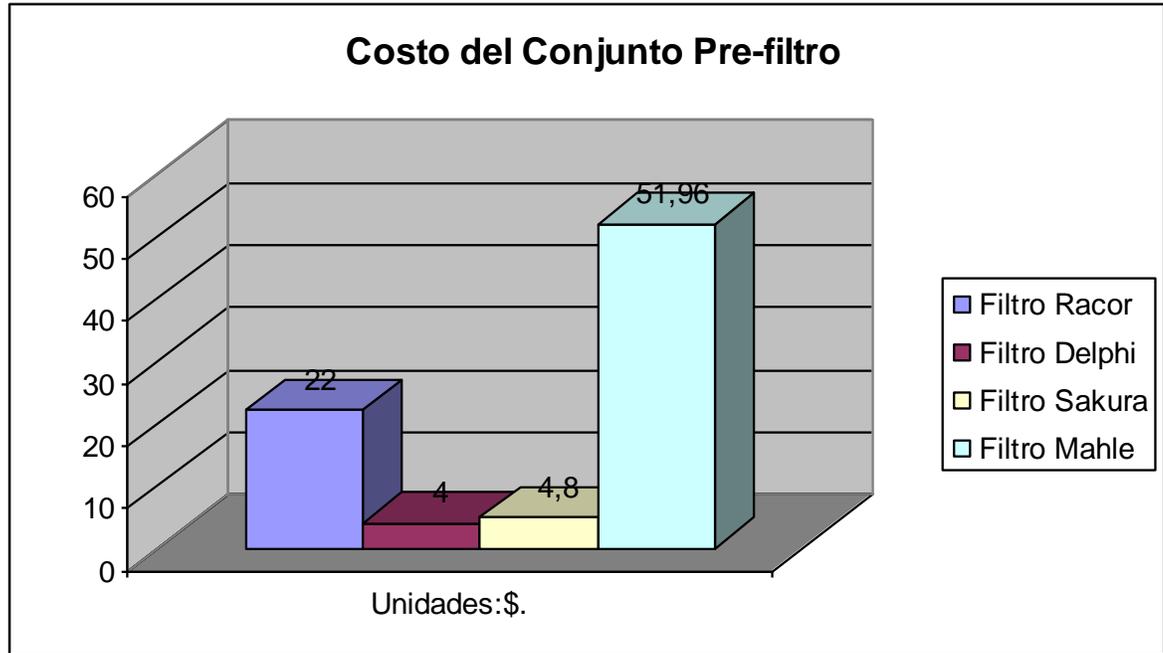
A continuación tenemos al conjunto filtro de la marca Delphi con un costo en el mercado de 4,00 dólares, este es un precio realmente bajo para la gran capacidad demostrada por este elemento filtrante en cuanto a su capacidad de retención de material particulado y su larga duración al estar instalado en el vehículo, sin desmerecer la buena calidad de su elemento filtrante.

El conjunto pre-filtro de la marca Sakura tiene un costo de 4,80 dólares en las tiendas de repuestos, el valor de este elemento filtrante se puede considerar bajo, pero su capacidad de retención de partículas al compararlo con los otros conjuntos pre-filtros se puede decir que tiene una capacidad de retención de partículas media juntamente al igual que su duración cuantificada en las pruebas de ruta del vehículo.

Por último tenemos al conjunto pre-filtro de la marca Mahle cuyo costo comercial en la ciudad de Cuenca es de 51,96 dólares, el mismo que consideramos elevado comparado con su mediana capacidad de retener partículas y su mediana duración mostrada en las pruebas de campo asignadas.

Según los datos obtenidos en los estudios realizados, de todos estos conjuntos pre-filtros el de menor costo y mayores prestaciones es el de la marca Delphi,

Figura 3.5 Grafico de costos del Conjunto Pre-filtro



Fuente: Autor

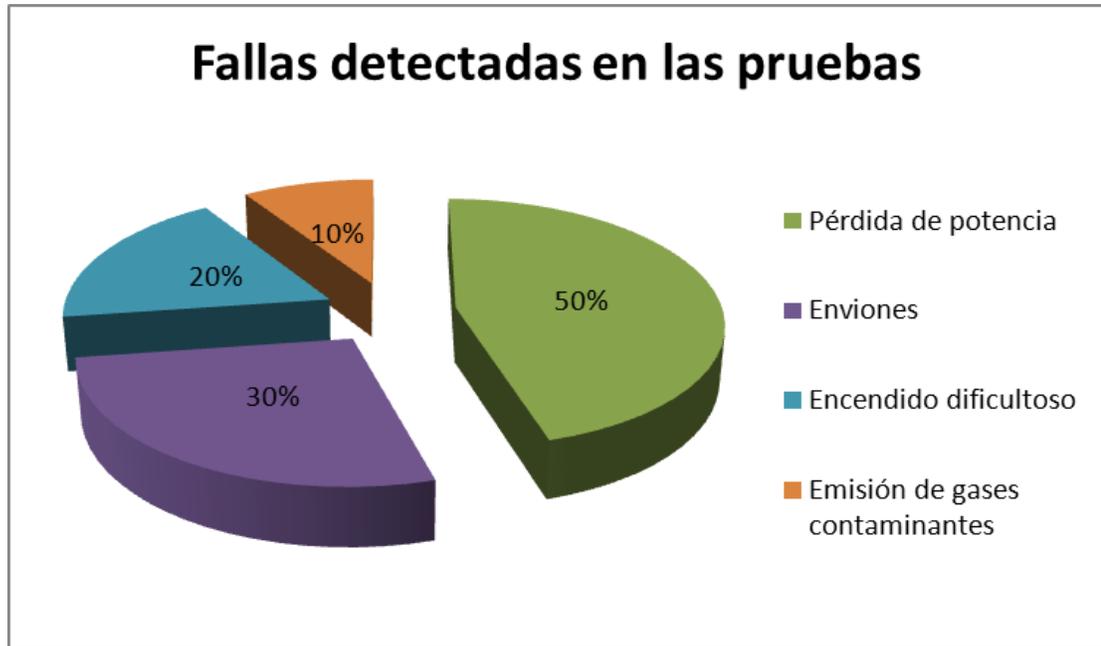
3.5 Análisis de fallas al saturarse el elemento filtrante.

En cuanto a fallas o averías detectadas antes de la instalación del conjunto pre-filtro tenemos que en la gran mayoría de los casos se presentó la pérdida de potencia como consecuencia de la saturación del elemento filtrante en aproximadamente el 50 % de los casos, llegando a ser esta la mayor causa sensible para el conductor de la obstrucción del filtro principal de combustible.

En otros casos reportados los atrancos o enviones fue la causa para constatar la obstrucción del filtro principal de combustible más notoria aun cuando el conductor desea obtener el máximo desarrollo de su vehículo en distintas condiciones de manejo como por ejemplo al momento de rebasar a un vehículo o al subir una pendiente pronunciada o simplemente cuando el vehículo se encuentra con su carga de pasajeros al máximo. En este caso los datos nos indican que un 30 % de los vehículos registrados sufren de este síntoma al saturarse el filtro principal de combustible.

En un 20 y 10 % respectivamente los vehículos presentan encendido dificultoso en mañanas frías y la correspondiente emisión de gases contaminantes evacuados por el sistema de escape.

Figura 3.6 Gráfico de fallas detectas

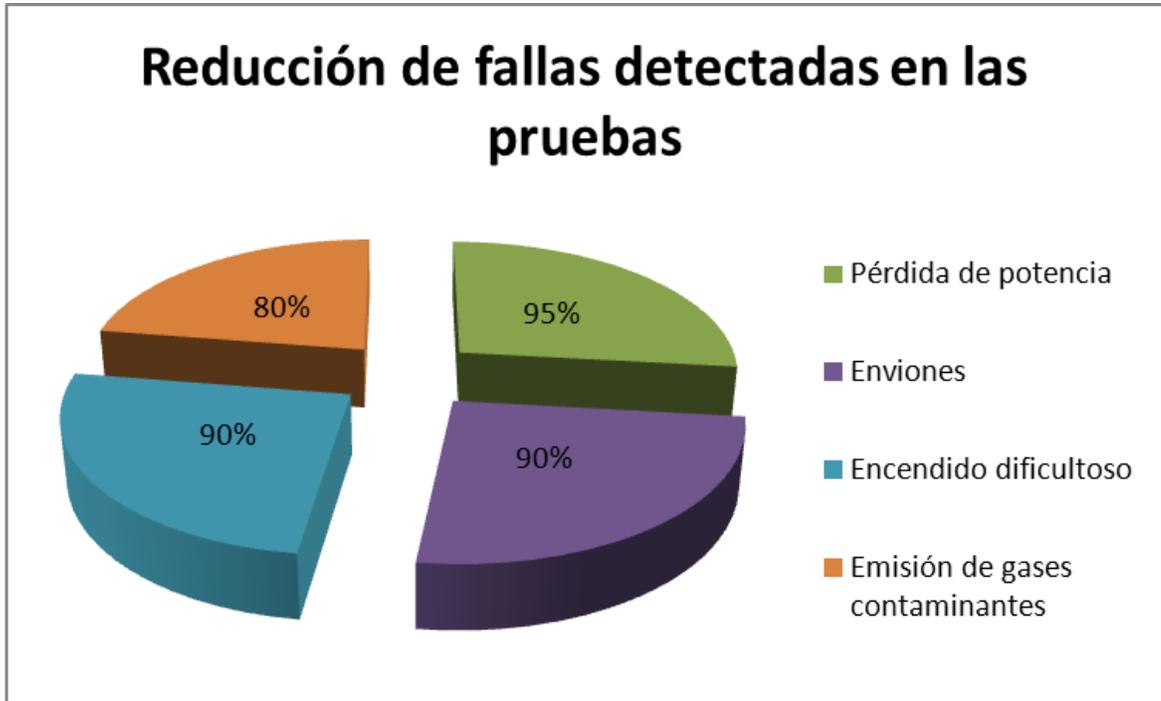


Fuente: Autor

En el gráfico que presentamos a continuación se muestra como el conjunto pre-filtro de la marca Delphi ha producido resultados beneficiosos para el correcto desempeño del motor en todas los regímenes de funcionamiento, esto después de haber constatado dichos resultados mediante una prueba de ruta realizada con el elemento filtrante instalado luego de un período de 10000 Km. Como se puede observar la pérdida de potencia se ha reducido notablemente hasta un valor del 95 % situación que no sucede sin la implementación de dicho dispositivo en el vehículo.

En igual proporción del 90 % los enviones y encendido dificultoso disminuyeron notablemente y la emisión de gases contaminantes se redujeron un 80 % de acuerdo con los datos del analizador de gases de escape usado para dicho propósito.

Figura 3.7 Gráfico de reducción de fallas detectadas con el conjunto pre-filtro Delphi instalado



Fuente: Autor

3.6 Análisis de frecuencia de mantenimiento del conjunto pre-filtro

También hablaremos de la frecuencia de mantenimiento antes y después de colocar el conjunto pre-filtro en el vehículo. Antes de la instalación del conjunto pre-filtro el propietario debía llevar su vehículo al taller para mantenimiento según el cronograma del concesionario Kia Motors cada 5000 Km. para cambio de aceite y para el cambio de filtro de combustible a los 10000 Km. de recorrido, situación que no se cumplía puesto que el elemento filtrante con el que viene equipado originalmente el vehículo se saturaba completamente antes de los 5000 Km. Para solucionar el problema se debía cambiar el filtro principal de combustible que tiene un costo en el concesionario de 51,96 dólares como lo habíamos señalado anteriormente y a este rubro se le suma la mano de obra con un costo de 25 dólares que dan como resultado 76,96 dólares (incluido IVA) cada 5000 Km.

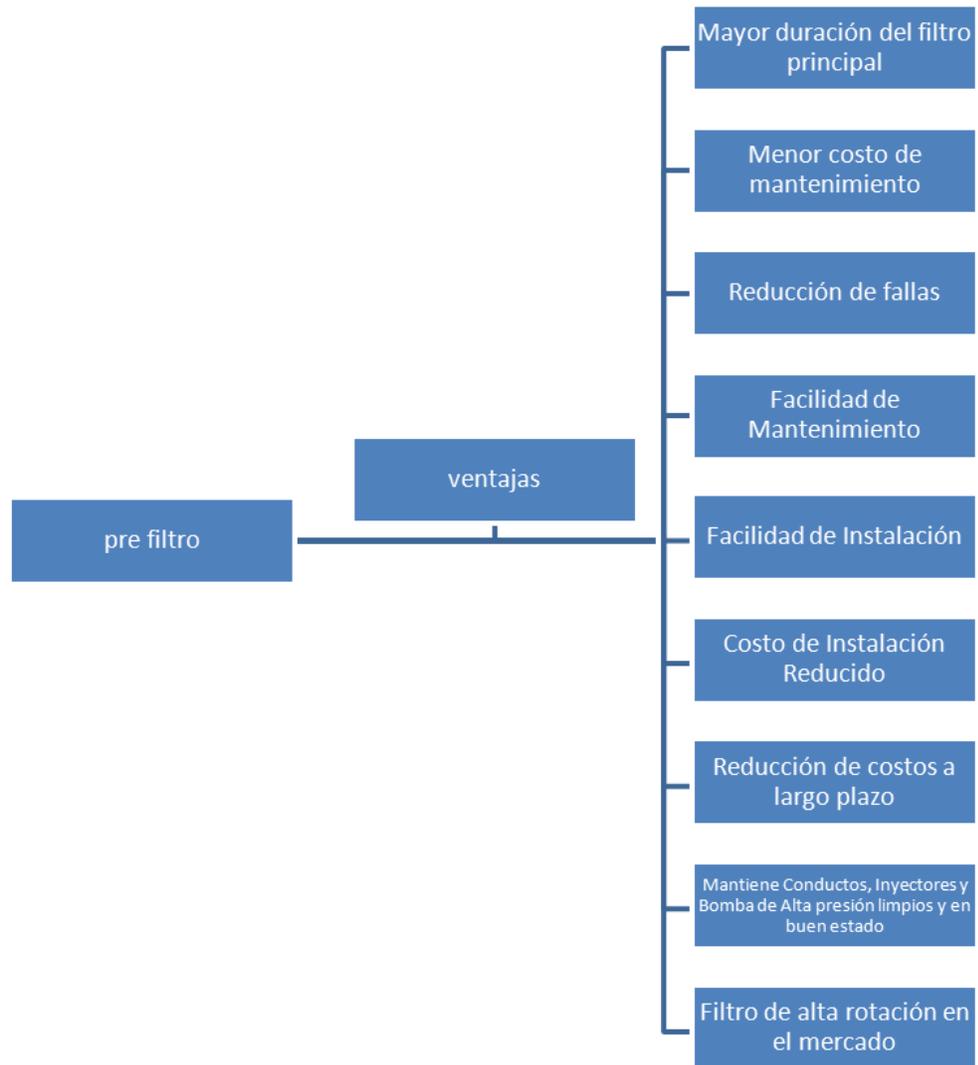
Luego de instalado el conjunto pre-filtro de la marca Delphi el cambio del elemento filtrante del conjunto pre-filtro se lo realiza cada 15000 Km. con un costo de 4 dólares más el costo de mano de obra de 25 dólares dando un total de 29 dólares; esto comparado con los 76,96 dólares antes de colocar el conjunto pre-filtro tenemos un ahorro de 47,96 dólares en un solo mantenimiento del elemento filtrante, esto multiplicado por tres veces puesto que contrariamente al mantenimiento cada 5000 Km. realizado anteriormente obtenemos un ahorro de 143,88 dólares (incluido IVA) y obtenemos una duración del filtro principal de combustible de 40000 km. alargando la vida útil del mismo en cuatro veces lo prescrito por el manual de mantenimiento del concesionario Kia Motors siendo este un resultado muy satisfactorio para nuestro trabajo monográfico.

3.7 Análisis de ventajas y desventajas al instalar el conjunto pre-filtro.

A continuación presentamos un organigrama en el que podemos visualizar claramente las ventajas y desventajas del antes y después de la instalación del conjunto pre-filtro en el vehículo Kia Sorento modelo 2006.

En el mismo hacemos constar entre las ventajas la mayor duración del filtro principal de combustible al poseer un filtrado previo que retiene la mayor cantidad posible de material particulado para de esta manera cuadruplicar la duración del mismo. Al tener un filtrado previo se incide directamente sobre el costo de mantenimiento, puesto que al existir mayor duración del elemento filtrante principal tenemos una ampliación del periodo de mantenimiento y por ende un ahorro sensible en mano de obra y repuestos. Al existir una mayor retención de partículas contaminantes en el combustible gasoil que va camino al sistema de alta presión, se reducen considerablemente la presencia de fallas en el funcionamiento del motor y se asegura una combustión óptima en el interior del mismo, con lo que se disminuye la emisión de gases contaminantes nocivos para el medio ambiente.

Figura 3.8 Organigrama de ventajas de la utilización de pre-filtro de combustible

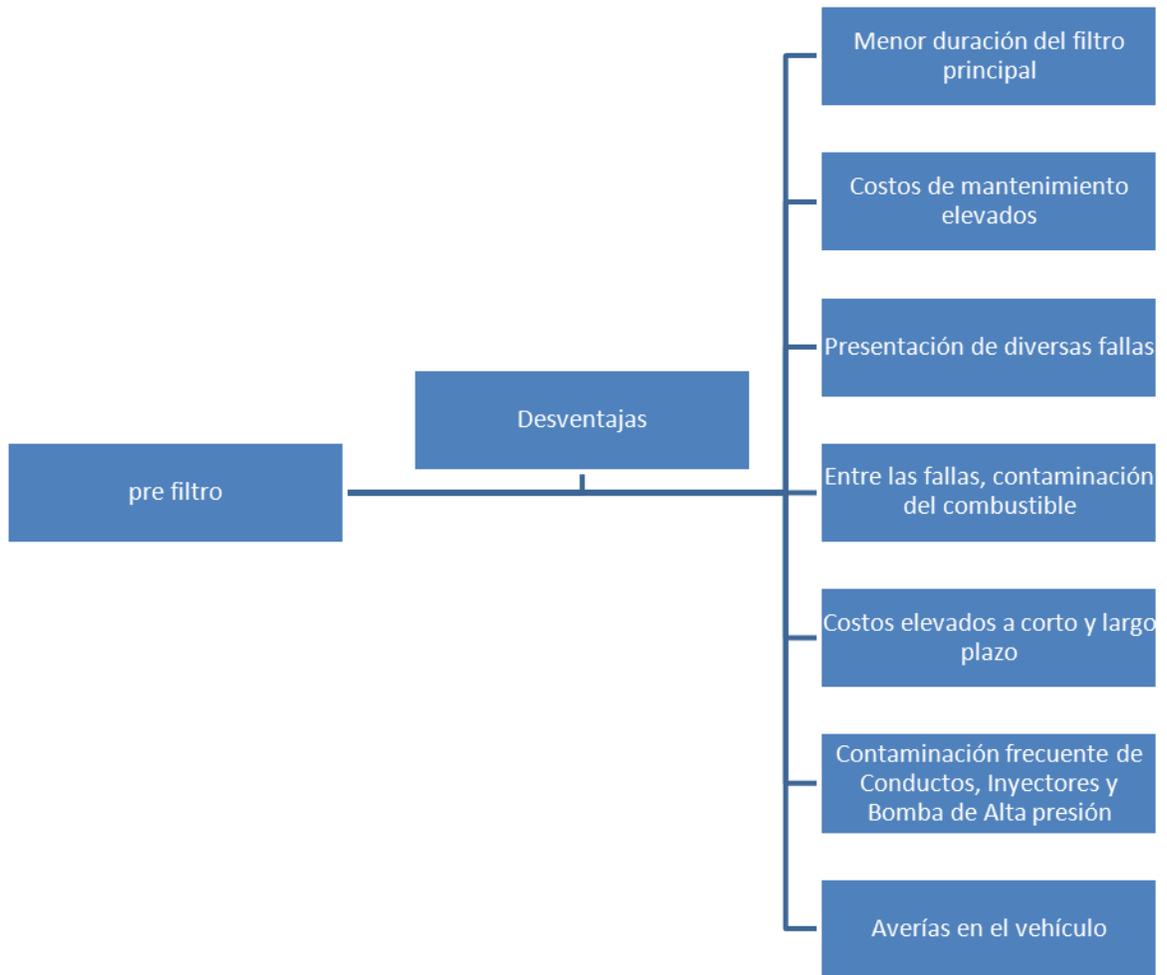


Fuente: Autor

Además se realizó el estudio pertinente para ubicar al conjunto pre-filtro en un lugar de fácil acceso para el mantenimiento y debido al bajo costo de repuestos puesto que son repuestos de alta rotación en el mercado de la ciudad de Cuenca, se obtiene una

reducción de costos a mediano y largo plazo y garantizamos una mayor vida útil de otros subsistemas del sistema de inyección de combustible de alta presión como por ejemplo la bomba e inyectores verdaderos elementos de precisión del sistema.

Figura 3.9 Organigrama de desventajas al no utilizar pre-filtro de combustible



Fuente: Autor

3.8 Conclusiones

En este capítulo analizamos detenidamente los resultados obtenidos con respecto a nuestra propuesta. Recopilamos los datos y realizamos las distintas pruebas cuyos resultados nos sirvieron para el escogitamiento del conjunto pre-filtro más adecuado para nuestro trabajo monográfico.

Además pudimos constatar las ventajas que se obtuvieron al usar el conjunto pre-filtro, y demás consideraciones que pueden presentarse en el vehículo al prescindir del mismo.

En cuanto a las desventajas tenemos que el costo de instalación es el único resultado obtenido, puesto que no existen efectos negativos al utilizar en conjunto pre-filtro en el vehículo.

Analizamos aspectos importantes como el área de filtrado, duración, costos, y la presión del combustible, pros y contras del antes y después de la instalación del conjunto pre-filtro. Se presentan los resultados de los análisis en gráficos estadísticos que permiten observar claramente las diferencias entre uno y otro elemento filtrante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

Una vez concluido el proyecto del rediseño del sistema de filtrado principal de combustible del vehículo Kia Sorento 3.0 WGT para optimizar su funcionalidad podemos decir que hemos obtenido los resultados esperados; pudimos constatar una operación libre de fallas debido a la mayor retención de material particulado del conjunto pre-filtro de la marca Delphi, luego de haber sido instalado en el vehículo por presentar los mejores resultados en las pruebas de laboratorio, así como también en las de campo. Como consecuencia satisfactoria, la vida útil de los elementos del sistema de inyección de combustible que como bien sabemos son elementos de extrema precisión y de elevado costo, se extenderá por más tiempo dando como resultado un ahorro económico significativo a mediano y largo plazo.

Para lograr este objetivo se realizó un análisis profundo de los filtros que se comercializan a nivel local, realizando análisis del material filtrante en cuanto a su calidad, capacidad de retención de material particulado, área de material filtrante, caídas de presión del sistema de inyección, además se realizó un análisis de costos y en base a los resultados obtenidos de estos estudios pudimos seleccionar el conjunto pre-filtro que presenta las mejores prestaciones para nuestra investigación.

La recopilación de datos fue una tarea necesaria para el análisis, puesto que al compararlos obtuvimos los resultados que nos muestran las ventajas y desventajas de cada uno de los elementos filtrantes seleccionados, los mismos que presentamos en organigramas para su mayor comprensión, y los aspectos que consideramos pertinentes los presentamos en gráficos estadísticos para visualizar los resultados obtenidos de una manera ágil y rápida.

Una vez obtenidas las características técnicas del sistema de alimentación de combustible y de haber seleccionado adecuadamente los componentes y herramientas del mismo, se procedió a realizar la instalación del conjunto de una manera técnica y ordenada prestando atención a todos los detalles para garantizar nuestro trabajo y la seguridad del usuario.

Para dicho proceso se tomó en cuenta aspectos importantes como ropa adecuada para el trabajo, precauciones que se deben tomar en cuenta para reducir al máximo los accidentes y enfermedades profesionales en el transcurso del trabajo realizado.

Se recomienda realizar las respectivas revisiones y mantenimientos del vehículo cada 15000 Km. de recorrido en cuanto al conjunto pre-filtro Delphi se refiere para así evitar futuras complicaciones e inconvenientes. Mientras que el mantenimiento normal del vehículo se realiza cada 5000 Km. El filtro principal de combustible como lo hemos expuesto anteriormente tiene una duración de 40000 Km. siempre y cuando se haga caso explícito de cambiar el elemento filtrante del conjunto pre-filtro en el kilometraje citado anteriormente.

La inversión inicial es de 132,88 dólares, valor en el que están incluidos todos los costos necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

CARROCERIAS DEL AUTOMOVIL, Sout D W. Scharff Robert, Duffy James, Editorial Paraninfo (1999) España.

DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA, Shigley Joshep y Mischke Charles, (2002), Traducción de Javier León Cárdenas, Sexta Edición, McGraw-Hill, México.

KIA, Guía de entrenamiento, 2006.

KIA, Manual de reparación y mantenimiento, 2008.

MECANICA DE FLUIDOS, Viquer J M. McGraw–Hill Interamericana de España (2000) España.

MOTORES DIESEL, Ralbovsky Edgard, Editorial Parafino (1999).

MOTORES DIESEL RAPIDOS, Bonacossa Luciano, Editorial Sintes (2001).

TECNICAS DEL AUTOMOVIL, Alonso Pérez J M, Motores, Editorial Paraninfo (1997) España.

TECNICAS DEL AUTOMOVIL, Alonso Pérez, Sistemas de inyección de combustible en los motores diesel, Editorial Parafino (2003) España.

ANEXOS