

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Tesis previa a la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico Automotriz.

TEMA:

ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
SOBREALIMENTACIÓN EN UN MOTOR KIA ASIA Y MONTAJE EN UN
BANCO DIDÁCTICO CON VISUALIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA
SOBREALIMENTACIÓN.

AUTORES:

JOHANNA ELIZABETH CHINDON LIVISACA

JUAN PABLO PALAGUACHI SUMBA

DIRECTOR:

ING. FAUSTO CASTILLO

CUENCA – OCTUBRE DE 2011

CERTIFICO

Que el siguiente trabajo de tesis “Estudio e implementación de un sistema de sobrealimentación en un motor Kia Asia y montaje en un banco didáctico con visualización de funcionamiento de la sobrealimentación”, realizado por los estudiantes: Johanna Elizabeth Chindon Livisaca y Juan Pablo Palaguachi Sumba, fue dirigido por mi persona.

Cuenca, 25 de Octubre de 2011.

Ing. Fausto Castillo

DECLARATORIA

Todos los conceptos, investigaciones, cálculos, pruebas, desarrollados y analizados en el presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores, así como las conclusiones y recomendaciones expuestas.

Johanna Elizabeth Chindon Livisaca

Juan Pablo Palaguachi Sumba

DEDICATORIA

A Dios, mis padres y mis hermanos por su apoyo incondicional para culminar mis estudios, por la ayuda otorgada para desarrollar de este proyecto de tesis. A mis maestros y compañeros por la motivación, confianza y respeto que me ofrecieron para poder cumplir mis metas y propósitos.

Johanna Chindon Livisaca

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres, a mis hermanos y a todas las personas que me apoyaron porque han estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, velando por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por eso que lo que soy ahora se los debo a ustedes. Los amo con mi vida.

Juan Pablo Palaguachi

AGRADECIMIENTO

A los profesores de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana que nos brindaron sus conocimientos y por la enseñanza impartida; al Ing. Fausto Castillo por la ayuda y asesoría ofrecida para culminar nuestra tesis con éxito y a todos quienes colaboraron de manera directa e indirecta para la realización de este proyecto.

Johanna Chindon.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres José Palaguachi y Ma. Teresita Sumba, a mis hermanos Edwin y Valentín Palaguachi Sumba, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento. A mis profesores por compartir conmigo sus conocimientos gracias a su paciencia y enseñanza. Al Ing. Fausto Castillo nuestro director de tesis quien con su colaboración hizo posible la realización de este proyecto. A todas las personas que me ayudaron en todo momento. Finalmente un eterno agradecimiento a esta universidad por recibirme en sus aulas y por darme la oportunidad de ser un profesional. Gracias.

Juan Pablo Palaguachi Sumba

ÍNDICE GENERAL.

INTRODUCCION ;**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

CAPITULO 1.

ESTUDIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL KIA ASIA HI-TOPIC.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC..... ;**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

1.1.1 Motor diesel Kia Asia Hi-Topic..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.1.2 Especificaciones técnicas. ;**Error! Marcador no definido.**

1.2 CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN..... ;**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

1.2.1 Clasificación de los motores diesel. ;**Error! Marcador no definido.**

1.2.2 Principio de Funcionamiento del Motor Diesel..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL MOTOR..... ;**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

1.3.1 Elementos fijos del motor. ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.1.1 *Cabezote.* ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.1.2 *Bloque de cilindros.*..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.1.3 *Colectores.*..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.1.4 *Cárter de aceite.*..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.2 Elementos móviles principales del motor. ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.2.1 *Cigüeñal.* ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.2.2 *Biela.* ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.2.3 *Pistón.*..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.3.2.4 *Segmentos.*..... ;**Error! Marcador no definido.**

1.4 SISTEMAS DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC..... ;**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

1.4.1 Sistema de distribución. ;**Error! Marcador no definido.**

1.4.1.1 *Engranajes de la distribución.* ;**Error! Marcador no definido.**

1.4.2 Sistema de lubricación. ;**Error! Marcador no definido.**

1.4.2.1 *Elementos del sistema de lubricación.* ;**Error! Marcador no definido.**

1.4.2.2	Características de los aceites para lubricación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.3	Sistema de refrigeración.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.3.1	Elementos del sistema de refrigeración.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.3.1.1	Radiador.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.3.1.2	Bomba de agua.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.3.1.3	Termóstato.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.3.2	Líquido refrigerante.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.4	Sistema de alimentación de combustible.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.4.1	Circuito de baja presión.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.4.2	Circuito de alta presión.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.4.3	Inyección indirecta (IDI).....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.5	Sistema eléctrico del motor.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.5.1	Batería.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.5.2	Alternador.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.5.3	Motor de arranque.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.5.4	Bujías de precalentamiento.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 2.

ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

2.1	TÉRMINOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA. .	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.1	Ciclo de trabajo del motor diesel.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2	Ciclo Mixto Diesel.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2	CÁLCULOS TECNOLÓGICO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2.1	Cilindrada unitaria (V_u).....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2	Cilindrada Total (V_H).....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3	Relación Carrera-Diámetro (α).....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.4	Relación de Compresión (R_c).....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.5	Volumen de la Cámara de Compresión (V_c).....	¡Error! Marcador no definido.

2.2.6	Relación de combustión (RQ).....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.7	Velocidad media del émbolo o pistón (V_m).....	¡Error! Marcador no definido.
2.3	CÁLCULO DE POTENCIA, PAR MOTOR, PRESIÓN MEDIA EFECTIVA Y CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1	Pérdida de Potencia por Altura.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2	Presión media indicada (p_i).....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.3	Presión media efectiva (PME).....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.4	Potencia efectiva (P_e).....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.5	Par motor (M_m).....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.6	Consumo específico de combustible (b).....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.7	Cantidad de combustible inyectada en el cilindro.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4	PROCESO DE COMBUSTIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.1	Relación aire- combustible teórica (A/C).....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.1	<i>Cantidad de masa de aire teórica.</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2	Cálculo de la Relación A/C real.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.1	<i>Masa de aire real</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.5	CURVAS IDEALES DE POTENCIA Y PAR DEL MOTOR DIESEL KIA ASIA HI-TOPIC.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.6	CÁLCULO DE RENDIMIENTOS PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
2.6.1	Rendimiento Mecánico η_m	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2	Rendimiento Termodinámico η_t	¡Error! Marcador no definido.
2.6.3	Rendimiento Volumétrico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.4	Rendimiento Total η_T	¡Error! Marcador no definido.
2.6.5	Rendimiento útil η_u	¡Error! Marcador no definido.
2.7	CALCULO TERMODINÁMICO DEL CICLO IDEAL PARA MOTORES DIESEL DE INYECCIÓN INDIRECTA.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.7.1 Cálculos Termodinámicos del Motor diesel Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**

2.7.1.1 *Proceso 1-2. Compresión Isoentrópica de un gas ideal con calores específicos constantes.* **¡Error! Marcador no definido.**

2.7.1.2 *Proceso 2-3-4. Adición de calor a volumen y presión constante (combustión).* **¡Error! Marcador no definido.**

2.7.1.3 *Proceso 4-5. Expansión Isoentrópica de un gas ideal con calores específicos constantes.* **¡Error! Marcador no definido.**

2.7.1.4 *Proceso 5-1. Rechazo de calor a volumen constante qsal.* **¡Error! Marcador no definido.**

2.8 REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA TERMODINÁMICO PARA EL CICLO DIESEL IDEAL DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

2.8.1 Diagrama Presión volumen (P-v)..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.8.2 Diagrama Temperatura-Entropía (T-s)..... **¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 3.

SELECCIÓN DEL TURBOCOMPRESOR PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

3.1 LA SOBREALIMENTACIÓN..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

3.1.1 La Sobrealimentación en los Motores Diesel..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.1.2 Formas de sobrealimentar. **¡Error! Marcador no definido.**

3.1.3 Tipos de Turbocompresores. **¡Error! Marcador no definido.**

3.1.3.1 *Turbocompresores centrífugos.*..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.1.3.2 *Compresores volumétricos.*..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2 TURBOCOMPRESOR..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

3.2.1 Componentes Del Turbocompresor..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.2 Ciclos de funcionamiento del turbocompresor..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3 Regulación de la presión del turbo. **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.4 Sistema de sobrealimentación con “turbo-intercooler”... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.4.1 *Intercooler.*..... **¡Error! Marcador no definido.**

- 3.3 CARACTERÍSTICAS DE UN TURBOCOMPRESOR. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 3.3.1 Curvas de Funcionamiento del Turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.3.1.1 *Limite de Bombeo*. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.3.1.2 *Línea de estrangulación o límite máximo*. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.3.1.3 *Líneas de velocidad del turbocompresor*. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.3.1.4 *Zona de Eficiencia*. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.4 ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DEL TURBOCOMPRESOR. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 3.4.1 Consideración para la selección del turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.4.2 Rangos de sobrealimentación. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.4.3 Relación de Presión. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.4.4 Flujo de aire necesario (FAM). **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.4.5 Presión en el múltiple de admisión (Map). **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.4.6 Temperatura de Admisión con el Turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5 CÁLCULOS DEL MOTOR KIA ASIA CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 3.5.1 Variación de la Relación de Compresión RCT **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.2 Análisis del espesor del empaque del cabezote. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.3 Calculo del volumen de la cámara de combustión $V_c T$. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.4 Cálculos de la potencia indicada PiT y de la presión media indicada $pi T$ con turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.5 Calculo de la presión media efectiva $PMET$ **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.6 Cálculo del par motor $Mm T$ y potencia efectiva PeT **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.7 Análisis del rendimiento del motor con el turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.5.8 Análisis Termodinámicos para el motor Kia Asia con Turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.6 IMPLEMENTACIÓN DEL INTERCOOLER. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 3.6.1 Valor de refrigeración del Intercooler ΔT **¡Error! Marcador no definido.**

- 3.6.2 Cálculo de la Temperatura de Salida del Intercambiador de Calor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.6.3 Cálculos termodinámicos del motor con sistema turbo-Intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.7 SELECCIÓN DEL TURBO PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 3.7.1 Turbo Compresor Seleccionado. **¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 4.

INSTALACIÓN DEL TURBOCOMPRESOR Y ELEMENTOS ADICIONALES DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

- 4.1 REVISIÓN MECÁNICA DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC ESTÁNDAR PARA LA ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 4.1.1 Proceso de desarmado del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2 Proceso de armado del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.1 *Enfundado de los cilindros del bloque motor.*..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.2 *Montaje del cigüeñal.* **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.3 *Armado de los pistones.* **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.4 *Montaje de las válvulas.*..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.5 *Montaje del cabezote.*..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.6 *Montaje de los balancines.* **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.6 *Calibración de la holgura de las válvulas.* **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.2 ACOPLER DE ADAPTACIÓN PARA SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 4.2.2 Acople para el múltiple de escape. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.2.3 Base de sujeción para el turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.2.4 Acople para la salida de gases del turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.2.5 Acople de caucho para la entrada de aire al turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**

- 4.2.6 Reductor de 65 mm a 45 mm. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3 MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 4.3.2 Montaje del turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.3 Conexión del circuito de refrigeración y lubricación agua-aceite del turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.4 Ubicación del intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.5 Instalación del filtro de aire. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.6 Instalación de mangueras de aire (turbo-intercooler-colector de admisión). **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.7 Montaje del acople de la salida de gases de escape del turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.8 Instalación de la válvula reguladora de presión. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.9 Circuito de monitoreo de temperaturas para el sistema sobrealimentado Turbo-intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.9.1 *Diagramas del circuito de monitoreo de temperaturas.* **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.9.2 *Programa de monitoreo de temperaturas.* **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.10 Conexión del circuito de abastecimiento de combustible. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3.11 Tablero de comando y control del motor Kia Asia Hi-Topic con sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 5.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER.

- 5.1 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

- 5.1.1 Medición de Compresión. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.1.1 Procedimiento para medir la compresión. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.1.2 Resultados de la medición de compresión. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.1.2 Medición de Opacidad para el motor Diesel Kia Asia Hi-Topic. .. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.2.1 Pruebas de medición de opacidad. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.2.1.1 Resultado de la medición de opacidad con motor estándar. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.2.1.2 Resultado de la medición de opacidad con motor sobrealimentado. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.1.3 Prueba de análisis de Gases de combustión con motor estándar y sobrealimentado. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.3.1 Medición de gases de escape. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.3.2 Análisis de gases de combustión con motor estándar. **¡Error! Marcador no definido.**
 5.1.3.3 Análisis de gases de combustión con motor sobrealimentado. ... **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.1.4 Calculo de masa de aire real con motor sobrealimentado. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.1.5 Monitoreo de Temperaturas del sistema de sobrealimentación. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.2 ANÁLISIS Y CÁLCULOS TERMODINÁMICOS REALES DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON TURBO-INTERCOOLER. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 5.2.1 Construcción y análisis del diagrama Termodinámico real para el motor Kia Asia con turbo Intercooler de acuerdo a las temperaturas obtenidas. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.2.2 Comparación de los valores de presión y temperatura con motor estándar y sobrealimentado con turbo-Intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5.2.3 Comparación de los valores de trabajo obtenidos del motor Kia Asia estándar y sobrealimentado. **¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 6.

GUÍA MULTIMEDIA DEL BANCO DIDÁCTICO.

6.1	COMPONENTES DEL BANCO DIDÁCTICO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2	ENCENDIDO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2.1	Calentar las bujías de precalentamiento.	¡Error! Marcador no definido.
6.2.2	Dar arranque al motor.	¡Error! Marcador no definido.
6.2.3	Acelerar hasta estabilizar el motor.	¡Error! Marcador no definido.
6.3	VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR Y DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.3.1	Visualizar en el manómetro, la temperatura de funcionamiento del motor.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3.2	Observar en el manómetro la presión de aceite del motor.	¡Error! Marcador no definido.
6.3.3	Verificar el funcionamiento del turbocompresor, a través del manómetro de sobrepresión.	¡Error! Marcador no definido.
6.4	MONITOREO DE TEMPERATURAS EN EL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.4.1	Colocar los sensores de temperatura en el sistema de sobrealimentación.....	¡Error! Marcador no definido.
6.5	MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
	CONCLUSIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
	RECOMENDACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
	BIBLIOGRAFÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
	ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. 1 Vehículo Kia Asia Hi-Topic.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 2 Motor diesel Kia Asia Hi-Topic.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 3 Combustión en el interior del cilindro.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 4 Vista estructural del Motor Kia Asia Hi-Topic.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 5 Cabezote del motor Kia Asia Hi-Topic.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 6 Bloque de cilindros.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 7 Colectores de admisión y escape del Motor Kia Asia Hi-Topic...;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 8 Cáster de aceite del motor Kia Asia Hi-Topic.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 9 Cigüeñal del motor Kia Asia Hi-Topic.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 10 Biela del motor Kia Asia Hi-Topic.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 11 Pistón del motor Kia Asia Hi-Topic.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 12 Segmentos del pistón del motor Kia Asia Hi-Topic. ...;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 13 Árbol de levas, válvula, balancín.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 14 Engranajes de la distribución del Motor Kia Asia Hi-Topic.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 15 Circuito completo de lubricación del Motor Kia Asia Hi-Topic.;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 16 Elementos principales del sistema de refrigeración. ...;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 17 Partes del radiador.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 18 Esquema interno de la bomba de agua.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 19 Funcionamiento del Termostato.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 20 Esquema del sistema de alimentación del Motor Kia Asia Hi-Topic.;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 21 Bomba de inyección de distribuidor (VE)	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 22 Componentes del inyector de espiga.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 23 Motor diesel de inyección indirecta con cámara de turbulencia.;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 24 Componentes principales del sistema eléctrico del Motor Kia...;		Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 25 Batería del Motor Kia Asia Hi-Topic.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 26 Circuito de carga del motor diesel.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 27 Motor de arranque.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 1. 28 Bujía de precalentamiento.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 1 Nomenclatura para estudio del motor.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 2 Fases de trabajo del motor Diesel.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 3 Tiempo de admisión.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 4 Tiempo de Compresión.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 5 Tiempo de combustión-expansión.	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 6 Tiempo de escape.....	;	Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 7 Ciclo Diesel teórico mixto	;	Error! Marcador no definido.

Fig. 2. 8 Diagramas Presión-Volumen y Temperatura-Entropía del Ciclo mixto de Sabathé.	
.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 9 Ciclo mixto Diesel	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 10 Relación de volúmenes	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 11 Prueba de consumo de combustible.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 12 Proceso de combustión motor Kia Asia Hi-Topic	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 13 Curva de potencia y par del motor Kia Asia Hi-Topic	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 14 Diagrama de Sankey Diesel.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 15 Diagrama P-v y T-s de un ciclo Diesel ideal de inyección indirecta.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 16 Diagrama Teórico de Presión Volumen Motor Kia Asia Hi-Topic .	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 2. 17 Diagrama Temperatura entropía (T-s) del Motor Diesel Kia Asia Hi-Topic.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 1 Motor sobrealimentado.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 2 Mecanismos de sobrealimentación.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 3 Comparación de dimensiones y pesos de los distintos tipos de compresores.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 4 Turbocompresor centrífugo.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 5 Compresor Roots	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 6 Compresor Lysholm.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 7 Compresor G.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 8 Compresor comprex.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 9 Disposición del Turbocompresor	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 10 Componentes del Turbocompresor	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 11 Funcionamiento de la Válvula de descarga.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 12 Disposición del intercooler en el sistema sobrealimentado.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 13 Intercooler	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 14 Relación A/R.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 15 Trim de la turbina y compresor.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 16 Curvas de funcionamiento del turbocompresor.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 17 Diagrama P-v del motor con turbocompresor.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 18 Sistema de refrigeración Intercooler	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 19 Refrigeración del Intercooler	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 20 Diagrama P-v para el motor con sistema turbo-Intercooler.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 21 Mapa del Turbocompresor GT1241.....	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 22 Turbina y Alabes del Turbo Seleccionado.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 3. 23 Dimensiones del Turbocompresor Seleccionado.	¡Error! Marcador no definido.
Fig. 4. 1 Motor Kia Asia Hi-Topic.....	¡Error! Marcador no definido.

- Fig. 4. 2 Vista superior del cabezote del motor diesel Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 3 Cabezote del motor diesel Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 4 Estado del cabezote del motor diesel Kia Asia HI-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 5 Parte inferior del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 6 Desmontaje del pistón y biela del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 7 Enfundados de los cilindros del motor Kia Asia Hi-Topic..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 8 Montaje del cigüeñal del motor Kia Asia Hi-Topic..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 9 Montaje de los pistones del motor Kia Asia-Topic..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 10 Bloque de cilindros del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 11 válvulas montadas en el cabezote de motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 12 Orden de ajuste de pernos del cabezote. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 13 Orden de calibración de las válvulas..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 14 Acople para el colector de escape del motor Kia Asia Hi-Topic.**¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 15 Base para el turbocompresor..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 16 Acople para salida de gases de escape. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 17 Acople para la entrada de aire del turbo..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 18 Reductor de diámetro..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 19 Montaje de acoples para el turbocompresor..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 20 Montaje de Turbocompresor..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 21 Tomas de agua y aceite de motor para el turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 22 Líneas de agua y aceite conectadas al turbocompresor..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 23 Disposición de la válvula check..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 24 Ubicación del Intercooler..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 25 Colocación de acoples a la entrada del turbocompresor. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 26 Sistema de filtrado del aire..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 27 Unión del turbocompresor con la entrada del intercooler mediante manguera flexible. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 28 Unión de la salida del intercooler con la admisión del motor. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 29 Montaje del tubo de escape..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 30 Válvula reguladora de presión. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 31 Esquema del circuito de monitoreo de temperaturas. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 32 Disposición de los elementos dentro del circuito de monitoreo de temperaturas. **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 33 Placa impresa del circuito electrónico de monitoreo de temperaturas.**¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 34 Placa impresa del circuito de monitoreo de temperaturas..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Fig. 4. 35 Circuito de monitoreo de temperaturas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 4. 36 Circuito de combustible del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 4. 37 Disposición de la cañería de combustible. **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 4. 38 Tablero de comando y control. **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 4. 39 Caja de fusibles del tablero de control. **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 1 Desmontaje de inyectores **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 2 Acople para inyector **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 3 Medición de compresión **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 4 valor de compresión motor Kia Asia **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 5 Banco para medición de opacidad y Opacímetro MAHA MDO 2; **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 6 Sonda para medición de Opacidad **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 7 (a) Porcentaje de Opacidad a 700 rpm con motor estándar; **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 8 Resultado del análisis de Gases con motor sobrealimentado; **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 9 Monitoreo de Temperaturas del sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 10 Conexión de sensores de temperatura **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 11 Monitoreo de temperaturas **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 12 Monitoreo de Sobrepresión del turbo **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 13 Ciclo idealizado para sistemas Turbo-Intercooler **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 14 Diagrama T-s Del ciclo Idealizado del Sistema de Sobrealimentación Turbo-Intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 15 Diagrama P-v del Ciclo Idealizado del Sistema de Sobrealimentación Turbo-Intercooler **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 16 Diagrama P-v real con motor Kia Asia sobrealimentado turbo-Intercooler **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 17 Comparación del trabajo neto del ciclo diesel con motor estándar y sobrealimentado. **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 1 Desmontaje de inyectores **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 2 Acople para inyector **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 3 Medición de compresión **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 4 valor de compresión motor Kia Asia **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 5 Banco para medición de opacidad y Opacímetro MAHA MDO 2; **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 6 Sonda para medición de Opacidad **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 7 (a) Porcentaje de Opacidad a 700 rpm con motor estándar **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 8 Resultado del análisis de Gases con motor sobrealimentado **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 9 Monitoreo de Temperaturas del sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler **¡Error! Marcador no definido.**

Fig. 5. 10 Conexión de sensores de temperatura **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 5. 11 Monitoreo de temperaturas **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 5. 12 Monitoreo de Sobrepresión del turbo..... **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 5. 13 Ciclo idealizado para sistemas Turbo-Intercooler..... **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 5. 14 Diagrama T-s Del ciclo Idealizado del Sistema de Sobrealimentación Turbo-
Intercooler. **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 5. 15 Diagrama P-v del Ciclo Idealizado del Sistema de Sobrealimentación Turbo-
Intercooler **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 5. 16 Diagrama P-v real con motor Kia Asia sobrealimentado turbo-Intercooler**¡Error!**
Marcador no definido.

Fig. 6. 1 Vista lateral izquierda de banco didáctico. **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 6. 2 Vista lateral derecha del banco didáctico..... **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 6. 3 Vista frontal del banco didáctico. **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 6. 4 Pulsante y luz testigo de las bujías de precalentamiento en el tablero de control. **¡Error!**
Marcador no definido.
Fig. 6. 5 Switch y luz testigo del motor en el tablero de control. **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 6. 6 Acelerador del motor Kia Asia HI-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 6. 7 Manómetros de verificación del funcionamiento de motor Kia Asia Hi-Topic....**¡Error!**
Marcador no definido.
Fig. 6. 8 Circuito de monitoreo de temperaturas..... **¡Error! Marcador no definido.**
Fig. 6. 9 Puntos indicados para la ubicación de los sensores de temperatura. . **¡Error! Marcador**
no definido.
Fig. 6. 10 Pantalla LCD en el tablero de control..... **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS.

- Tabla 1. 1 Especificaciones técnicas del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1. 2 Especificaciones técnicas del sistema de lubricación. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1. 3 Especificaciones técnicas del sistema de refrigeración Motor Kia Asia Hi-Topic.
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1. 4 Especificaciones técnicas del sistema de combustible Motor Kia Asia Hi-Topic.
..... **¡Error! Marcador no definido.**
-
- Tabla 2. 1 Especificaciones Técnicas del motor Kia Asia Hi-Topic..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2. 2 Relación Carrera-Diámetro para determinar tipo de motor..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2. 3 Variación de la densidad del aire según la altura sobre el nivel del mar.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2. 4 Valores de Potencia indicada y Par motor..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2. 5 Valores de Presión y Volumen Motor Diesel Kia Asia Hi-Topic ... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2. 6 Valores de entropía y Temperatura en el ciclo Diesel Motor Kia Asia HI- TOPIC
..... **¡Error! Marcador no definido.**
-
- Tabla 3.1 Rangos de Sobrealimentación **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. 2 Valores de presión de compresión y temperatura a diferentes Rc. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. 3 Valores termodinámicos del motor Kia Asia con sobrealimentación**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. 4 Valores termodinámicos del motor Kia Asia con sistema turbo-Intercooler**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. 5 Características de Turbos Garrett **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. 6 Características físicas del turbo GT12. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. 7 Características Constructivas del Turbo Garrett GT1241. **¡Error! Marcador no definido.**
-
- Tabla 4. 1 Estado de los componentes del motor Kia Asia Hi-Topic. **¡Error! Marcador no definido.**
-
- Tabla 5. 1 Valores de compresión Kia Asia..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 2 Límites máximos de opacidad de emisiones para motores Diesel (prueba de aceleración libre)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 3 Valores de opacidad al motor Kia Asia Hi-Topic con motor estándar.....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 4 Valores de Opacidad Motor Kia Asia Turbo intercooler;**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 5 Parámetros determinados en el muestreo de Gases de Combustión con combustible Diesel a 1500 rpm al motor Kia Asia Hi-Topic con turbo (26/07/2011);**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 6 Parámetros determinados en el muestreo de Gases de Combustión con combustible Diesel a 1500 rpm al motor Kia Asia Hi-Topic sin turbo (26/07/2011);**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 7 Temperaturas del sistema de Sobrealimentación a varios regímenes**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 8 Valores termodinámicos reales con motor sobrealimentado;**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 9 Comparación de Presión y temperaturas con motor estándar y sobrealimentado. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. 10 Trabajo neto del ciclo Diesel con y sin sobrealimentación;**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 6. 1 Valores de sobrepresión del turbo a varios regímenes de giro del motor.**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 6. 2 Ubicación de los sensores de temperatura..... **¡Error! Marcador no definido.**

INTRODUCCIÓN

Se realiza un estudio térmico del motor Diesel Kia Asia Hi-Topic de 2700 cc y 75 HP de potencia nominal, donado por la Universidad Politécnica Salesiana para aumentar la potencia y el par motor mediante la implementación de un sistema sobrealimentado. Por lo que fue necesario efectuar un estudio de los motores diesel de sus características, clasificación, principio de funcionamiento, componentes y de los diferentes sistemas como de lubricación, refrigeración, alimentación de combustible, distribución y eléctrico.

En el capítulo 2 se realizó el cálculo de la potencia, el par, los rendimientos, trabajo neto, presiones y temperaturas del ciclo diesel del motor Kia Asia estándar que serán los valores de referencia para comparar luego con los nuevos resultados que se obtendrán con la adaptación del sistema sobrealimentado.

En el capítulo 3 se estudia la sobrealimentación en los motores diesel, el turbocompresor, tipos, aplicaciones, características principales, curvas de funcionamiento, etc. También se realizó los cálculos de flujo de aire, presión en el múltiple de admisión, relación de presiones, presión y temperaturas de compresión para seleccionar el turbocompresor apropiado para el motor Kia Asia. Asumiendo que la potencia se incrementa un 15% con el turbo se realiza nuevamente los cálculos termodinámicos del motor para comparar con los valores del motor estándar, además se implementó un intercooler para evitar el incremento excesivo en la presión y temperatura de combustión lo que produciría daños internos en el motor diesel.

En el capítulo 4 se procedió a desarmar el motor para ver el estado interno de los elementos y determinar si estos pueden soportar los incrementos de potencia, par, presión y temperatura que la adaptación del sistema sobrealimentado podría producir. Se pudo observar que los pistones y camisas estaban fundidos, rines desgastados, cojinetes de biela y bancada desgastado, cabezote trisado en todas las cámaras de combustión, y empaques sopladados por lo que fue necesario realizar una reparación completa del motor y sustitución del cabezote. Luego para la instalación del turbocompresor al motor se realizaron adaptaciones en el múltiple de escape, por la diferencia de diámetros entre el intercooler y el múltiple de admisión se colocó un reductor para la conexión del sistema de enfriamiento del aire de sobrealimentación. También se construyó un tablero de control que permite visualizar la sobrepresión del turbo y monitorear las temperaturas por medio de sensores ubicados en puntos importantes de la sobrealimentación.

En el capítulo 5 debido a la falta de un dinamómetro para motores estacionarios que permitan obtener valores de potencia y par, se realizaron pruebas para determinar si la adaptación

permite aumentar la potencia, el par y reducir de emisiones de gases contaminantes sin provocar daños en el motor. Se realizaron mediciones de compresión en los cilindros, análisis de opacidad y emisión de gases contaminantes con y sin turbo-intercooler a media carga (2700 rpm). Además se tomaron los valores monitoreados de temperaturas y presión del sistema de sobrealimentación, para realizar el cálculo termodinámico real idealizado del motor Kia Asia y verificar el aumento del trabajo neto.

Finalmente en el capítulo 6 se realizó una guía multimedia que permitirá conocer la forma correcta de manipular el banco didáctico del motor Kia Asia Hi-Topic con sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler, los componentes principales, monitorear las temperaturas de sobrealimentación para los diferentes regímenes de giro, y controlar que la presión y temperatura del motor no sobrepasen de los valores permitidos.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL KIA ASIA HI-TOPIC

En este capítulo se estudiara la parte estructural y funcional del motor Kia Asia Hi-Topic, dando una descripción de sus componentes y características principales, así como de los diferentes sistemas de lubricación, refrigeración, alimentación de combustible y sistema eléctrico, con el fin de conocer al motor que se le adaptara el sistema de sobrealimentación, para poder realizar el análisis termodinámico en los capítulos posteriores, y de esta manera conocer si el motor está en condiciones de ser modificado.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Para la implementación del Sistema de Sobrealimentación utilizamos un motor Diesel de inyección indirecta Kia Asia Hi-Topic de procedencia Coreana que tiene su aplicación principal en vehículos para transporte de personas (*Fig.1.1*). Sus datos técnicos y características se toman del manual del fabricante y se darán a conocer en el desarrollo del capítulo.

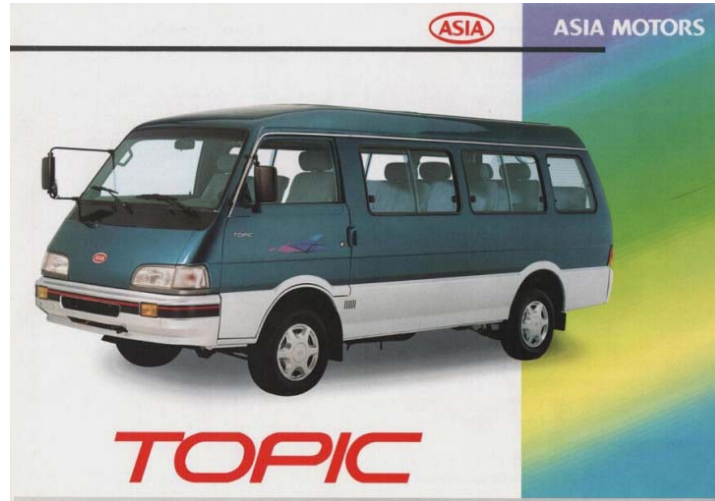


Fig. 1. 1 Vehículo Kia Asia Hi-Topic.

1.1.1 Motor diesel Kia Asia Hi-Topic.

Es un motor de encendido por compresión y de combustión térmica, que convierte la energía calorífica del combustible en energía mecánica. Este motor constituye la máquina motriz de mayor rendimiento, pues entrega más potencia por kilogramo de combustible que el motor a explosión. Se caracteriza por no tener sistema de ignición eléctrica, ni de carburación del combustible, el cual se quema gradualmente por efecto de la temperatura que alcanza el aire después de la carrera de compresión (*Fig. 1.2*).



Fig. 1. 2 Motor diesel Kia Asia Hi-Topic.

1.1.2 Especificaciones técnicas.

Las características técnicas del motor Kia Asia Hi-Topic dados por el fabricante se indican en la (Tabla 1.1.)

Tabla 1. 1 Especificaciones técnicas del motor Kia Asia Hi-Topic¹.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Modelo de Motor		SS	
Tipo		Diesel, Cuatro (4) -tiempos	
Número y disposición de los cilindros		Cuatro (4) Cilindros, en Línea	
Cilindrada	cc	2701	
Tipo de Cámara de Combustión		Flujo Turbulento	
Sistema de Válvulas		OHV (Válvulas en la culata)	
Diámetro y Carrera		mm x mm (in x in)	
		92.0 x 101.6 (3.62 x 4.0)	
Relación de compresión		21.5:1	
Sincronización de Válvulas	Válvula de Admisión	Abierta	AAA 14°
		Cerrada	RCA 44°
	Válvula de Escape	Abierta	AAE 48°
		Cerrada	RCE 10°
Juego de Válvulas (Holgura)	mm (in)	Admisión	0.30 (0.012)
		Escape	0.30 (0.012)
Velocidad de Ralentí		650 – 700	
Orden de Encendido		1 - 3 - 4 – 2	
Potencia	(Hp/RPM)	75 Hp @ 2736 rpm	
Par Motor	(Nm/RPM)	215 Nm @ 2200 rpm	
RPM máx.	Rev./min	4000	

Para realizar la implementación del sistema de Sobrealimentación en un motor de combustión interna, es necesario conocer sus características técnicas; lo cual permitirá comparar los valores teóricos del funcionamiento del motor y de los sistemas de alimentación de aire, inyección y escape, para obtener datos reales de funcionamiento del motor se realizaran diferentes pruebas como consumo específico, análisis de gases, variación de las rpm, etc.

1.2 CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN.

Los motores Diesel al igual que los de explosión son motores endotérmicos y de combustión interna, transformando la energía en el interior de sus cilindros, están clasificados dentro del grupo de motores alternativos.

¹ HI-TOPIC, Workshop Manual, p 1-2.

1.2.1 Clasificación de los motores diesel.

Los motores diesel de encendido por compresión se clasifican según el sistema de alimentación y por su régimen de giro:

a. Según su ciclo de funcionamiento:

Motores de 4 tiempos

Motores de 2 tiempos

b. Según el sistema de inyección:

- Motores de inyección Directa
- Motores de inyección Indirecta

c. Según el régimen y características de utilización:

- Motores Lentos: con regímenes de 200 a 1000 rpm.
- Motores Medios: con regímenes de 1000 a 2000 rpm
- Motores Rápidos: con regímenes de 1000 a 6000 rpm

De acuerdo a esta clasificación, el motor KIA ASIA HI-TOPIC es un motor rápido, encendido por compresión, de 4 tiempos y de inyección indirecta.

1.2.2 Principio de Funcionamiento del Motor Diesel.

En este motor la energía es obtenida por la combustión de un combustible (Diesel-Gasóleo) con el aire comprimido y calentado en el interior del cilindro. Esta combustión provoca un aumento de la presión del gas, para lo cual es necesario forzar el ingreso del combustible a inflamarse en la cámara de combustión, mediante la acción de la bomba de inyección y el inyector. La combustión se realiza por la alta compresión a que está sometido el aire, lo que ocasiona la elevación de la temperatura y provoca la inflamación espontánea del combustible.

(Fig. 1.3)

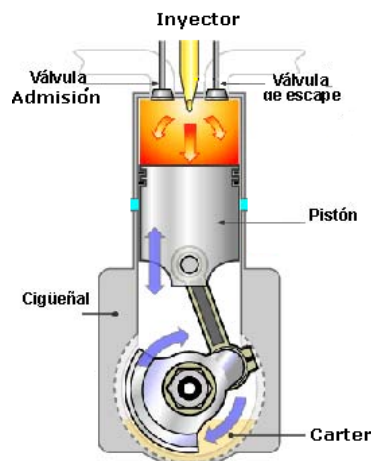


Fig. 1. 3 Combustión en el interior del cilindro.

1.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL MOTOR.

1.3.1 Elementos fijos del motor.

El motor se compone básicamente de cuatro partes fundamentales (*Fig. 1.4*):

- Culata o cabezote
- Bloque motor
- Carter
- Colectores

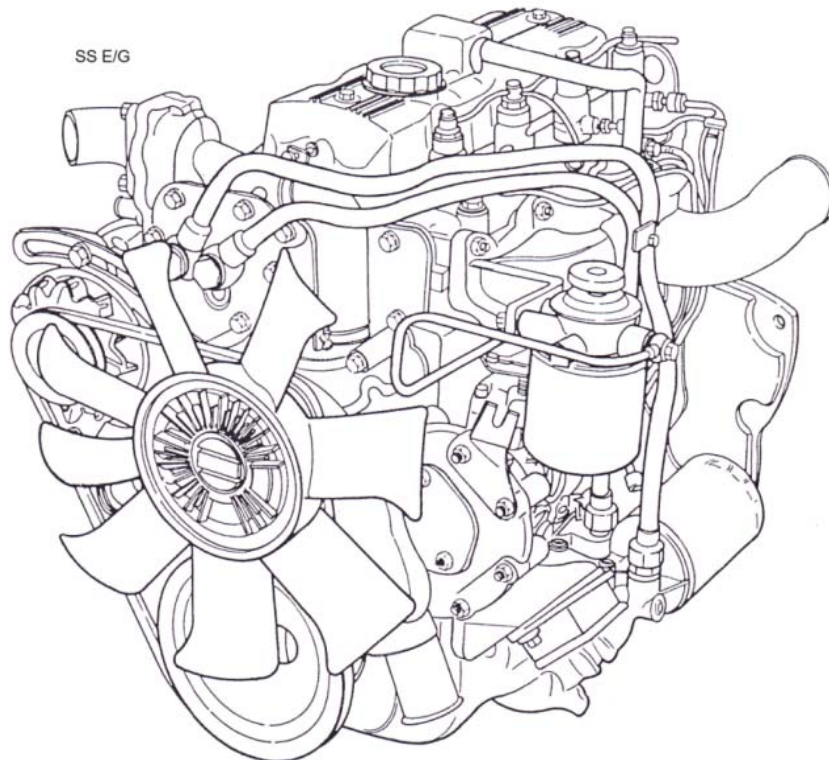


Fig. 1. 4 Vista estructural del Motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.1.1 Cabezote.

Es el elemento más característico del motor de combustión de encendido por compresión, debido a que la relación de compresión es muy alta en estos motores, el cual tiene un diseño que facilita la autoinflamación (*Fig. 1.5*). Los valores promedios de presión y temperatura son aproximadamente 40 kg/cm² y de 500 a 600° C respectivamente, cuando al inyectarse el diesel se quema instantáneamente. Estas características hacen que:

- Las cámaras de combustión sean más pequeñas.
- Las cámaras tengan distintas formas para facilitar la autoinflamación.
- Los inyectores para la alimentación del combustible en los cilindros estén situados en la culata y en determinados puntos para una mejor combustión.

Las culatas se fabrican de aleación ligera de hierro, y consta de los mismos elementos de los motores de explosión (refrigeración, engrase, distribución, etc.).

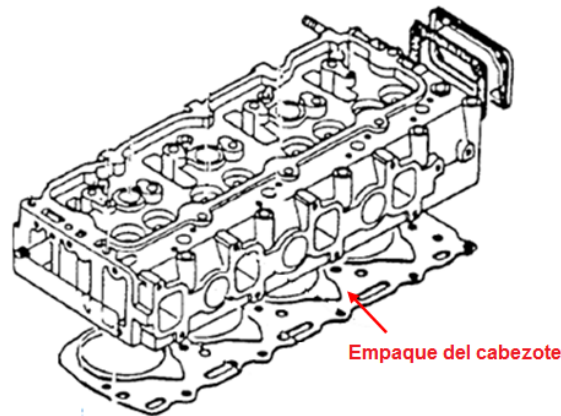


Fig. 1. 5 Cabezote del motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.1.2 Bloque de cilindros.

Es la parte fija principal de sustentación de todos los elementos del motor, donde se mueven el cigüeñal, los émbolos y bielas en el interior de los cilindros. Además incluye los pasos para el agua de refrigeración, aceite de lubricación y los conductos de distribución (Fig. 1.6). Siendo sus partes fundamentales:

- **Cilindros:** Es la superficie en cuyo interior se desliza el embolo, la cual esta rectificada con un alto grado de precisión.
- **Camisas:** Se fabrican independientemente del bloque y se introducen en los cilindros, lo que permite emplear materiales distintos para mejorar la calidad del cilindro. Las camisas pueden ser secas (tubos de pared delgada que se introducen con ajuste forzado mediante prensa) y húmedas (de pared más gruesa que las secas y van en contacto directo con el liquido refrigerante).

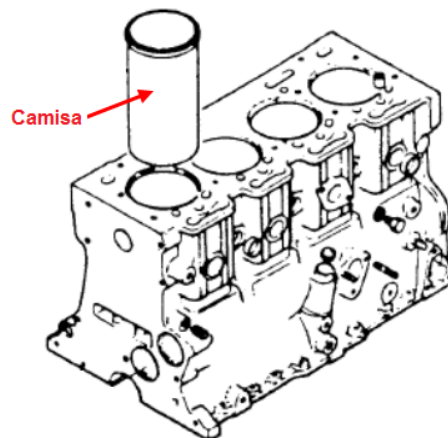


Fig. 1. 6 Bloque de cilindros.

1.3.1.3 Colectores.

Son los conductos encargados de comunicar los orificios de la culata para la entrada de los gases de alimentación (colector de admisión) y salida de los gases de combustión (colector de escape). (Fig 1.7)

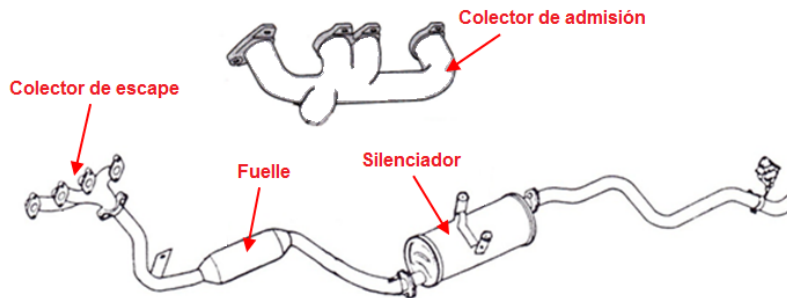


Fig. 1. 7 Colectores de admisión y escape del Motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.1.4 Cárter de aceite.

Fabricado de chapa de acero con formas variables de acuerdo al motor, cierra este por la parte inferior y se utiliza como depósito para el aceite de lubricación del motor (Fig. 1.8).

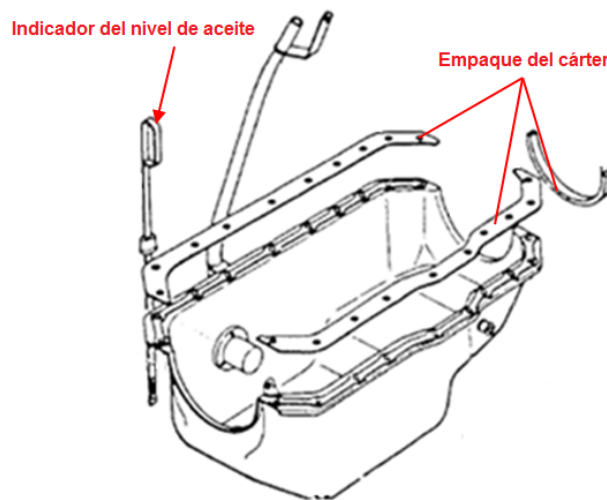


Fig. 1. 8 Cárter de aceite del motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.2 Elementos móviles principales del motor.

Es un conjunto de elementos que transforma el movimiento rectilíneo y alternativo mediante el conjunto pistón-biela a un movimiento giratorio, a través del cigüeñal. Este sistema, al estar en contacto con el cilindro debe estar siempre lubricado correctamente. Los elementos móviles fundamentales son:

- Cigüeñal
- Biela
- Pistón
- Rines

1.3.2.1 Cigüeñal.

Gira alrededor de su eje al recibir los impulsos de las bielas en los tiempos motrices . Se fabrican de aceros especiales de alta tenacidad y resistencia debido a los grandes esfuerzos a los que está sometido, además se debe aumentar el número de apoyos.

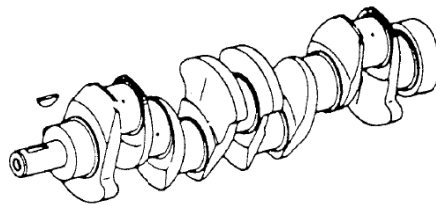


Fig. 1. 9 Cigüeñal del motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.2.2 Biela.

Es el elemento que enlaza el embolo con el cigüeñal , recibiendo la fuerza del pistón para ser transmitida a cigüeñal en los tiempos motrices o viceversa en los tiempos no motrices.

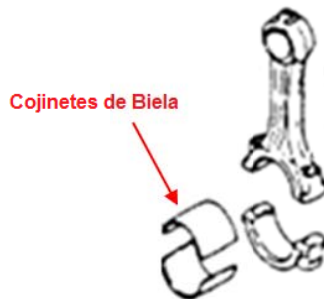


Fig. 1. 10 Biela del motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.2.3 Pistón.

Es el elemento móvil de la cámara que se mueve con la expansión de los gases incandescentes, y transmite su energía al cigüeñal por medio de la biela, sobre él se desarrolla presiones superiores a 50 . Son de aleación de aluminio muy resistente, con mayor número de segmentos de compresión y una lubricación para asegurar el cierre pistón-cilindro.

La cabeza del pistón tiene una forma especial que es parte de la cámara de combustión, ayuda a crear torbellino que mejora la mezcla de aire-combustible y tiene una cavidad para que las válvulas no golpeen con el pistón cuando éste se encuentre en el PMS .

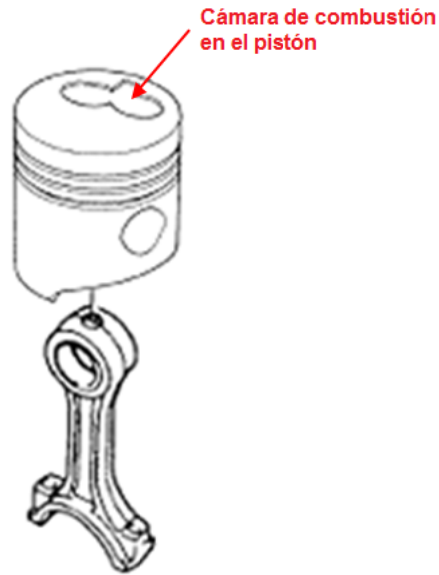


Fig. 1. 11 Pistón del motor Kia Asia Hi-Topic.

1.3.2.4 Segmentos.

Son aros abiertos de sección rectangular, llamados rines los cuales van alojados en las ranuras de la cabeza del pistón, tienen por misión asegurar la estanqueidad entre el cilindro y el pistón, para evitar que haya fugas de gases desde la parte superior del cilindro al cárter durante el recorrido del pistón.

También facilitan la lubricación del cilindro impidiendo a la vez que el aceite suba a la cámara de compresión, y ayudan a disipar parte del calor que se acumula en el émbolo a las paredes del cilindro.

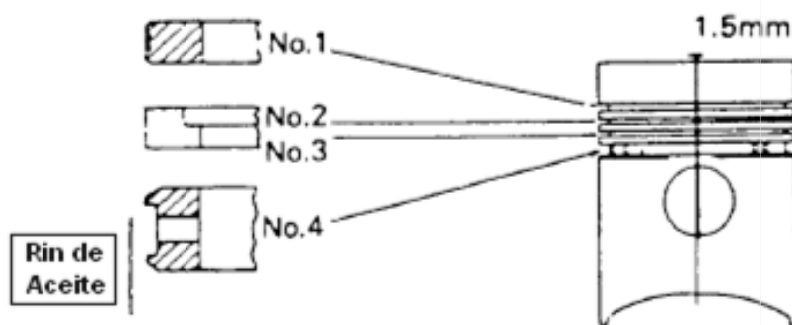


Fig. 1. 12 Segmentos del pistón del motor Kia Asia Hi-Topic.

1.4 SISTEMAS DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Para que el motor Diesel Kia Asia funcione correctamente debe disponer de los siguientes sistemas:

1.4.1 Sistema de distribución.

Debido a que los motores diesel no alcanzan el mismo número de revoluciones que los motores de explosión, no es necesario un accionamiento directo de las válvulas mediante un árbol de levas en el cabezote. (Fig. 1.13).

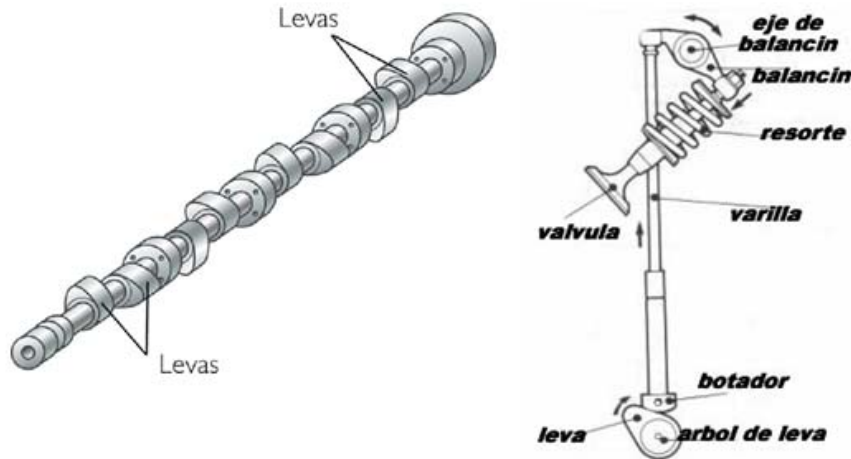


Fig. 1. 13 Árbol de levas, válvula, balancín.

En los motores diesel se recurre a una distribución con válvulas en el cabezote, accionadas por balancines, el árbol de levas tiene varios apoyos, es movido por engranajes y está ubicado en el bloque de cilindros para accionar los empujadores de las válvulas.

Como las válvulas de escape requieren mayor refrigeración se fabrican huecas y rellenas de sodio para aumentar el coeficiente de transmisión del calor.

Las de admisión llevan un deflector en la parte interna de la cabeza, con la finalidad de dar al aire de admisión un movimiento giratorio, que durante la compresión genera un torbellino para mejorar homogeneidad de la mezcla.

1.4.1.1 Engranajes de la distribución.

La transmisión por engranajes se da mediante el acoplamiento directo del piñón del cigüeñal y del árbol de levas, en los piñones se puede apreciar las marcas para el calado de la distribución una en un diente del cigüeñal y la otra entre dos dientes del piñón del árbol de levas.

En la (Fig. 1.14) se detalla los elementos que contiene la distribución por piñones.

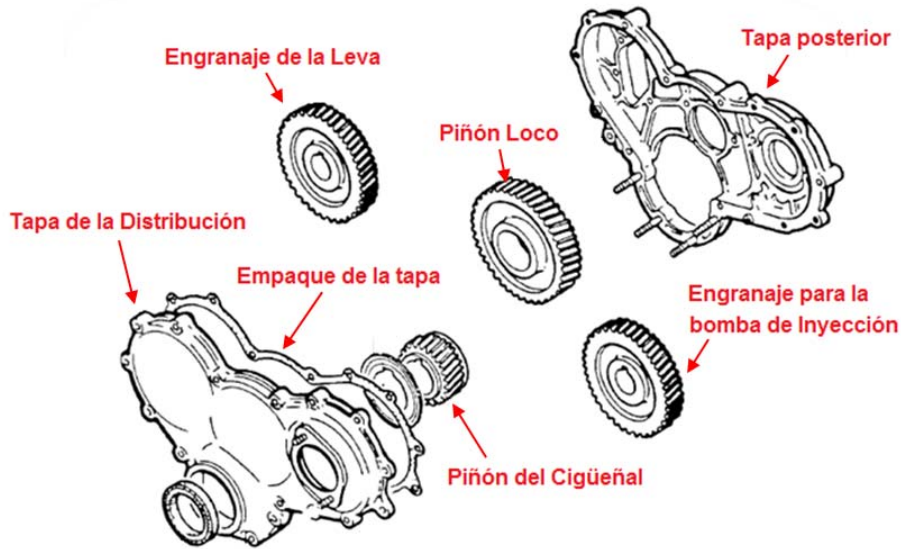


Fig. 1. 14 Engranajes de la distribución del Motor Kia Asia Hi-Topic.

1.4.2 Sistema de lubricación.

Debido a que los elementos en movimiento del motor están sujetos a rozamientos durante el funcionamiento la finalidad del sistema de lubricación es reducir el desgaste, facilitar el movimiento relativo de las piezas del motor, refrigerarlas en parte y mantener una presión de lubricación máxima. (Tabla 1.2).

Debido a que los elementos del motor que están sometidos a fricción requieren ser lubricados, y se clasifican en:

- a) *Órganos en rotación.*
 - Los apoyos y las muñequillas del cigüeñal.
 - Los apoyos del árbol de levas y las levas.
 - Los engranajes (piñones) de distribución
- b) *Los órganos deslizantes.*
 - Los pistones en los cilindros.
 - Las válvulas en sus guías.
- c) *Los órganos oscilantes.*
 - Los pies de bielas
 - Los balancines

1.4.2.1 Elementos del sistema de lubricación.

Están formados por una serie de elementos cuya función es hacer que el aceite llegue, con la suficiente presión, fluidez y limpieza a los puntos a lubricar, manteniendo la circulación para una mejor refrigeración de los elementos (Fig. 1.15).

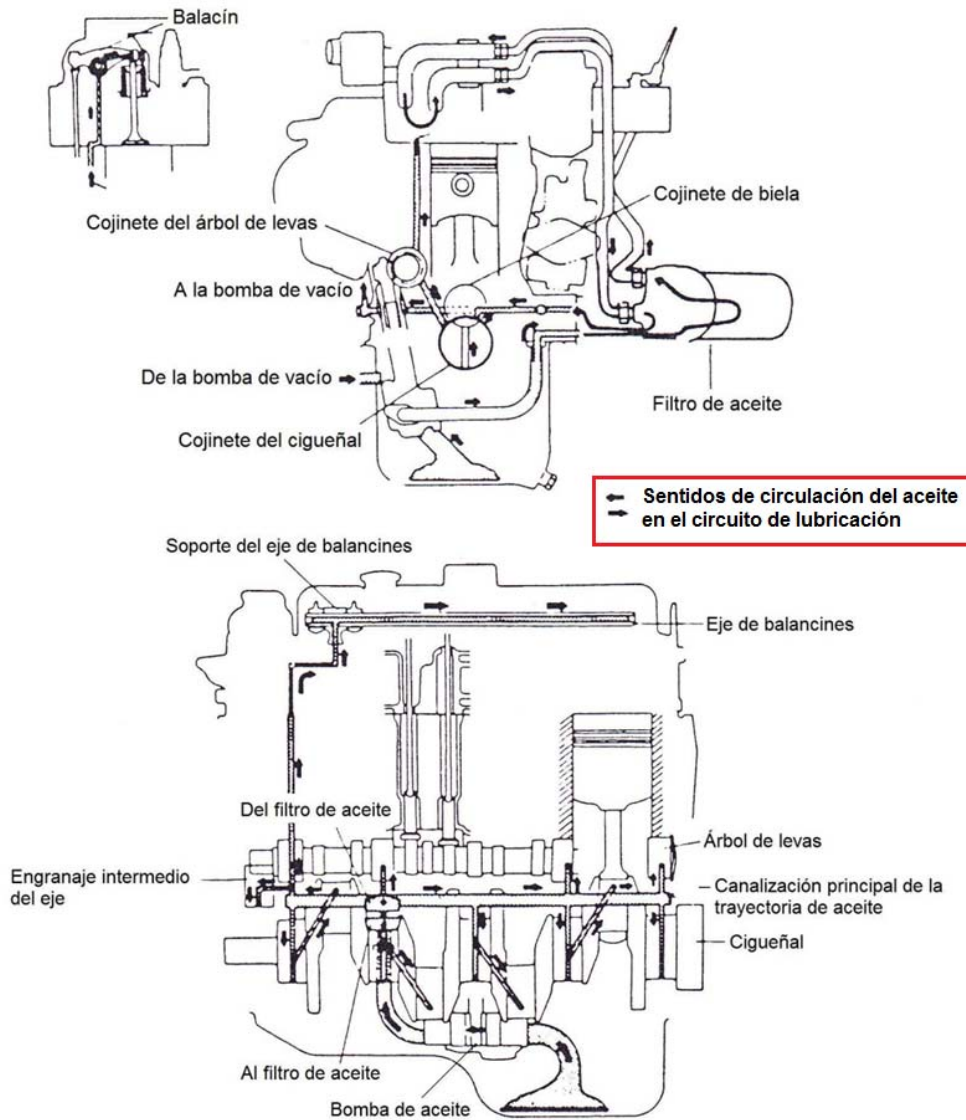


Fig. 1. 15 Circuito completo de lubricación del Motor Kia Asia Hi-Topic.

Los elementos empleados para mantener estas condiciones de lubricación en el circuito son los siguientes:

- **Bomba de aceite:** Movida por el propio motor, con capacidad suficiente para mantener el caudal y la presión necesaria en el circuito.
- **Válvula de descarga:** Empleada para mantener la presión constante del aceite de lubricación en el circuito.

- **Sistema de filtrado y depurado de aceite:** Sirve para mantener el aceite lubricante limpio de cualquier tipo de impurezas.

A continuación se dan las especificaciones de las partes del sistema de lubricación para este motor.

Tabla 1. 2 Especificaciones técnicas del sistema de lubricación².

Elementos del Sistema		Fuerza-Tipo de alimentación
Bomba de aceite	Tipo	Tipo trocoide
	Presión de apertura de la válvula de control de presión de aceite.	3.8 Kg/cm ² (56.9 lb/in ²)
Filtro de aceite	Tipo	Tipo de flujo total, filtro de papel
	Presión de apertura de la válvula de alivio del filtro de aceite.	0.8~1.2 Kg/cm ² (11.4~17.1 lb/in ²)
Radiador de aceite	Tipo	Tipo refrigerado por agua
Presión de activación de la lámpara de advertencia de aceite		0.2~0.4 Kg/cm ² (2.8~5.7 lb/in ²)
Capacidad total de aceite		7.4 litros
Capacidad del cárter de aceite		6.0 litros
Aceite del motor		API servicio CC

1.4.2.2 Características de los aceites para lubricación.

El aceite de lubricación para los motores está sometido a elevadas temperaturas y presiones, lo cual hace que varíen sus propiedades lubricantes por lo tanto, la calidad de estos aceites no debe permitir que se quemen ni deterioren. Para ello se emplean los aceites minerales, mezclados con aditivos que mejoren sus cualidades.

Las características más importantes que definen el aceite para el motor son:

- **La viscosidad:** Se define como la resistencia de un fluido a fluir. Es un factor determinante en la formación de la película lubricante, y debe estar dentro de un rango
- **La adherencia o untuosidad:** Es la propiedad de los aceites que representa mayor o menor adherencia a las superficies metálicas a lubricar.
- **Punto de congelación:** Es la temperatura a partir de la cual el aceite pierde sus características de fluidez.
- **Punto de inflamación:** Es la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos del aceite se inflaman en presencia de una llama.

Al utilizar un lubricante (aceite motor) entre los elementos que están en contacto, el rozamiento entre ellos y el trabajo absorbido será menor, por tanto, se reducirán las pérdidas de energía.

² HI-TOPIC, Workshop Manual, p 2-2.

1.4.3 Sistema de refrigeración.

Durante el funcionamiento del motor, la temperatura alcanzada en el interior de los cilindros en el momento de la combustión supera los 2000 °C. Esta temperatura, al estar por encima del punto de fusión de los metales empleados en la construcción del motor, podría causar daños de los mismos.

Como esta temperatura es instantánea la cual baja durante la expansión y escape de los gases, a una temperatura media de alrededor de 400 °C siendo esta aun elevada, la que provocaría la dilatación de los materiales y por ende el agarrotamiento y deformaciones de los mismos, por lo que se debe disponer de un sistema de refrigeración, para evacuar gran parte del calor producido en la combustión, hasta una temperatura donde se obtenga el máximo rendimiento del motor.

1.4.3.1 Elementos del sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración está formado básicamente por los siguientes elementos (**Fig. 1.16**):

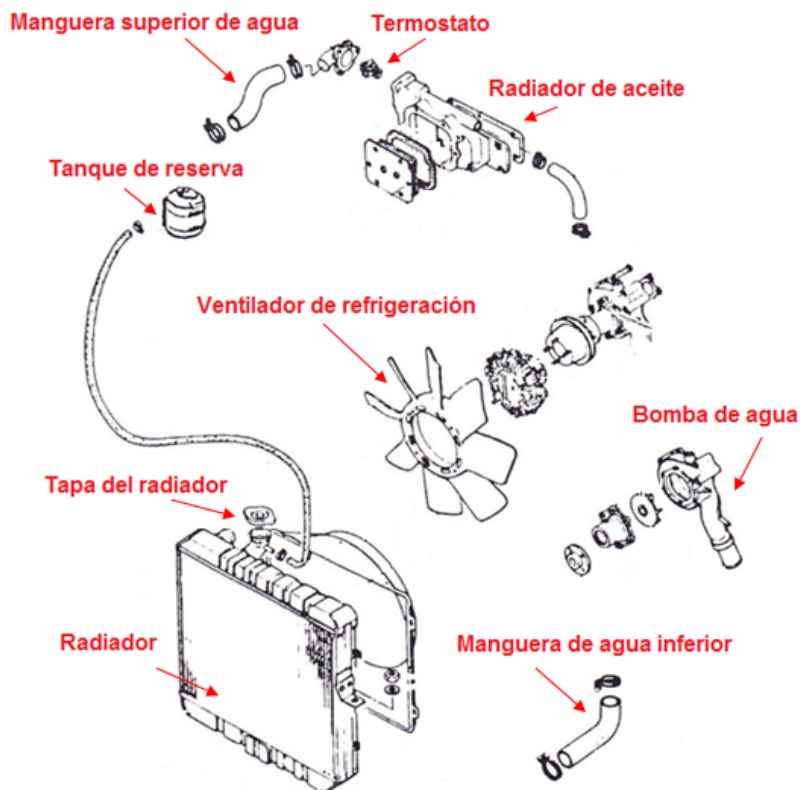


Fig. 1.16 Elementos principales del sistema de refrigeración.

- Radiador
- Bomba de agua
- Termostato (Válvula reguladora de temperatura)
- Ventilador

1.4.3.1.1 Radiador.

Es un intercambiador de calor de flujo cruzado cuya función es enfriar el líquido refrigerante por convección forzada del aire con la superficie metálica del radiador mediante un ventilador.

El radiador está formado (Fig.1.17) por dos depósitos superior e inferior unidos entre sí, mediante tubos por cuyo interior circula el líquido a ser enfriado y una serie de paneles en forma de nidos de abeja para aumentar la superficie de transferencia de calor que permita una rápida evacuación del calor al ambiente.

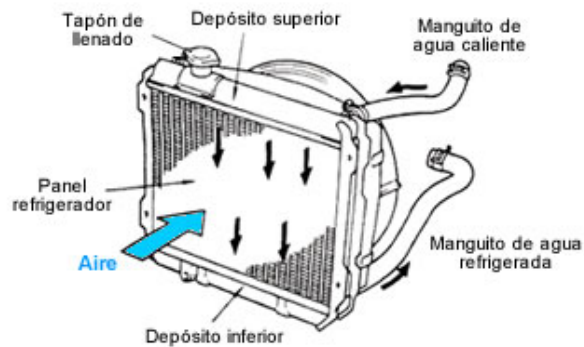


Fig. 1. 17 Partes del radiador.

1.4.3.1.2 Bomba de agua.

Es una bomba centrífuga que permite la recirculación del refrigerante por todo el sistema para enfriar al motor y al líquido refrigerante en el radiador y evitar la estanqueidad (Fig.1.18). Esta fabricada de una aleación ligera de aluminio y acoplada al bloque motor.

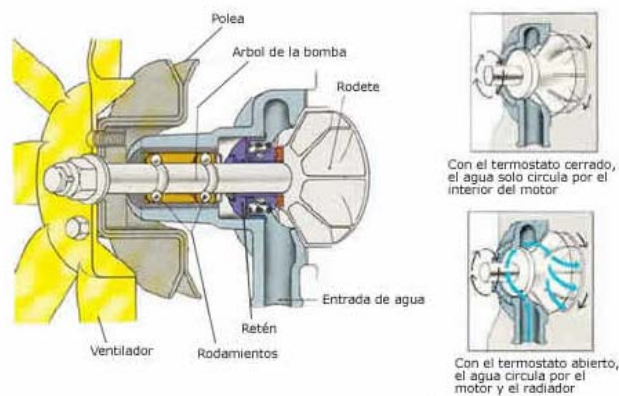


Fig. 1. 18 Esquema interno de la bomba de agua.

1.4.3.1.3 Termóstato.

Es una válvula termostática ubicada a la salida del motor que cuando el líquido refrigerante alcanza una temperatura aproximada de 82°C permite el paso del fluido hacia el radiador para

enfriarlo y mantener en el motor una temperatura adecuada y constante para su correcto funcionamiento (Fig. 1.19).

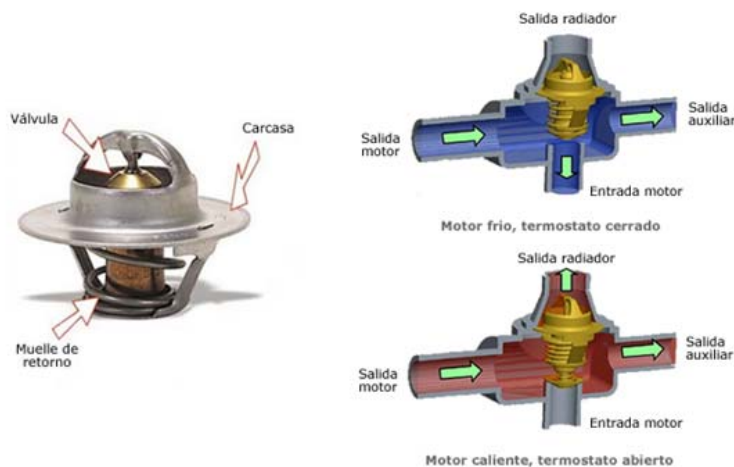


Fig. 1. 19 Funcionamiento del Termostato

1.4.3.2 Líquido refrigerante.

Se emplea el agua como líquido refrigerante por ser más estable y económico, pero a temperaturas cercanas a la ebullición, el agua se hace más oxidante y ataca a las partes metálicas que están en contacto con ella, por lo tanto para evitar la corrosión que podría dañar al motor, se le añade aditivos como el etilenglicol en una relación de 40 % de agua y 70% de refrigerante que aumenta el punto de ebullición del agua.

En la(*Tabla 1.3*)se indican las Especificaciones y partes del sistema de refrigeración.

Tabla 1. 3 Especificaciones técnicas del sistema de refrigeración del Motor Kia Asia Hi-Topic³.

Método de refrigeración		Refrigerado por agua
Capacidad de refrigerante		13.5 L
Termostato	Tipo	Tipo Wax (2 fases)
	Temperatura de apertura	82±1.5°C
	Temperatura totalmente abierta	95°C
	Carrera totalmente abierta	8.0 mm (0.31 in) o más
Bomba de agua	Tipo	Centrífuga, impulsada por correa dentada
Radiador	Tipo	Acanalado
	Presión de apertura de la válvula de la tapa	0.9±0.15 Kg/cm ² (12.8±2.1 lb/in ²)
Ventilador de refrigeración	Tipo	Termo - modulada
	Número de álabes	8
	Diámetro externo	410 mm (16.1 in)

³ HI-TOPIC, Workshop Manual, p 3-2.

1.4.4 Sistema de alimentación de combustible.

El sistema de alimentación de un motor diesel (*Fig. 1.20*) tiene como finalidad suministrar a los inyectores una determinada cantidad de combustible finamente pulverizado a la cámara de combustión en la cual se encuentra el aire caliente comprimido produciéndose la inflamación de la mezcla con la ayuda de una bomba de inyección.

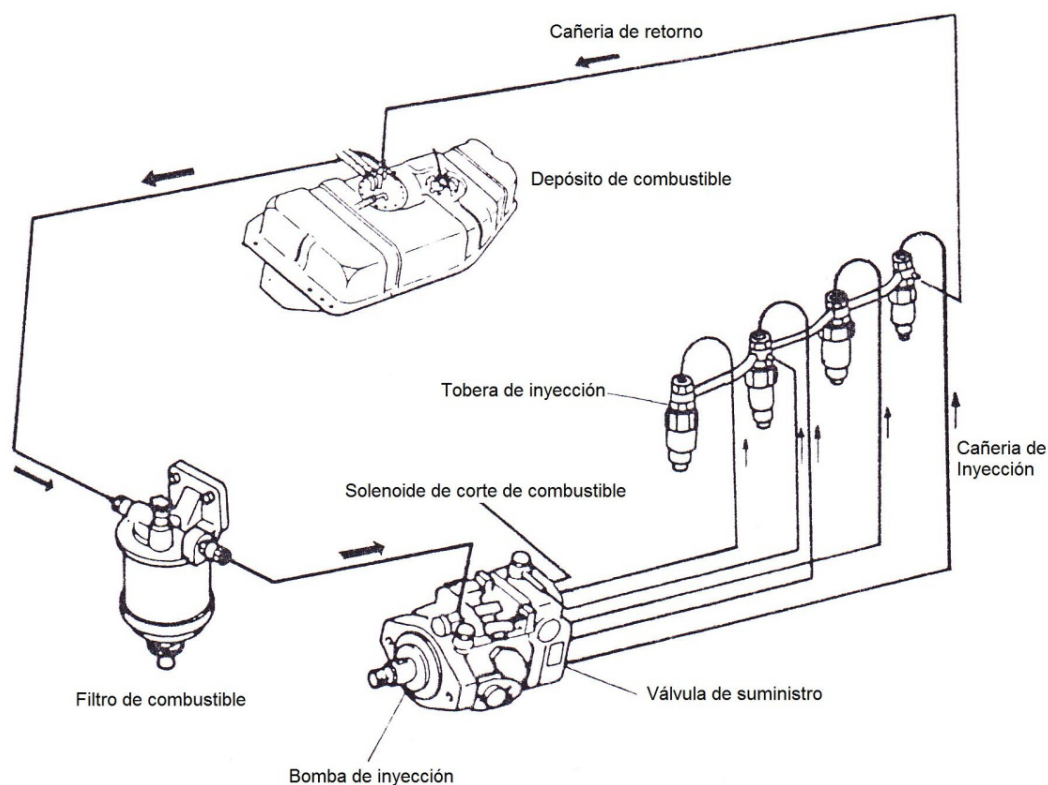


Fig. 1. 20 Esquema del sistema de alimentación del Motor Kia Asia Hi-Topic.

Una correcta inyección garantiza el buen funcionamiento del motor diesel, para lo cual se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Iniciar la inyección en el momento preciso, suministrar a cada cilindro y en cada ciclo la cantidad de combustible necesaria de manera que la combustión se realice de forma correcta y por completo, variando el punto de inyección a medida que aumenta o disminuya el régimen de giro del motor y de las condiciones de carga.
- La adecuada pulverización del combustible permite una mejor homogenización de la mezcla aire-combustible en la cámara facilitando la inflamación y una combustión completa.

El sistema de alimentación del combustible se compone del circuito de baja y alta presión.

1.4.4.1 Circuito de baja presión.

Es el que transporta el combustible almacenado en el depósito (tanque de combustible) a la bomba de inyección, por medio de cañerías y un filtro que evita el paso de impurezas que podrían dificultar el funcionamiento de la bomba e inyectores.

1.4.4.2 Circuito de alta presión.

Es el que impulsa el combustible por medio de una bomba a una presión entre 150 a 300 Kgf/cm^2 hacia los inyectores de cada cilindro, los cuales dosifican e introducen el combustible pulverizado a las cámaras de combustión. Además dispone de una cañería de retorno para que el combustible sobrante regrese al depósito.

Los Elementos principales del circuito de alta presión son:

a. Bomba rotativa de inyección, tipo VE.

La bomba de inyección rotativa está determinada por el nº de rpm y la potencia, dispone de un cabezal de distribución que asegura el reparto del combustible a los diferentes cilindros alimentado por el émbolo de la bomba, la gira a la misma velocidad que el árbol de levas. (Fig. 1.21).

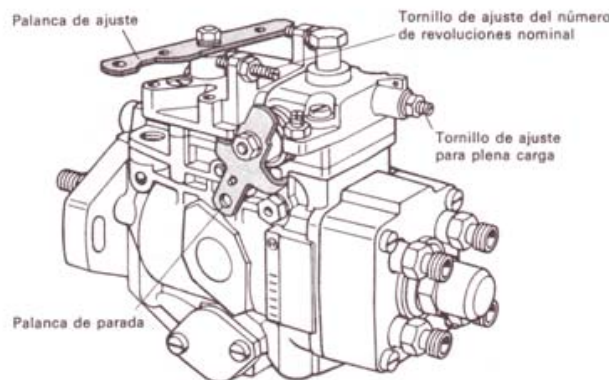


Fig. 1. 21 Bomba de inyección de distribuidor (VE)

b. Inyectores diesel.

La función de los inyectores es realizar la pulverización del combustible y dirigir el chorro de tal manera que se homogenice en la cámara de combustión la mezcla aire-combustible. Trabajan a 2000 aperturas por minuto y a temperaturas entre 500 y 600°C.

El inyector de espiga se utiliza en motores de inyección indirecta, es decir, en motores que tienen precámara, la presión de trabajo de los inyectores está entre 110 y 135 bares.

El inyector de espiga (*Fig. 1.22*) dispone de una aguja que está provista en su extremo de un tetón con una forma determinada, aplicando como un efecto estrangulador que permite controlar el flujo de combustible necesario a medida que se varié la abertura, por medio de la presión de inyección.

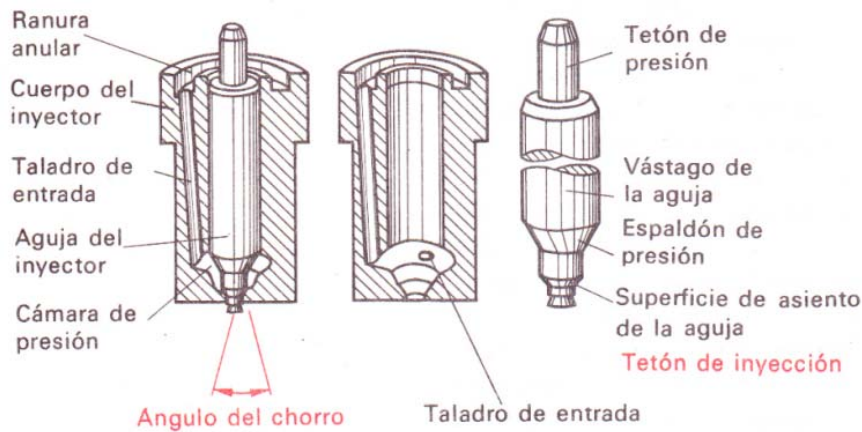


Fig. 1. 22 Componentes del inyector de espiga.

1.4.4.3 Inyección indirecta (IDI).

En este caso el combustible se inyecta en una precámara de forma esférica, construida dentro del cabezote para cada cilindro para luego ingresar a la cámara principal de combustión. (*Fig. 1.23*).

A la precámara también se le denomina cámara de turbulencia y esta dimensionada para contener aproximadamente un 80% del total de aire comprimido que ingresa a la cámara principal. Además las paredes están diseñadas para retener el calor y mantener alta su temperatura, dispone también de una bujía de incandescencia para precalentar el aire, con la finalidad de asegurar una rápida combustión.

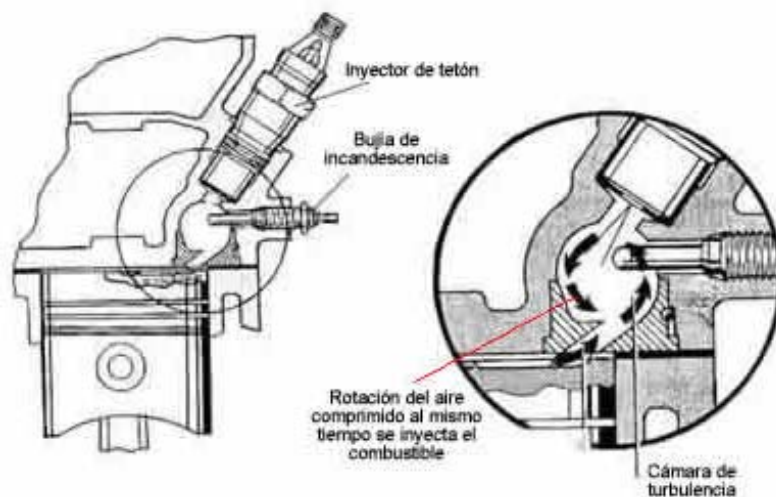


Fig. 1. 23 Motor diesel de inyección indirecta con cámara de turbulencia.

En la siguiente tabla se detalla las especificaciones del sistema de alimentación de combustible para este motor.

Tabla 1. 4 Especificaciones técnicas del sistema de combustible del Motor Kia Asia Hi-Topic⁴.

Elemento	Especificación	
Depósito	Capacidad	60 litros
	Posición	Lado derecho
Bomba de inyección	Tipo	Tipo VE
	Sincronización de Inyección	ATDC 2°
	Sentido de giro	En la dirección de las agujas del reloj
	Velocidad de ralentí	600~650 rpm
	Tipo de transmisión	Correa de distribución
Tobera de inyección	Tipo de inyector	Tipo regulador
	Diámetro Agujero. X No.	8 mm (0.032 in.)X 1
	Presión de inyección	135~140 kg/cm ²
Filtro de aire	Tipo de elemento de papel de filtro	
Filtro de combustible	Tipo de cápsula con agua –detector	
Orden de inyección	1-3-4-2	

1.4.5 Sistema eléctrico del motor.

La función del sistema eléctrico es permitir el arranque del motor y suministrar electricidad para los demás componentes como luces, indicadores, radio, etc., mediante un acumulador de corriente (batería) y que después de arrancar el motor diesel no necesita de esta para continuar su funcionamiento. Los componentes del sistema eléctrico del motor son (Fig. 1.24):

- Batería
- Alternador
- Motor de arranque
- Bujías de precalentamiento

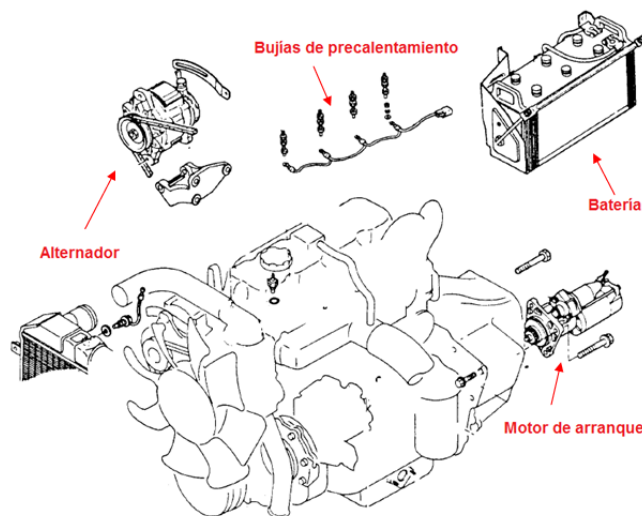


Fig. 1. 24 Componentes principales del sistema eléctrico del Motor Kia.

⁴ HI-TOPIC, Workshop Manual, p 4-3.

1.4.5.1 Batería.

La batería (**Fig. 1.25**) es un acumulador y proporciona la energía eléctrica para el motor de arranque del motor de combustión y para todos los accesorios del vehículo. Esta batería es el elemento electroquímico que permite almacenar energía en forma química. Una vez cargada, cuando la batería se conecta a un circuito eléctrico la energía acumulada se transforma en energía eléctrica, revertiendo el proceso químico de carga.

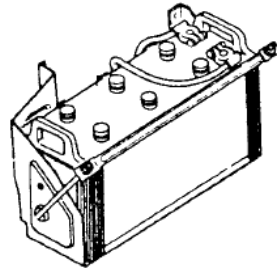


Fig. 1.25 Batería del Motor Kia Asia Hi-Topic.

1.4.5.2 Alternador.

El alternador convierte la energía mecánica en eléctrica alterna, esta energía producida por el alternador es enviada hacia la batería, donde se almacena para reponer la corriente consumida por los circuitos eléctricos del vehículo (recarga) y otra parte hacia el regulador que sirve para mantener la tensión constante de 12 V para que los distintos puntos de consumo del vehículo no sean afectados por las variaciones de voltaje (**Fig. 1.26**).

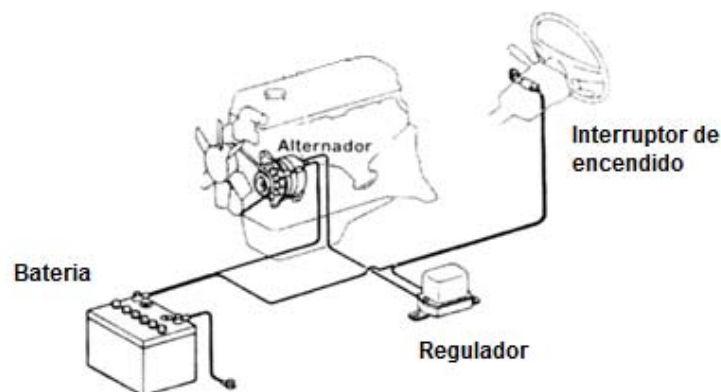


Fig. 1.26 Circuito de carga del motor diesel.

1.4.5.3 Motor de arranque.

El motor de arranque eléctrico (**Fig. 1.27**) tiene la función de hacer girar el cigüeñal del motor para iniciar el ciclo de combustión hasta que sea capaz de continuar girando.

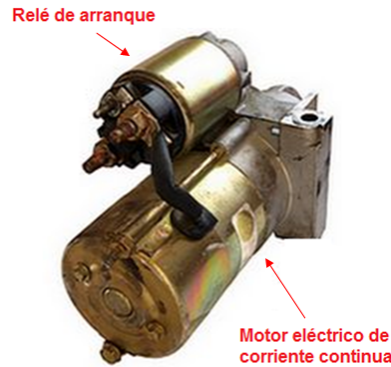


Fig. 1. 27 Motor de arranque.

El motor de arranque consta de dos elementos:

- a. Un motor eléctrico de corriente continua que tiene un elevado par de arranque para vencer la inercia del volante motor e iniciar el movimiento.
- b. Un relé de arranque que conecta al motor eléctrico con la batería y desplaza el piñón de arranque para acoplarse con la corona del volante de inercia del motor y permitir el giro del cigüeñal.

1.4.5.4 Bujías de precalentamiento.

La bujía de incandescencia es una resistencia calentadora que en los motores de inyección indirecta se encuentra ubicada dentro de la precámara para calentar la mezcla aire-combustible, cuando la cámara está fría y posibilita la ignición. (Fig. 1.28).



Fig. 1. 28 Bujía de precalentamiento.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL MOTOR

KIA ASIA HI-TOPIC

Los motores térmicos son máquinas que tienen por objeto transformar la energía calorífica en energía mecánica directamente utilizable. Por lo que se procede con el análisis matemático y termodinámico en función de los datos obtenidos del fabricante de este motor, dados en el manual técnico Kia Asia Hi-Topic, procurando obtener el modelo matemático más real posible, el cual nos permitirá una mejor y correcta selección del turbo compresor, del sistema de sobrealimentación.

Para luego poder realizar una comparación entre el motor estándar y con la adaptación de la sobrealimentación del mismo con los valores que se obtengan con las pruebas prácticas realizadas al motor. Además, todos los valores reales que sean obtenidos en este capítulo, podrán ser comparados con los valores que se obtengan una vez que el motor haya sido modificado para establecer finalmente si se han cumplido con los objetivos planteados.

2.1 TÉRMINOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Para poder realizar el estudio y análisis termodinámico en motores de combustión interna, es necesario conocer los siguientes términos (*Fig. 2.1*):

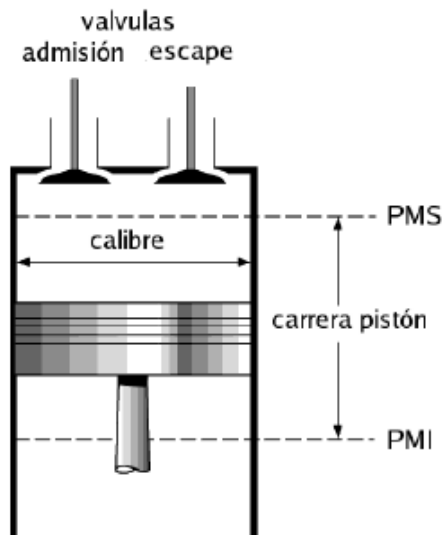


Fig. 2. 1 Nomenclatura para estudio del motor.

- a) **Calibre y Carrera.** - El calibre es el diámetro interior de la camisa del cilindro donde se mueve el pistón. La carrera (S) es la distancia recorrida por el pistón en su desplazamiento desde el PMS al PMI.
- b) **Punto Muerto Superior (PMS).**- Es la posición del embolo en la parte superior formando el menor volumen del cilindro.
- c) **Punto Muerto Inferior (PMI).** Es la posición del embolo en la parte inferior formando el mayor volumen del cilindro.
- d) **Cilindrada.** - Es el valor característico de cada motor que hace referencia al volumen de cada cilindro del motor entre el punto muerto superior e inferior que recorre el pistón multiplicado por el número de cilindros.

2.1.1 Ciclo de trabajo del motor diesel.

Denominamos ciclo operativo o de trabajo a la sucesión de operaciones que se realizan en el interior del cilindro, la duración de cada ciclo se mide por el número de carreras del pistón., por lo que los motores alternativos de cuatro tiempos, realizan el ciclo operativo en cuatro carreras del pistón. El funcionamiento de un motor de cuatro tiempos se produce en cuatro fases o tiempos (*Fig. 2.2*).

- a) Admisión de la carga en el cilindro.
- b) Compresión de la carga.
- c) Combustión y expansión.

d) Expulsión o escape de los productos de la combustión.

A cada una de estas fases le corresponde una carrera del pistón y por tanto, media vuelta del cigüeñal.

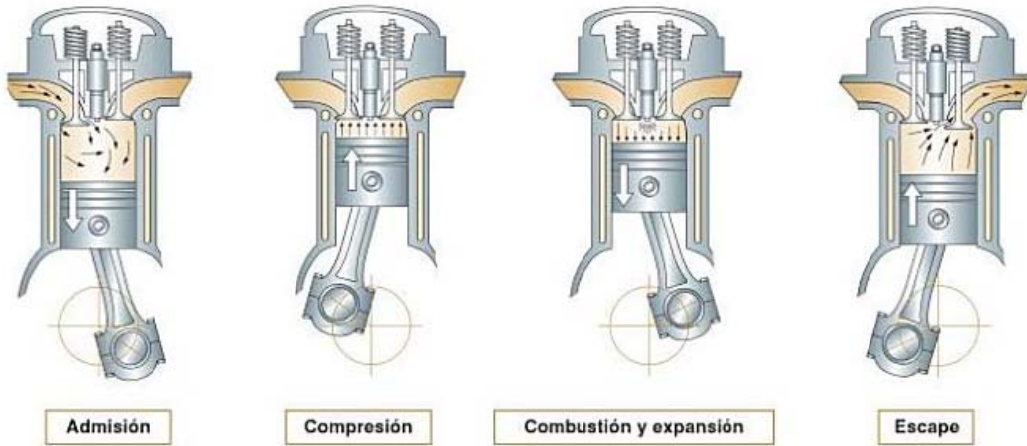


Fig. 2. 2 Fases de trabajo del motor Diesel.

a) **TIEMPO 1º Admisión** : En este momento, el pistón se encuentra en el PMS, se abre la válvula de admisión, y el pistón movido por el cigüeñal inicia el descenso del PMS hacia el PMI, entrando en el cilindro sólo comburente (aire), creando una depresión en el cilindro debido al aumento de volumen. Podemos considerar que durante la admisión, la presión en el interior del cilindro es sensiblemente igual a la atmosférica.

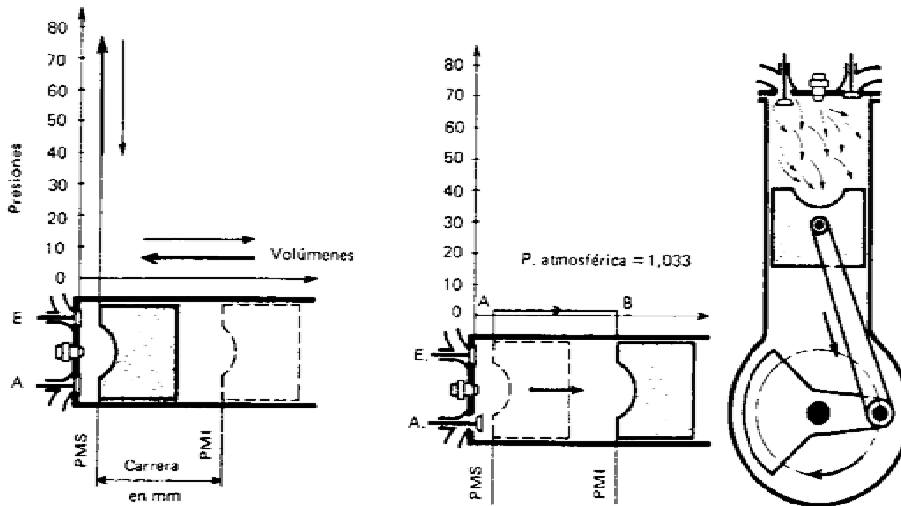


Fig. 2. 3 Tiempo de admisión

Sobre el eje horizontal corresponderá las variaciones de volúmenes con el desplazamiento del pistón desde el PMS al PMI. Sobre el eje vertical indicamos las variaciones de presión en el interior del cilindro, correspondientes a los desplazamientos del pistón.

- b) **TIEMPO 2º Compresión:** Cuando el pistón llega al PMI se cierra la válvula de admisión y el pistón inicia su ascenso hasta el PMS comprimiendo considerablemente al aire ingresado (*Fig. 2.4*). Esta compresión eleva considerablemente la temperatura del mismo (alrededor de los 700°C) debido a la alta relación de compresión de los motores Diesel.

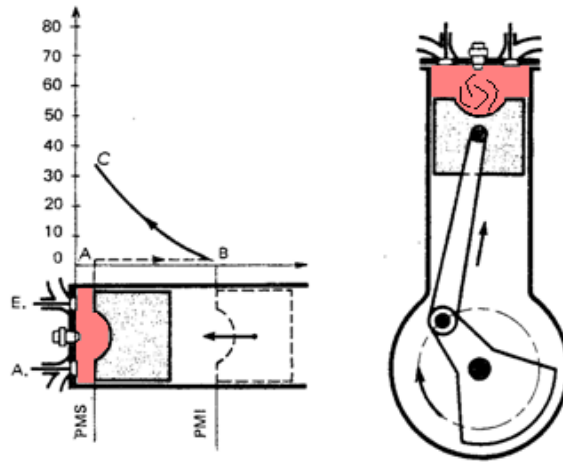


Fig. 2. 4 Tiempo de Compresión.

- c) **TIEMPO 3º Combustión – expansión:** Al final de la compresión cuando el pistón se encuentra próximo al PMS, por el inyector, se introduce el combustible pulverizado a gran presión, produciéndose una explosión como consecuencia del calor desprendido al mezclarse el aire con el combustible, aumentando considerablemente la presión dentro del cilindro. En este momento se inicia la única carrera útil del ciclo haciendo que el pistón pase desde el PMS al PMI. Un estudio de este tiempo permite distinguir tres fases (*Fig. 2.5*):
1. **Fase C-D:** El comienzo de la combustión es violenta, pues el pistón no ha comenzado todavía a bajar y los gases ocupan un espacio muy reducido. Por lo que la presión se eleva de manera instantánea (alrededor de 80 Kg/cm^2).
 2. **Fase D-E:** Luego, el pistón comienza a descender mientras continua la inyección del combustible y la combustión del mismo. El aumento de volumen debido al descenso del pistón, está compensado por la dilatación de los gases de la combustión, resultando en esta fase que la presión en el cilindro sea constante.
 3. **Fase E-F:** A partir del punto E la combustión cesa, mientras el pistón continua descendiendo. Lo que provoca una disminución de la presión en el cilindro, debido al aumento de volumen.

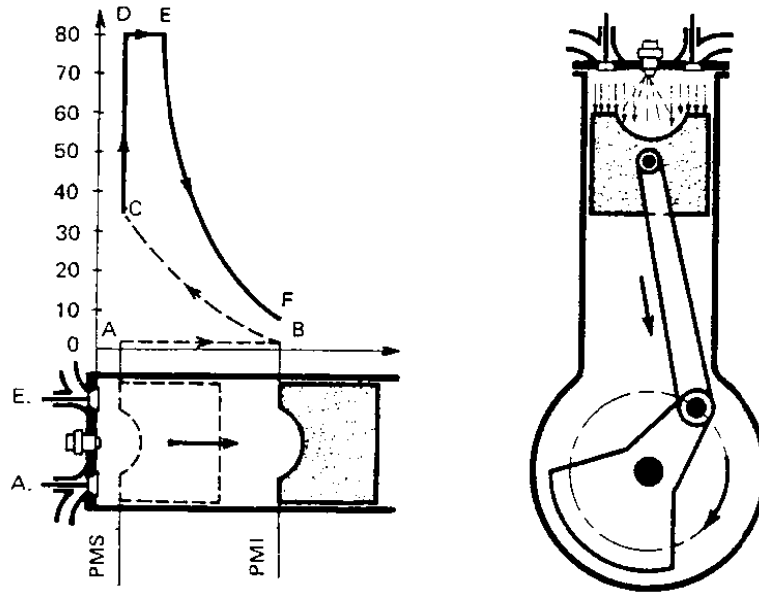


Fig. 2. 5 Tiempo de combustión-expansión.

d) **TIEMPO 4º Expulsión o escape:** cuando el pistón regresa al PMI se abre la válvula de escape provocando la evacuación de los gases quemados a la atmósfera. EL resto de los gases son expulsados por el pistón en su ascenso al PMS, cuando llega a este se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión iniciándose un nuevo ciclo con el descenso del pistón. El estudio de este tiempo permite distinguir dos fases :

1. **Fase F-B:** En el momento de abrirse la válvula de escape, la presión existente en el interior del cilindro baja instantáneamente hasta igualarse a la atmosférica.
2. **Fase B-A:** Durante la subida del pistón, los gases quemados son evacuados por la válvula de escape.

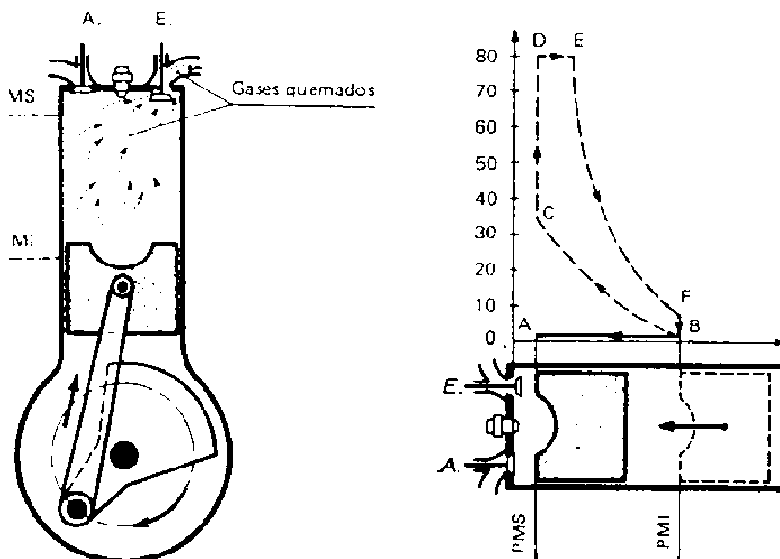


Fig. 2. 6 Tiempo de escape.

2.1.2 Ciclo Mixto Diesel.

Este ciclo se aplica a los modernos motores Diesel, resultando diagramas casi idénticos en la práctica. La característica principal del ciclo mixto es que el aporte de calor Q_{en} se realiza en dos fases (*Fig. 2.7*).

- Combustión a volumen constante (isocora 2-3). La inyección en el punto 2 inflama el combustible y la presión aumenta instantáneamente.
- Combustión a presión constante (isobara 3-4). El pistón comienza a descender, aumenta el volumen y la presión se mantiene constante hasta el punto 4.

El pistón realiza solo un pequeño recorrido durante la combustión (3-4). Esto permite que los motores Diesel de ciclo mixto puedan funcionar con regímenes elevados.

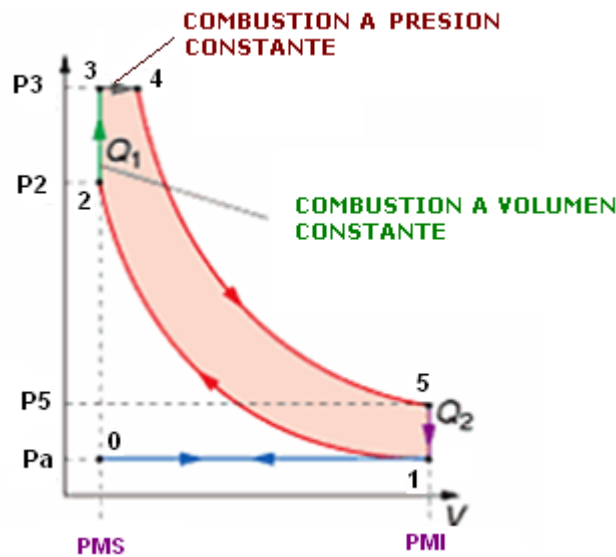


Fig. 2. 7 Ciclo Diesel teórico mixto

En conclusión, en el ciclo mixto, la carga de combustible se quema a volumen constante en el inicio de la combustión y a presión constante después de que el pistón sobrepasa el PMS y comienza a descender. A consecuencia de esto, los gases en expansión dan al pistón un empuje uniforme, cuya característica esencial es que en este tipo de motores el valor del par motor es casi constante en todos los regímenes de giro, lo que constituye una de las características fundamentales en los motores Diesel. Esto se representa en el ciclo mixto de Sabathé (*Fig. 2.8*).

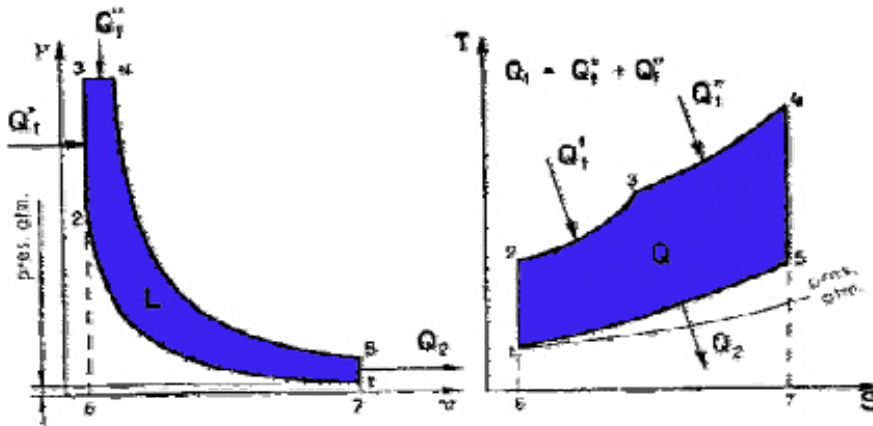


Fig. 2. 8 Diagramas Presión-Volumen y Temperatura-Entropía del Ciclo mixto de Sabathé.

En este ciclo, después de la fase de compresión adiabática 1-2, ocurre, como en el ciclo Otto, una fase de combustión a volumen constante 2-3, durante la cual se introduce la cantidad de calor Q_1^* y luego, como en el ciclo Diesel, se tiene una fase de 3-4 de combustión a presión constante, en cuyo proceso se introduce la cantidad de calor Q_1^{**}

Luego se tiene dos fases sucesivas: una de expansión adiabática 4-5, y otra de expulsión de los gases a volumen constante 5-1, obteniéndose una pérdida de calor Q_2 (Fig. 2.9).

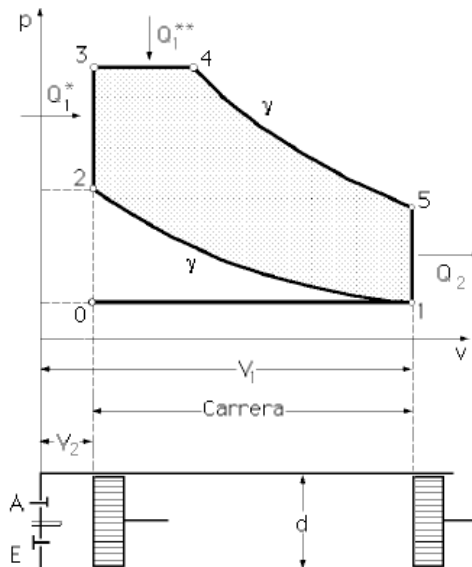


Fig. 2. 9 Ciclo mixto Diesel

2.2 CÁLCULOS TECNOLÓGICO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Debido a la falta de un banco dinamométrico de pruebas estáticas que permitan obtener datos reales de potencia, del par y consumo específico de combustible de este motor se tomaran los dados por el fabricante como reales para proceder a los cálculos. Para esto se debe tomar en

cuenta dos condiciones prácticas e importantes que se hicieron para el estudio y análisis del motor KIA ASIA HI-TOPIC:

1. El motor fue reparado al 100%, cuenta con cabezote, pistones, camisas, rines y juego de empaques nuevos.
2. Se utilizara como un banco didáctico por lo tanto no va a tener pérdidas por la bomba de la dirección, aire acondicionado ni resistencia por no estar acoplado a la tracción ganando potencia.

Los cálculos tecnológicos a realizar, nos permitirán establecer una relación o comparación del motor en condición estándar y sobrealimentado, permitiendo determinar en porcentaje la potencia ganada. Para el análisis se tomarán los datos de la (Tabla 2.1).

Tabla 2. 1 Especificaciones Técnicas del motor Kia Asia Hi-Topic¹

Descripción	Característica
Tipo	Diesel, Cuatro (4) -tiempos
Número y disposición de los cilindros	Cuatro (4) Cilindros, en Línea
Cilindrada	CC
Diámetro (D) y Carrera (S)	mm x mm (in x in)
Relación de compresión	21.5:1
Velocidad de Ralentí	650 - 700
RPM máx.	Rev./min
Potencia	(Hp/RPM)
Par Motor	(Nm/RPM)

2.2.1 Cilindrada unitaria (V_u)

La Cilindrada o volumen unitario es el área (A_c) de la sección del cilindro por la carrera del pistón (S).

$$V_u = A_c \times S \tag{2.1}$$

$$A_c = \frac{D^2 \times \pi}{4} = 66,4761 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$V_u = 66,4761 \times 10,16 = 675,39 \text{ [cm}^3\text{]}$$

2.2.2 Cilindrada Total (V_H).

¹ HI-TOPIC Workshop, Manual, p 2

Es el volumen de la mezcla (aire-combustible), multiplicado por el número de cilindros que posee el motor de combustión, es decir la Cilindrada unitaria por el número de cilindros (i).

$$V_H = V_u \times i \tag{2.2}$$

$$V_H = 675,39 \text{ cm}^3 \times 4 = 2701 \text{ [cc]}$$

2.2.3 Relación Carrera-Diámetro (α).

Según la relación la carrera y el diámetro, los motores se clasifican en: carrera larga cuando la carrera es mayor que el diámetro, cuadrados si son iguales y carrera corta si la carrera es menor que el diámetro (*Tabla 2.2*).

Tabla 2. 2 Relación Carrera-Diámetro para determinar tipo de motor

Carrera Larga	Motor Cuadrado	Carrera corta
$\frac{\text{Carrera}}{\text{Diámetro}} > 1$	$\frac{\text{Carrera}}{\text{Diámetro}} = 1$	$\frac{\text{Carrera}}{\text{Diámetro}} < 1$

Para calcular esta relación del motor Kia Asia se tiene:

$$\alpha = \frac{S}{D} = \frac{10,16}{9,2} = 1,104 \tag{2.3}$$

Los motores de carrera larga presentan ventajas desde el punto de vista térmico, como mejor capacidad de disipación de calor debido a la mayor relación superficie/volumen del cilindro y alto rendimiento de la cámara de combustión. Estos motores también permiten obtener un gran par porque existe una mayor palanca de la biela en la muñequilla del cigüeñal pero tiene limitada su potencia máxima ya que las válvulas son pequeñas y tienen poca superficie para el llenado y vaciado del cilindro dificultando la aceleración y el régimen máximo del motor. El motor Kia Asia Hi-Topic es de carrera larga, por lo tanto este motor posee gran par pero limitada su potencia.

2.2.4 Relación de Compresión (R_c).

Se la define como la relación entre el volumen del cilindro cuando el pistón está en el PMI ($V_{m\acute{a}x}$) y el volumen cuando está en el PMS ($V_{m\acute{i}n}$), lo cual indica cuanto se reduce por compresión el volumen del aire (*Fig. 2.10*).

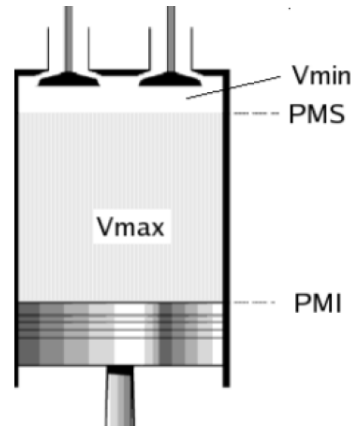


Fig. 2. 10 Relación de volúmenes

$$R_c = \frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{m\acute{i}n}} = \frac{V_{PMI}}{V_{PMS}} \quad (2.4)$$

2.2.5 Volumen de la Cámara de Compresión (V_c).

Es el espacio sobre el punto muerto superior donde inicia la combustión, mediante la relación de compresión se puede calcular dicho volumen.

$$R_c = \frac{\text{Volumen unitario } (V_u) + \text{Volumen Cámara compresión } (V_c)}{\text{Volumen Cámara de compresión } (V_c)}$$

Despejando la fórmula anterior, se tiene el V_c para el motor Kia Asia:

$$V_c = \frac{V_u}{R_c - 1} \quad (2.5)$$

$$V_c = \frac{675,39}{21,5 - 1} = 32,9465 \text{ [cm}^3\text{]}$$

2.2.6 Relación de combustión (R_Q).

Para los motores Diesel se define un nuevo valor denominado R_Q que es la relación de los volúmenes del cilindro después y antes del proceso de combustión.

La relación de volúmenes para motores Diesel con precámara de combustión y bujías de precalentamiento (inyección indirecta), corresponde a 1/10 de la Relación de compresión.

$$R_Q = \frac{\text{Volumen despues de la inyección}}{\text{Volumen antes de la inyección}} \quad (2.6)$$

2.2.7 Velocidad media del émbolo o pistón (V_m).

La velocidad media del embolo es la que corresponde a un movimiento lineal uniforme supuesto con el cual el pistón tardara en hacer la carrera.

$$V_m = \frac{\eta \times 2 \times S}{60} \quad (2.7)$$

Donde:

η = Velocidad del motor (rpm)

S= carrera del cilindro (m)

La velocidad media del pistón en ralentí del motor Kia Asia es:

$$V_{m, \text{ralenti}} = \frac{700 \text{ rpm} \times 2 \times 0.1016 \text{ m}}{60} = 2,37067 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

La velocidad media del pistón a la potencia máxima es:

$$V_m = \frac{2700 \text{ rpm} \times 2 \times 0.1016 \text{ m}}{60} = 9.14 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Según las características de funcionamiento y constructivas de los motores endotérmicos alternativos, en la categoría Autovehículos a Diesel la velocidad media del pistón calculada del motor Kia Asia esta dentro del rango acertado entre 8,5-13 m/s.

2.3 CÁLCULO DE POTENCIA, PAR MOTOR, PRESIÓN MEDIA EFECTIVA Y CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

La potencia es el trabajo mecánico efectuado durante un lapso de tiempo, dependiendo de diversos factores como la Relación de compresión, volumen unitario, carrera y rpm; tomando en cuenta que parte de la potencia se consume para vencer los rozamientos.

Se distinguen varios tipos de potencia: indicada, efectiva, unitaria, absorbida. Dentro de la potencia indicada se considera la pérdida de potencia por la altura ya que el motor Kia Asia Hi-Topic funcionara en la ciudad de Cuenca situada a 2543 msnm².

2.3.1 Pérdida de Potencia por Altura.

Los motores de combustión interna son diseñados para funcionar a diferentes alturas y condiciones climáticas que influyen para aumentar o disminuir la potencia. La potencia máxima

² <http://www.cuenca.com.ec>

de un motor dada por el fabricante a condiciones estándar (a nivel del mar) es la potencia indicada la cual es el trabajo desarrollado en el interior del cilindro durante la carrera por unidad de tiempo en el proceso de combustión.

En la siguiente tabla se indica la variación de la temperatura, presión y densidad del aire según la altura sobre el nivel del mar.

Tabla 2. 3 Variación de la densidad del aire según la altura sobre el nivel del mar³

Altura (m)	Temperatura (°K)	Presión (Bar)	Densidad (Kg/cm ³)
0	288	1,013	1,225
200	286,8	0,989	1,202
1400	279	0,856	1,070
2200	273,8	0,776	0,987
2400	272,5	0,756	0,967
2600	271,2	0,737	0,947
2800	269,9	0,718	0,928

Para obtener la potencia real en diversas condiciones de presión y temperatura ambiente, se parte de la presión estándar de 1,013 Bar y la temperatura de 15°C (288°K) de esta manera se puede obtener la pérdida de potencia por la altura:

$$P_{i\ Real} = P_i \frac{P_{atm\ (Cuenca)}}{P_0} \sqrt{\frac{T_0}{T_{atm\ (Cuenca)}}} \quad (2.8)$$

Donde:

P_0 y T_0 es la presión y temperatura del aire a 0 msnm

$P_{atm\ (Cuenca)}$ y $T_{atm\ (Cuenca)}$ es la presión y temperatura atmosférica en Cuenca.

$P_{i\ (Teorica)}$ Es la potencia indicada dada por el fabricante a nivel del mar.

$P_{i\ (Real)}$ Es la potencia indicada real calculada a la altura de la ciudad de Cuenca.

Mediante interpolación a la altura de 2543 msnm se obtiene una presión de 0,742 Bar, la temperatura de 291 °K para la ciudad de Cuenca.

$$P_{i\ Real\ (Cuenca)} = 75\ (CV) \frac{0,742}{1,013} \sqrt{\frac{288^\circ K}{291^\circ K}}$$

$$P_{i\ Real\ (Cuenca)} = 54,68\ (CV)$$

³ GIACOSA, Dante 1984. Motores Endotérmicos, p 186

Por lo tanto el motor Kia Asia Hi-Topic tendría una potencia equivalente a 40,80 KW. De esta manera la pérdida de potencia P_p que tendría el motor es la siguiente:

$$P_p = P_i - P_{i \text{ Real (Cuenca)}} \quad (2.9)$$

$$P_p = (75 - 54,68) \text{ CV}$$

$$P_p = 20,31 \text{ CV de perdida de potencia.}$$

2.3.2 Presión media indicada (p_i).

Es la presión generada en el interior del cilindro por la combustión, la cual se determina por:

$$p_i = \frac{P_i \times 900}{V_u \times \eta} \quad (2.10)$$

Donde:

p_i = Presión media indicada del ciclo (Kg/cm^2)

V_u = Cilindrada unitaria (Lt.)

η = numero de revoluciones (rpm)

P_i = Potencia indicada (CV)

Reemplazando los datos del fabricante de la (Ec. 2.10) se tiene:

$$p_i = \frac{54,68 \text{ CV} \times 900}{0,67539 \text{ L} \times 2736 \text{ rpm}} = 26,63 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$$

2.3.3 Presión media efectiva (PME).

Es un valor ficticio que representa la presión que tienen los gases en el interior de un cilindro sin considerar el rozamiento, para desarrollar un trabajo equivalente al que se obtiene a la salida del cigüeñal.

$$PME = \frac{P_i \times 1200}{V_H \times \eta} \quad [\text{Bar de sobrepresion}] \quad (2.11)$$

$$PME = \frac{40,80 \text{ Kw} \times 1200}{2,701 \text{ Lt} \times 2736 \text{ rpm}} = 6,62 \text{ [Bar de Sobrepresión]}$$

2.3.4 Potencia efectiva (P_e).

Es la potencia útil que llega al volante motor menos las pérdidas mecánicas producidas por fricción, bombeo y accionamiento de elementos auxiliares. Se la conoce también como potencia al freno y está entre un rango del 15% al 20% menor que la potencia indicada⁴.

Para el motor Kia Asia se calcula la potencia efectiva asumiendo un máximo de 20% de pérdidas de la potencia indicada real:

$$P_e = P_i - (15 \text{ a } 20\%) P_i \quad (2.12)$$

$$P_e = (40,80 - 8,15) = 32,65 \text{ [Kw]}$$

2.3.5 Par motor (M_m).

La fuerza de la explosión de los gases en el interior del cilindro aplicada a la biela y transmitida al codo del cigüeñal produce un momento de rotación que se conoce como par motor, cuyo valor máximo se obtiene cuando la presión en el interior del cilindro es máxima.

El par motor dado por el fabricante a 0 msnm es 190 Nm, por lo tanto es necesario recalcular este valor en condiciones reales a las que trabajara el motor KIA Asia, utilizando la potencia efectiva real.

$$M_m = \frac{P_e \times 9550}{\eta} \quad [\text{Nm}] \quad (2.13)$$

$$M_m = \frac{32,65 \text{ Kw} \times 2200 \text{ rpm}}{9550} = 141,72 \text{ [Nm]}$$

2.3.6 Consumo específico de combustible (b).

Es la relación que existe entre el combustible que se introduce a la cámara de combustión para ser quemado y la potencia producida durante un tiempo determinado, este valor debe estar dentro del rango 350-280 g/KWh para motores diesel de turismo⁵ y está dada por:

$$b = \frac{B}{P_e} \quad \left[\frac{g}{KW h} \right] \quad (2.14)$$

Donde:

B = Consumo de Combustible por hora [g/h]

P_e = Potencia efectiva del Motor [KW]

⁴ JM Alonso, *Técnicas del Automóvil*, Madrid, 6 Edición, p 49

⁵ H. Kindler, *Matemática Aplicada para la Técnica del automóvil*, GTZ, Editorial Reverté, Barcelona, 1986, p 162.

El consumo de combustible (B) hace referencia al volumen de este consumido en un tiempo determinado. Para el caso del motor Diesel Kia Asia se este valor se lo obtuvo realizando una prueba en el laboratorio.

$$B = \frac{K \cdot \rho \cdot 3600}{t} \left[\frac{g}{h} \right] \quad (2.15)$$

Donde:

$K =$ Combustible consumido (cm^3)

$\rho_{(Diesel)} =$ Densidad Diesel ($0,820 \frac{g}{cm^3}$)

$t =$ tiempo de la prueba (s)

En una probeta con 250 cm^3 de combustible Diesel se conecta directamente a la bomba de inyección y se enciende el motor manteniendo a un régimen de 2200 rpm, se toma el tiempo de 60 segundos para ver cuánta cantidad de combustible se ha consumido (Fig. 2.11).



Fig. 2. 11 Prueba de consumo de combustible.

Al terminar la prueba dio como resultado un consumo de 210 cm^3 de combustible diesel, de esta forma empleando las (Ec. 2.15) y (Ec. 2.14), se determina (B) y el consumo específico de combustible (b) respectivamente:

$$B = \frac{210 \text{ cm}^3 \cdot 0,820 \text{ g/cm}^3 \cdot 3600}{60 \text{ s}} = 10332,0 \left[\frac{g}{h} \right]$$

$$b = \frac{10332,0 \text{ g/h}}{32,65 \text{ KW}} = 316,48 \left[\frac{g}{KW h} \right]$$

2.3.7 Cantidad de combustible inyectada en el cilindro.

Antes de llegar al PMS en el tiempo de compresión, el inyector introduce en la cámara la cantidad de combustible necesario para que se realice la combustión. Esta cantidad inyectada en el cilindro para cada ciclo de trabajo de los motores de combustión interna, se determina por:

$$K_{IV} = \frac{b \cdot P_e \cdot 2}{i \cdot \eta \cdot 60} \quad [g] \quad (2.16)$$

Donde:

b = Consumo específico (g/KW h)

P_e = Potencia efectiva del motor (KW)

η = Numero de revoluciones

i = Numero de cilindros

Reemplazando la (Ec.2.16) se tiene que la cantidad de combustible para el motor KIA ASIA es:

$$K_{IV} = \frac{316,5 \text{ g/KW h} \cdot 32,65 \text{ KW} \cdot 2}{4 \cdot 2200 \text{ rpm} \cdot 60} = 0,03913 \quad [g]$$

2.4 PROCESO DE COMBUSTIÓN

Un proceso de combustión puede ser completo si todos los comburentes del combustible se queman en su totalidad caso contrario sería una combustión incompleta.

2.4.1 Relación aire- combustible teórica (A/C).

La relación aire Combustible teórica (A/C) se define como la cantidad de masa de aire que se requiere para quemar completamente una masa de combustible.

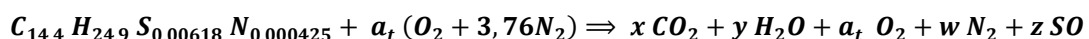
$$A/C = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} = \frac{(NM)_{aire}}{(NM)_C + (NM)_H} \quad (2.17)$$

Donde:

N = número de moles

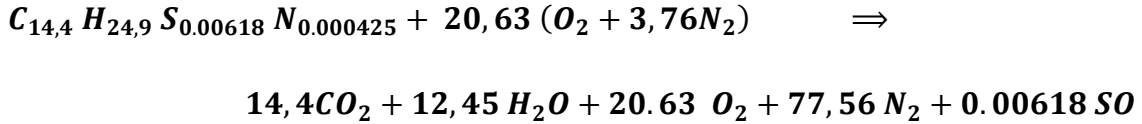
M= masa molar

Esta relación se la obtiene igualando la ecuación estequiométrica de los gases de escape con los componentes del combustible diesel y aire, la ecuación de combustión es:



Donde a_t es la cantidad necesaria de aire para quemar el combustible completamente (coeficiente de aire teórico).

Realizando el balance químico de la ecuación de combustión se tiene:



Reemplazando la (Ec. 2.17) se tiene que la relación A/C es:

$$A/C = \frac{20,63 [31,998 + 3,76(28,012)]}{[(14,4 \times 12,011) + (24,9 \times 1,0079)]} = 14,3 [Kg. \text{aire} / Kg. \text{de combustible}]$$

2.4.1.1 Cantidad de masa de aire teórica.

Para calcular la masa de aire teórica que se introduce en los cilindros en cada ciclo se despeja la (Ec. 2.17) y reemplazando los valores se tiene:

$$m_{\text{aire (teorica)}} = AC \cdot m_{\text{combustible (inyectado)}} \quad (2.18)$$

$$m_{\text{aire (teorica)}} = 14,3 \times \frac{0,03913}{1000} \times 4 = 0,002238 \text{ Kg}$$

2.4.2 Cálculo de la Relación A/C real.

Para calcular la relación aire combustible y masa de aire real que ingresa a los cilindros es necesario realizar un análisis de los gases de combustión del motor diesel Kia Asia Hi-Topic y obtener los porcentajes de los productos.

Este análisis se realizó en la ciudad de Cuenca en el Laboratorio de motores de la Universidad Politécnica Salesiana, los instrumentos de medición fueron proporcionados por el Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca, estos valores se indican en la (Fig. 2.12) :

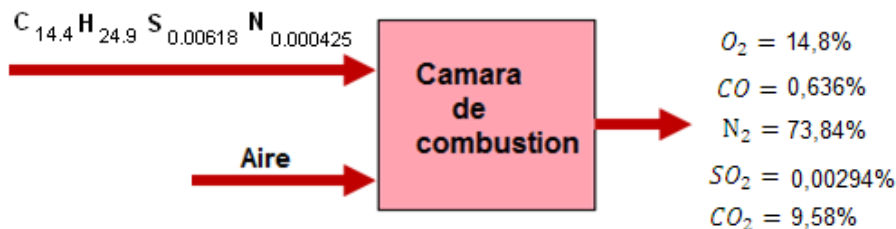
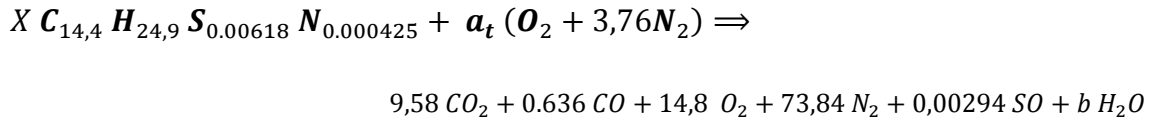
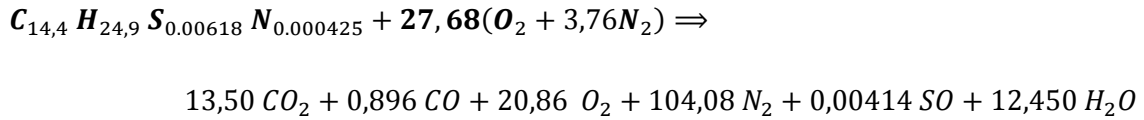


Fig. 2. 12 Proceso de combustión motor Kia Asia Hi-Topic

Suponiendo que los gases de combustión son gases ideales, para estos las fracciones de volúmenes son equivalentes a las fracciones molares donde la ecuación estequiométrica de combustión real es:



Realizando el balance de masas, la ecuación de combustión con un mol de combustible es:



Calculando la relación A/C y masa de aire real de la (Ec. 2.17) se tiene:

$$A/C_{real} = \frac{27,68 [31,998 + 3,76(28,012)]}{[(14,4 \times 12,011) + (24,9 \times 1,0079)]} = 19,17 [Kg. aire/Kg. de combustible]$$

2.4.2.1 Masa de aire real

Para calcular la masa de aire real introducida en los cilindros se emplea la (Ec. 2.18) la cual garantizara una mejor combustión.

$$m_{aire (real)} = 19,17 \times \frac{0,03913}{1000} \times 4 = 0,00300 Kg$$

Obteniéndose un exceso de aire del 34%.

2.5 CURVAS IDEALES DE POTENCIA Y PAR DEL MOTOR DIESEL KIA ASIA HI-TOPIC.

La representación grafica proporciona una información inmediata de los valores que adquiere la potencia y el par motor a diferentes regímenes de giro, debido a que no se dispone de un banco dinamométrico de prueba estática para conocer dichos valores en condiciones reales de funcionamiento a las que trabaja el motor, por lo tanto se recurre al análisis matemático.

La potencia indicada y par motor se obtienen variando las rpm y la presión media efectiva, esta última se mantiene constante hasta alcanzar el régimen de giro donde se da la potencia máxima, a partir de estas revoluciones la PME desciende debido a que el grado de llenado en el cilindro es menor por el aumento de la velocidad del motor, es en este momento en que la curva de potencia comienza a descender y actúa el variador de avance de la bomba de inyección produciendo el corte de combustible.

Empleado la (Tabla 2.4), se representan las curvas de la potencia indicada y par motor del Kia Asia (Fig. 2.13).

Tabla 2. 4 Valores de Potencia indicada y Par motor.

RPM		
700	10.43	130.97
1000	14.90	132.75
1300	19.37	136.64
1600	23.84	137.88
1900	28.31	138.73
2000	29.80	139.43
2200	32.78	141.73
2500	37.25	140.19
2736	40.77	139.97
3100	40.47	123.23
3400	39.79	111.51
3600	38.89	102.93

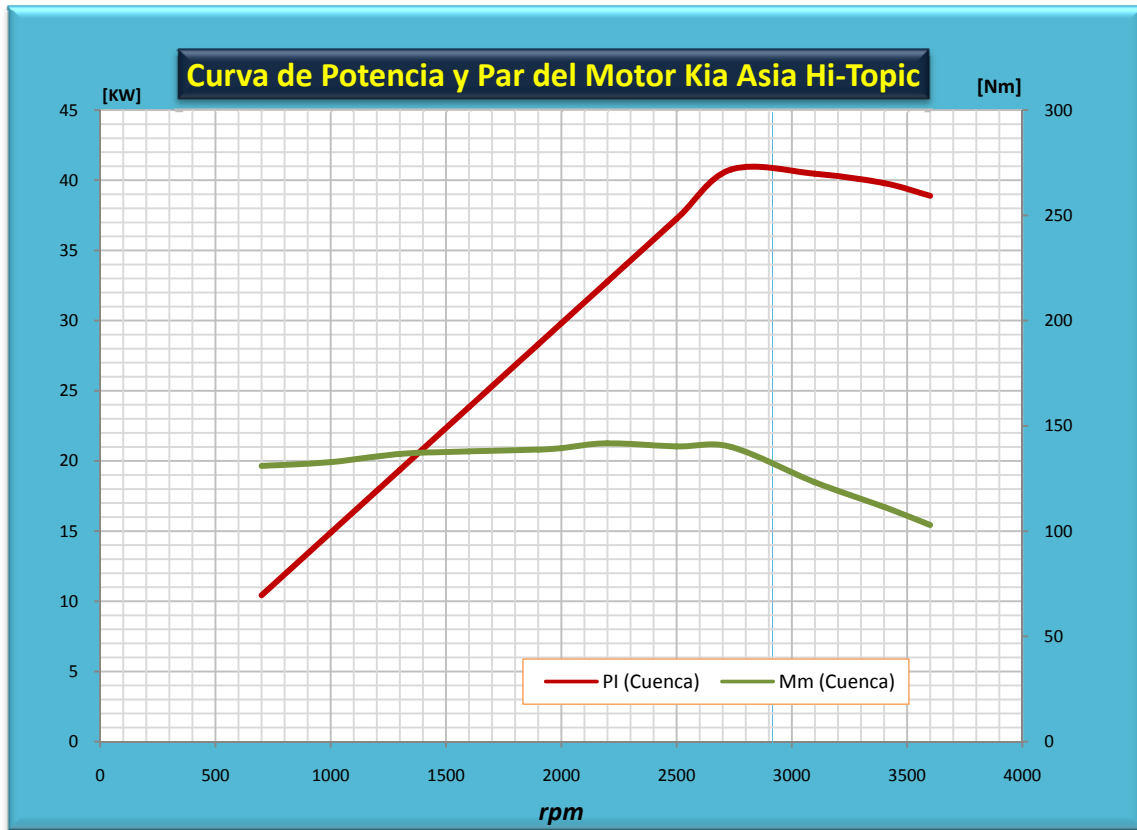


Fig. 2. 13 Curva de potencia y par del motor Kia Asia Hi-Topic

Al observar la curva del par motor de 1000 a 2800 rpm mantiene un par considerable y casi constante con un valor máximo de 141 Nm a 2200 rpm, por lo que se puede decir que este motor es apto para funcionar en la ciudad a velocidades moderadas en carretera, debido a que la curva de par no es muy aguda tendrá mayores prestaciones con un régimen moderado de rpm.

Las variaciones de potencia con el número de rpm se pueden representar también en esta gráfica, la curva crece hasta alcanzar la 2700 rpm en donde alcanza el valor de potencia máximo de 40,8 KW luego esta decrece hasta alcanzar las rpm máximas.

2.6 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Se denomina rendimiento a la relación entre la cantidad de energía aprovechada y la suministrada por el motor durante la transformación de energía química del combustible en energía mecánica de desplazamiento del pistón. No toda la energía del combustible se transforma en energía útil, sino que parte de esta se disipa por pérdidas de calor, mecánicas y químicas, como se muestra en la (Fig. 2.14).

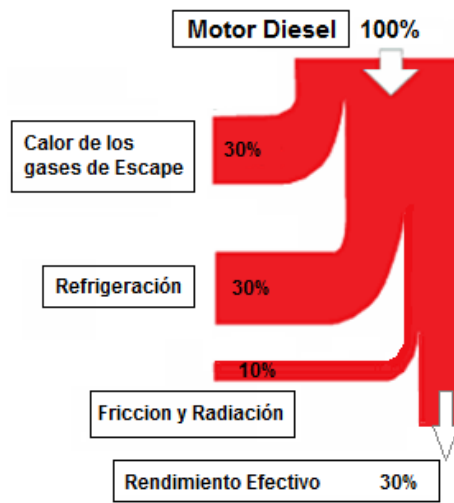


Fig. 2. 14 Diagrama de Sankey Diesel

2.6.1 Rendimiento Mecánico η_m .

Es la relación entre el trabajo útil entregado al volante motor y el trabajo indicado, el cual fluctúa entre valores del 75 al 90 %.

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \quad (2.19)$$

$$\eta_m = \frac{32,65}{40,8} = 0,80 \approx 80\%$$

2.6.2 Rendimiento Termodinámico η_t .

El rendimiento termodinámico se obtiene de los ciclos ideales, esto quiere decir que es el resultado de un proceso donde no existen pérdidas de calor. No tiene relación con la cilindrada del motor, sino solamente con la relación de compresión y la relación de volúmenes, de esta manera mientras más elevada sea la Rc mejor será su rendimiento.

Para el motor diesel de inyección indirecta, la ecuación que define el rendimiento térmico es:

$$\eta_{t, Diesel} = 1 - \frac{1}{R_c^{k-1}} \left[\frac{R_Q^k - 1}{k(R_Q - 1)} \right] \quad (2.20)$$

Donde:

$k = 1,4 =$ Exponente adiabático de compresión del aire ⁶

$R_Q = \frac{R_c}{10} =$ Relación de combustión,

$R_c =$ Relación de Compresión.

Reemplazando los valores para el motor Kia Asia, se obtiene un rendimiento térmico de:

$$\eta_{t, Diesel} = 1 - \frac{1}{21,5^{1,4-1}} \left[\frac{2,15^{1,4} - 1}{1,4(2,15 - 1)} \right] = 0,65040 \approx 65,04 \%$$

2.6.3 Rendimiento Volumétrico.

Es la relación entre la masa de aire real introducida en los cilindros y la masa teórica. Su formula está dada por:

$$\eta_v = 100 - \frac{27,68}{20,63} = \approx 65,8\%$$

En motores Diesel atmosféricos el rendimiento volumétrico se acerca al 100 %, en motores sobrealimentados puede ser superior al 100 %, porque la presión en el colector de admisión es mayor que la atmosférica.

2.6.4 Rendimiento Total η_T .

Es la relación entre el trabajo obtenido en el eje motor y el equivalente a la energía calorífica del combustible consumido y es igual al producto del rendimiento termodinámico por el mecánico.

$$\eta_T = \eta_{t, Diesel} \times \eta_m \quad (2.21)$$

$$\eta_T = 0,6409 \times 0,80 = 0,513 \approx 51,3 \%$$

2.6.5 Rendimiento útil η_u .

Es la relación entre el trabajo útil y la energía térmica total producida por el combustible, y está dada por:

$$\eta_u = \frac{P_e \cdot 3600}{B \cdot H_u} \quad (2.22)$$

⁶ Fórmula 22 SANZ Ángel, *Tecnología de la Automoción 2,2*, Editorial Bruño EDB, Madrid, 1981, p 44,45

Donde:

$P_e =$ Potencia efectiva (KW)

$B =$ Consumo de combustible por hora ($\frac{Kg}{h}$)

$H_u = 41000 =$ Poder calorífico del Diesel ($\frac{KJ}{Kg}$)

$$\eta_u = \frac{32,65 \text{ KW} \cdot 3600}{10,332 \text{ Kg/h} \cdot 41000 \text{ KJ/Kg}} = 0,2774 \approx 27,74 \%$$

2.7 CALCULO TERMODINÁMICO DEL CICLO IDEAL PARA MOTORES DIESEL DE INYECCIÓN INDIRECTA.

El ciclo ideal del motor diesel de cuatro tiempos es una idealización del ciclo de potencia de gases reales ya que son complejos.

Para realizar el análisis se utilizan las siguientes suposiciones de aire estándar:

1. El fluido de trabajo es aire que circula de modo continuo en un circuito cerrado y siempre se comporta como un gas ideal.
2. Todos los procesos que integran el ciclo son internamente reversibles.
3. Sustituye la combustión por adición de calor desde una fuente externa.
4. El proceso de escape es sustituido por un proceso de rechazo de calor que regresa el fluido de trabajo a su estado inicial.

El diagrama de trabajo permite seguir la evolución de la presión y del volumen dentro del cilindro durante los cuatro tiempos del ciclo teórico del motor Diesel (Fig. 2.15).

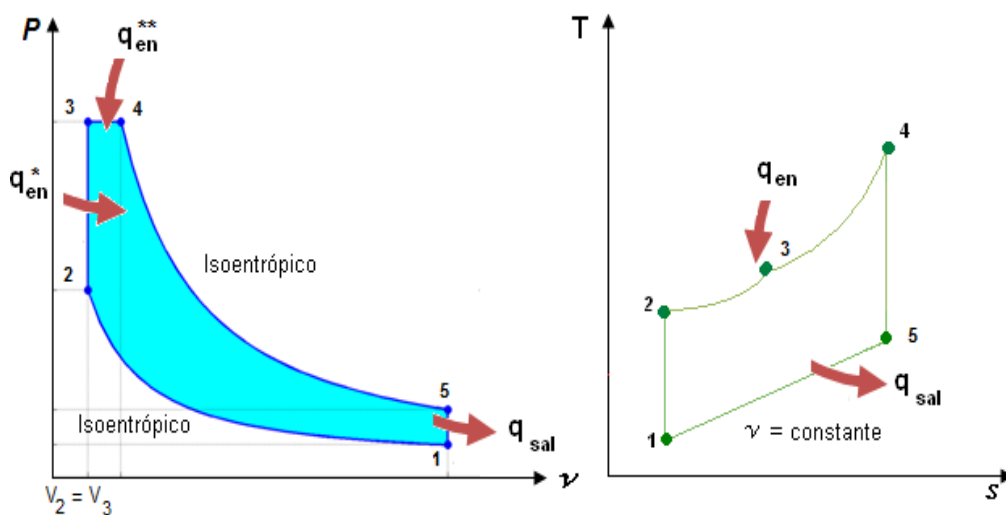


Fig. 2. 15 Diagrama P-v y T-s de un ciclo Diesel ideal de inyección indirecta de cuatro tiempos.

2.7.1 Cálculos Termodinámicos del Motor diesel Kia Asia Hi-Topic.

Dados los datos técnicos del motor por el fabricante y los valores obtenidos de PME, rendimiento térmico, relación de volúmenes, etc., se procede al análisis termodinámico de cada uno de los procesos del ciclo.

2.7.1.1 Proceso 1-2. Compresión Isoentrópica de un gas ideal con calores específicos constantes.

Es un proceso de compresión adiabática (Isoentrópica), donde aumenta su presión, temperatura y disminuye su volumen específico. Considerando la presión y temperatura ambiente en la ciudad de Cuenca donde funcionará el motor, se calcula el volumen en el punto 1 empleando la ecuación de los gases ideales:

$$v_1 = \frac{R \times T_1}{P_1} \quad (2.23)$$

Donde:

$R =$ constante de los gases ideales ($0,2870 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{K}$)

$T_1 = 21^\circ\text{C} \approx 294^\circ\text{K}$

$P_1 = 74,2 \text{ KPa}$

$$v_1 = \frac{0,2870 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} \times 294^\circ\text{K}}{74,2 \text{ KPa}} = 1,137 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \right]$$

La temperatura 1 se utiliza para calcular el volumen relativo en este punto, mediante interpolación y usando la tabla A.17 de las Propiedades ideales del gas de la termodinámica de CENGEL.

$$V_{r1} = 653,54$$

Para determinar el volumen específico y relativo en el punto 2 se parte de la relación de compresión.

$$v_2 = \frac{v_1}{R_c} = \frac{1,137}{21,5} = 0,05289 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \right]$$

$$V_{r2} = \frac{V_{r1}}{R_c} = \frac{653,54}{21,5} = 30,40$$

Mediante interpolación utilizando el volumen relativo 2 y la tabla A.17 se calcula la temperatura en este punto.

$$T_2 = 938,2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Empleando la ecuación de los gases ideales se determina la presión en el punto 2.

$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \left(\frac{v_1}{v_2} \right) \quad (2.24)$$

$$P_2 = 74,2 \left(\frac{938,2}{294} \right) (21,5) = 5090,8 \text{ [KPa]}$$

2.7.1.2 Proceso 2-3-4. Adición de calor a volumen y presión constante (combustión).

Para determinar los valores de presión y temperatura de este proceso se analiza el calor de entrada (q_{en}), que es la relación del trabajo neto del ciclo y el rendimiento termodinámico.

$$q_{en} = \frac{W_{neto}}{\eta_{t \text{ Diesel}}} \quad (2.25)$$

La cantidad de calor añadida al fluido de trabajo a volumen (q_{en}^*) y presión (q_{en}^{**}) constantes se puede expresar como:

$$q_{en} = q_{en}^* + q_{en}^{**} \quad (2.26)$$

El trabajo neto o de expansión de un gas en un proceso isobárico es igual a la presión por la variación de volumen.

$$w_{neto} = PME (v_1 - v_2) \quad (2.27)$$

$$w_{neto} = 6,62 \text{ Bar de sobrepresión} \frac{1 \text{ KPa}}{0,01 \text{ Bar de sobrepresión}} (1,137 - 0,05289) \frac{m^3}{Kg}$$

$$w_{neto} = 718,5 \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$$

Empleando la fórmula 25 se calcula el calor de entrada del ciclo.

$$q_{en} = \frac{718,5}{0,6504} = 1104,7 \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$$

El trabajo neto en un ciclo termodinámico es equivalente a la transferencia de calor neta, por lo tanto el balance de energía por unidad de masa para este ciclo está dado por:

$$w_{neto} = q_{en} - q_{sal} \quad (28)$$

Despejando el calor cedido q_{sal} se tiene:

$$q_{sal} = (1104,7 - 718,5) = 386,2 \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$$

Este proceso se divide en dos fases que son:

a) **Fase 2-3:** En esta fase la adición de calor a volumen constante ($v_2 = v_3$) hacia el fluido de trabajo se determina por:

$$q_{en}^* = C_v(T_3 - T_2) \quad (29)$$

b) **Fase 3-4:** La adición de calor a presión constante ($P_3 = P_4$) hacia el fluido de trabajo en esta fase esta dado por:

$$q_{en}^{**} = C_p(T_4 - T_3) \quad (30)$$

Para determinar la presión y temperatura en el punto 3, la adición de calor a volumen y a presión constante, se analizan los procesos siguientes.

2.7.1.3 Proceso 4-5. Expansión Isoentrópica de un gas ideal con calores específicos constantes.

La expansión Isoentrópica de un gas producido por la combustión empuja al pistón desde el PMS hacia el PMI generando trabajo. Los valores de presión y temperatura en este proceso se determinan con la ecuación de los gases ideales:

$$T_4 = T_5 \left(\frac{v_5}{v_4} \right)^{k-1} \quad (31)$$

$$P_5 = P_4 \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^k \quad (32)$$

Empleando la (Ec. 2.6) de relación de corte de admisión R_Q se calcula el volumen 4.

$$v_4 = R_Q \times v_3$$

$$v_4 = 2,15 \times 0,05289 = 0,1137 \left[\frac{m^3}{Kg} \right]$$

2.7.1.4 Proceso 5-1. Rechazo de calor a volumen constante (q_{sal}).

En este proceso se da la transferencia de calor del fluido de trabajo hacia el exterior, por lo tanto la cantidad de calor rechazada con suposiciones de calores específicos a volumen constante ($v_5 = v_1$) viene dada por:

$$q_{sal} = C_v(T_5 - T_1) \quad (33)$$

Donde:

$$C_v = 0,718 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ K} = \text{Calor específico a volumen constante.}$$

Despejando T_5 de la (Ec. 2.31) se tiene:

$$T_5 = \frac{386,2 \frac{KJ}{Kg}}{0,718 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ K}} + 294^\circ K = 831,8^\circ K$$

Mediante la (Ec. 2.31) se obtiene la temperatura en el punto 4.

$$T_4 = 831,8 \text{ } ^\circ\text{K} \left(\frac{1,137 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \right]}{0,1137 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \right]} \right)^{1,4-1} = 2089,5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Para el proceso 3-4 de adición de calor de un gas ideal a presión constante se tiene:

$$T_3 = T_4 \left(\frac{v_3}{v_4} \right) \quad (34)$$

$$T_3 = 2089,5 \text{ } ^\circ\text{K} \left(\frac{0,05289}{0,1137} \right) = 971,9 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Para la transformación 2-3 de adición de calor a volumen constante la presión máxima P_3 de este ciclo se calcula por:

$$\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2} \quad (35)$$

$$P_3 = 5090,8 \text{ KPa} \left(\frac{971,9 \text{ } ^\circ\text{K}}{938,2 \text{ } ^\circ\text{K}} \right) = 5273,5 \text{ [KPa]} = P_4$$

La presión en el punto 5 se calcula mediante la (Ec. 2.32).

$$P_5 = 5273,5 \text{ [KPa]} \left(\frac{0,1137}{1,137} \right)^{1,4} = 209,9 \text{ [KPa]}$$

Con los valores de temperatura del ciclo se calcula la aportación de calor ideales a volumen y presión constante con las (Ec. 2.29) y (Ec. 2.30) respectivamente.

$$q_{en}^* = 0,718 (938,2 - 971,9) = 24,8 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right]$$

$$q_{en}^{**} = 1,005 (2089,5 - 971,9) = 1123,2 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right]$$

2.8 REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA TERMODINÁMICO PARA EL CICLO DIESEL IDEAL DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Una vez obtenidos mediante calculo los valores de presión, volumen y temperatura en todos los puntos del ciclo termodinámico del motor diesel Kia Asia, se grafica los diagramas teóricos ideales de Presión-volumen (P-v) y Temperatura-entropía (T-s).

2.8.1 Diagrama Presión volumen (P-v).

Con los valores de volumen y presión resumidos en la (Tabla 2.5) se grafica el diagrama P-v mostrado en la (Fig. 2.16) en el cual se observan la presión máxima, la cantidad de calor aportada y rechazada del ciclo diesel ideal del motor Kia Asia.

Tabla 2. 5 Valores de Presión y Volumen Motor Diesel Kia Asia Hi-Topic

	Volumen $\frac{m^3}{kg}$	Presión (KPa)
Punto 1	1.137169811	74.2
Punto 2	0.052891619	5090.8
Punto 3	0.052891619	5273.5
Punto 4	0.113716981	5273.5
Punto 5	1.137169811	209.9

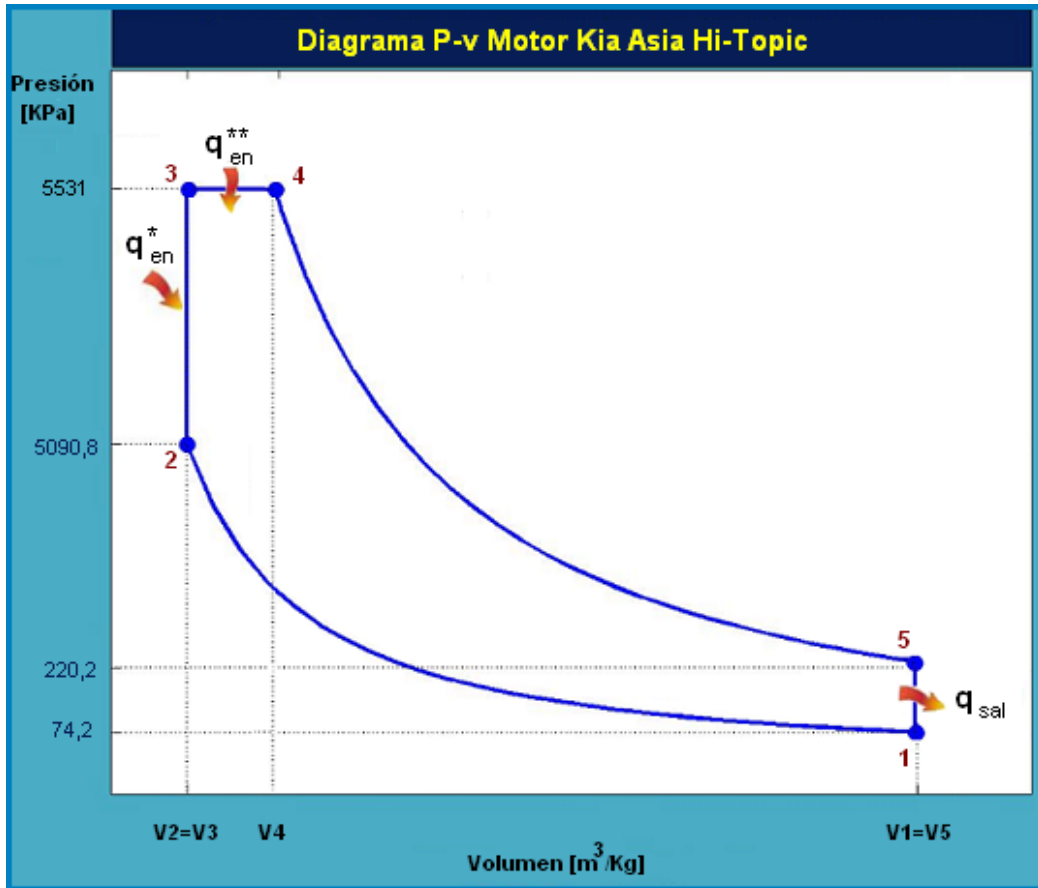


Fig. 2. 16 Diagrama Teórico de Presión Volumen Motor Kia Asia Hi-Topic

En el diagrama se observa la presión máxima de 5273,5 KPa donde se da inicio a la combustión, con una aportación de calor en la fase (2-3) a volumen constante de $24,8 \frac{KJ}{Kg}$ y en la fase (3-4) a presión constante de $1123,2 \frac{KJ}{Kg}$ y en el proceso (5-1) el rechazo de calor a volumen constante de $386,2 \frac{KJ}{Kg}$.

Para los motores diesel sin sobrealimentación la presión de compresión está entre valores de 50 a 60 bares, lo que indica que el motor Kia Asia se encuentra dentro del rango normal con 52,7 Bar.

2.8.2 Diagrama Temperatura-Entropía (T-s).

Los valores de entropía se obtuvieron mediante interpolación de la tabla A-17 de Termodinámica de CENGEL, a diferentes temperaturas de ciclo diesel ideal del motor Kia Asia, tomando en cuenta que en el diagrama T-s de la la entropía se mantiene constante en los procesos Isoentrópicos 1-2 y 4-5, resumidas en la siguiente tabla.

Tabla 2. 6 Valores de entropía y Temperatura en el ciclo Diesel ideal del Motor Kia Asia HI- TOPIC

Punto 1	294	1.68172
Punto 2	938.2	1.68172
Punto 3	971.9	2.93520
Punto 4	2089.5	3.91420
Punto 5	831.8	3.91420

En el siguiente diagrama se indican las variaciones de temperatura del ciclo diesel ideal del motor Kia Asia en donde la temperatura máxima de combustión adiabática es 2089,5 . Luego por efecto de la evacuación de los gases de escape esta desciende hasta los 830

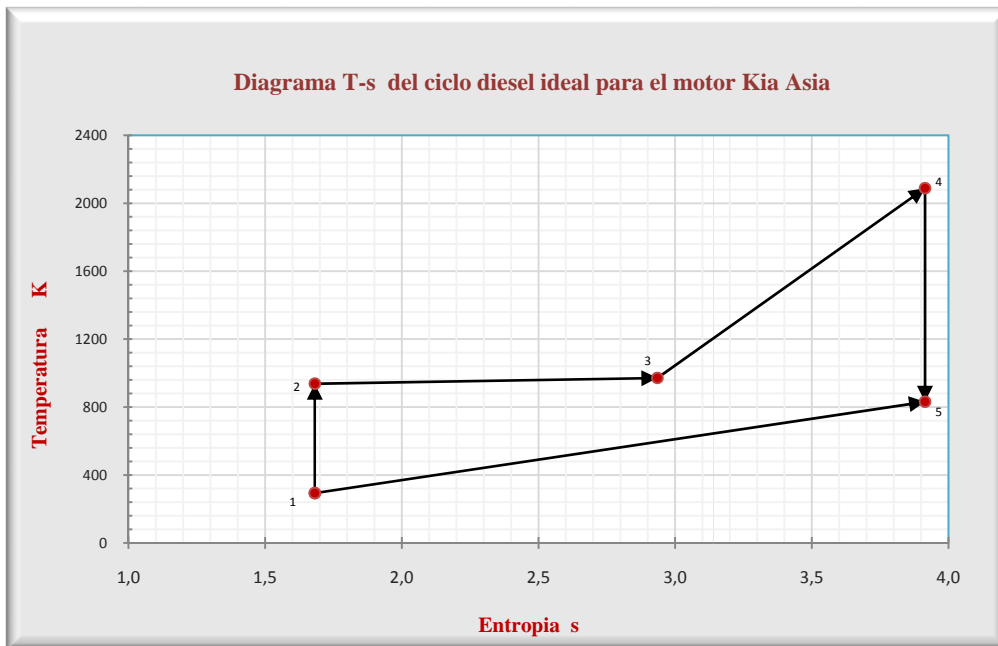


Fig. 2. 17 Diagrama Temperatura entropía (T-s) del Motor Diesel Kia Asia Hi-Topic.

CAPÍTULO 3

SELECCIÓN DEL TURBOCOMPRESOR PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC

Este capítulo está destinado al estudio del turbocompresor, tipos, aplicaciones, características principales y elementos constitutivos. Además se realizarán cálculos matemáticos y soporte técnico del turbocompresor para el diseño del sistema de sobrealimentación, las precauciones que se debe tomar para no elevar la relación de compresión y las adaptaciones que se deben realizar para determinar el tipo de turbo que cumpla con las características requeridas según los parámetros termodinámicos y mecánicos del motor diesel Kia Asia Hi-Topic.

3.1 LA SOBREALIMENTACIÓN.

La sobrealimentación de los motores de combustión (*Fig.3.1*) se da por la necesidad de aumentar la potencia sin modificar la cilindrada. Este aumento de potencia depende de la cantidad de combustible quemado en cada ciclo de trabajo y del número de revoluciones.

Se puede aumentar la cantidad de combustible, pero no se conseguirá aumentar la potencia si no existe aire suficiente para que se queme totalmente, por lo que sería necesario ingresar en el cilindro un volumen de aire mayor para garantizar la combustión completa.

En países situados a grandes altitudes existe la necesidad de compensar la disminución de la densidad del aire debido a la menor presión atmosférica, lo cual implica una menor cantidad de aire, la solución para esto sería la sobrealimentación del aire.



Fig. 3. 1 Motor sobrealimentado.

3.1.1 La Sobrealimentación en los Motores Diesel.

Al introducir un exceso de aire en el cilindro aumenta la compresión, facilitando el encendido y la combustión completa del combustible inyectado, aumentando la potencia del motor. Además, si ingresa aire a mayor presión ayudara también a la expulsión de los gases de escape y el llenado del cilindro con aire fresco, consiguiendo un aumento del rendimiento volumétrico del motor.

3.1.2 Formas de sobrealimentar.

En la práctica se utilizan dos formas de sobrealimentar a los motores (*Fig. 3.2*):

- a) Utilizando un compresor accionado mecánicamente desde el motor.
- b) Utilizando turbocompresores accionados por los gases de escape.

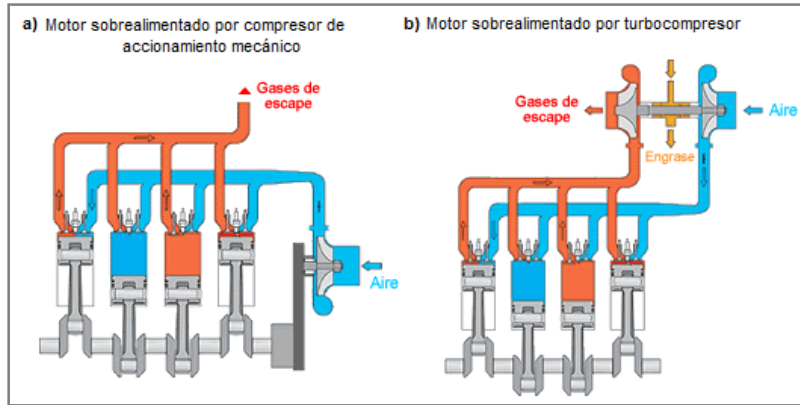


Fig. 3. 2 Mecanismos de sobrealimentación.

Para la sobrealimentación en los motores, los mejores resultados se obtienen con los turbocompresores ya que no consumen energía efectiva del motor, son de fácil montaje por ser pequeños en comparación a los compresores volumétricos, además gira a un número elevado de r.p.m. En la (Fig.3.3) se comparan dimensiones y peso de cada uno de los tipos de compresores donde se aprecia la ventaja del turbocompresor a la hora de acoplarlo al motor.

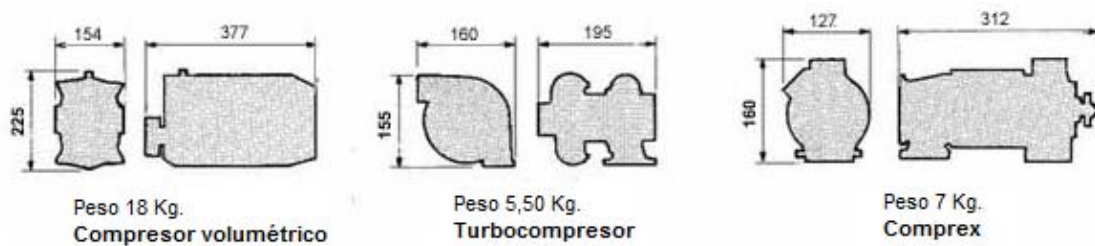


Fig. 3. 3 Comparación de dimensiones y pesos de los distintos tipos de compresores.

3.1.3 Tipos de Turbocompresores.

En el mercado automotriz existen varios tipos y marcas de turbocompresores, que se diferencian básicamente por su estructura que es lo que da sus características de funcionamiento, pero su finalidad es prácticamente la misma; entre los turbocompresores existentes se destacan los centrífugos (Fig. 3.4) y volumétricos por su fiabilidad, características técnicas y constructivas.

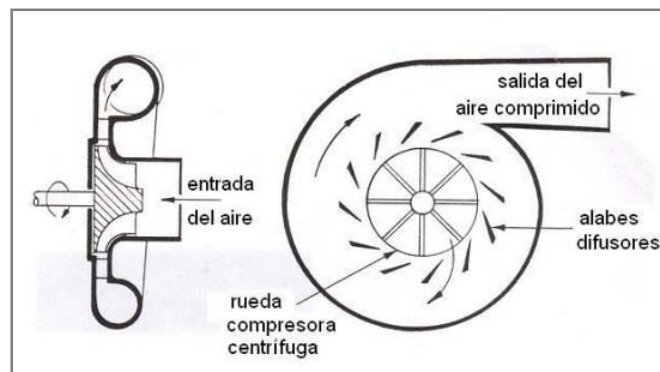


Fig. 3. 4 Turbocompresor centrífugo

3.1.3.1 Turbocompresores centrífugos.

Los turbo compresores centrífugos obtienen mejores rendimientos ya que no consumen energía efectiva del motor, estos pueden llegar a giros cercanos a las 100.000 r.p.m.

Dentro de los turbocompresores centrífugos están los de geometría fija con tiempo de respuesta demasiado largo y el de geometría variable que incorporan las últimas tecnologías con un tiempo de respuesta menor.

a) Turbos de geometría fija.

En estos turbos la disposición de los alabes de la turbina y el compresor son fijas, dispone de una válvula de descarga que evita caudales excesivos impidiendo que parte de los gases de escape atraviesen el turbo.

b) Turbos de geometría variable.

Consiste en un turbocompresor que tiene un mecanismo de álabes móviles que se abren y cierran haciendo variar la velocidad de los gases de escape al entrar en la turbina, a menor caudal (bajas revoluciones) se cierra el paso entre los álabes provocando que los gases aumenten la velocidad al entrar en la turbina, a mayor caudal (altas revoluciones) se necesita aumentar el paso y los alabes se abren permitiendo tener una presión de trabajo muy lineal en todo el régimen de trabajo del turbocompresor.

3.1.3.2 Compresores volumétricos.

Los compresores volumétricos son bombas de aire accionados por una correa, cadena o conjunto de engranajes, giran a una velocidad de 10.000 a 15.000 rpm, por lo tanto son más lentos que los turbocompresores. La presión de sobrealimentación está limitada por la velocidad del motor (no hace falta válvula de descarga como en los turbocompresores). Este mecanismo puede producir fácilmente un 50% más de potencia que los motores atmosféricos del mismo tamaño. Existen diferentes tipos de compresores volumétricos como:

a) Compresor Roots.

Este compresor más que comprimir el aire lo que hace es impulsarlo por medio de un par de rotores conectados a ruedas dentadas que giran a la misma velocidad pero en sentidos contrarios, bombean y comprimen el aire al mismo tiempo originando una presión relativamente baja. El rendimiento del compresor Roots (*Fig. 3.5*) no es muy alto y disminuye con el aumento de las rpm.

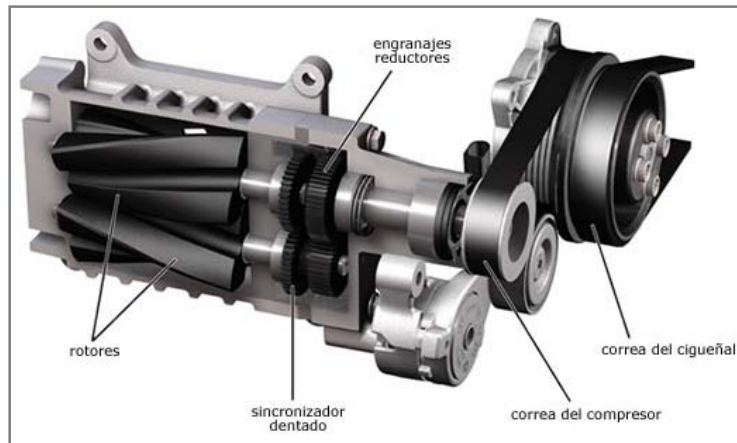


Fig. 3. 5 Compresor Roots

b) Compresor Lysholm

Compuesto por dos tornillos helicoidales que giran acoplados (*Fig.3.6*), donde el aire ingresa entre estos elementos que al girar disminuyen el volumen de aire y aumenta su presión. El rendimiento de este compresor es aproximadamente de un 80 %, el ajuste entre estos rotores no supera los 0,2 mm y giran hasta 12.000 rpm garantizando una sobrealimentación suficiente para aumentar el par en cualquier régimen.

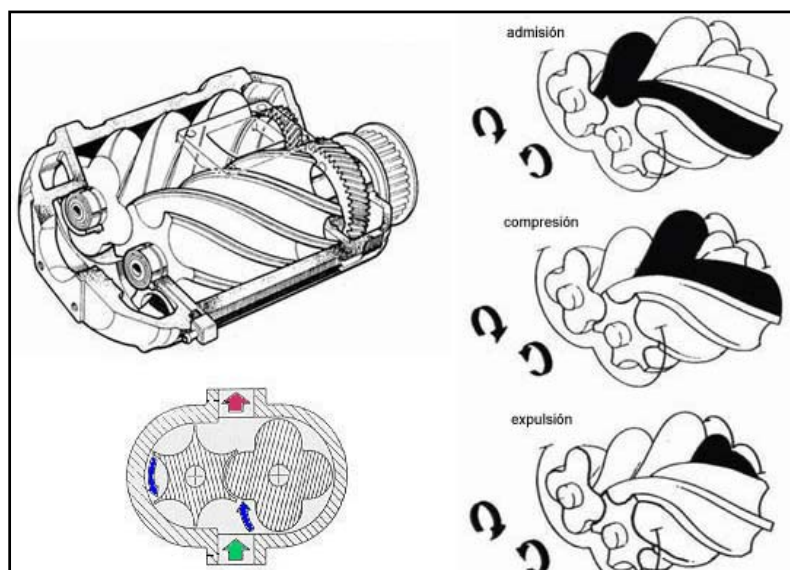


Fig. 3. 6 Compresor Lysholm

c) Compresor G:

En estos compresores la forma de sus cámaras es similar a la letra G (*Fig.3.7*). Los elementos alojados en su interior se deslizan con movimiento excéntrico, se caracteriza por tener un elemento desplazable dispuesto excéntricamente con una estructura en forma de espiral móvil en ambos lados, formando con las carcasas cámaras de volumen variable.

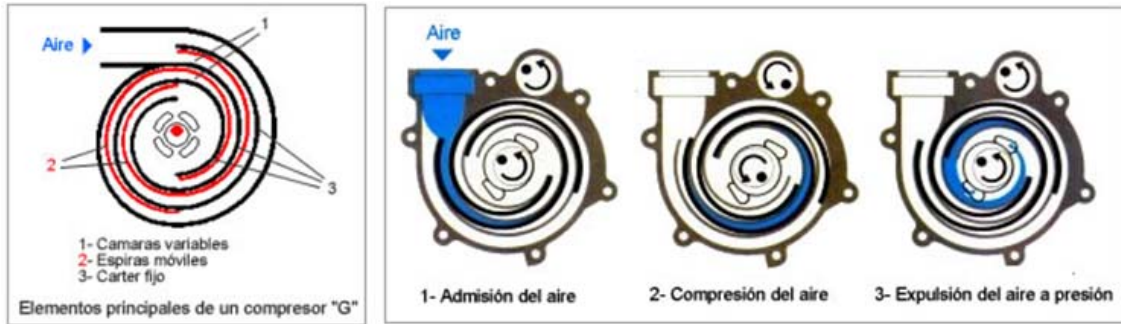


Fig. 3. 7 Compresor G

d) Compresor de onda de presión Complex.

El complex (*Fig.3.8*) aprovecha las ventajas del turbocompresor y del compresor volumétrico transfiriendo la energía entre los gases de escape y el aire de alimentación por medio de unas "ondas de presión" generadas entre las paredes radiales de un tambor, que gira en conexión directa con el cigüeñal.

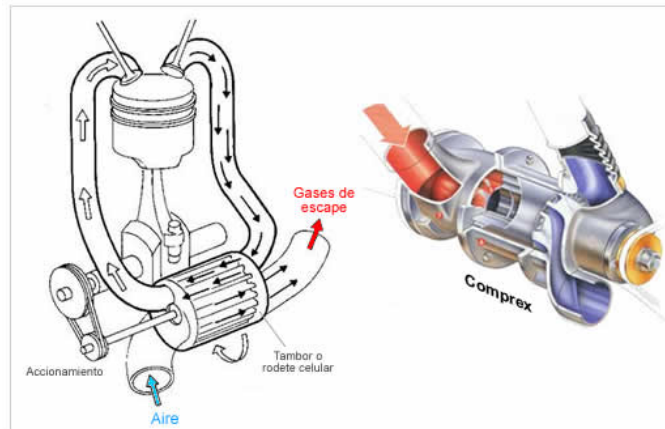


Fig. 3. 8 Compresor complex

Las desventajas de este sistema de sobrealimentación es que su precio es dos o tres veces mayor que el de un turbocompresor, es de gran tamaño y al ser accionado por el cigüeñal hace difícil su ubicación, presenta un silbido agudo durante las aceleraciones que lo hace molesto al oído humano. El contacto de los gases de escape con el aire de admisión provoca un aumento de la temperatura del aire que entra en los cilindros por lo que baja el rendimiento del motor.

3.2 TURBOCOMPRESOR.

Tiene como finalidad aprovechar la fuerza de la salida de los gases de escape para impulsar una turbina unida por un eje común al compresor, el cual está conectado a la entrada del colector de admisión, este eleva la presión del aire que entra a través del filtro mediante el movimiento giratorio que le transmite la turbina consiguiendo mejorar la alimentación del motor (*Fig. 3.5*).

El turbocompresor (*Fig. 3.9*) impulsado por los gases de escape alcanza velocidades por encima de las 100.000 rpm y temperaturas elevadas de alrededor de 750 °C, por lo tanto cuenta con un sistema de lubricación para los cojinetes donde se apoya el eje común de los rodets de la turbina y el compresor.

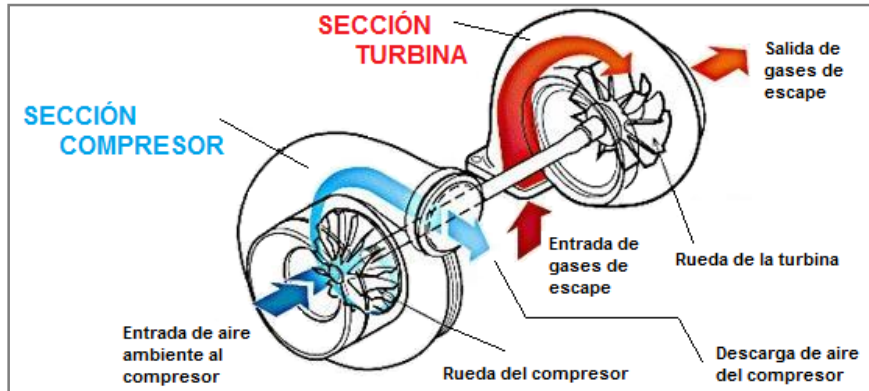


Fig. 3. 9 Disposición del Turbocompresor

3.2.1 Componentes Del Turbocompresor.

Los elementos principales (*Fig. 3.10*) que forman un turbo son: el eje común (3) que tiene en sus extremos los rodets de la turbina (2) y el compresor (1) este conjunto gira sobre los cojinetes, los cuales trabajan en condiciones extremas y dependen de un circuito de lubricación. Debido a que no existe límite en el giro de la turbina empujada por los gases de escape, es necesario colocar una válvula de descarga (4) que alivie la presión que alcanza el aire en el colector de admisión producto de la constante aceleración del turbo a medida que el motor aumenta su velocidad.

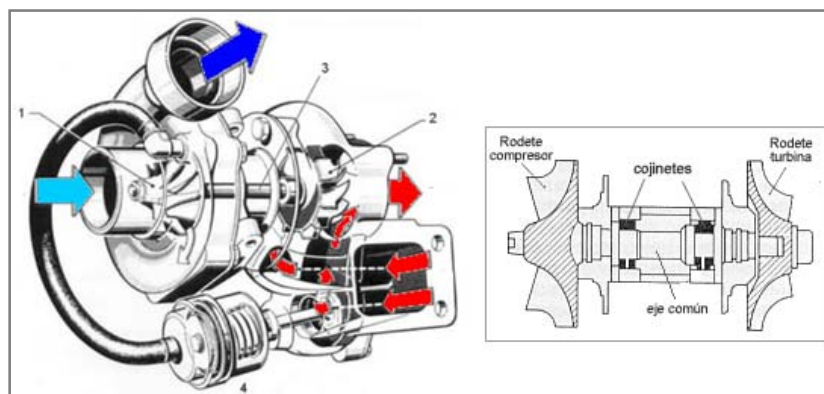


Fig. 3. 10 Componentes del Turbocompresor

3.2.2 Ciclos de funcionamiento del turbocompresor.

a) *Funcionamiento a ralentí y carga parcial inferior:*

En estas condiciones la turbina es impulsada por la baja energía de los gases de escape, y el aire fresco aspirado por los cilindros no se comprime, por lo tanto no funciona el turbocompresor.

b) Funcionamiento a carga parcial media:

Se impulsa la turbina a un régimen de revoluciones más elevado, el aire fresco aspirado por el compresor es comprimido y conducido hacia los cilindros a una presión ligeramente superior a la atmosférica, entrando en funcionamiento el turbocompresor como un turbocargador de aire fresco.

c) Funcionamiento a carga parcial superior y plena carga:

En esta fase continúa aumentando la energía de los gases de escape sobre la turbina provocando que la válvula de descarga se abra parcialmente para evacuar parte de los gases directamente al tubo de escape para que al aumentar las r.p.m. del motor no ingrese el aire con excesiva presión al colector de admisión, el aire fresco aspirado es comprimido hasta una presión máxima de 0,9 bares en los turbos normales y de 1,2 bares en los de geometría variable.

3.2.3 Regulación de la presión del turbo.

Para evitar el aumento excesivo de las rpm en la turbina y compresor debido a la mayor presión de los gases producidas por la aceleración del motor, por lo que se necesita instalar una válvula de alivio (descarga) que envíe parte de los gases directamente a la salida del escape sin pasar por la turbina evitando la sobre revolución de la misma. La válvula de descarga (*Fig. 3.11*) está compuesta por un muelle (3), una cámara de presión (7), un diafragma (2) y el vástago de la válvula (4). El lado opuesto del diafragma está condicionado por la presión del colector de admisión y conectado al mismo (1). Cuando la presión del colector de admisión supera el valor máximo de seguridad, presiona la membrana y comprime el muelle de la válvula y la abre para permitir el paso de una parte de los gases hacia el escape pasando por el bypass (6) hasta que la presión de alimentación descienda y la válvula se cierre estabilizando la velocidad de la turbina.

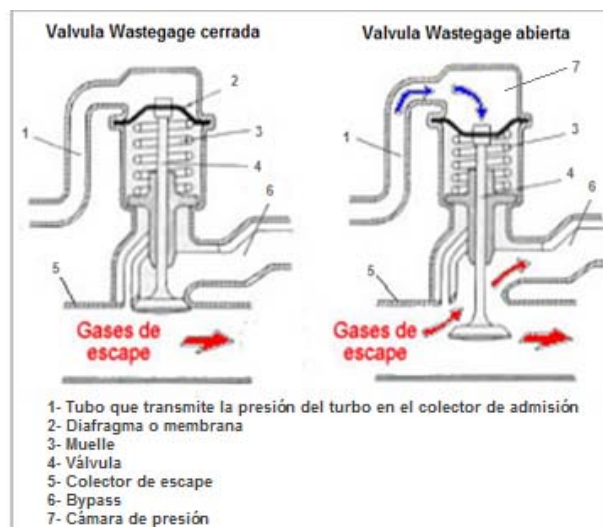


Fig. 3. 11 Funcionamiento de la Válvula de descarga

3.2.4 Sistema de sobrealimentación con “turbo-intercooler”.

Cuando se tienen relaciones de compresión elevadas como en los motores diesel es necesario bajar la temperatura del aire, esto se consigue instalando un enfriador (Intercooler) ubicado a la salida del compresor como se muestra en la (Fig. 3.12).

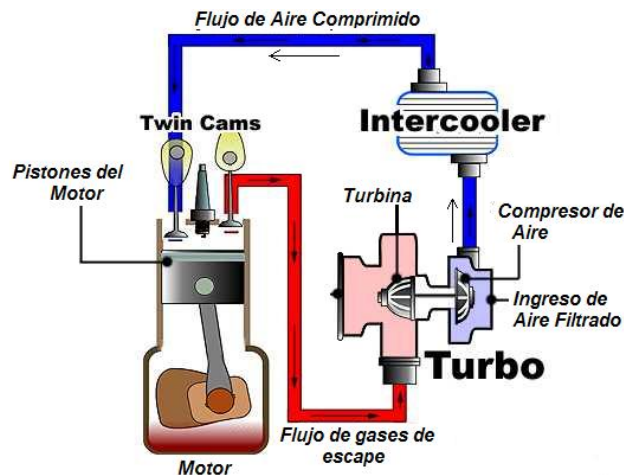


Fig. 3. 12 Disposición del intercooler en el sistema sobrealimentado.

3.2.4.1 Intercooler.

El intercooler (Fig. 3.13) es un intercambiador de calor ubicado entre el turbocompresor y el colector de admisión, en el cual se enfría el aire que sale del turbo antes de ingresar a los cilindros del motor, disminuyendo la densidad de éste y permitiendo que para el mismo volumen se puede introducir una mayor masa de aire y mejorar el rendimiento del motor.



Fig. 3. 13 Intercooler.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE UN TURBOCOMPRESOR.

Uno de los parámetros importantes para la selección de un turbo para sobrealimentar a un motor es la relación A/R que describe la característica geométrica del turbocompresor (capacidad de flujo debido al tamaño de la turbina). Esta relación es la que existe entre el área de la entrada de los gases de escape en el caracol y el radio medido desde el centro del eje de la turbina hasta el centro de la boca de entrada como se indica en la (Fig. 3.14).

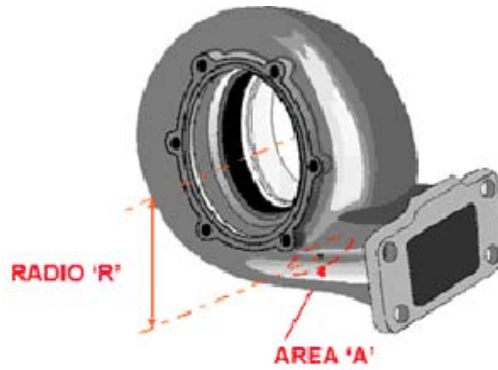


Fig. 3.14 Relación A/R

El área A determina la velocidad con la que los gases de escape ingresan a la voluta de la turbina, girando los alabes de esta. Una relación A/R pequeña indica un turbo de menor tamaño, siendo suficiente para sobrealimentar el motor a bajas revoluciones, pero para altas revoluciones el caudal del turbo sería insuficiente, por lo tanto mientras más grande es el motor a sobrealimentar, mayor debe ser la relación A/R.

Se debe evitar una relación A/R demasiado baja porque reduciría la vida útil del compresor debido a que giraría a velocidades por encima de la máxima recomendada, el objetivo es llegar a un equilibrio entre la eficiencia del compresor y la relación A/R de la turbina de escape logrando minimizar el tiempo de respuesta del turbo.

El Trim (Fig. 3.15) es otro parámetro que se utiliza para seleccionar la turbina y el compresor el cual relaciona los diámetros de ingreso (D_i) y salida (D_e) de los gases de los rodets, a medida que el Trim se incrementa el rodete puede soportar más flujo de aire en el caso del compresor, o de gas para la turbina, aumentando su diámetro.

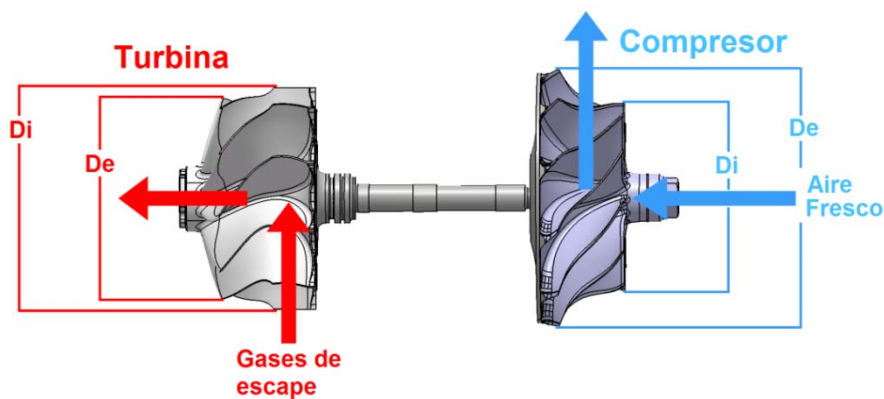


Fig. 3.15 Trim de la turbina y compresor

El Trim puede tomar valores entre 0 y 100 y se determina por:

$$Trim_{turb} = \frac{(D_e)^2}{(D_i)^2} \cdot 100$$

$$Trim_{comp} = \frac{(D_i)^2}{(D_e)^2} \cdot 100$$

3.3.1 Curvas de Funcionamiento del Turbocompresor.

El turbocompresor se define por el caudal de aire que necesita el motor y la relación de presión, los fabricantes de los turbocompresores son los que proporcionan y especifican las características funcionales de caudal, presión, rendimiento y velocidades.

Las curvas de funcionamiento describen como estimar los valores de la relación de presión y del flujo de aire necesario para el tipo de motor y turbocompresor que se requiere (Fig. 3.16).

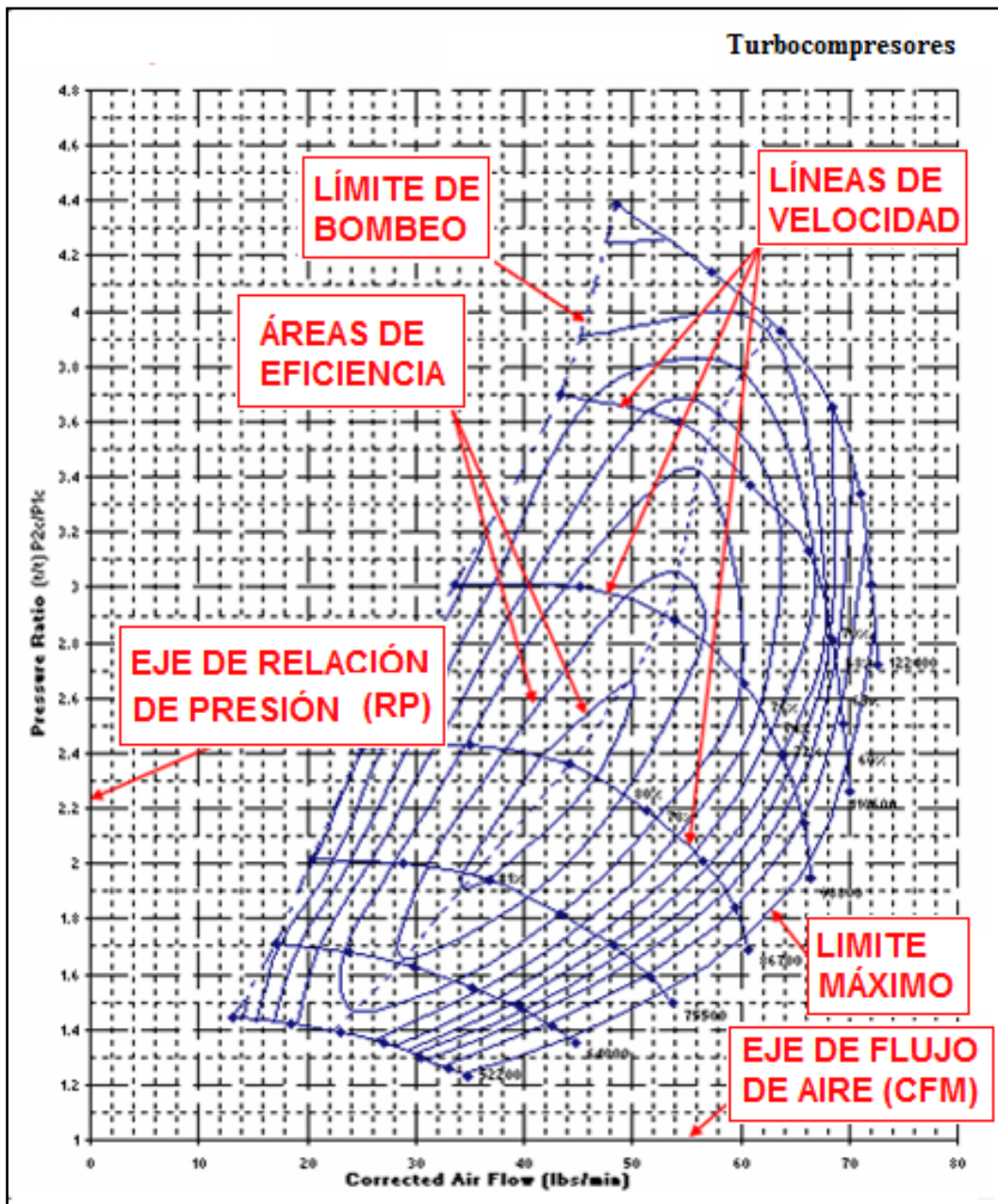


Fig. 3. 16 Curvas de funcionamiento del turbocompresor.

3.3.1.1 Límite de Bombeo.

En la parte izquierda de la línea de límite bombeo de las curvas de funcionamiento del turbo representa una región de inestabilidad de flujo caracterizada por fluctuaciones en la presión. La operación continua en esta zona, puede llevar a la falla prematura del turbo debido al exceso de carga sobre el mismo, por lo cual no se recomienda que este trabaje en esta región indicando que se debe escoger la curva de otro turbocompresor.

Existen dos situaciones referentes a esta línea; la primera es cuando no hay suficiente flujo de presión (con carga), indicando que el compresor es demasiado grande para el motor; la segunda es cuando se suelta rápidamente el acelerador luego de que el turbo está funcionando, el caudal másico es reducido drásticamente al cerrar la mariposa, pero este todavía está embaldado y generando presión, lo cual lleva inmediatamente a operar al turbo en el extremo izquierdo del diagrama de la línea de bombeo. El turbo se ira de esta zona, cuando la velocidad de rotación del mismo disminuya lo suficientemente para bajar la presión y pasar a la zona de trabajo estable.

3.3.1.2 Línea de estrangulación o límite máximo.

Es la línea que delimita la parte derecha del diagrama define el punto donde la eficiencia es menor recomendando que no se debe trabajar en esta zona ya que la velocidad de giro del turbo se aproxima a la máxima admisible. Si los parámetros de operación se encuentran más allá de este límite se necesitará seleccionar un turbo mas grande.

3.3.1.3 Líneas de velocidad del turbocompresor.

Indican las velocidades de giro en el eje del turbo, cuando esta aumenta, la relación de presiones y el caudal másico también se incrementan, moviéndose el punto de funcionamiento del turbo al extremo derecho del diagrama (límite máximo).

3.3.1.4 Zona de Eficiencia.

Son las regiones concéntricas del diagrama que representan la eficiencia del turbocompresor en el punto de funcionamiento. La zona central del diagrama indica la mayor eficiencia, a medida que las curvas alejan de este, la eficiencia disminuye hasta llegar a las líneas de estrangulación y bombeo, el turbocompresor está diseñado para operar en la zona de máxima eficiencia.

3.4 ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DEL TURBOCOMPRESOR.

En los motores diesel se emplea la sobrealimentación para mejorar el rendimiento y aumentar la potencia manteniendo la misma cilindrada, además para compensar la falta de aire en los

motores que trabajan a alturas considerables, la potencia de estos motores se reduce al menos un 40 % de la nominal en ciudades situadas cerca de los 3000 msnm, por esta razón surge la necesidad de adaptar un turbocompresor a los motores Diesel para mantenerlo dentro de los rangos de potencia nominales.

3.4.1 Consideración para la selección del turbocompresor.

Con la adecuada selección del turbocompresor, es posible aumentar la potencia hasta un 15%, el objetivo consistirá en elegir un grupo sobrealimentador adecuado, que se adapte correctamente al motor y que permita realizar las modificaciones para su montaje, lo cual evitará el sobrecalentamiento del motor y tener presiones excesivas en la cámara de combustión disminuyendo la vida útil del motor.

3.4.2 Rangos de sobrealimentación.

Los fabricantes de turbos indican un rango de presión de salida de aire del compresor P_{1T} (Tabla 3.1), para el motor Kia Asia se toma el rango de sobrealimentación medio entre 7 y 12 psi, a este valor se suma la presión atmosférica a la altura de 2543 msnm de 10.76 psi (0,742 bar).

Tabla 3.1 Rangos de Sobrealimentación¹

Rango de sobrealimentación	Presión de sobrealimentación [PSI]
Bajo	menor a 7
Medio	entre 7 y 12
Alto	entre 12 y 20
Extremo	más de 20

3.4.3 Relación de Presión.

Es la relación de presiones entre la salida del aire del compresor (P_{1T}) y la entrada de aire al compresor (P_1), y está dada por:

$$RP = \frac{P_{1T}}{P_1} \quad (3.1)$$

¹ Morales Gonzales, Michael Alejandro. Tesis: “Selección de un turbocompresor para un motor atmosférico de 1600 cm³, con aplicación y pruebas de campo en un vehículo para ecotech servicio automotriz”. Pág. 51

Debido a las pérdidas de presión causadas por el filtro de aire y los conductos de admisión, la presión atmosférica sufre una disminución de 1 psi (0,0689 bares)² en la presión de entrada del aire al compresor, por lo tanto P_1 es:

$$P_1 = (10.76 - 1) \text{ psi} = 9.76 [\text{psi}] \approx 0.6731 [\text{bar}]$$

Considerando el valor máximo de presión del turbo compresor $P_{1T} = 12 \text{ psi}$, se tiene que la relación de presión es:

$$RP = \frac{12 + 10,76}{9,76} = 2,33$$

3.4.4 Flujo de aire necesario (FAM).

Es la masa de aire que necesita el motor para garantizar una combustión completa, y se determina por:

$$FAM = P_i \times Relacion_{A/C} \times b \quad (3.2)$$

Donde:

FAM = Flujo de aire necesario (lb/min)

P_i = Potencia indicada del motor = 55,87 HP

$R_{A/C}$ = 14.28 = Relación estequiométrica Aire/ Combustible.

b = Consumo específico del combustible = 0,0086641 [$lb/HP \cdot min$]

Reemplazado en la ecuación anterior se tiene el valor del flujo másico de aire que se utilizara para la ubicación en el diagrama y poder seleccionar el turbocompresor:

$$FAM = 55,87 \text{ HP} \times 14.28 \times 0,0084434 \frac{lb}{HP \cdot min} = 6.73 \left[\frac{lb}{min} \right]$$

3.4.5 Presión en el múltiple de admisión (Map).

Es la presión absoluta en el múltiple de admisión del motor y se expresa por:

$$Map = \frac{FAM \times R \times (460 + T_1)}{\eta_V \times \left(\frac{\eta}{2}\right) \times V_H} \quad (3.3)$$

Donde:

² Correa Barzallo, Luciano. Tesis: Implementación de un sistema de sobrealimentación en un motor Volkswagen con sistema de inyección electrónica MPFI.pdf. Capitulo 3, Pág. 18.

$n = \text{Numero de revoluciones} = 2736 \text{ rpm}$
 $V_H = \text{Cilindrada total} = 164,86077 \text{ in}^3$
 $\eta_V = \text{Rendimiento volumetrico} = 0,73$
 $R = \text{Constante de los gases ideales} = 639,6^3$
 $T_1 = \text{Temperatura de admision} = 69.8 \text{ }^\circ\text{F}$

Reemplazando en la (Ec. 3.3) se tiene:

$$Map = \frac{6,73 \left[\frac{\text{lb}}{\text{min}} \right] \times 639,6 \times (460 + 69.8 \text{ }^\circ\text{F})}{0,723 \times \left(\frac{2736 \text{ rpm}}{2} \right) \times 164,86077 \text{ in}^3} = 15,35 \text{ psi} \approx 1,05 \text{ bar}$$

Es necesario recalcular la relación de presión suponiendo que el motor dispone del sistema de sobrealimentación, para esto se considera las pérdidas de presión (Δp) entre el compresor y el colector de admisión producida en el conducto por su recorrido y curvaturas que restringen el paso del aire, esta caída de presión están en un rango de 1 a 2 psi⁴.

Para determinar la presión de aire de admisión con sistema de sobrealimentación (P_{1T}) se debe sumar la presión en el múltiple de admisión (Map) y la pérdida de presión en el sistema Δp tomando un valor de 1 psi.

$$P_{1T} = Map + \Delta p \quad (3.4)$$

$$P_{1T} = (15,35 + 1) = 16,35 \text{ psi} \approx 1,13 \text{ bar}$$

La presión de entrada de aire al compresor (P_1) no varía debido a que no se modifica las condiciones iniciales de trabajo del motor, el nuevo valor de la relación de presión para el motor sobrealimentado RP_T es:

$$RP_T = \frac{16,35}{9,7618} = 1,7$$

3.4.6 Temperatura de Admisión con el Turbocompresor.

El turbocompresor a más de aumentar la presión del aire que ingresa al múltiple de admisión, se incrementa también su temperatura debido a que el compresor se calienta por los gases de escape que pasan por la turbina.

Con el turbocompresor se tiene una presión de admisión $P_{1T} = 16,35 \text{ psi}$ y una temperatura de admisión T_{1T} que servirá para el cálculo termodinámico del motor sobrealimentado, la cual se determina por:

³ http://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/tech_center/turbo_tech103.html

⁴ http://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/tech_center/turbo_tech103.html

$$T_{1T} = \left(\frac{P_{1T}}{P_1}\right)^{1-\left(\frac{1}{R_{PT}}\right)} \times T_1 \quad (3.5)$$

$$T_{1T} = \left(\frac{16,35}{9,7816}\right)^{1-\frac{1}{1,4}} \times 294^\circ K = 321,5 [^\circ K] \approx 48,5 [^\circ C]$$

3.5 CÁLCULOS DEL MOTOR KIA ASIA CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.

Por la sobrealimentación al motor se mejora su rendimiento incrementando la potencia de este sin aumentar el caudal de combustible suministrado por la bomba de inyección, ni modificar las toberas de los inyectores, es decir que con el mismo caudal se aumenta la potencia y se reduce el consumo de combustible.

Se debe considerar la variación de la relación de compresión, la presión media efectiva y el volumen de la cámara, para evitar riesgos de aumento de temperatura en el motor debido a la sobrealimentación dada por la adaptación del turbocompresor.

3.5.1 Variación de la Relación de Compresión (R_{CT}).

Con el sistema de sobrealimentación se incrementa la presión media efectiva que actúa sobre el pistón y por lo tanto la relación de compresión, siendo indispensable disminuir este valor para que no aumente en exceso la presión final de compresión, obteniéndose una mayor curva del par y potencia sin afectar los elementos internos del motor.

Se debe calcular la presión de compresión (P_C) con motor estándar y con turbocompresor para comparar la variación de estos valores y determinar la relación de compresión (R_C) adecuada para el motor sobrealimentado.

En la (Tabla 3.2) se indican valores de presión de compresión y temperaturas a diferentes R_C .

Tabla 3.2 Valores de presión de compresión y temperatura a diferentes R_C .

Relación de Compresión	Temperatura [°C]	Presión de compresión [bar]
12	665	27
14	700	33
16	731	40
18	759	46
20	786	54
22	810	60

La presión de compresión con motor estándar y sobrealimentado (P_{CT}) considerando la R_C original se determinan por:

$$P_C = P_{@2543 \text{ msnm}} \times R_c^\alpha \text{ [bar]} \quad (3.6)$$

$$P_C = 0,742 \times 21,5^{1,4} = 54,427 \text{ [bar]} \approx 789,406 \text{ [psi]}$$

$$P_{CT} = P_{1T} \times R_c^\alpha \text{ [bar]}$$

$$P_{CT} = 1,1278 \times 21,5^{1,4} = 82,7 \text{ [bar]} \approx 1200 \text{ [psi]}$$

Existe un incremento del 52 % en la presión de compresión, el aumento de potencia con una alta relación de compresión producida por la sobrealimentación no es favorable para los elementos internos del motor, por lo tanto se debe calcular una nueva relación de compresión en el motor turboalimentado para evitar daños en este, utilizando la presión de compresión del motor estándar como si fuera la presión de compresión con turbo.

$$R_{CT} = \left(\frac{P_{CT}}{P_{1T}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (3.7)$$

$$R_{CT} = \left(\frac{54,427}{1,1278} \right)^{\frac{1}{1,4}} = 18,65:1$$

3.5.2 Análisis del espesor del empaque del cabezote.

Es posible obtener en forma práctica el valor de R_{CT} , aumentando el volumen de la cámara de compresión, una forma efectiva de lograrlo es incrementando el espesor del empaque del cabezote, para ello se debe calcular el incremento de volumen “z” en la cámara con la nueva relación de compresión.

$$z = \frac{V_u - (R_{CT} - 1) \times V_C}{R_{CT} - 1} \quad (3.8)$$

$$z = \frac{675,40 \text{ cm}^3 - (18,65 - 1) \times 32,95 \text{ cm}^3}{(18,65 - 1)} = 5,33 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Luego se determinara la altura “H” que se debe aumentar en el cabezote para poder reducir la relación de compresión (R_{CT}) al valor de 18,65:1.

$$H = z \times \frac{4}{\pi d^2}$$

$$H = 5,33 \text{ cm}^3 \times \frac{4}{\pi (9,2 \text{ cm})^2} = 0,08 \text{ cm}$$

La altura a aumentarse es de 0,8 mm, por lo tanto se debe colocar un empaque de mayor espesor o uno más de 1 mm en el cabezote del motor.

3.5.3 Cálculo del volumen de la cámara de combustión (V_{cT}).

Como consecuencia de la disminución del valor de la Relación de Compresión y la variación del espesor del empaque del cabezote se produce un aumento del volumen de la cámara de combustión, con el que el motor funcionara una vez implementado el sistema de sobrealimentación, la cual se determina por:

$$V_{cT} = \frac{V_u}{R_{cT} - 1} \quad (3.9)$$

$$V_{cT} = \frac{675,40 \text{ cm}^3}{18,65 - 1} = 38,27 [\text{cm}^3]$$

3.5.4 Cálculos de la potencia indicada (P_{iT}) y de la presión media indicada (p_{iT}) con turbocompresor.

Se debe tener en cuenta que la potencia y el par se incrementan por el aumento del volumen de aire que ingresan a los cilindros garantizando una mejor combustión, esto sucede alrededor de las 1000 revoluciones que es cuando el turbo comienza a funcionar.

Con la implementación del sistema de sobrealimentación, el objetivo es aumentar un 15% la potencia indicada del motor estándar, obteniéndose el siguiente valor:

$$P_{iT} = 1,15(P_i) = 48,59 [\text{Kw}]$$

Debido a que la presión del gas en el cilindro varía durante el ciclo de trabajo, se debe calcular el valor de la presión media indicada utilizando la ecuación 2.10:

$$p_{iT} = \frac{P_{iT} \times 900}{V_u \times \eta} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$p_{iT} = \frac{62,85 \text{ Cv} \times 900}{0,67540 \text{ L} \times 2736 \text{ rpm}} = 30,61 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

3.5.5 Cálculo de la presión media efectiva (PME_T).

Se calcula la presión media efectiva, con el fin de establecer el valor de empuje de los gases durante la combustión y la expansión cuando el sistema de sobrealimentación se encuentra en funcionamiento se tiene:

$$PME_T = \frac{P_{iT} \times 1200}{V_H \times \eta} \quad [\text{Bar de sobrepresion}] \quad (3.10)$$

$$PME_T = \frac{48,59 \text{ Kw} \times 1200}{2,701 \text{ L} \times 2736 \text{ rpm}} = 7,89 \text{ [Bar de sobrepresion]}$$

3.5.6 Cálculo del par motor (M_{m_T}) y potencia efectiva (P_{e_T}).

El par motor con el turbocompresor se calcula también con un aumento del 15% del valor del motor estándar.

$$M_{m_T} = 1,15 M_m = 167,23 \text{ [Nm]}$$

Considerando el mismo régimen de giro del motor, en el cual se obtuvo el par motor máximo, se calcula la potencia efectiva:

$$P_{e_T} = \frac{M_{m_T} \times \eta}{9550} \quad (3.11)$$

$$P_{e_T} = \frac{167,23 \times 2200}{9550} = 38,52 \text{ [Kw]}$$

3.5.7 Análisis del rendimiento del motor con el turbocompresor.

El rendimiento mecánico no varía, debido a que es una relación entre potencia efectiva y la potencia indicada, como ambos valores se incrementaron un 15% no afectara el resultado.

El rendimiento termodinámico con motor sobrealimentado varía ya que depende de la relación de compresión, y para su cálculo se debe determinar la nueva relación de combustión utilizando la ecuación 2.20.

$$R_Q = 0,1 \times 18,65 = 1,865$$

$$\eta_{t, Diesel} = 1 - \frac{1}{18,65^{1,4-1}} \left[\frac{1,865^{1,4} - 1}{1,4(1,865 - 1)} \right] = 0,643$$

Comparando con el rendimiento termodinámico obtenido con el motor estándar de 65,04% se tiene una variación mínima con la sobrealimentación, debido a que se disminuye la relación de compresión, por lo tanto el rendimiento total no variará considerablemente.

3.5.8 Análisis Termodinámicos para el motor Kia Asia con Turbocompresor.

Se debe realizar el análisis termodinámico con los nuevos valores de presión y temperatura de admisión, presión media efectiva y rendimiento térmico obtenido anteriormente para graficar el

diagrama P-v y T-s ideal con motor sobrealimentado. Los cálculos termodinámicos se resumen en la (Tabla 3.3) utilizando las formulas del capítulo 2.

Tabla 3. 3 Valores termodinámicos del motor Kia Asia con sobrealimentación

	Presión (Bar)	Temperatura (°K)	Calor aportado (KJ/Kg)	Calor cedido (KJ/Kg)	Trabajo Neto (KJ/Kg)
Punto 1	112.78	321.55	-	-	848.73
Punto 2	6250.80	955.72	1319.84	-	
Punto 3	8613.24	1316.91		-	
Punto 4	8613.24	2455.70		471.06	
Punto 5	342.90	977.63	-	-	

El nuevo diagrama P-v para el motor con turbocompresor se grafican utilizan los valores de la tabla anterior (Fig. 3.17):

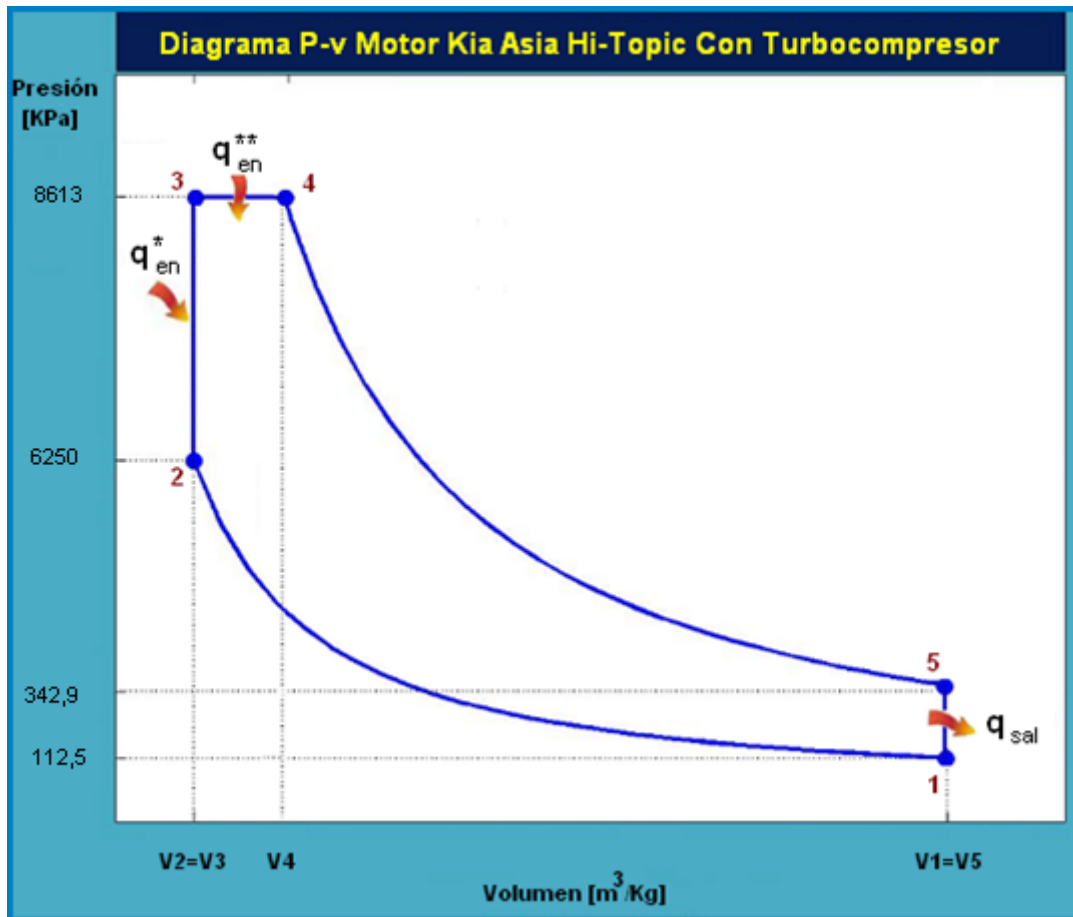


Fig. 3. 17 Diagrama P-v del motor con turbocompresor.

Al aumentar la potencia del motor mediante la sobrealimentación, el valor de las presiones y temperaturas en algunos puntos del ciclo termodinámico aumentan en comparación con los obtenidos en el motor estándar, en los puntos más calientes de presión y temperatura de

combustión es necesario que sus valores se mantengan o disminuyan como la relación de compresión para evitar fallas en el funcionamiento del motor y garantizar la vida útil del mismo.

El incremento de la temperatura del aire de admisión y la presión de compresión, indica la necesidad de implementar un sistema adicional que permita enfriar el aire para disminuir su temperatura al ingreso del colector por medio de un intercambiador de calor llamado Intercooler.

3.6 IMPLEMENTACIÓN DEL INTERCOOLER.

El sistema Intercooler consiste en un intercambiador de calor en el que ingresa el aire que sale del turbocompresor para enfriarlo antes de introducirlo en los cilindros del motor. Al disminuir la temperatura del aire también disminuye su densidad lo que permite introducir para un mismo volumen del cilindro mayor masa de aire para mejorar la combustión y el rendimiento del motor.

En el caso del turbo los gases salen a un temperatura de 90-120°C. Este calentamiento hace que los gases aumenten su densidad, con lo que la masa de oxígeno por unidad de volumen disminuye, provocando que la eficiencia volumétrica del motor disminuya al igual que la potencia de este, ya que hay menos oxígeno para la combustión.

El Intercooler produce una ganancia de potencia de alrededor del 10 al 15%, respecto a un motor sobrealimentado sin Intercooler. En la (Fig. 3.18) se indica la disposición del Intercooler adaptado al motor.

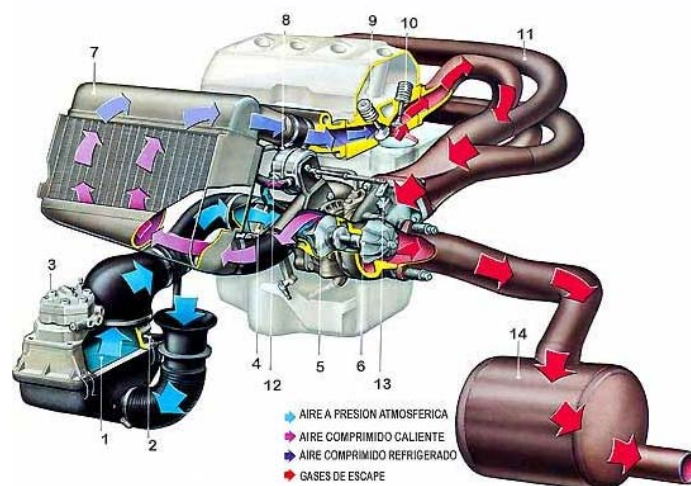


Fig. 3. 18 Sistema de refrigeración Intercooler

Es importante determinar teóricamente el valor de la temperatura del aire de admisión con el sistema de refrigeración del aire, y realizar un nuevo análisis termodinámico para garantizar un correcto funcionamiento del motor sobrealimentado.

3.6.1 Valor de refrigeración del Intercooler (ΔT).

En el Intercooler existe un parámetro denominado grado de intercambio de calor “ Φ ”, que relaciona la refrigeración del aire de admisión con la variación de la temperatura.

En motores diesel el valor del grado de intercambio de calor está entre los valores de 0,6 a 0,90. Su ecuación depende de las temperaturas de entrada del Intercooler (T_{1T}) y del aire que atraviesa el intercambiador de calor (T_a).

$$\phi = \frac{T_{1T} - \Delta T}{T_{1T} - T_a} \quad (3.12)$$

Despejando ΔT de la ecuación anterior tenemos:

$$\Delta T = T_{1T} - \phi (T_{1T} - T_a)$$

$$\Delta T = 48,5^\circ\text{C} - 0,85 (48,5^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) = 22,6^\circ\text{C}$$

Según el resultado obtenido el Intercooler debe tener la capacidad de refrigerar el aire hasta 23°C .

3.6.2 Cálculo de la Temperatura de Salida del Intercambiador de Calor.

Para calcular la temperatura de salida del aire del intercambiador de calor T_S se obtiene restando a la temperatura a la entrada del Intercooler T_{1T} el valor de refrigeración ΔT .

$$T_S = T_{1T} - \Delta T \quad (3.13)$$

$$T_S = (48,5 - 22,6)^\circ\text{C} = 25,97^\circ\text{C}$$

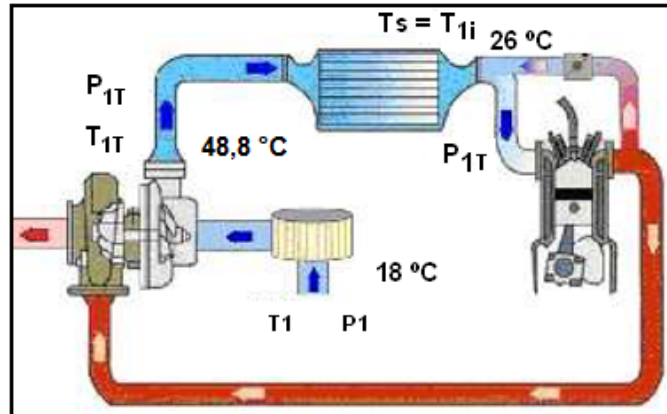


Fig. 3. 19 Refrigeración del Intercooler

La refrigeración del aire comprimido se da por el flujo de aire que corre por los paneles del mismo. Es por esto que la ubicación del Intercooler es generalmente en la parte delantera del motor donde se tiene una mejor eficiencia debido al mayor flujo de aire.

3.6.3 Cálculos termodinámicos del motor con sistema turbo-Intercooler.

Los nuevos valores de presión, temperatura, entropía, trabajo neto, calor aportado y cedido del ciclo termodinámico para el motor con turbocompresor y sistema de refrigeración del aire de admisión se realizan de igual forma que el sistema sin Intercooler los cuales se indican en la (Tabla 3.4).

Tabla 3. 4 Valores termodinámicos del motor Kia Asia con sistema turbo-Intercooler

	Presión (Bar)	Temperatura (*K)	Calor aportado (KJ/Kg)	Calor cedido (KJ/Kg)	Trabajo Neto (KJ/Kg)
Punto 1	112.78	298.97	-	-	848.78
Punto 2	6374.07	906.11	1321.67	-	
Punto 3	9074.02	1289.93		-	
Punto 4	9074.02	2405.38		472.89	
Punto 5	361.24	957.60	-		

El diagrama P-v para el motor Kia Asia con sistema turbo-Intercooler se grafican utilizando los valores de la tabla anterior (Fig. 3.20).

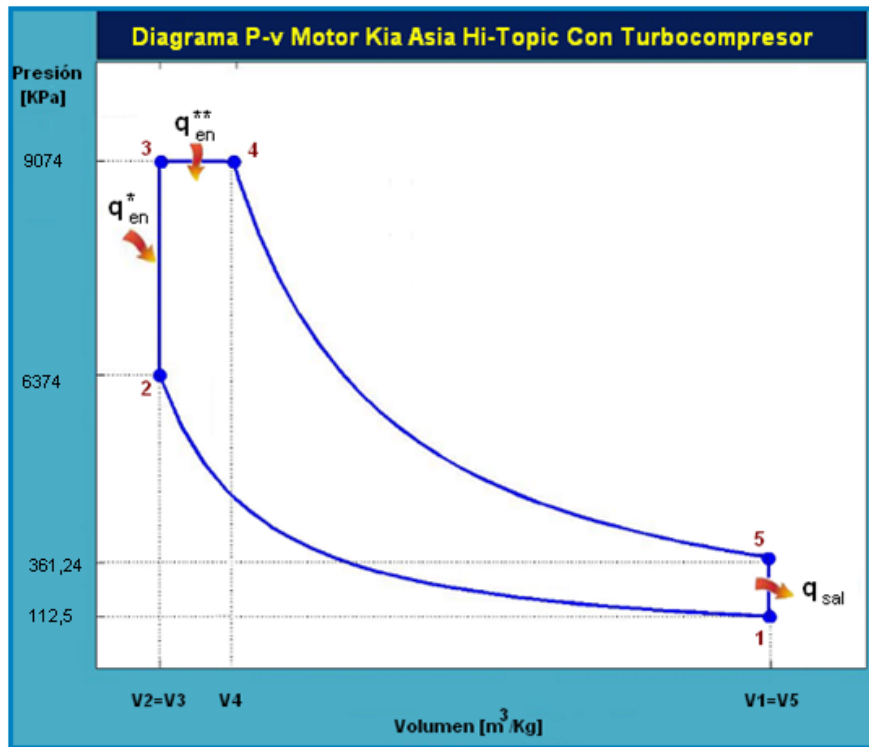


Fig. 3. 20 Diagrama P-v para el motor con sistema turbo-Intercooler.

3.7 SELECCIÓN DEL TURBO PARA EL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Con el análisis de los resultados obtenidos en los cálculos termodinámicos, se puede concluir que los valores de presión y temperatura se mantienen dentro de los regímenes normales de funcionamiento para un motor Diesel con sobrealimentación, la presión de admisión del aire es más alta que la obtenida sin turbocompresor, la temperatura de admisión del aire con turbo disminuye con la implementación del Intercooler. Con los valores de la Relación de presión (RP), Caudal (FAM), presión en el múltiplo de admisión (Map), potencia, cilindrada, presión y temperatura final de compresión es posible realizar la selección del turbocompresor adecuado para el este motor.

3.7.1 Turbo Compresor Seleccionado.

Antes de seleccionar un turbocompresor es importante considerar los montados en motores con similares características al motor Diesel Kia Asia Hi-Topic, como por ejemplo en el Hyundai H100. En la (Tabla 3.5) se detallan los diferentes turbocompresores y las aplicaciones para varias características de motores, se observa como parámetro importante la potencia (Hp) y el desplazamiento por cilindro en (Litros.).

Tabla 3. 5 Características de Turbos Garrett

Turbo					Compresor				Turbine				Application	
Turbo	PN	CHRA PN	Bearing	Cooling	Ind. Whl Dia	Exd Whl Dia	Trim	A/R	Whl Dia	Trim	A/R	Type	HP	Displacement
GT1241	756068-1	757864-1	Journal	Oil & Water	29.0mm	41.0mm	50	0.33	35.5mm	72	0.43	Wastegated	50 - 130	0.4L - 1.2L
GT1544	454082-2	433289-116	Journal	Oil	32.9mm	43.9mm	56	0.33	42.2mm	58	0.34	Wastegated	100 - 150	1.0L - 1.8L
GT1544	454083-2	4333289-50	Journal	Oil	32.9mm	43.9mm	56	0.33	42.2mm	58	0.35	Wastegated	100 - 150	1.0L - 1.8L
GT1548	466755-3	431876-93	Journal	Oil & Water	37.2mm	48.0mm	60	0.48	41.2mm	72	0.35	Wastegated	100 - 200	1.0L - 1.6L
GT2052	727264-1	451298-43	Journal	Oil	37.6mm	52.2mm	52	0.51	47.0mm	72	0.50	Wastegated	140 - 230	1.4L - 2.0L
GT2052	727264-2	451298-43	Journal	Oil	37.6mm	52.2mm	52	0.51	47.0mm	72	0.50	Wastegated	140 - 230	1.4L - 2.0L
GT2052	727264-3	451298-44	Journal	Oil	36.1mm	52.2mm	48	0.51	47.0mm	72	0.50	Wastegated	140 - 210	1.4L - 2.0L
GT2052	727264-4	451298-45	Journal	Oil	36.8mm	52.0mm	50	0.51	47.0mm	72	0.50	Wastegated	140 - 210	1.4L - 2.0L
GT2052	727264-5	451298-45	Journal	Oil	36.8mm	52.0mm	50	0.51	47.0mm	72	0.50	Wastegated	140 - 210	1.4L - 2.0L
GT2052	727264-7	451298-44	Journal	Oil	36.1mm	52.2mm	48	0.51	47.0mm	72	0.50	Wastegated	140 - 210	1.4L - 2.0L
GT2056	751578-2	433298-234	Journal	Oil	41.5mm	56.0mm	55	0.53	47.0mm	72	0.46	Wastegated	140 - 260	1.4L - 2.0L
GT2252	452187-6	451298-6	Journal	Oil	40.2mm	52.0mm	60	0.51	50.3mm	72	0.67	Wastegated	150 - 260	1.7L - 2.5L
GT2252	Turbine Housing Option		PN 451503-1								0.56	Free Float		
GT2259	452214-3	451298-9	Journal	Oil	42.8mm	59.4mm	52	0.42	50.3mm	72	0.56	Free Float	160 - 280	1.7L - 2.5L
GT2259	Turbine Housing Option		PN 436313-6								0.67	Wastegated		
GT2554R	471171-3	446179-24	Ball	Oil & Water	42.1mm	54.3mm	60	0.80	53.0mm	62	0.64	Wastegated	170 - 270	1.4L - 2.2L
GT2560R	466541-1	446179-12	Ball	Oil & Water	46.5mm	60.1mm	60	0.60	53.0mm	62	0.64	Wastegated	200 - 330	1.6L - 2.5L
GT2560R	466541-4	446179-38	Ball	Oil & Water	46.5mm	60.1mm	60	0.60	53.0mm	62	0.64	Wastegated	200 - 330	1.6L - 2.5L
GT2854R	471171-9	446179-47	Ball	Oil & Water	42.1mm	54.3mm	60	0.80	53.9mm	62	0.64	Wastegated	170 - 270	1.4L - 2.2L
GT2859R	780371-1	446179-85	Ball	Oil & Water	44.5mm	59.4mm	56	0.42	53.9mm	62	0.64	Wastegated	150 - 310	1.8L - 3.0L
GT2860R	707160-7	446179-54	Ball	Oil & Water	44.6mm	60.1mm	55	0.42	53.9mm	62	0.64	Wastegated	150 - 310	1.8L - 3.0L
GT2860R	707160-5	446179-51	Ball	Oil & Water	47.2mm	60.1mm	62	0.60	53.9mm	62	0.64	Wastegated	250 - 360	1.8L - 3.0L
GT2860R	739548-9	446179-66	Ball	Oil & Water	47.2mm	60.1mm	62	0.60	53.9mm	76	0.64	Wastegated	250 - 360	1.8L - 3.0L
GT2860RS	739548-1	446179-66	Ball	Oil & Water	47.2mm	60.1mm	62	0.60	53.9mm	76	0.86	Wastegated	250 - 360	1.8L - 3.0L
GT2860RS	739548-5	446179-66	Ball	Oil & Water	47.2mm	60.1mm	62	0.60	53.9mm	76	0.64	Wastegated	250 - 360	1.8L - 3.0L
GT2871R	472560-15	446179-67	Ball	Oil & Water	51.2mm	71.0mm	52	0.60	53.9mm	76	0.64	Wastegated	280 - 460	1.8L - 3.0L
GT2871R	771847-1	446179-67	Ball	Oil & Water	51.2mm	71.0mm	52	0.60	53.9mm	76	0.64	Wastegated	280 - 460	1.8L - 3.0L

Según la tabla anterior el turbocompresor adecuado para el motor Kia Asia de 70 Hp de potencia indicada y 0,675 litros de desplazamiento por cilindro se muestra en la (Tabla 3.6) y sus características constructivas en la (Tabla 3.7).

Tabla 3. 6 Características físicas del turbo GT12.

Turbocompresor GT12	
MARCA:	Garrett
MODELO	GT1241
SERIE:	756068-1
TIPO:	Geometría Fija - Wastegated
REFRIGERACION Y LUBRICACION:	Agua y Aceite
CAPACIDAD:	Para motores de 50 – 130 HP y cilindrada unitaria de 0,4 – 1,2 Lit.

Tabla 3. 7 Características Constructivas del Turbo Garrett GT1241.

GT1241		COMPRESSOR				TURBINE			
Turbo	CHRA	Wh Dia Ind	Wh Dia Exd	Trim	A/R	Wh Dia	Trim	A/R	Type
756068-1	757864-1	29.0mm	41.0mm	50	0.33	35.5mm	72	0.43	Wastegated

En la (Fig. 3.21) se muestra el mapa del turbo seleccionado, con los valores calculados de relación de presión de 1,7 y el Flujo de Aire de 6,75 lb/min para condiciones de trabajo se determina una eficiencia de 76%, por lo tanto este turbo o similar a este puede ser adaptado al motor Kia Asia sin que este sufra daño alguno. (Fig. 3.22) y (Fig. 3.23).

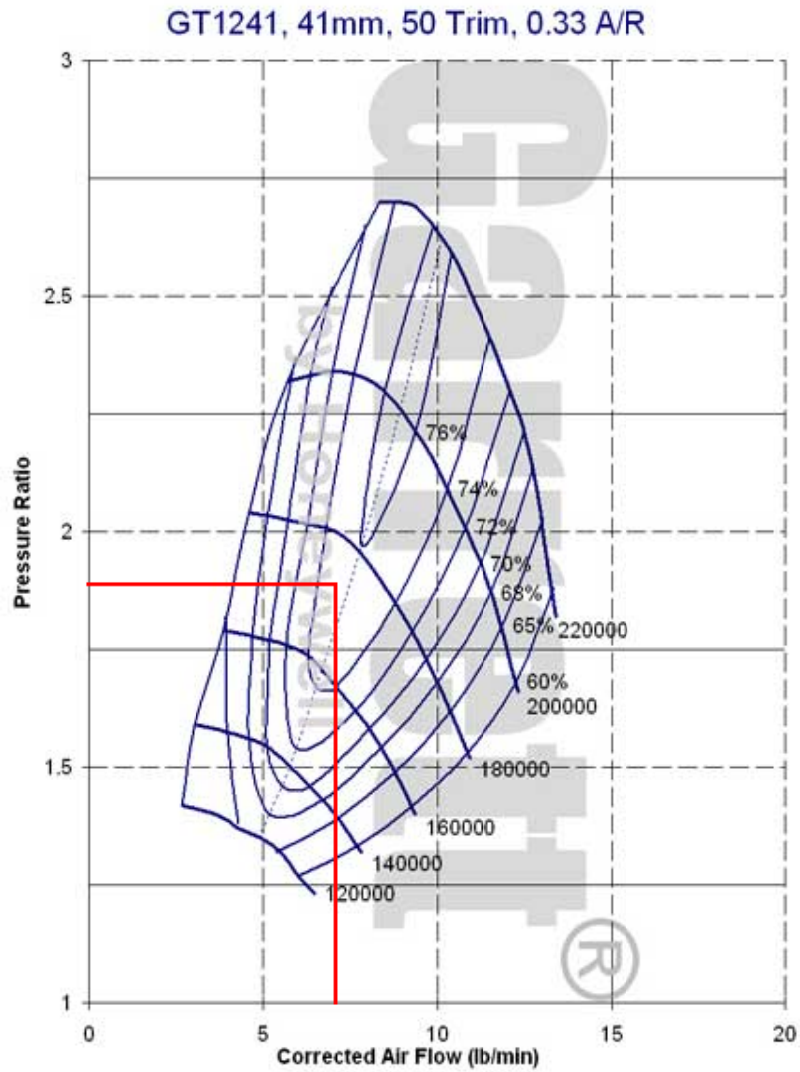


Fig. 3. 21 Mapa del Turbocompresor GT1241.

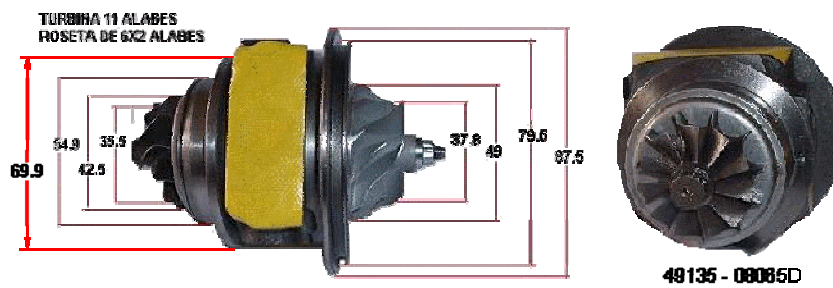


Fig. 3. 22 Turbina y Alabes del Turbo Seleccionado.

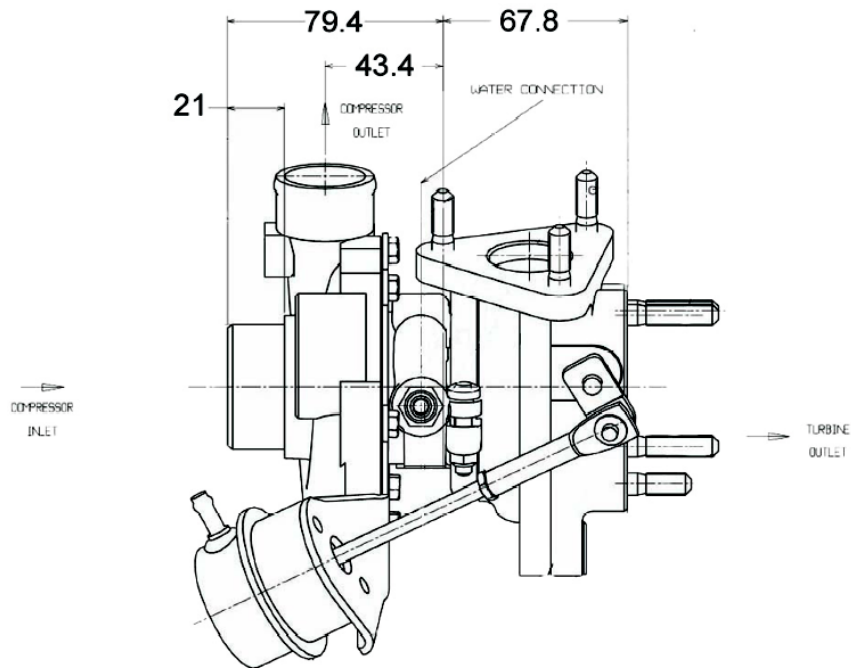


Fig. 3. 23 Dimensiones del Turbocompresor Seleccionado.

CAPÍTULO 4

INSTALACIÓN DEL TURBOCOMPRESOR Y ELEMENTOS ADICIONALES DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

En este capítulo se muestra todo el proceso que concierne a la adaptación del sistema de sobrealimentación, indicando todas las modificaciones que se realizaron, como la disposición de los elementos, la construcción de los diferentes acoples para unir los componentes, adaptación al motor, además la instalación de los indicadores de presión y temperatura que permitan visualizar sus respectivos valores, lo cual ayudara a mantener un monitoreo constantemente del funcionamiento del motor sobrealimentado.

4.1 REVISIÓN MECÁNICA DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC ESTÁNDAR PARA LA ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.

Antes realizar la adaptación del sistema de sobrealimentación se procedió a una revisión previa del estado mecánico del motor Kia Asia. Para ver el estado interno de los elementos que componen el motor y determinar si estos pueden soportar las diferentes variaciones e incrementos de potencia, par y temperatura que la adaptación podría producir, se procedió a desarmarlo (*Fig. 4.1*).



Fig. 4. 1 Motor Kia Asia Hi-Topic.

4.1.1 Proceso de desarmado del motor Kia Asia Hi-Topic.

Primeramente se procede a desmontar todas las partes periféricas del motor, como el alternador, la bomba de dirección, cables eléctricos, cañerías hidráulicas, mangueras de agua, los múltiples de admisión y escape, poleas, ventilador, etc., y los acoples que tiene el motor para su funcionamiento.

Para desacoplar los elementos que conforman el motor, se tomó en cuenta el proceso y recomendaciones que indica el manual del fabricante.

1. Sacar la tapa válvulas del motor para observar los balancines (*Fig. 4.2*).



Fig. 4. 2 Vista superior del cabezote del motor diesel Kia Asia Hi-Topic.

2. Proceder a aflojar todos los balancines y retirarlos, teniendo en cuenta la ubicación de los mismos en cada cilindro, también se extrae las varillas levanta balancines.
3. Extraer los pernos del cabezote en el orden que indica el manual, retirar la culata y observar el estado en el que se encuentra (*Fig. 4.3*).



Fig. 4. 3 Cabezote del motor diesel Kia Asia Hi-Topic.

Luego se procede a extraer los elementos del cabezote como las válvulas, sellos y muelles para poder realizar una inspección física de este y se observo que estaba desfondado, presentaba trizaduras entre las válvulas de admisión y escape en la parte central de la cámara de combustión de todos los cilindros como se muestra en la (*Fig.4.4*). Estos daños pueden ser determinantes cuando se adapte la sobrealimentación al motor, ya que la presión y temperatura se incrementaran considerablemente lo que produciría que el cabezote llegue a deformarse o fizararse completamente, siendo necesario reemplazarlo.

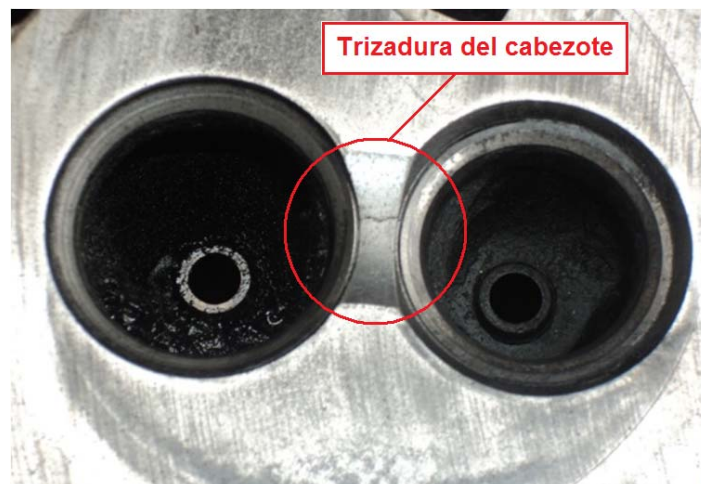


Fig. 4. 4 Estado del cabezote del motor diesel Kia Asia HI-Topic.

4. Retirar el cárter, la bomba y coladera de aceite para poder observar la parte inferior del motor como las bielas, chapas y cigüeñal (*Fig. 4.5*).



Fig. 4. 5 Parte inferior del motor Kia Asia Hi-Topic.

5. Extraer los apoyos del cigüeñal, los cojinetes y las bielas con sus respectivos pistones (Fig. 4.6) para poder revisar el estado de cada uno de estos elementos del bloque de cilindros, observándose el mal estado de los pistones, rines, por lo que deduce que el motor estaba consumiendo aceite.



Fig. 4. 6 Desmontaje del pistón y biela del motor Kia Asia Hi-Topic.

6. Finalmente se desmontó el cigüeñal ya que presentaba ralladuras para proceder a rectificarlo.

Al realizar el desarmado completo del motor Kia Asia Hi-Topic se pudo observar que los componentes que van a resultar afectados con la sobrealimentación al momento de su funcionamiento no se encontraban en las mejores condiciones por lo que fue necesario realizar una reparación completa del motor, para ello se procedió a limpiarlo, rectificar algunos elementos y comprar repuestos.

Los componentes en mal estado que tuvieron que ser reemplazados y reparados se resumen en la siguiente (tabla 4.1).

Tabla 4. 1 Estado de los componentes del motor Kia Asia Hi-Topic.

Elemento	Estado				Observaciones
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	
Cabezote				X	<ul style="list-style-type: none"> Cabezote desfondado. Presenta trizaduras en la parte central de la cámara de combustión.
Válvulas de admisión y escape			X		<ul style="list-style-type: none"> Con desgaste mínimo.
Guías y sellos de válvulas			X		<ul style="list-style-type: none"> Poco defectuosos.
Pistones				X	<ul style="list-style-type: none"> Pistones carbonizados y deformados. El pistón del cilindro #3 se encontraba fundido en la parte del bulón.
Rines				X	<ul style="list-style-type: none"> Rines quemados y chupados.
Fundas del cilindro			X		<ul style="list-style-type: none"> Las fundas de los cilindros presentaban ralladuras y mas el cilindro #3.
Chapas de biela y bancada			X		<ul style="list-style-type: none"> La superficie de las chapas tanto de biela como de bancada presentaban desgaste.
Cigüeñal			X		<ul style="list-style-type: none"> Presentaba ralladuras.
Juego de empaques				X	<ul style="list-style-type: none"> Soplados Y otros se dañaron al momento de desarmar el motor.

4.1.2 Proceso de armado del motor Kia Asia Hi-Topic.

Para garantizar que en el motor no presente ningún tipo de fallo en el funcionamiento con la adaptación del sistema de sobrealimentación se tuvo que reemplazar los elementos críticos con repuestos originales.

Para el proceso de armado del motor se tiene en cuenta los pasos y recomendaciones que da el manual del fabricante.

4.1.2.1 Enfundado de los cilindros del bloque motor.

Debido a que las fundas de los cilindros presentaban desgastes considerables, se tuvo que reemplazarlos por unos nuevos (Fig. 4.7).



Fig. 4. 7 Enfundados de los cilindros del motor Kia Asia Hi-Topic.

4.1.2.2 Montaje del cigüeñal.

Montar los cojinetes de bancada y lubricar las superficies de fricción para proceder a colocar el cigüeñal con sus respectivos pernos, dando el torque adecuado recomendado por el fabricante (Fig. 4.8). Una vez colocado, verificar que el cigüeñal gire libremente y no presente ningún tipo de agarre, y a continuación se coloca la bomba de aceite.



Fig. 4. 8 Montaje del cigüeñal del motor Kia Asia Hi-Topic.

4.1.2.3 Armado de los pistones.

Tanto los pistones como los rines se reemplazaron por originales a diferencia de las bielas que se utilizaron las mismas debido a que se encontraban en buen estado. Se arman los pistones con

las bielas y colocan los rines, luego se procede a lubricar y montar en su respectivo cilindro (Fig. 4.9).



Fig. 4. 9 Montaje de los pistones del motor Kia Asia-Topic.

Finalmente se colocan los cojinetes de biela de todos los pistones con su torque adecuado y verificar que el conjunto biela-manivela gire suavemente sin ningún agarre, lo cual garantiza su armado y funcionamiento (Fig. 4.10).



Fig. 4. 10 Bloque de cilindros del motor Kia Asia Hi-Topic.

4.1.2.4 Montaje de las válvulas.

Con la pasta de esmeril se realiza el asentamiento de las nuevas válvulas con el fin de que estas se adhieran correctamente al asiento. Lubricar la guía y el vástago de la válvula con aceite de motor, luego se coloca el sello, el muelle y los seguros de la válvula (Fig. 4.11).



Fig. 4. 11 válvulas montadas en el cabezote de motor Kia Asia Hi-Topic.

4.1.2.5 Montaje del cabezote.

Verificar que los casquillos de centrado del bloque motor estén colocados correctamente.

Colocar un empaque nuevo de mayor espesor que el original debido a que el motor va a ser sobrealimentado y se necesita aumentar el volumen de la cámara de compresión.

Montar cuidadosamente el cabezote en el bloque motor, colocar los pernos y ajustar con el par especificado de $11.0 - 11.7 \text{ m} \cdot \text{Kg}$, en el orden numérico que indica el manual (Fig. 4.12).

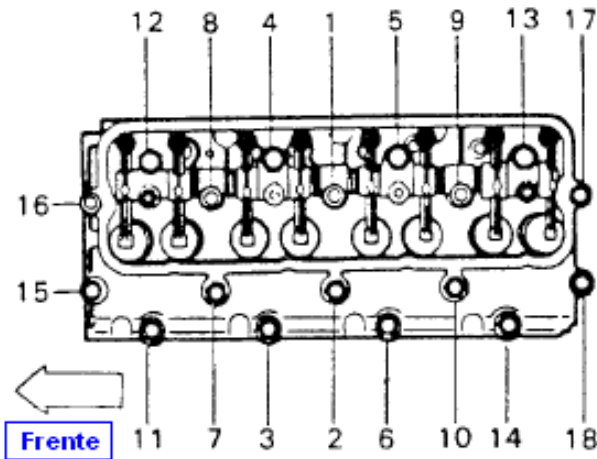


Fig. 4. 12 Orden de ajuste de pernos del cabezote.

4.1.2.6 Montaje de los balancines.

Colocar los balancines en el eje, montar este conjunto en el cabezote y ajustar con sus respectivos pernos, luego colocar las varillas propulsoras.

4.1.2.6 Calibración de la holgura de las válvulas.

Con el pistón del cilindro N ° 1 en el PMS calibrar el juego de las válvulas de admisión del cilindro N ° 1 y 2 así como también las del escape N ° 1 y 3 (0,30 mm)

Luego colocar el pistón del cilindro N ° 1 en final de compresión girando el cigüeñal y calibrar el juego de las válvulas de admisión del cilindro N ° 3 y 4 así como las de escape N ° 2 y 4 como muestra en la (Fig. 4.13).

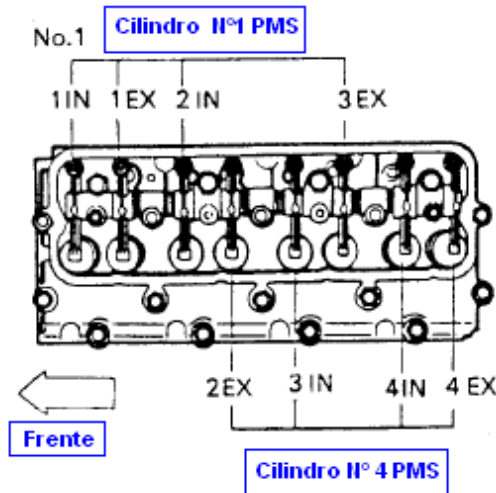


Fig. 4. 13 Orden de calibración de las válvulas.

4.2 ACOPLER DE ADAPTACIÓN PARA SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Para montar el turbocompresor en el motor se realizaron los siguientes acoples.

4.2.2 Acople para el múltiple de escape (Anexo 4. 1).

Para facilitar el montaje del turbocompresor se dio la vuelta el múltiple de escape, lo cual llevo a que los agujeros del colector como los esparragos del cabezote no coincidan, por lo que se tuvo que construir un acople para que coincidan (Fig. 4.14).

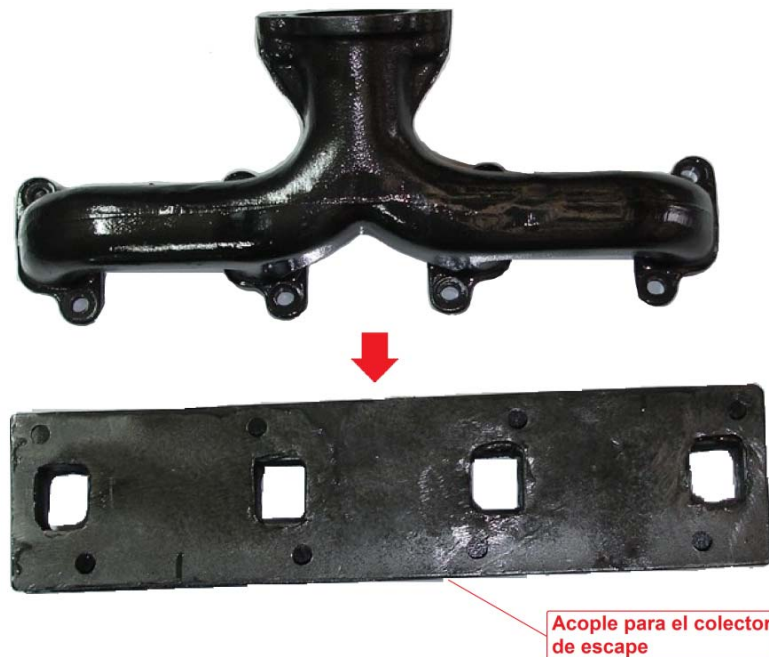


Fig. 4. 14 Acople para el colector de escape del motor Kia Asia Hi-Topic.

4.2.3 Base de sujeción para el turbocompresor (*Anexo 4.2*).

Debido a que el múltiple de escape de este motor no dispone de un alojamiento para la colocación del turbocompresor se tuvo que construir una base para su montaje y ubicación (*Fig. 4.15*).

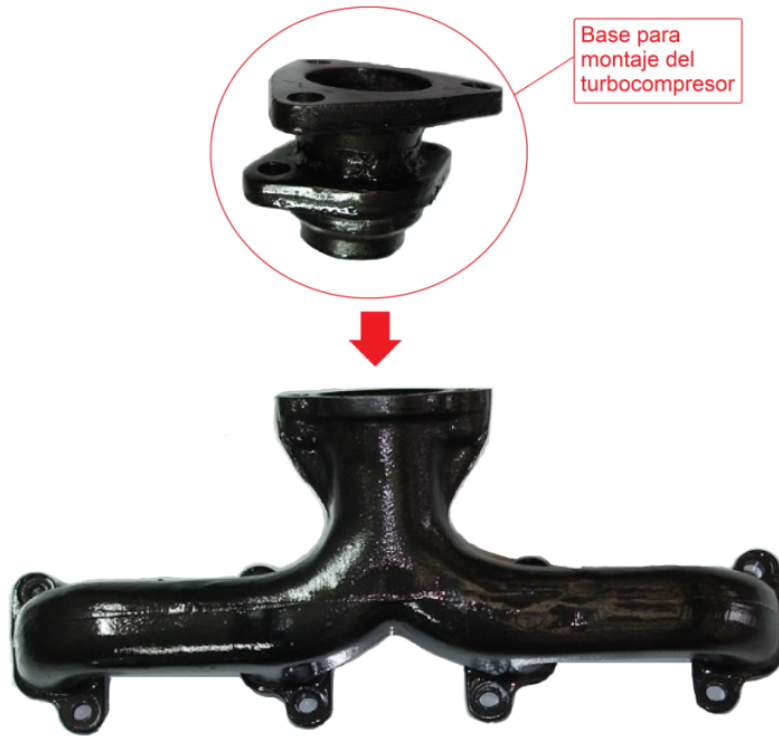


Fig. 4.15 Base para el turbocompresor.

4.2.4 Acople para la salida de gases del turbocompresor (*Anexo 4.3*).

Por la ubicación del turbocompresor montado en el motor, se tuvo que construir un acople el cual permita direccionar los gases de escape de la combustión que salen del turbo (*Fig. 4.16*).



Fig. 4.16 Acople para salida de gases de escape.

4.2.5 Acople de caucho para la entrada de aire al turbocompresor (*Anexo 4.4*).

Debido a que el sistema de filtrado de aire que existe en el mercado es estándar para los motores diesel y los turbocompresores tienen diferentes dimensiones a la entrada hubo la necesidad de construir un acople para conectarlos (*Fig. 4.17*).



Fig. 4.17 Acople para la entrada de aire del turbo.

4.2.6 Reductor de 65 mm a 45 mm (*Anexo 4.5*).

Para poder unir las mangueras por donde circula el aire que sale del intercooler hacia el colector de admisión del motor se tuvo que construir un reductor por la diferencia de diámetros que tienen estas mangueras (*Fig. 4.18*).



Fig. 4.18 Reductor de diámetro.

4.3 MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER.

Una vez realizado los cálculos y seleccionado el turbocompresor adecuado para el motor Kia Asia Hi-Topic que garanticen su funcionamiento sin poner en riesgo los componentes mecánicos involucrados por la adaptación del sistema de sobrealimentación se sigue el siguiente proceso:

4.3.2 Montaje del turbocompresor.

Se realiza el montaje del acople entre el colector de escape y el cabezote de igual manera la base para el turbocompresor sobre el múltiple de escape (Fig. 4.19), luego se monta el turbocompresor (Fig. 4.20).

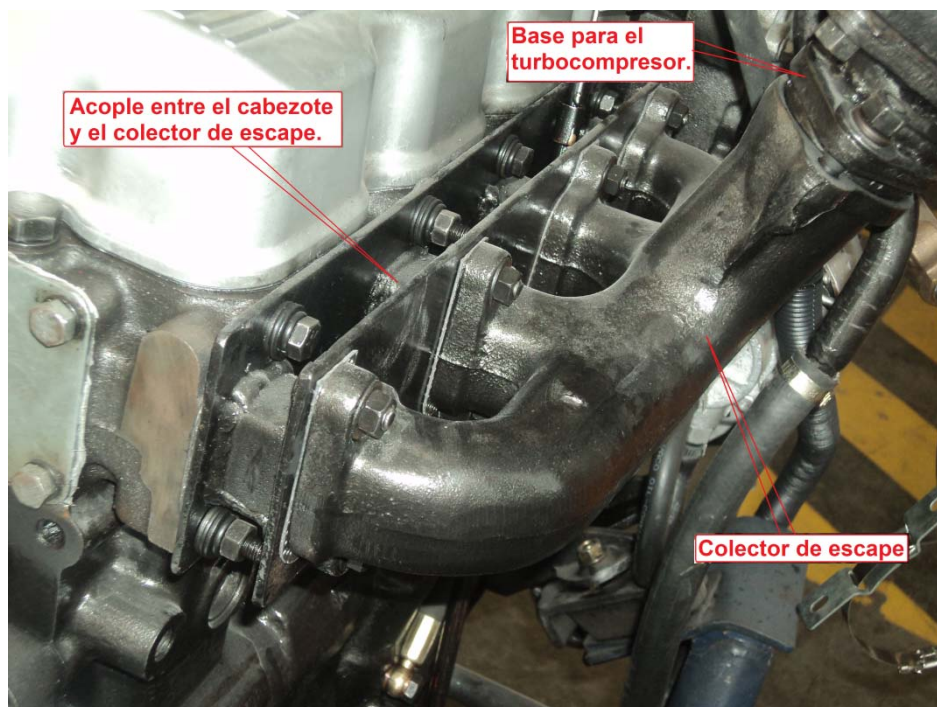


Fig. 4. 19 Montaje de acoples para el turbocompresor.

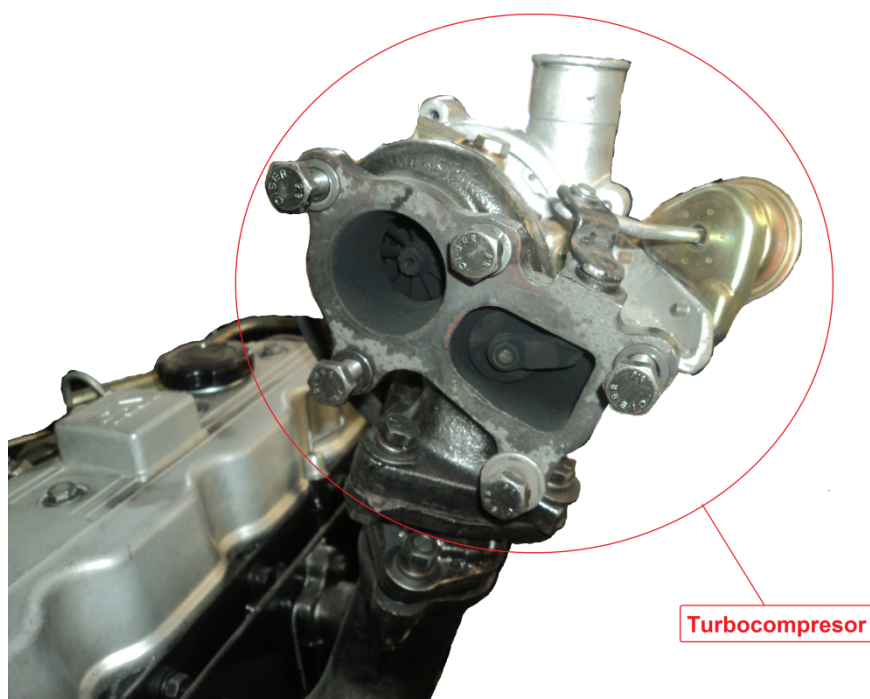


Fig. 4. 20 Montaje de Turbocompresor.

4.3.3 Conexión del circuito de refrigeración y lubricación agua-aceite del turbocompresor.

Para garantizar el normal funcionamiento del turbocompresor se debe mantener una correcta refrigeración y lubricación del mismo para evitar que el rotor se deforme, para ello su tuvo que extraer del motor dos líneas una de agua y otra de aceite para dicho fin (Fig. 4.21).

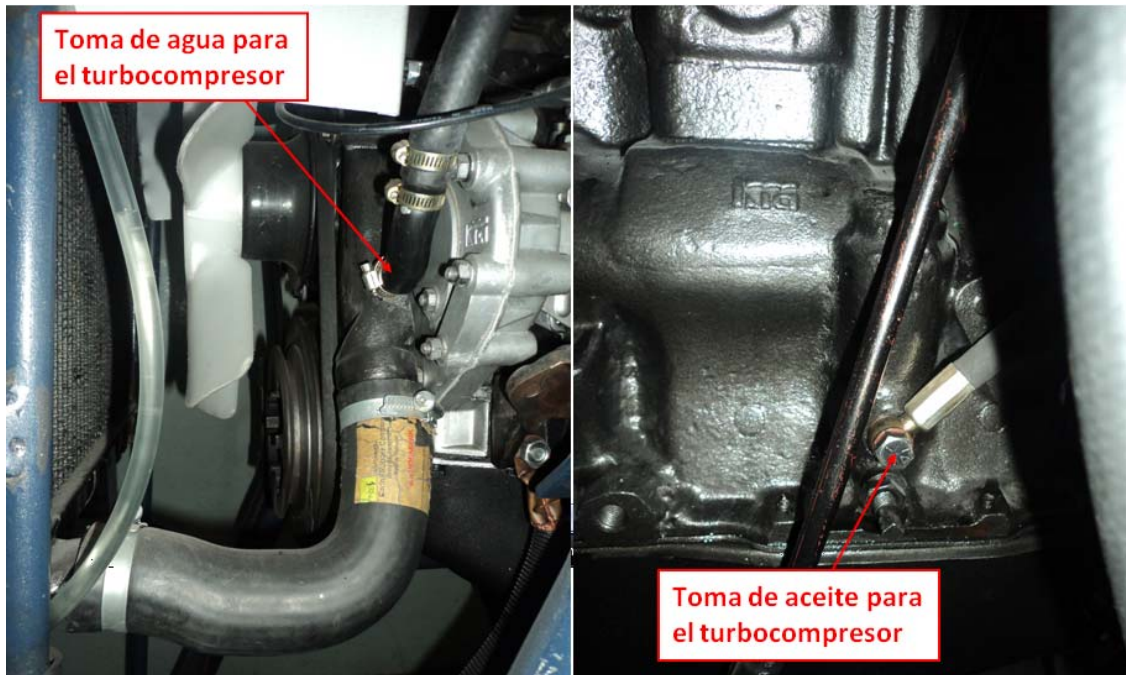


Fig. 4. 21 Tomas de agua y aceite de motor para el turbocompresor.

Tanto el agua como el aceite que ingresan al turbocompresor lo hacen a la presión de funcionamiento del motor, impulsados por sus respectivas bombas lo que permite un correcto abastecimiento al turbocompresor (Fig. 4.22).



Fig. 4. 22 Líneas de agua y aceite conectadas al turbocompresor.

Para evitar que al turbocompresor ingrese el agua caliente que sale del motor se colocó una válvula check para direccionar el flujo (Fig. 4.23).



Fig. 4. 23 Disposición de la válvula check.

4.3.4 Ubicación del intercooler.

Como el intercooler de este tipo utiliza la brisa del aire para enfriar el aire procedente del turbocompresor, es importante su correcta ubicación para su buen funcionamiento por cual se montó en la parte frontal del motor (Fig. 4.24).



Fig. 4. 24 Ubicación del Intercooler.

4.3.5 Instalación del filtro de aire.

Con el sistema de sobrealimentación incorporado, el motor requerirá un caudal de aire mayor por lo que es necesario implementar un filtro y un conducto de aire más grande para cumplir este objetivo.

Primero se colocó el acople de caucho en la entrada del compresor de aire del turbo y sobre éste la base metálica del conducto de aire (Fig. 4.25).

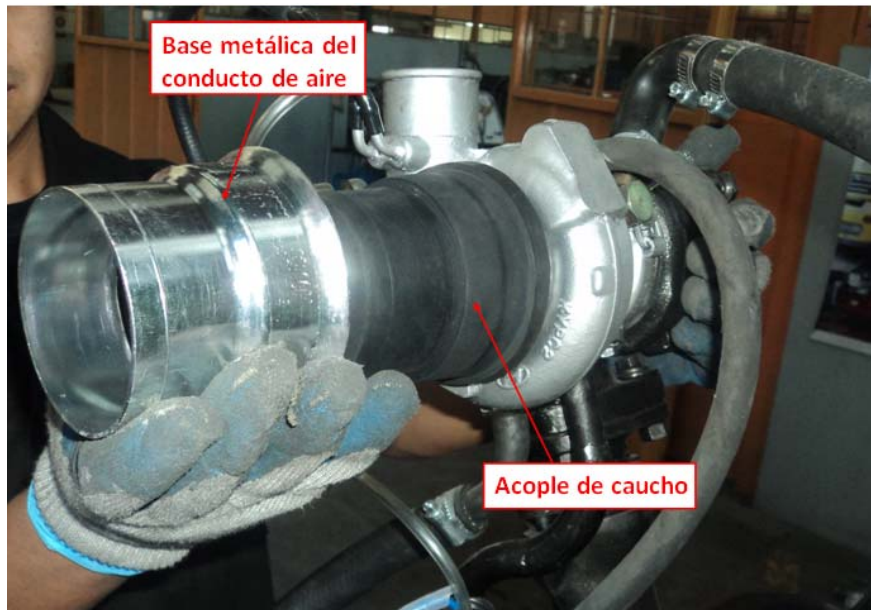


Fig. 4. 25 Colocación de acoples a la entrada del turbocompresor.

Luego se colocó un soporte para sujetar el filtro de aire y se acopló la manguera flexible que une el filtro con el turbocompresor asegurado con bridas de sujeción (Fig. 4.26).

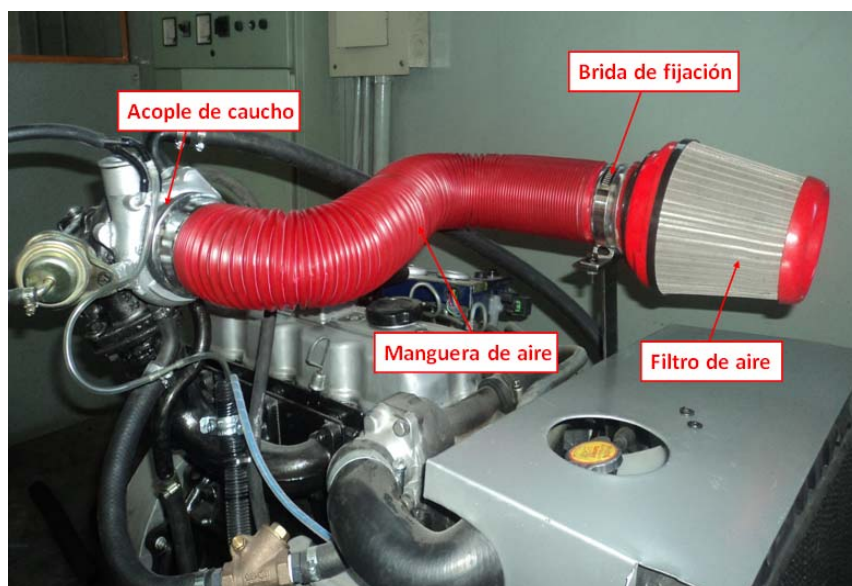


Fig. 4. 26 Sistema de filtrado del aire.

4.3.6 Instalación de mangueras de circulación de aire (turbo-intercooler-colector de admisión).

Primeramente se aseguro el codo a la salida del compresor del turbo y se coloco una unión intermedia para acoplar una manguera flexible que permita unir el turbo con el intercooler y aseguradas con bridas (Fig. 4.27).

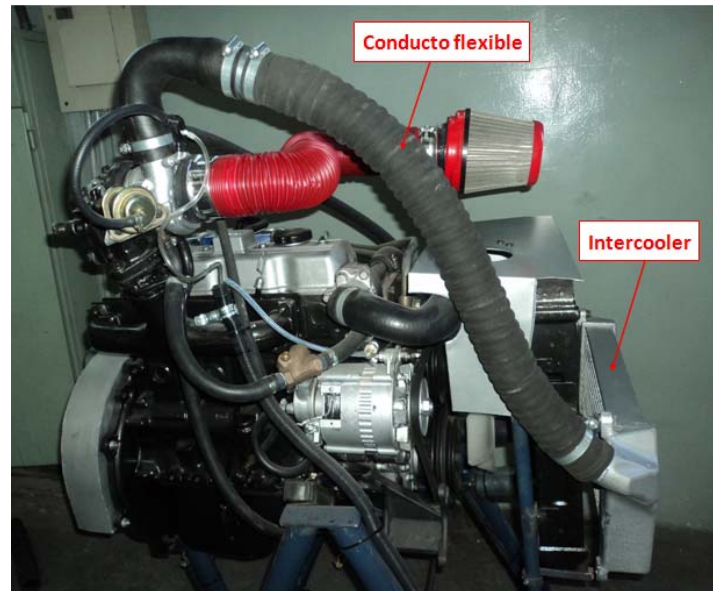


Fig. 4. 27 Unión del turbocompresor con la entrada del intercooler mediante manguera flexible.

Para el colector de admisión del motor se tuvo que utilizar un codo de 65 mm de diámetro para que se ajuste al múltiple y colocar un reductor para acoplar a la manguera de 40 mm que sale del intercooler (Fig. 4.28).

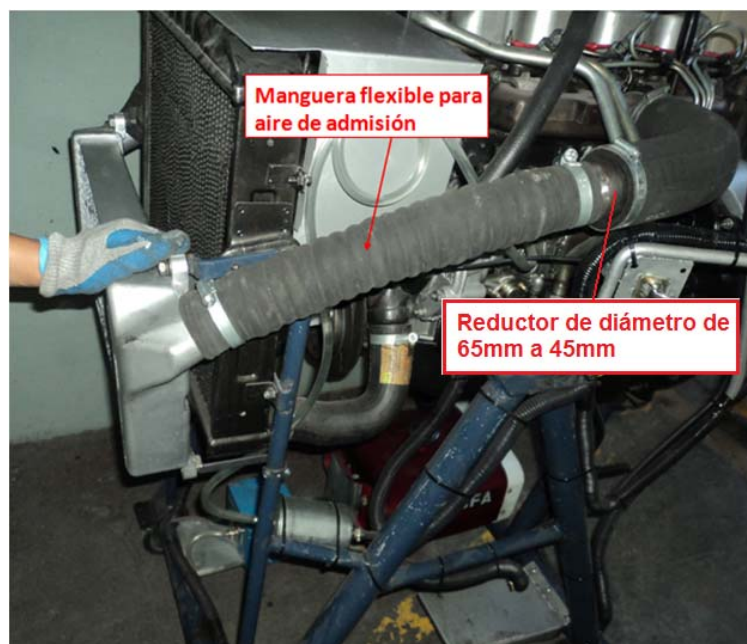


Fig. 4. 28 Unión de la salida del intercooler con la admisión del motor.

4.3.7 Montaje del acople de la salida de gases de escape del turbocompresor.

Para direccionara los gases de escape producto de la combustión y evacuar de manera rápida se fijo el acople a la salida del turbocompresor asegurándolo con pernos (Fig. 4.29).



Fig. 4. 29 Montaje del tubo de escape.

4.3.8 Instalación de la válvula reguladora de presión.

En ocasiones el turbocompresor puede enviar un exceso considerable de aire al motor debido a las altas revoluciones, para esto es necesario disponer de una válvula reguladora de presión la cual permita el paso de este exceso de aire directamente a la salida de los gases de escape.

La cual se calibro a la presión de trabajo del turbo analizando los diferentes regímenes de giro (Fig. 4.30).

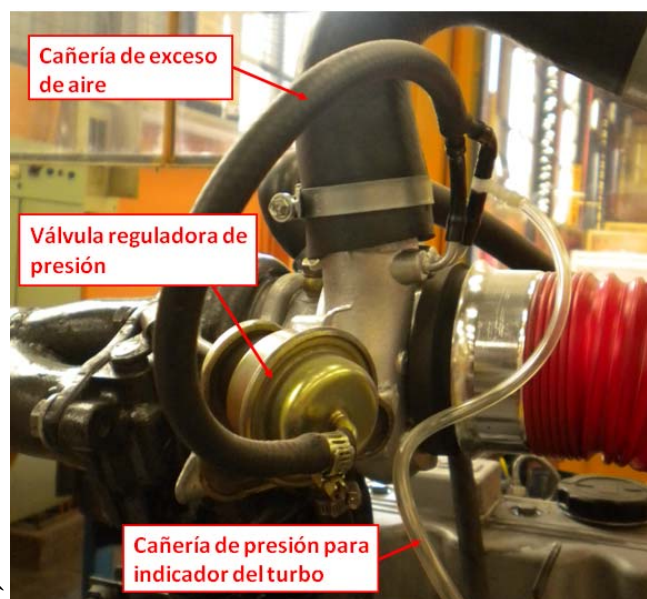


Fig. 4. 30 Válvula reguladora de presión.

4.3.9 Circuito de monitoreo de temperaturas para el sistema sobrealimentado Turbo-intercooler.

Para poder monitorear las temperaturas en diferentes puntos del motor con el sistema de sobrealimentación adaptado se realizó un circuito electrónico que permita visualizar estas mediciones. Este circuito recibirá las señales de los sensores de temperatura LM35, a través del PIC 16F877A se procesa esta información y se muestra en la pantalla de un LCD (Fig. 4.31).

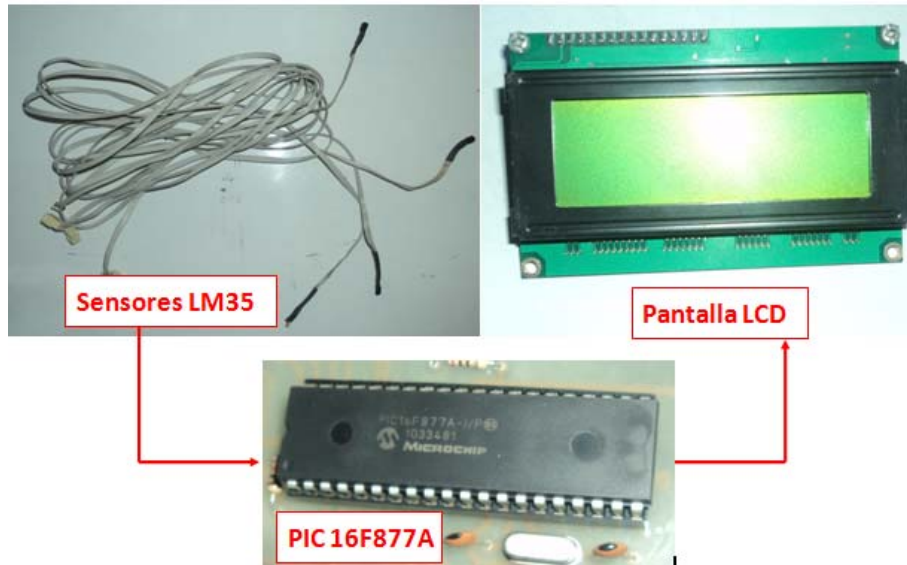


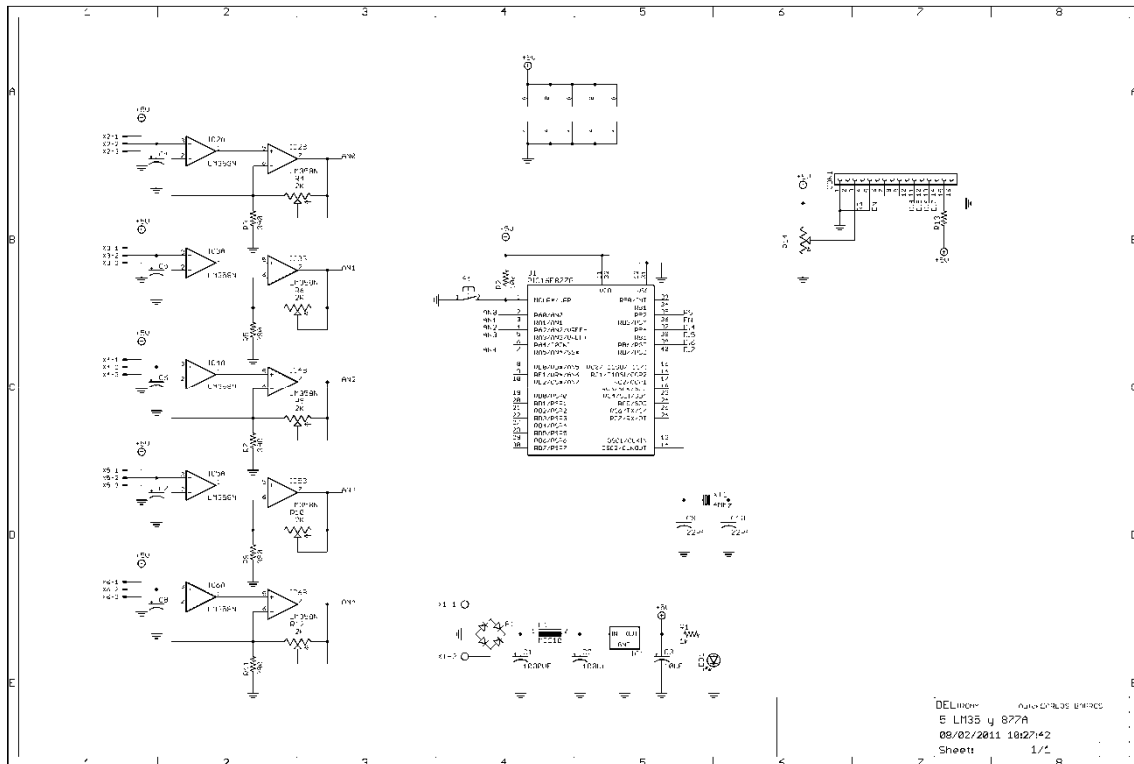
Fig. 4. 31 Esquema del circuito de monitoreo de temperaturas.

Estos sensores de temperatura estarán ubicados en puntos estratégicos del motor sobrealimentado en el siguiente orden:

- **Sensor #1:** Salida del Turbocompresor.
- **Sensor #2:** Entrada al intercooler.
- **Sensor #3:** Salida del intercooler.
- **Sensor #4:** Entrada al colector de admisión del motor.
- **Sensor #5:** Entrada del filtro de aire.

4.3.9.1 Diagramas del circuito de monitoreo de temperaturas.

A continuación se muestra el diagrama esquemático (Fig. 4.32), disposición de los elementos electrónicos (Fig. 4.33) y la placa impresa del circuito de monitoreo de temperaturas (Fig. 4.34).



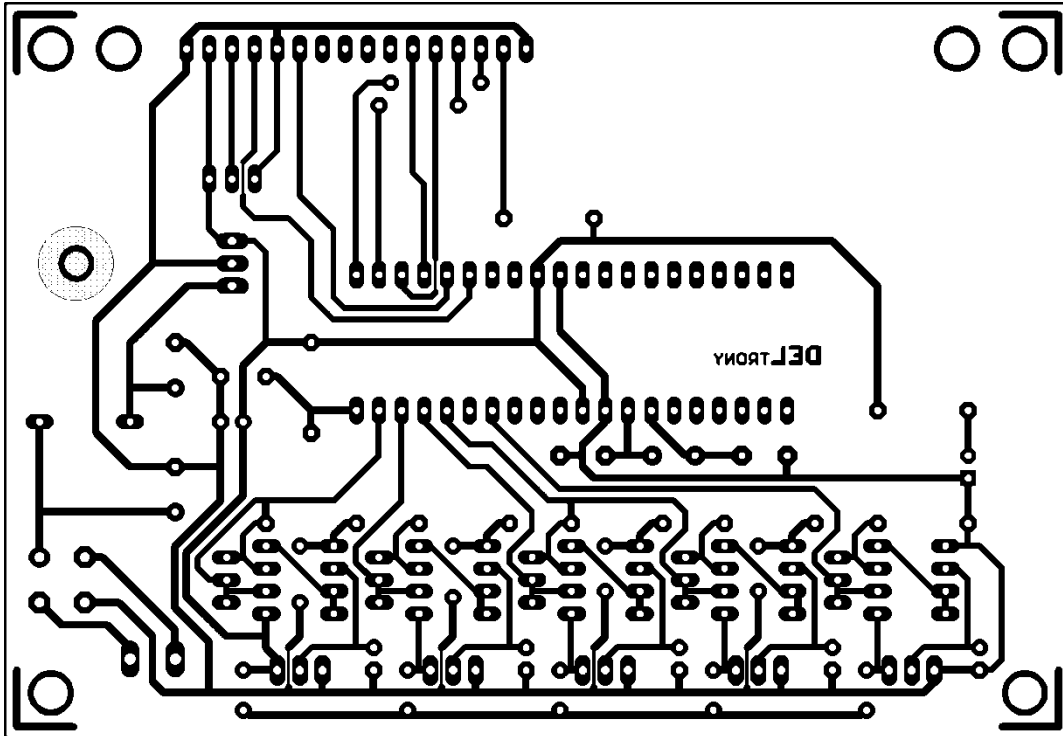


Fig. 4. 34 Placa impresa del circuito de monitoreo de temperaturas.

En la (Fig. 4.35) se muestra el circuito de monitoreo, el cual servirá para obtener y visualizar los valores de temperatura de funcionamiento del sistema de sobrealimentación del turbocompresor y del intercooler el cual será montado en un banco didáctico.



Fig. 4. 35 Circuito de monitoreo de temperaturas.

4.3.9.2 Programa de monitoreo de temperaturas.

El software que se utilizó para realizar la programación para visualizar las temperaturas es el Proton versión 3.2.5.5 el cual transforma la señal analógica procedente de los sensores LM35 en una señal digital que se puede ver en la pantalla de un LCD. El programa realizado se indica en el (Anexo 4.6).

4.3.10 Conexión del circuito de abastecimiento de combustible.

Para poder suministrar el combustible diesel para el funcionamiento del motor Kia Asia Hi-Topic con el sistema de sobrealimentación turbo-intercooler, se realizó una adaptación en el cual sus componentes están dispuestos como se muestra en la (Fig. 4.36).

El circuito empieza con el depósito de almacenamiento de combustible, luego se colocó una bomba eléctrica para ayudar a la aspiración del diesel, debido a que la bomba de inyección no era suficiente para abastecer a los inyectores, además se acopló un filtro de combustible entre la bomba eléctrica y la bomba de inyección para evitar el paso de impurezas a los inyectores.

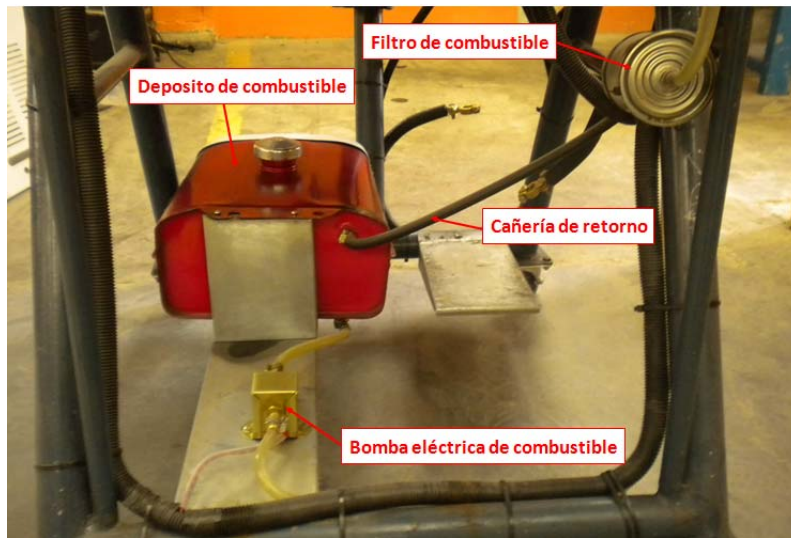


Fig. 4.36 Circuito de combustible del motor Kia Asia Hi-Topic.

Para evitar que el combustible no regrese al depósito por efecto de la gravedad cuando el motor está apagado se tuvo que realizar un sifón en la cañería de abastecimiento el cual impedirá que ingrese burbujas de aire al motor provocando que el motor no arranque y evitar purgar el sistema continuamente (Fig. 4.37).

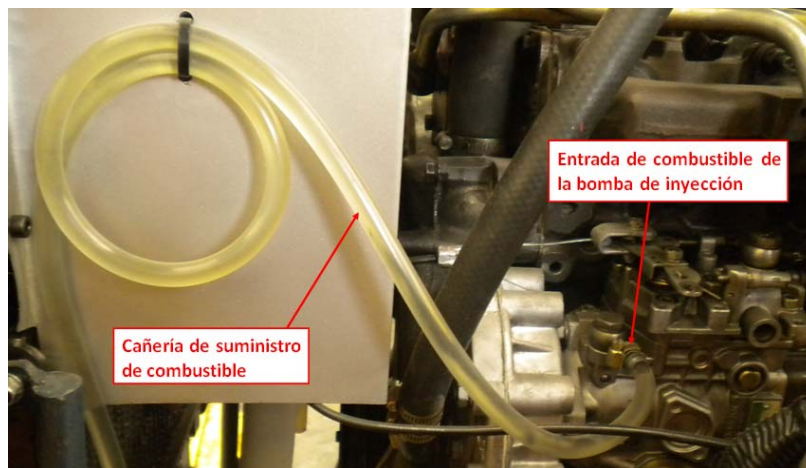


Fig. 4.37 Disposición de la cañería de combustible.

4.3.11 Tablero de comando y control del motor Kia Asia Hi-Topic con sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler.

Para poder comandar y controlar el funcionamiento del motor sobrealimentado se monto un tablero en el cual se instalaron indicadores de presión del turbo, presión de aceite, temperatura de agua, temperaturas de sobrealimentación, dos luces indicadoras. Estos elementos reciben las señales de los respectivos sensores montados en el motor, también dispone de un pulsante para activar las bujías de precalentamiento y un switch de encendido (Fig. 4.38).



Fig. 4. 38 Tablero de comando y control.

Para garantizar la protección de todos los componentes eléctricos del tablero de control, se coloco una caja de fusibles de acuerdo al consumo de corriente de los elementos que componen el circuito (Fig. 4.39).



Fig. 4. 39 Caja de fusibles del tablero de control.

Al final de este estudio se completo con la adaptación del sistema de sobrealimentación turbo intercooler para el motor Kia Asia Hi-Topic montado en el banco didáctico a través de la construcción de diferentes acoples que permitieron unir todos componentes y de la conexión de las variables que se van a medir en el tablero de control que ayudara a comandar y verificar el funcionamiento de todo el sistema para evitar daños permanentes en el motor y al turbocompresor en el caso de sobrepasar los valores permitidos de presión y temperatura.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO- INTERCOOLER

Realizada la instalación del sistema de sobrealimentación y tablero de control se monitoreará las temperaturas y presión del sistema turbo-intercooler para comprobar mediante cálculos termodinámicos el aumento de potencia y del par. Las pruebas prácticas que se detallan en este capítulo con motor sobrealimentado serán comparadas con los valores obtenidos con el estándar y analizar el porcentaje de aumento de potencia del motor Kia Asia.

5.1 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER.

Instalado el sistema turbo-intercooler en el motor Kia Asia se procedió a la fase de pruebas para determinar si la adaptación permite aumentar la potencia, el par y reducir de emisiones de gases contaminantes sin provocar daños en el motor.

Se realizaron mediciones de compresión en los cilindros, análisis de opacidad y emisión de gases con y sin turbo-intercooler, además del monitoreo de las temperaturas y presión del sistema de sobrealimentación, para con estos valores realizar un cálculo mas real del motor Kia Asia. No se podrán realizar pruebas en un banco dinamométrico para determinar las nuevas curvas de potencia y del par de este motor sobrealimentado ya que no se pudo conseguir el dinamómetro de prueba estática que permita realizar dichas mediciones en motores estacionarios.

5.1.1 Medición de Compresión.

La medición de la compresión es un factor importante que permite determinar la estanqueidad, la cual nos indica el estado interno del motor. Esta presión debe ser similar en todos los cilindros y no ser superior al 10% entre cada cilindro de la presión de compresión especificada por el fabricante del motor Kia Asia que es 25 bares (367.5 PSI) a 200 rpm¹.

5.1.1.1 Procedimiento para medir la compresión.

Para la medición de compresión el motor debe estar a la temperatura normal de operación (90°C) con la batería cargada y seguir el siguiente procedimiento:

1. Desactivar la válvula solenoide de la bomba de inyección para evitar el derrame de combustible.
2. Desmontar todos los inyectores (*Fig. 5.1*).

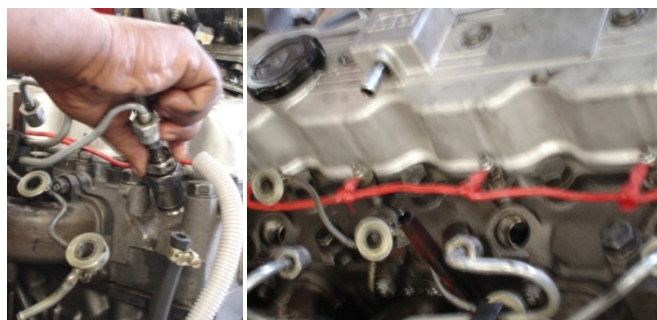


Fig. 5. 1 Desmontaje de inyectores

¹Manual Kia Asia Hi-Topic

3. Colocar el manómetro de presión con el acople en el alojamiento del inyector (Fig. 5.2).



Fig. 5. 2 Acople para inyector

4. Dar arranque al motor por 3 segundos (Fig. 5.3).



Fig. 5. 3 Medición de compresión

5. Anotar el valor de la presión indicada en el manómetro (Fig. 5.4).



Fig. 5. 4valor de compresión motor Kia Asia

6. Liberar la presión del manómetro y desmontarlo.

7. Repetir el proceso desde el tercer paso para los demás cilindros.

5.1.1.2 Resultados de la medición de compresión.

Los resultados obtenidos en la medición de compresión del motor diesel Kia Asia Hi-Topic se indican en la (Tabla 5.1):

Tabla 5. 1 Valores de compresión Kia Asia

CILINDRO	Bar	PSI
1	21,37	310
2	21,37	310
3	22.06	320
4	20,68	300

Al compararlos valores de compresión de la tabla anterior del motor Kia Asia Hi-Topic con el especificado por el fabricante se puede decir que están dentro del rango permitido de 21 a 22 bares, lo que indica que el motor se encuentra con una buena compresión manteniendo la estanqueidad de la mezcla en el interior del cilindro, además la diferencia de presión entre cada cilindro no sobrepasa el 10% del valor de compresión, lo cual indica que se puede realizar una adaptación de un sistema de sobrealimentación.

5.1.2 Medición de Opacidad para el motor Diesel Kia Asia Hi-Topic.

La medición de la opacidad permite evaluar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera generados por la combustión del diesel y el impacto ambiental que el motor produciría.

El equipo usado para la visualización de los resultados de opacidad del motor diesel Kia Asia Hi-Topic fue proporcionado por el taller automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana marca MAHA, modelo MDO 2 LON (Fig. 5.5).



Fig. 5. 5 Banco para medición de opacidad y Opacímetro MAHA MDO 2

Este opacímetro es un analizador de gases de cámara cerrada que funcionan bajo el procedimiento de muestreo de descargas parciales utilizadas en la revisión vehicular. Tienen dos escalas de medición: una en unidades de absorción de luz expresada en m^{-1} y la otra en porcentaje de 0 - 100 % de opacidad.

5.1.2.1 Pruebas de medición de opacidad.

Se debe tener en cuenta que en la condición de aceleración libre todo motor a diesel, no podrá descargar al ambiente los humos en cantidades superiores a las indicadas en la (Tabla 5.2) que son los valores máximos permitidos de contaminación.

Tabla 5. 2 Límites máximos de opacidad de emisiones para motores Diesel (prueba de aceleración libre)

Año Modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Para realizar la prueba de aceleración libre se debe seguir el siguiente procedimiento:

a) Antes de la prueba

- Verificar que el sistema de escape se encuentre en buenas condiciones, que el nivel de aceite en el cárter sea el correcto, el motor se encuentre en la temperatura normal de funcionamiento.
- Someter el equipo de medición a un periodo de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.
- Verificar que se haya realizado el proceso de autocalibración en el equipo y que marque cero en la lectura.

b) Medición

- Con el motor funcionando en ralentí, se realizan tres aceleraciones consecutivas cortas, desde la posición de ralentí hasta la posición de máximas revoluciones con el fin de limpiar el tubo de escape.
- Conectar la sonda de prueba a la salida del sistema de escape del motor (Fig.5.6) y aplicar aceleración libre al motor y permitir que este regrese a la posición de ralentí, repitiendo esta operación 6 veces para obtener los valores. Se debe realizar mínimo tres lecturas consecutivas tomadas en estado estable en los diferentes regímenes de giro, cuando la diferencia de estas lecturas estén dentro de un rango del 10%.



Fig. 5. 6 Sonda para medición de Opacidad

5.1.2.1.1 Resultado de la medición de opacidad con motor estándar.

Los resultados obtenidos de la medición de opacidad en tres regímenes de giro ralentí, media y plena carga con motor estándar que se muestra en la pantalla del equipo Maha Fig.5.7 (a) (b) (c) se resumen en la (Tabla 5.3).

Tabla 5. 3 Valores de opacidad al motor Kia Asia Hi-Topic con motor estándar

Régimen	Rpm	% Opacidad
Ralentí	700	4
Media Carga	2500	18
Plena Carga	3600	29

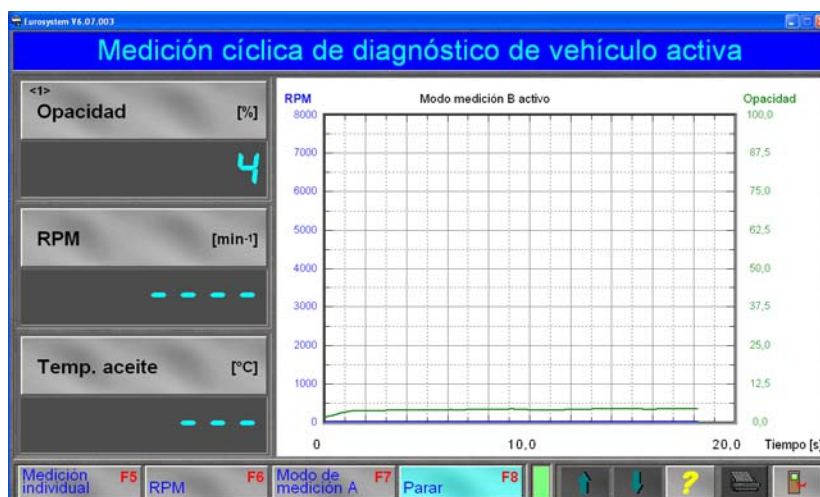


Fig. 5. 7 (a) Porcentaje de Opacidad a 700 rpm con motor estándar

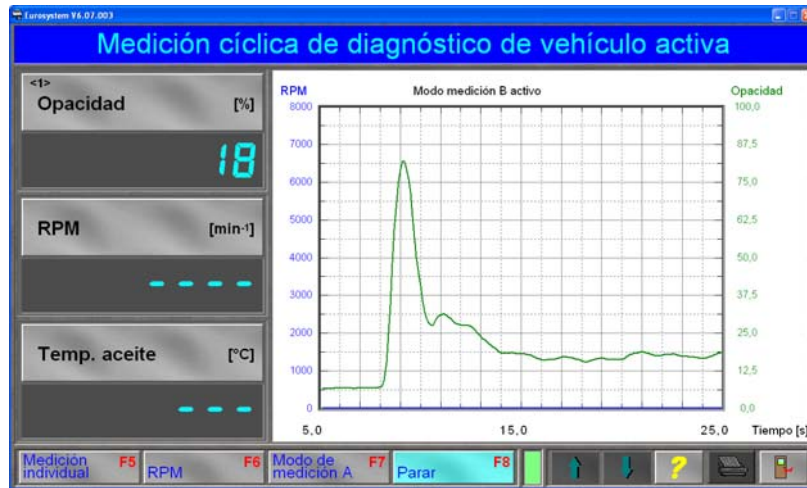


Fig. 5.7 (b) Porcentaje de Opacidad a 2500 rpm motor estándar

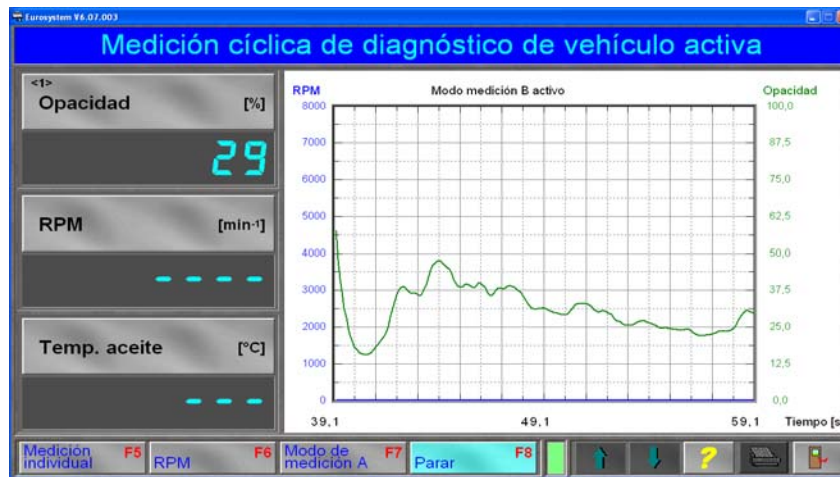


Fig. 5.7 (c) Porcentaje de Opacidad 3600 rpm con motor estándar

5.1.2.1.2 Resultado de la medición de opacidad con motor sobrealimentado.

Los valores obtenidos en esta prueba en los diferentes regímenes de giro del motor sobrealimentado se resumen en la (Tabla 5.4).

Tabla 5. 4 Valores de Opacidad Motor Kia Asia Turbo intercooler

Régimen	Rpm	% Opacidad
Ralentí	700	4
Media Carga	2500	14
Plena Carga	3500	24

Debido a que el turbo acciona sobre las 1000 rpm el porcentaje de opacidad en ralentí se mantiene igual que el motor estándar con un valor del 4%. Los valores obtenidos en los otros regímenes de giro muestran que existen menos emisiones contaminantes del motor con sistema turbo-intercooler debido a que se incrementa la masa de aire permitiendo mejorar la combustión de la mezcla en el interior del cilindro.

5.1.3 Prueba de análisis de Gases de combustión con motor estándar y sobrealimentado.

Las mediciones de los gases del motor diesel se realizaron con un equipo detector de gases de combustión Marca TESTO, modelo 350M/XL, el cual consta de sensores electroquímicos para detectar CO, CO₂, NO₂, NOX, SO₂, un sensor de temperatura, una cámara Peltier para retener condensados de los gases medidos y un Data-Logger donde se registra e imprime el resultado de las concentraciones de los gases en periodos de tiempo. Se tomo un muestreo de gases durante 10 minutos y con un data rate de 10 segundos a 1500 rpm con y sin sistema turbo-Intercooler.

5.1.3.1 Medición de gases de escape.

La metodología de la medición se indica en el texto unificado de legislación ambiental secundaria Libro VI, Anexo 3 de: “Métodos y equipos de medición de emisiones desde fuentes fijas de combustión”, Numeral 4.2 y en sus anexos expresan lo siguiente:

Artículo 4.2.2.5 “Ubicación de puertos de muestreo.- los puertos de muestreo se colocaran a una distancia de, al menos, ocho diámetros de chimenea corriente abajo y dos diámetros de chimenea corriente arriba de una perturbación al flujo normal de gases de combustión. Se entiende por perturbación cualquier codo, contracción o expansión que posee la chimenea o conducto. En conductos de sección rectangular, se utilizara el mismo criterio, salvo la ubicación de los puertos de muestreo se definirá en base al diámetro equivalente del conducto.” Las condiciones del tubo de escape del motor no se prestaron para hacer el orificio de muestreo tal como lo estipula la legislación Ambiental Ecuatoriana. Por lo que para realizar el análisis de los gases de combustión del motor se ubicó la sonda directamente dentro del tubo de escape de 40 milímetros de diámetro a una profundidad de 20 milímetros en el centro del tubo (*Anexo 5.1*).

5.1.3.2 Análisis de gases de combustión con motor estándar.

El resultado del análisis de gases con motor estándar, se tomaron a 1500 rpm, los cuales se indican en la (*Tabla 5.5*)²

Tabla 5. 5 Parámetros determinados en el muestreo de Gases de Combustión con combustible Diesel a 1500 rpm al motor Kia Asia Hi-Topic con turbo (26/07/2011)

	Oxígeno (% O ₂)	Monóxido de Carbono (%CO)	Dióxido de Carbono (%CO ₂)	Dióxido de Azufre (ppm SO ₂)	Nitrógeno (% N)	Concentración de Óxidos de Nitrógeno (ppm NO _x)
Promedios	14,82	0,636	9,58	0,00294	73,84	202,00
Máximos	15,01	0,724	9,7	0,00360	73,84	247,8

² Análisis de gases Motor Kia Asia Hi-Topic

5.1.3.3 Análisis de gases de combustión con motor sobrealimentado.

Los resultados obtenidos en este análisis de combustión con motor sobrealimentado se obtuvieron acelerando el motor a 1500 rpm, los cuales se muestran en la (Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Parámetros determinados en el muestreo de Gases de Combustión con combustible Diesel a 1500 rpm al motor Kia Asia Hi-Topic sin turbo (26/07/2011)

	Oxígeno (% O ₂)	Monóxido de Carbono (%CO)	Dióxido de Carbono (%CO ₂)	Dióxido de Azufre (ppm SO ₂)	Nitrógeno (% N)	Concentración de Óxidos de Nitrógeno (ppm NO _x)
Promedios	17,08	0,132	18,44	0,00219	74,08	191,42
Máximos	18,15	0,274	18,97	0,00480	74,12	212,50

Con el resultado del análisis de gases se demuestra que con la sobrealimentación los niveles de gases contaminantes CO, NO_x y SO₂ se reducen en comparación al motor estándar y aumenta la emisión de CO₂ y O₂

5.1.4 Cálculo de masa de aire real con motor sobrealimentado.

Los valores obtenidos en el análisis de gases sirven para calcular la relación aire combustible y masa de aire real del motor turbo-Intercooler que ingresa a los cilindros indicados en la (Fig. 5.8).

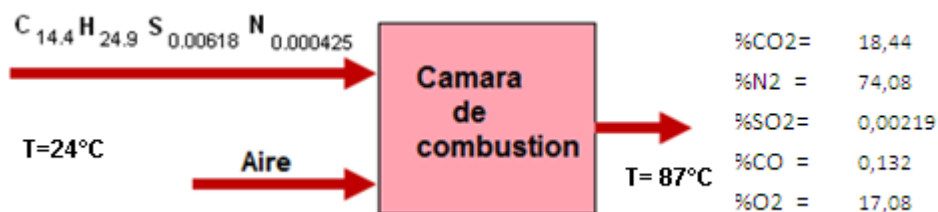
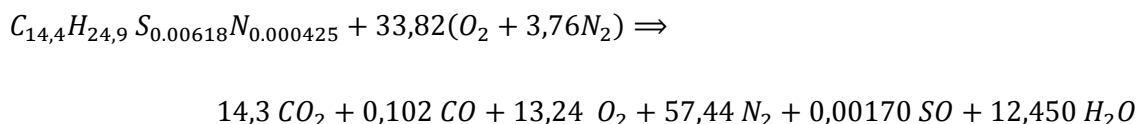


Fig. 5.8 Resultado del análisis de Gases con motor sobrealimentado

Realizando el balance estequiométrico de la ecuación de combustión se tiene:



La relación A/C y masa de aire real calculamos empleando la (Ec. 2.17 y 2.18) respectivamente:

$$A/C_{real} = \frac{33,82 [31,998 + 3,76(28,012)]}{[(14,4 \times 12,011) + (24,9 \times 1,0079)]} = 23,42 [Kg. \text{aire}/Kg. \text{de combustible}]$$

$$m_{aire (real)} = 23,42 \times \frac{0,03913}{1000} \times 4 = 0,00366 \text{ Kg}$$

El exceso de aire con la sobrealimentación es del 64%.

5.1.5 Monitoreo de Temperaturas del sistema de sobrealimentación.

Es necesario conocer las variaciones de temperatura del aire en puntos importantes del sistema de sobrealimentación como a la salida del compresor, entrada y salida del Intercooler, entrada al colector de admisión y ambiente (Fig. 5.9). Estas temperaturas nos ayudaran a construir un diagrama termodinámico del ciclo real para el motor Kia Asia Hi-Topic con turbo-Intercooler.

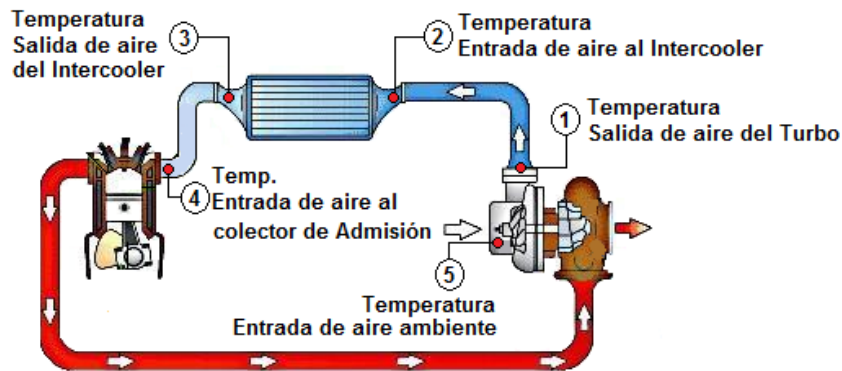


Fig. 5. 9 Monitoreo de Temperaturas del sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler

La medición se realizó mediante un circuito electrónico en el que se dispone de cinco sensores de temperatura LM35 con un rango de -40°C a 200°C y con la ayuda de un tacómetro digital se estableció el número de revoluciones del motor para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

1. Conexión de los sensores de temperatura LM35 en los puntos importantes (Fig. 5.10).

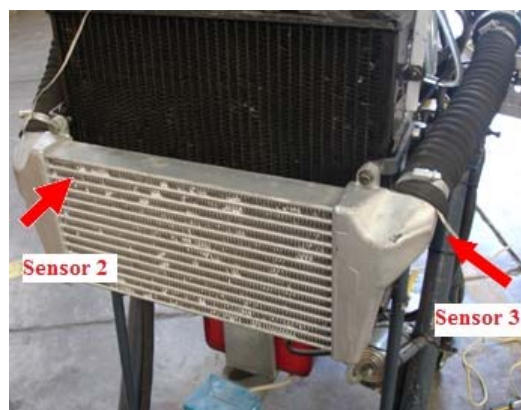


Fig. 5. 10 Conexión de sensores de temperatura

2. Poner en marcha el motor hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento 90°C.
3. Tomar los valores de temperatura (°C) que se muestran en la pantalla y de la sobrepresión (Bar) que indica el manómetro del turbo en ralentí, media y plena carga (Fig. 5.11) y (Fig. 5.12).



Fig. 5. 11 Monitoreo de temperaturas



Fig. 5. 12 Monitoreo de Sobrepresión del turbo

Los valores obtenidos en el monitoreo de temperaturas del sistema de sobrealimentación se resumen en la (Tabla5.7):

Tabla 5. 7 Temperaturas del sistema de Sobrealimentación a varios regímenes

	Ralentí	Media carga	Plena Carga
Revoluciones	700 rpm	2700 rpm	3600 rpm
Sobrepresión	0 Bar	0,4 Bar	0,7 Bar
T₁	29 °C	39 °C	53 °C
T₂	29 °C	36 °C	47 °C
T₃	24 °C	24 °C	27 °C
T₄	24 °C	24 °C	27 °C
T₅	21°C	21°C	21°C

Dónde:

T_1 = Temperatura del aire a la salida del turbo

T_2 = Temperatura del aire a la entrada del intercooler

$T_3 =$ Temperatura del aire a la salida del intercooler

$T_4 =$ Temperatura del aire a la entrada del colector de admision

$T_5 =$ Temperatura del aire ambiente

Es importante tomar en cuenta que el turbo no funciona cuando el motor se encuentra en ralentí, este empieza a actuar a partir de las 1000 rpm aproximadamente con una sobrepresión de 0,05 bar. Además al valor de sobrepresión que indica el manómetro del turbo se debe sumar la presión atmosférica en Cuenca para realizar los cálculos.

5.2 ANÁLISIS Y CÁLCULOS TERMODINÁMICOS REALES DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON TURBO-INTERCOOLER.

El funcionamiento de los turbos se asemeja a un ciclo Brayton abierto, ya que el aire fresco en condiciones ambiente ingresa dentro del compresor donde la temperatura y presión se elevan. El aire de alta presión ingresa a la cámara de combustión donde el combustible se quema a presión constante y los gases de alta temperatura que salen de la cámara ingresan a la turbina permitiendo accionar el compresor para luego expandirse hasta la presión atmosférica.

Idealizando el ciclo para adaptar a un motor diesel sobrealimentado los procesos de compresión y expansión permanecen iguales pero el proceso de combustión se sustituye por un proceso de adición de calor a presión constante de una fuente externa, y el proceso de escape se reemplaza por uno de rechazo de calor a presión constante hacia el aire ambiente, sumado un enfriador (Intercooler) entre el compresor y la cámara de combustión como se muestra en la (Fig. 5.13), en la cámara de combustión se tiene el ciclo diesel propiamente dicho.

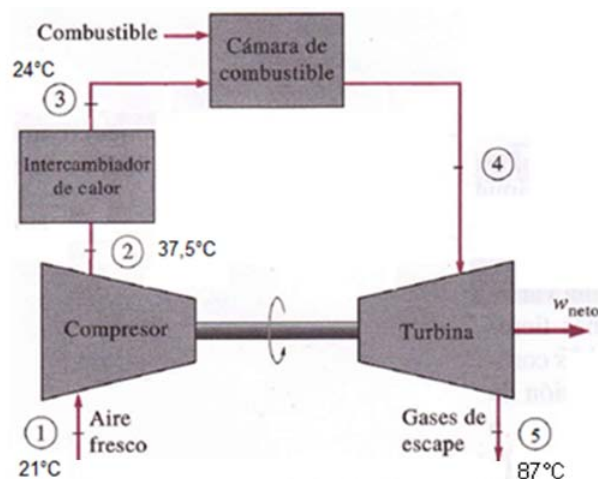


Fig. 5. 13 Ciclo idealizado para sistemas Turbo-Intercooler.

Los procesos que se dan en este ciclo son:

- 1-2 Compresión Isoentrópica (en un compresor).
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante (enfriamiento)
- 3-4 Adición de calor a presión constante.
- 4-5 Expansión Isoentrópica (en una turbina).
- 5-1 Rechazo de calor a presión constante.

Los diagramas T-s y P-v de este ciclo idealizado para el sistema turbo-Intercooler se indican en la (Fig. 5.14) y (Fig. 5.15).

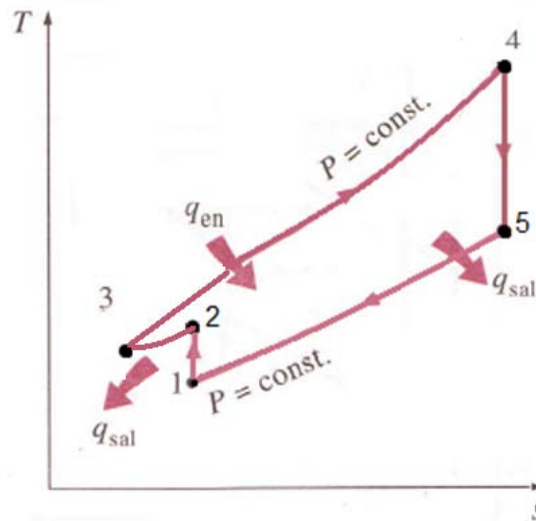


Fig. 5. 14 Diagrama T-s Del ciclo Idealizado del Sistema de Sobrealimentación Turbo-Intercooler.

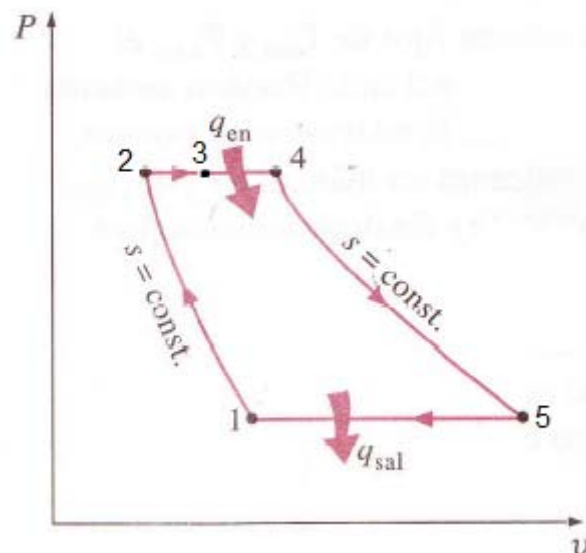


Fig. 5. 15 Diagrama P-v del Ciclo Idealizado del Sistema de Sobrealimentación Turbo-Intercooler

Despreciando los cambios de energía cinética y potencial para un proceso de flujo estable la ecuación del trabajo neto se expresa como:

$$W_{neto} = W_{Turb} - W_{Comp} \quad (5.1)$$

La transferencia de calor hacia y del fluido de trabajo es:

$$q_{en} = h_4 - h_3 \quad (5.2)$$

$$q_{sal} = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_1) \quad (5.3)$$

Usando interpolación de la tabla A.17 de Propiedad de gas ideal del aire encontramos los valores de entalpias para las temperaturas monitoreadas en los puntos del sistema de sobrealimentación.

$$T_1 = 21^\circ C \quad \rightarrow \quad h_{1@294^\circ C} = 294,17 \text{ KJ/Kg}$$

$$T_2 = 37,5^\circ C \quad \rightarrow \quad h_{2@310,5^\circ C} = 310,74 \text{ KJ/Kg}$$

$$T_3 = 24^\circ C \quad \rightarrow \quad h_{3@297^\circ C} = 297,18 \text{ KJ/Kg}$$

Debido a que en el punto 4 (salida de la cámara de combustión) se tiene gases de escape y no aire es necesario calcular la entalpia de combustión en este punto, la cual representa la cantidad de calor liberada durante un proceso de combustión de flujo estable cuando 1 Kmol de combustible se quema por completo a una temperatura y presión especificada y su ecuación es:

$$h_4 = H_{prod} - H_{react} = \sum N_p \bar{h}_{f,p}^\circ - \sum N_r \bar{h}_{f,r}^\circ \quad (5.4)$$

Dónde:

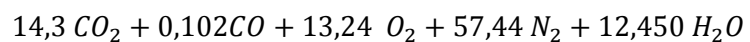
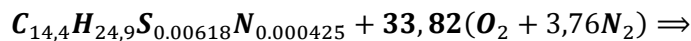
N_p = Numero de moles de los productos

$\bar{h}_{f,p}^\circ$ = Entalpias de los productos

N_r = Numero de moles de los reactivos

$\bar{h}_{f,r}^\circ$ = Entalpias de los reactivos

Para encontrar la entalpia de combustión empleamos la ecuación de combustión del diesel Premium en el motor Diesel Kia Asia Hi-Topic con sobrealimentación tomada del análisis de gases.



Debido a que N_2 y O_2 son elementos estables su entalpia de formación es cero, para el resto de reactivos y productos se utiliza la tabla A.26 de entalpia de formación de la Termodinámica de Cengel. Resolviendo la (Ec. 5.4) se tiene:

$$h_4 = \left[(N\bar{h}_f)_{CO_2} + (N\bar{h}_f)_{CO} + (N\bar{h}_f)_{H_2O} \right] - (N\bar{h}_f)_{C_{14,4}H_{24,9}}$$

$$h_4 = [(14,3 \times -393520) + (0,102 \times -110530) + (12,45 \times -241820)] - (1 \times -291010)$$

$$h_4 = 8397611,06 \text{ KJ/Kmol}_{C_{14,4}H_{24,9}} = 70052,25 \text{ KJ/Kg}_{C_{14,4}H_{24,9}}$$

Resolviendo la (Ec. 5.2) se calcula el calor de entrada q_{en}

$$q_{en} = h_4 - h_3$$

$$q_{en} = 70052,25 - 294,17 = 69757,5 \text{ KJ/Kg}$$

Debido la existencia de gases de combustión a la salida del turbo, h_5 se calcula sumando las entalpias de los productos de combustión CO, CO₂, O₂, N₂ y H₂O a la temperatura de salida de los gases de escape a la atmosfera 87 °C. Empleando las tablas A.18, A.19, A.20, A.21 de las propiedades de los gases ideales de de la termodinámica de Cengel.

$$CO_2 \rightarrow h_{5@360^\circ C} = 11748 \text{ KJ/Kg}$$

$$CO \rightarrow h_{5@360^\circ C} = 10473 \text{ KJ/Kg}$$

$$O_2 \rightarrow h_{5@360^\circ C} = 10511 \text{ KJ/Kg}$$

$$N_2 \rightarrow h_{5@360^\circ C} = 10471 \text{ KJ/Kg}$$

$$H_2O \rightarrow h_{5@360^\circ C} = 11652 \text{ KJ/Kg}$$

Por lo tanto $h_{5@360^\circ C} = 54855 \text{ KJ/Kg}$, resolviendo la (Ec. 5.3) se tiene:

$$q_{sal} = (297,18 - 310,74) + (54855 - 294,17) = 54547,3 \text{ KJ/Kg}$$

Para calcular el trabajo neto del ciclo es necesario encontrar el trabajo del compresor (Ec. 5.5) y la salida de trabajo de la turbina (Ec 5.6).

$$W_{en} = h_2 - h_1 \quad (5.5)$$

$$W_{en} = 310,74 - 294,17 = 16,57 \text{ KJ/Kg}$$

$$W_{sal} = h_4 - h_5 \quad (5.6)$$

$$W_{sal} = 69757,5 - 54855 = 14902,5 \text{ KJ/Kg}$$

Resolviendo la (Ec. 5.1) se tiene

$$W_{neto} = 14885,9 \text{ KJ/Kg}$$

5.2.1 Construcción y análisis del diagrama Termodinámico real para el motor Kia Asia con turbo Intercooler de acuerdo a las temperaturas obtenidas.

El diagrama termodinámico real se comprará con el idealizado para determinar la cantidad de trabajo que se incremento en el motor producto de la adaptación del sistema de sobrealimentación con turbo-Intercooler.

Se realizaron pruebas al motor sobrealimentado a media y a plena carga, pero se analizó los resultados a 2700 rpm (media carga) que es donde se tiene la potencia máxima, utilizando el valor de presión y temperatura 4 de la (Tabla 5.7) que es el punto de partida (1) para construir el diagrama termodinámico real del motor diesel Kia Asia con sistema turbo-Intercooler. Para calcular las temperaturas y presiones máximas, el trabajo neto se analizara de la misma forma que el motor estándar calculado en el capítulo 2.

En la (Tabla 5.8) se resumen los valores de las presiones y temperaturas calculados en cada punto del ciclo sobrealimentado, con los cuales se construye el diagrama P-v del motor diesel (Fig. 5.16).

Tabla 5. 8 Valores termodinámicos reales con motor sobrealimentado

	Presión (Bar)	Temperatura (°K)	Calor aportado (KJ/Kg)	Calor cedido (KJ/Kg)	Trabajo Neto (KJ/Kg)
Punto 1	114.20	297.00	-	-	959.11
Punto 2	5215.25	850.78	1493.48	-	
Punto 3	10056.85	1640.60		-	
Punto 4	10056.85	2615.48		534.37	
Punto 5	400.37	1041.24	-		

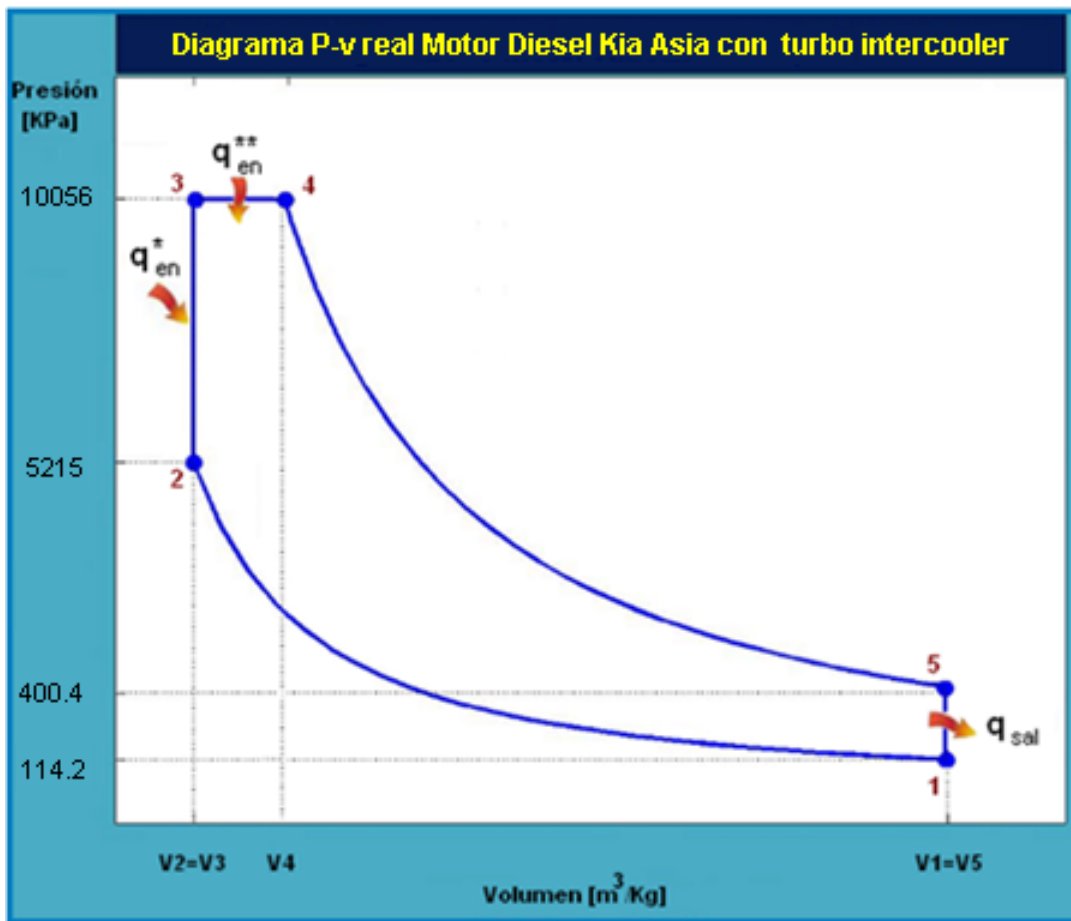


Fig. 5. 16 Diagrama P-v real con motor Kia Asia sobrealimentado turbo-Intercooler

5.2.2 Comparación de los valores de presión y temperatura con motor estándar y sobrealimentado con turbo-Intercooler.

En la (Tabla 5.9) se muestran los valores de presión y temperaturas del motor Kia Asia Hi-Topic con el motor estándar y con sistema de sobrealimentación analizados a media carga (2700 rpm).

Tabla 5. 9 Comparación de Presión y temperaturas con motor estándar y sobrealimentado.

	Motor estándar		Motor sobrealimentado	
	Temperatura [°K]	Presión (KPa)	Temperatura [°K]	Presión (KPa)
Punto 1	294	74.2	297.00	114.20
Punto 2	938.2	5090.8	850.78	5215.25
Punto 3	971.9	5273.5	1640.60	10056.85
Punto 4	2089.5	5273.5	2615.48	10056.85
Punto 5	831.8	209.9	1041.24	400.37

Donde se observa que existe un aumento de las presiones y temperaturas en cada punto de los procesos del ciclo de funcionamiento del motor diesel.

Al inicio de la compresión con motor sobrealimentado el aire ingresa al cilindro con mayor temperatura y presión, debido a la intervención de turbocompresor, logrando mejorar la eficiencia volumétrica e incrementar el porcentaje de exceso de aire de un 34% a un 65%.

La temperatura de admisión de 24 °C garantiza que el ciclo no empiece con temperaturas elevadas, al aumentar la cámara de combustión la relación de compresión se reduce de 21.5 a 18,6:1 por esta adaptación y por la intervención del Intercooler la temperatura de compresión máxima del ciclo se incrementa un 25%, lo cual no es perjudicial en los elementos internos del motor. Al aumentar en un 90% la presión al final de compresión en el interior del cilindro con relación al motor estándar, permite obtener mayor presión al final de la combustión y aumenta también cantidad de calor en el motor.

Mientras mayor sea la presión de combustión (P 4) del diagrama P-v, obtendremos un aumento considerable de la potencia, que se verá reflejada directamente en la fuerza que se ejerce sobre la cabeza del pistón.

5.2.3 Comparación de los valores de trabajo obtenidos del motor Kia Asia estándar y sobrealimentado.

En la (Tabla 5.10) se muestra un incremento del 35% del trabajo neto del ciclo con la implementación del sistema de sobrealimentación. Esto se traduce en un aumento de potencia para este motor Kia Asia debido a que al aumentar el porcentaje de trabajo en igual número de revoluciones la potencia que desarrolla el motor será mayor.

Tabla 5. 10 Trabajo neto del ciclo Diesel con y sin sobrealimentación

	$W_{\text{neto}} \begin{matrix} \text{[KJ]} \\ \text{[kg]} \end{matrix}$
Motor estándar	718,5
Motor Sobrealimentado	959,11

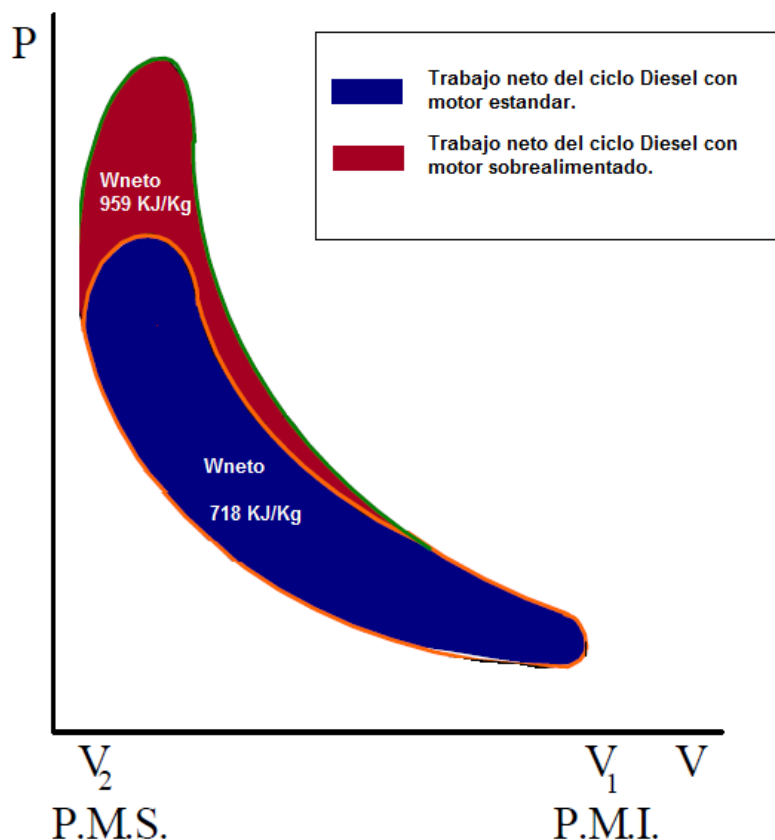


Fig. 5.17 Comparación del trabajo neto del ciclo diesel con motor estándar y sobrealimentado.

En la (Fig. 5.17) se muestra un incremento de 240,61 KJ/Kg en el trabajo neto del ciclo para el motor diesel Kia Asia Hi-Topic debido a que se introduce en la cámara de combustión mayor cantidad de aire comprimido, mejorando grado de llenado en el cilindro por la sobrealimentación de turbocompresor. Este aumento de trabajo produce que la potencia, par, temperatura de combustión y presión de compresión se eleven, debido a que en los motores diesel no existe el riesgo de autoencendido por lo tanto el aumento de presión de compresión resulta favorable ya que permite quemar mejor el combustible diesel en estos motores denominados de encendido por compresión.

CAPÍTULO 6

GUÍA MULTIMEDIA DEL BANCO DIDÁCTICO.

En este capítulo se muestra la forma correcta de manipular el banco didáctico del motor Kia Asia Hi-Topic con sistema de sobrealimentación Turbo-Intercooler, y también en un archivo digital (*Anexo 6.1*) se explica cada uno de los pasos a seguir.

6.1 COMPONENTES DEL BANCO DIDÁCTICO.

Los componentes que forman parte del banco didáctico están enumerados en las (Fig.6.1), (Fig.6.2) y (Fig.6.3).

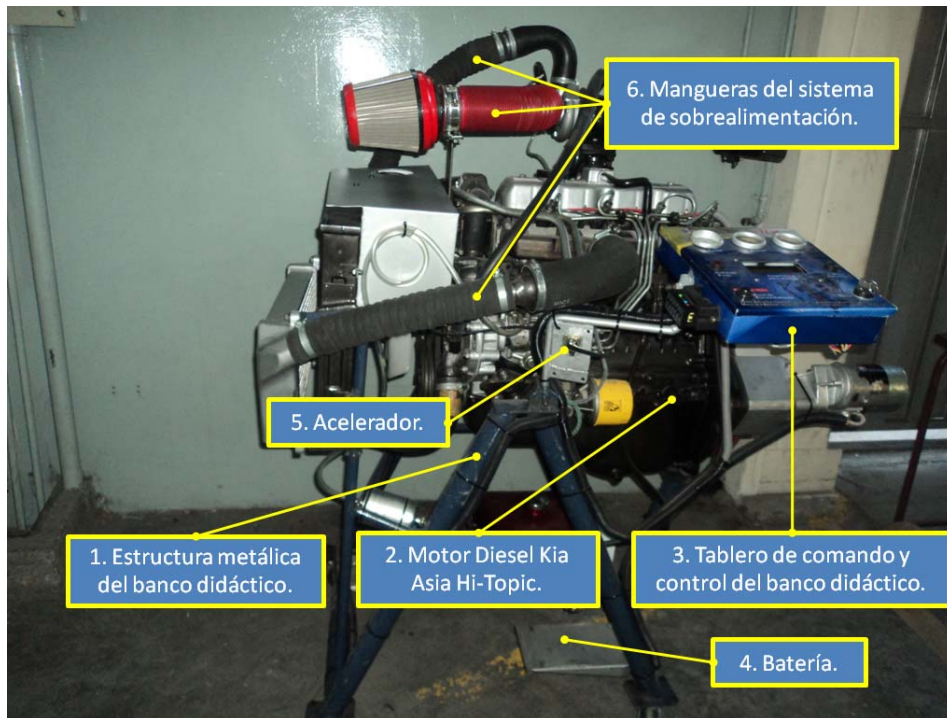


Fig. 6. 1 Vista lateral izquierda de banco didáctico.

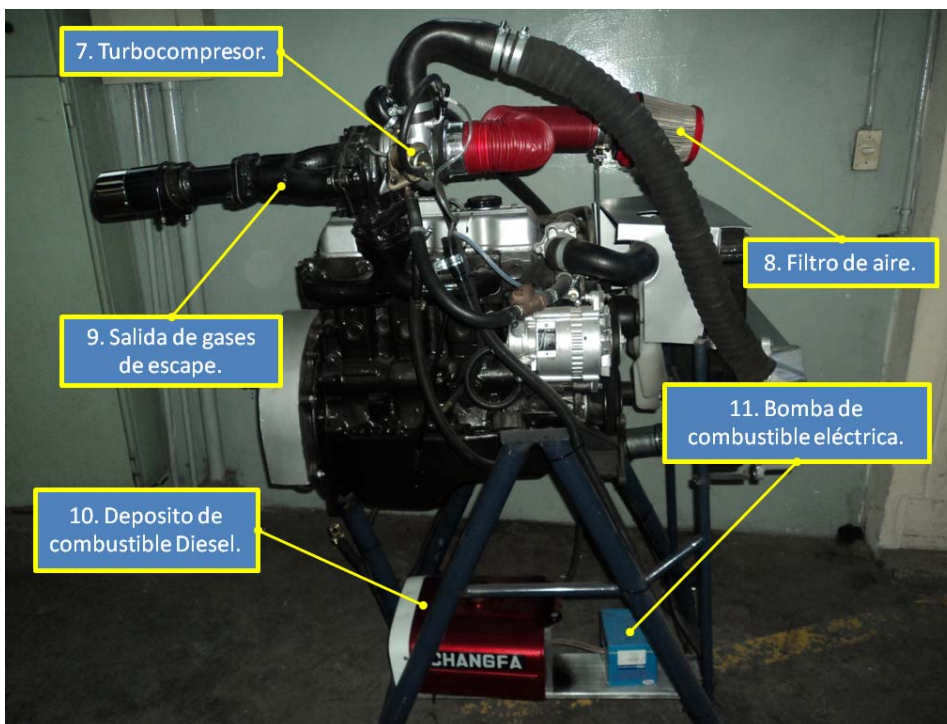


Fig. 6. 2 Vista lateral derecha del banco didáctico.

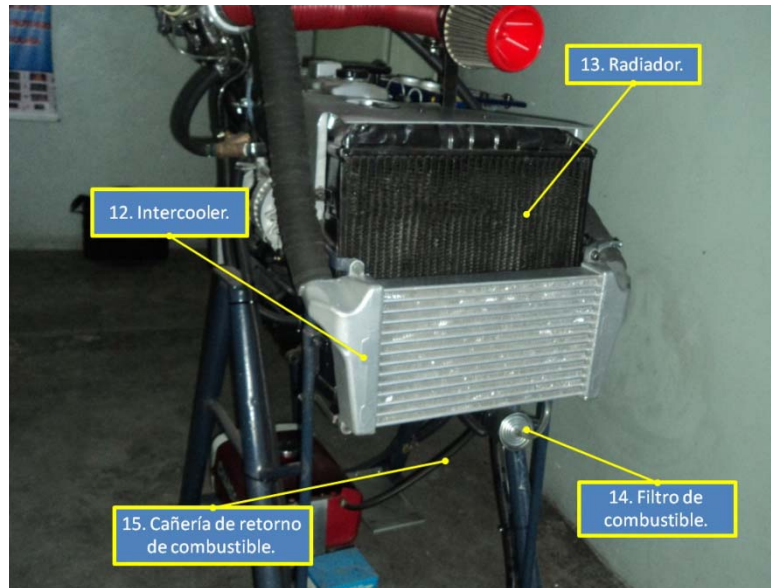


Fig. 6.3 Vista frontal del banco didáctico.

6.2 ENCENDIDO DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.

6.2.1 Calentar las bujías de precalentamiento.

En el tablero de comando y control mantener presionado el pulsante de las bujías de precalentamiento mínimo 10 segundos. Verificar que la luz “Roja” está encendida lo cual indica que las bujías se están calentando (Fig. 6.4).



Fig. 6.4 Pulsante y luz testigo de las bujías de precalentamiento en el tablero de control.

6.2.2 Dar arranque al motor.

Para arrancar el motor girar la llave de contacto a la posición “STAR” y soltar. Verificar que luz “Verde” este encendida la cual indica que el motor está funcionando (Fig. 6.5).



Fig. 6. 5 Switch y luz testigo del motor en el tablero de control.

6.2.3 Acelerar hasta estabilizar el motor.

Luego de dar arranque, halar esta palanca para acelerar el motor hasta estabilizarlo y luego soltar la palanca (Fig. 6.6).



Fig. 6. 6 Acelerador del motor Kia Asia HI-Topic.

6.3 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR Y DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.

6.3.1 Visualizar en el manómetro, la temperatura de funcionamiento del motor.

Con el motor en funcionamiento, verificar que la temperatura se encuentre dentro del rango de 80-90 °C.

6.3.2 Observar en el manómetro la presión de aceite del motor.

Con el motor en funcionamiento verificar que la presión de aceite este dentro del rango de 40 a 60 Psi.

6.3.3 Verificar el funcionamiento del turbocompresor, a través del manómetro de sobrepresión.

Mediante el manómetro de sobrepresión del turbo comprobar que esté operando en los diferentes regímenes de giro del motor (*Tabla 6.1*). Mediante la palanca del acelerador variar el régimen de giro del motor según las señalizaciones de este.

En la (*Fig. 6.7*) se identifican los manómetros de verificación del funcionamiento del motor instalados en el tablero de control.



Fig. 6. 7 Manómetros de verificación del funcionamiento de motor Kia Asia Hi-Topic.

Tabla 6. 1 Valores de sobrepresión del turbo a varios regímenes de giro del motor.

Régimen de giro	Rpm	Bar de sobrepresión	Observación
Ralentí (R)	600-700	0.00	No se activa el turbocompresor.
A partir de (1000)	1000	0.10	Se activa el turbocompresor.
Carga media (CM)	2250	0.25	Turbocompresor a media capacidad.
Plena carga (PC)	3400	0.5	Turbocompresor a capacidad completa.

6.4 MONITOREO DE TEMPERATURAS EN EL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN TURBO-INTERCOOLER.

6.4.1 Colocar los sensores de temperatura en el sistema de sobrealimentación.

Conectar los terminales de los sensores de temperatura al tablero de control (Fig.6.8) y Ubicarlos en los puntos indicados del motor sobrealimentado (Fig.6.9), dichos puntos se describen en la (Tabla 6.2).

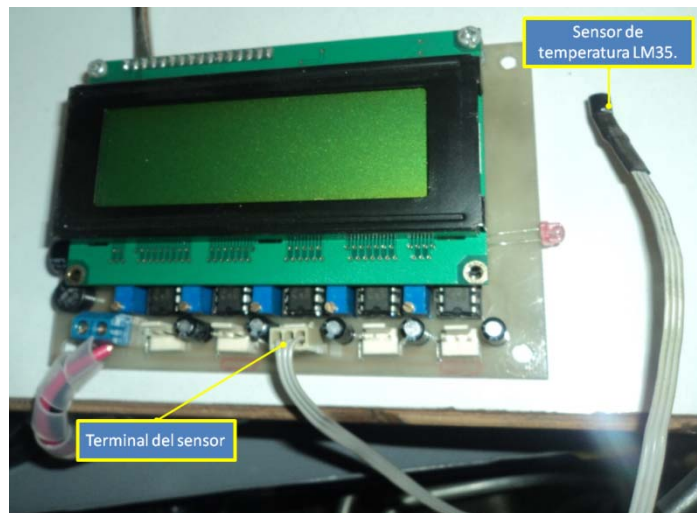


Fig. 6. 8 Circuito de monitoreo de temperaturas.

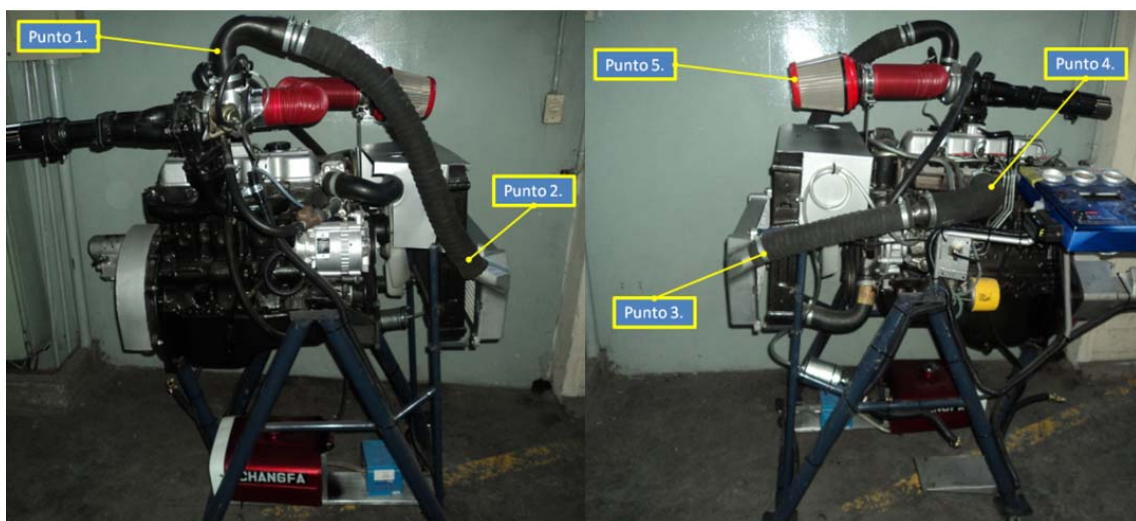


Fig. 6. 9 Puntos indicados para la ubicación de los sensores de temperatura.

Tabla 6. 2 Ubicación de los sensores de temperatura.

Punto	Temperatura	Ubicación
Punto (1)	Temperatura (1)	Salida del turbocompresor.
Punto (2)	Temperatura (2)	Entrada al intercooler.
Punto (3)	Temperatura (3)	Salida del intercooler.
Punto (4)	Temperatura (4)	Entrada a la admisión del motor.
Punto (5)	Temperatura (5)	Temperatura ambiente.

Luego de conectar los sensores, en la pantalla LCD se puede visualizar los valores de temperatura en lo puntos indicados a diferentes regímenes de giro del motor con sistema de sobrealimentación turbo-intercooler (Fig. 6.10).



Fig. 6. 10 Pantalla LCD en el tablero de control.

Observar la activación del turbocompresor en los diferentes regímenes de giro, el cual permite aumentar el par y potencia del motor, verificando que las temperaturas de los diferentes puntos del sistema de sobrealimentación se encuentren dentro de los rangos permitidos para evitar daños en el motor.

6.5 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL MOTOR KIA ASIA HI-TOPIC.

Como un recurso adicional en esta guía multimedia se adiciona el manual de taller del motor Kia Asia Hi-Topic, el cual facilitara el mantenimiento y reparación del dicho motor con parámetros, procesos, recomendaciones, etc., dados por el fabricante. Este manual se presenta en formato PDF en el (*Anexo 6.1*) y consta de los siguientes apartados.

0. Datos técnicos.
1. Motor.
2. Sistema de lubricación.
3. Sistema de refrigeración.
4. Combustible, sistema de admisión y escape.
5. Sistema eléctrico del motor.

CONCLUSIONES

- Los sistemas de sobrealimentación permiten recuperar la potencia perdida por los motores atmosféricos, al compensar la disminución de la densidad del aire producida por la altitud como en el caso de la ciudad de Cuenca que se encuentra a 2500 msnm o por la disminución de las moléculas de oxígeno por el aumento de temperatura como en épocas de invierno en la costa.
- Debido a la falta de un banco dinamométrico para motores estacionarios que permita obtener datos reales de potencia, par y consumo específico de combustible se tomaron los valores que da el fabricante como reales, para realizar los cálculos termodinámicos con motor estándar se toma en cuenta la temperatura y presión del ambiente de la ciudad de Cuenca..
- EL trabajo neto, calor aportado y cedido del ciclo del sistema turbo-intercooler se obtuvieron idealizando el ciclo del motor diesel sobrealimentado, los cálculos termodinámicos se realizaron tomando en cuenta la presión y temperaturas monitoreadas dando como resultado que el trabajo neto del ciclo diesel sobrealimentado para el motor Kia Asia se incremento en un 35%.
- El exceso de aire que ingresa al interior del cilindro se incremento de un 34 al 65% con la sobrealimentación logrando mejorar el llenado del cilindro y por ende aumentando el rendimiento volumétrico.
- Debido a que el turbocompresor empieza a funcionar sobre las 1000 rpm el monitoreo de temperaturas y presión del sistema de sobrealimentación se realizo a la velocidad de la potencia máxima 2700 rpm. El análisis de gases contaminantes con motor estándar y sobrealimentado se realizo al mismo régimen de revoluciones para poder compararlos y se observó que con el sistema turbo-intercooler se reducen los gases contaminantes.
- En el análisis de gases de combustión del motor Kia Asia se demuestra que los porcentajes de gases contaminantes como el CO, NO_x, SO₂ se redujeron con la implementación del sistema turbo-intercooler y se incrementó los valores de los gases menos contaminantes comparados con el motor estándar.

- También en la medición de opacidad que se realizó a velocidad de ralentí, media carga y plena carga se determinó que el porcentaje de opacidad varía favorablemente con el sistema sobrealimentado, es decir se reduce la contaminación ambiental.
- Para evitar un incremento excesivo en las presiones del ciclo termodinámico con motor sobrealimentado fue necesario reducir la relación de compresión de 21,5 a 18,6, mediante la colocación de un empaque de mayor espesor en el cabezote del motor.
- La implementación del sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación (intercooler) reduce la temperatura del aire que sale del turbo antes de ingresar a los cilindros del motor, disminuyendo la densidad y permitiendo que con un mismo volumen se introduzca una mayor masa de aire y mejorar la combustión de la mezcla.
- Para poder instalar el sistema de sobrealimentación turbo-intercooler fue necesario tener al motor en perfecto estado de funcionamiento, para esto se realizó una reparación total del mismo ya que los componentes internos como pistones, camisas rines y cabezote se encontraban en mal estado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda conocer el buen estado y funcionamiento del motor antes de implementar un sistema de sobrealimentación para que al adaptarlo se obtengan resultados favorables y evitar gastos innecesarios.
- Se recomienda al Laboratorio de Motores del Taller Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana la adquisición de un banco dinamométrico que permita obtener las curvas de par motor, potencia y consumo específico de combustible para motores estacionarios.
- Se debería disponer de un analizador de gases para motores diesel que permita obtener los valores de los productos de combustión.
- Dotar a la biblioteca programas automotrices que permitan simular las curvas de potencia, par y consumo específico en motores diesel.
- Es importante no sobre dimensionar los elementos del sistema de sobrealimentación ya que podría resultar desfavorable aumentando el consumo de combustible, altos niveles de emisiones de gases contaminantes, elevadas presiones y altas temperaturas en el aire de admisión.
- La universidad debería ayudar con más recursos económicos y tecnológicos para la realización de los proyectos de tesis ya que en algunos casos estos resultan muy costosos y también se complican en el desarrollo porque no se pueden realizar las diferentes pruebas por la falta de equipo o herramientas especializadas.

BIBLIOGRAFÍA

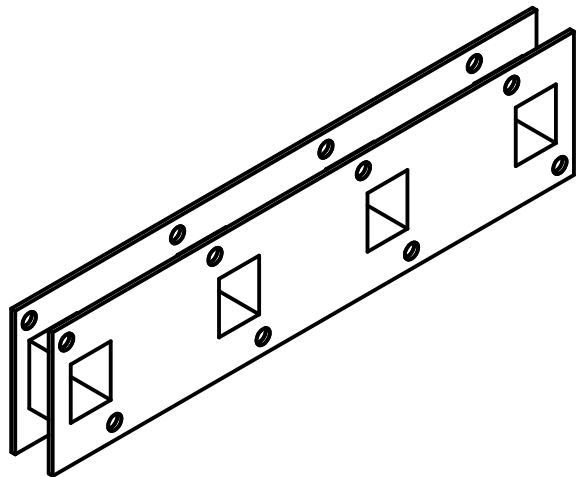
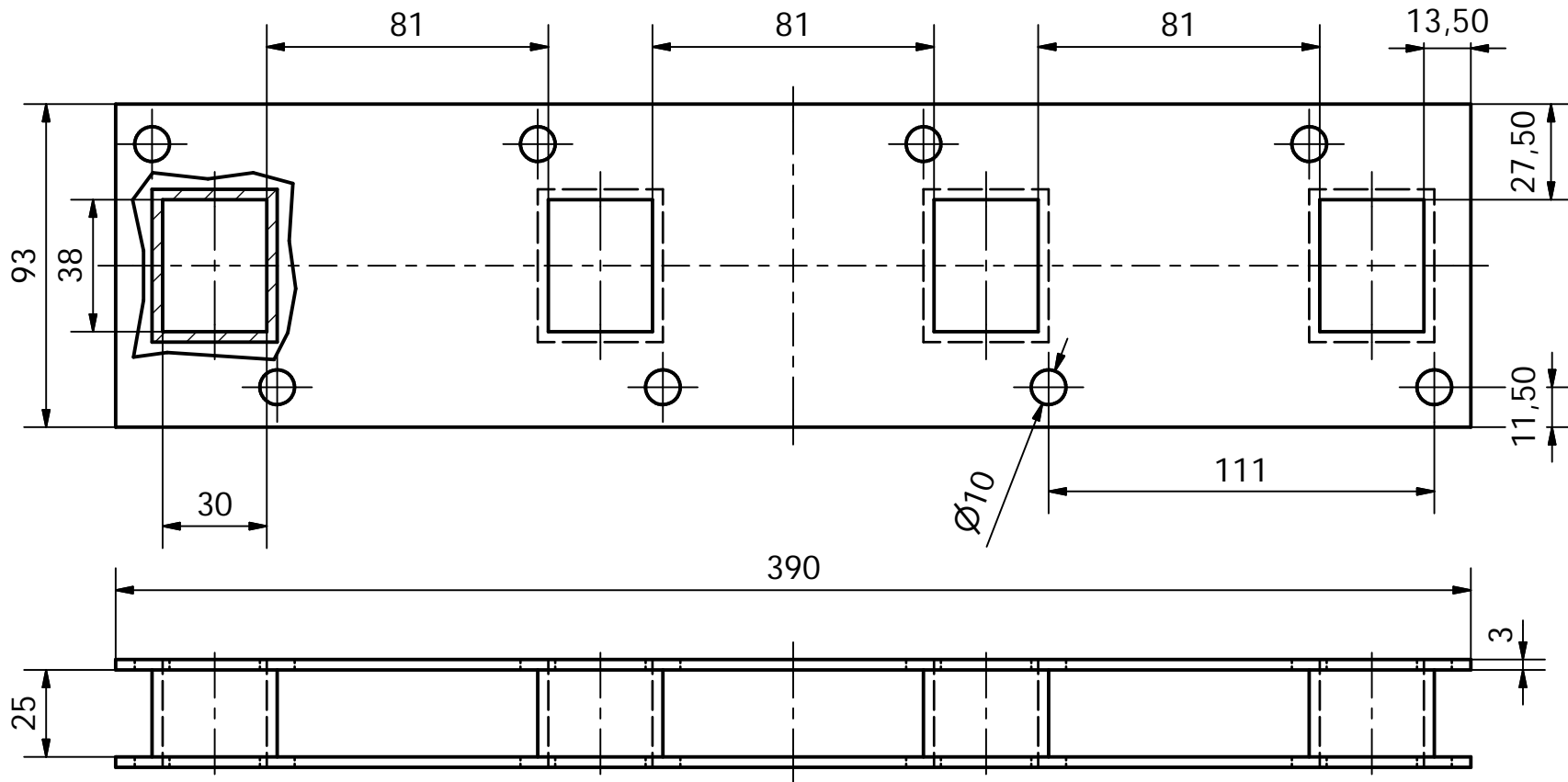
LIBROS Y MANUALES:

- Manual CEAC del automóvil, Ediciones CEAC, 2003.
- Gerschler, Stuttgart. Tecnología del automóvil, Tomo 2.
- SANZ Ángel, Tecnología de la Automoción 2,2, Editorial Bruño EDB, Madrid,1981.
- CENGEL Yunus, Termodinámica, McGraw-Hill, México 2003.
- GIACOSA Dante, Motores endotérmicos, Editorial Científico- Medica, Barcelona, 1970.
- JM Alonso, Técnicas del Automóvil, Madrid, 6 Edición.
- H. Kindler, Matemática Aplicada para la Técnica del automóvil, GTZ, Editorial Reverté, Barcelona, 1986.
- Miralles de Imperial, Juan. Turbo, sobrealimentación de motores rápidos. 2da Edición.
- SANZ Santiago, Mantenimiento de Vehículos autopropulsados, Editex, España 2007.
- Bosch. Robert Manual de la Técnica del Automóvil, 1996.
- ALONSO J. M. Técnicas del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo. 10a Edición. España.
- BECERRA Luis Omar. Densidad del Aire. 2001. México.
- Caracterización Geométrica y Técnica de un Turbocompresor de un Vehículo Mazda. Editorial Scientia et Technica, XII edición. 2006
- DE CASTRO. Miguel. Manual del Turbo. España. Ceac. 1989. 207. 2ª edición.
- GIACOSA. Dante. Motores Endotérmicos. España. Dossat. 1978, 1984. 758. 3ª edición, 5ª edición.
- GILLIERI, Stefano, Preparación de Motores en Serie para Competición. GTZ. Tecnología del Automóvil, tomo 2. España. Reverté. 1985. 561. 20ª edición.
- KINDLRE Hans, Cálculos Técnicos para el Automóvil. Editorial Reverte, 8va edición. España 1987.
- LINARES Omar. El Turbocompresor y su Mantenimiento. Widman International SRL. Bolivia 2001.
- MAHA GMBH & CO. KG, Manual del Banco de Potencia LPS 3000, 3ra Edición, 2003.
- Máquinas térmicas: Motores de Otto y Diesel. Madrid. 1995

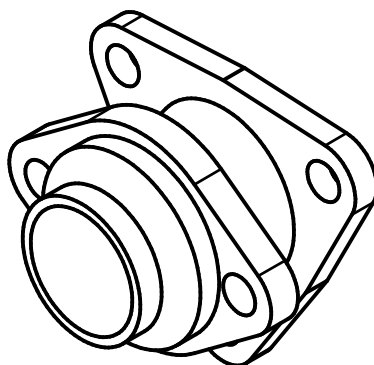
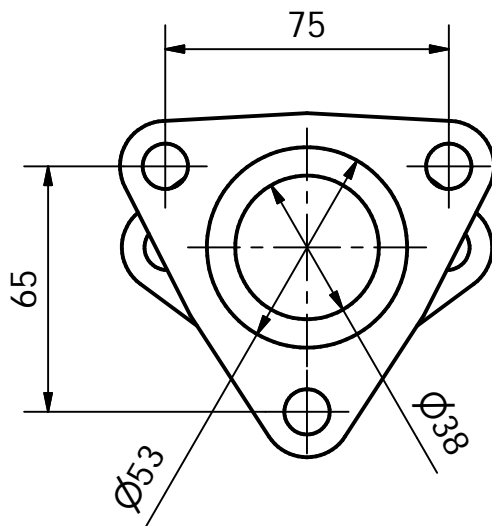
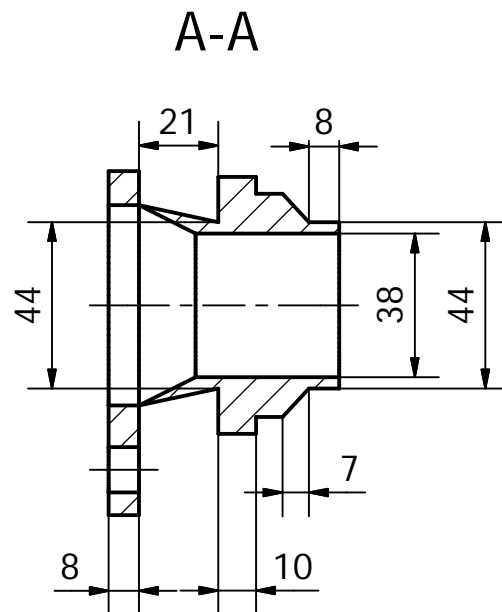
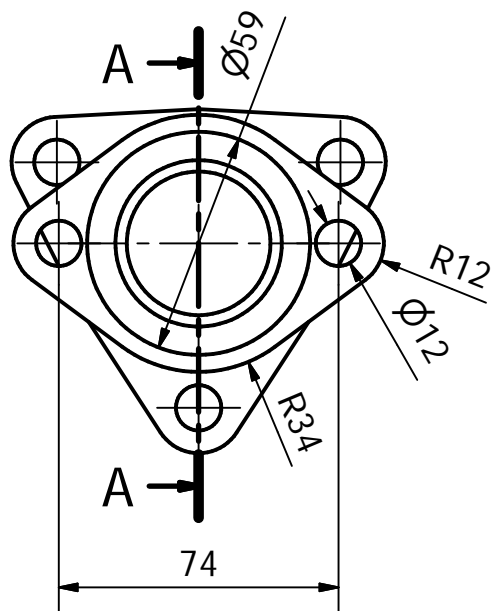
PAGINAS WEB:

- <http://www.microcaos.net/ocio/motor/el-motor-diesel-todo-sobre-motores-diesel/>
- <http://www.mecanicavirtual.org/engrase-motor.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos10/lubri/lubri.shtml#cara>
- <http://www.mecanicavirtual.org/refrigeracion-motor.htm>
- <http://www.todomonografias.com/electronica-y-electricidad/bomba-inyectora/>
- <http://www.mecanicavirtual.org/bomba-ve.htm>
- <http://www.oocities.org/mecanicoweb/26a.htm>
- <http://es.scribd.com/doc/28505686/informe-de-inyector-diesel>
- <http://www.fullmecnica.com/i/inyeccion-indirecta>
- http://www.paginasvirtuales.net/CURSOS/sistemas_diesel/gestion_electronica_diesel.htm
- <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>
- <http://www.autoxuga.com/cursos/TURBOS/TURBOS.htm>
- http://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/tech_center/turbo_tech103.html
- <http://www.fullmecnica.com/t/turbos-relacion-a-r>
- www.km77.com/tecnica/alternativas/alohol/texto.asp
- www.wikipedia.org/wiki/Control_de_emisiones_vehiculares
- www.rincontuerca/turbo2.jpg&imgrefurl
- www.turbotec.cl/tecnologia.htm
- http://www.supplierlist.com/photo_images/29945/Mazda_Rx7_Fd3s_Front_Mount_Intercooler_Kit.jpg

ANEXOS

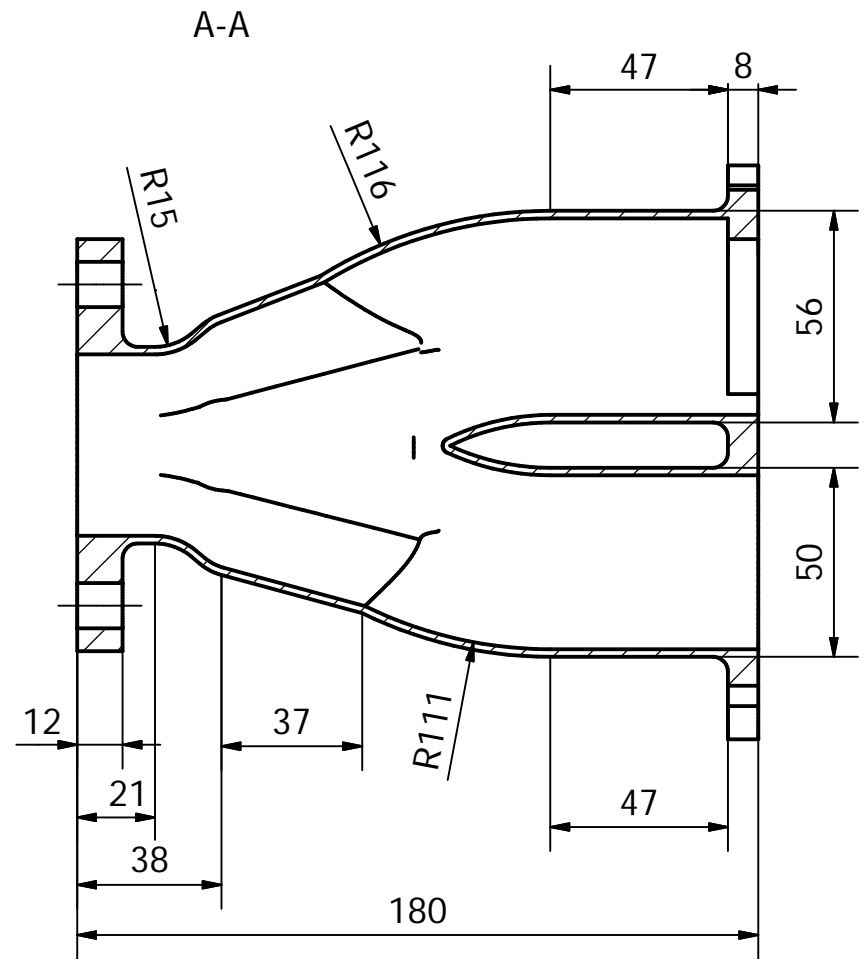
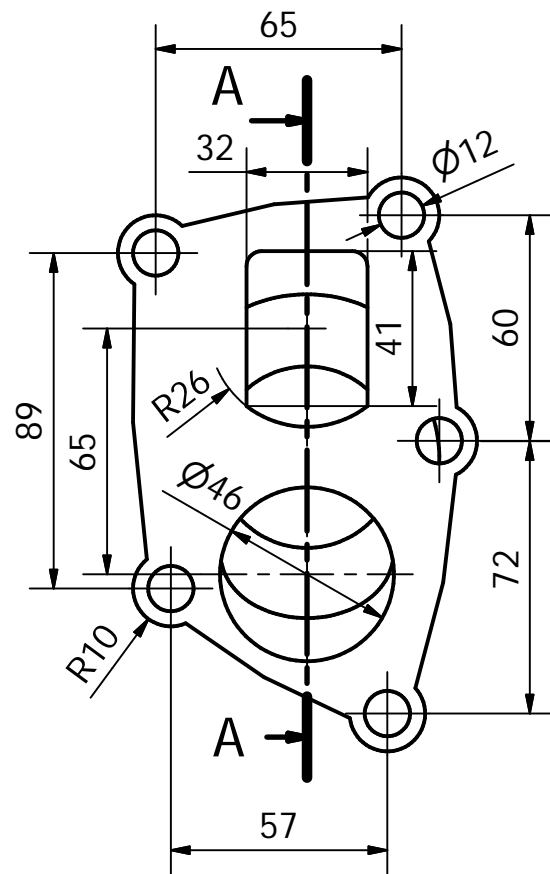
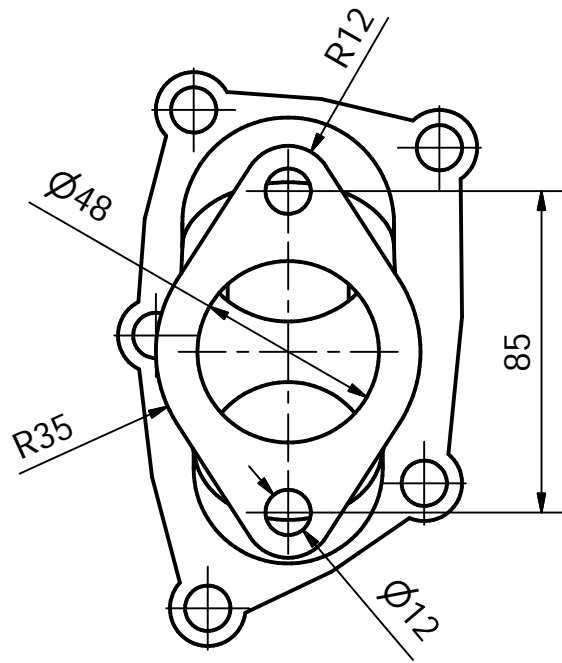
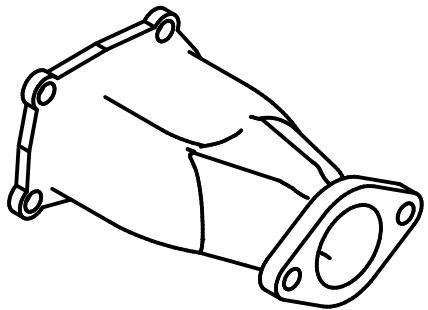
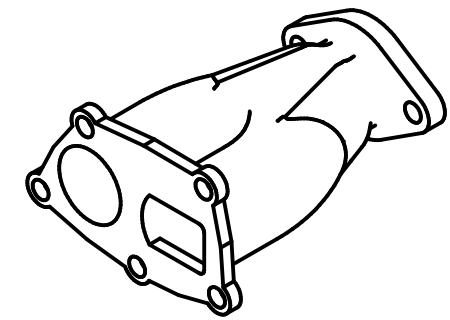


Diseño de Chindón-Palaguachi			Revisado por Ing. F Castillo		Aprobado por Ing. F Castillo		Fecha		Material: Hierro		
									Fecha 03/10/2011		
Universidad Politécnica Salesiana						Acople para el multiple de escape					
						Anexo 4.1 (Escala 1:2)				Edición 1	



Material: Hierro

Diseño de Chindón-Palaguachi	Revisado por Ing. F Castillo	Aprobado por Ing. F Castillo	Fecha	Fecha 03/10/2011
Universidad Politécnica Salesiana			Base de sujeción para el turbocompresor	
			Anexo 4.2 (Escala 1:2)	Edición 1



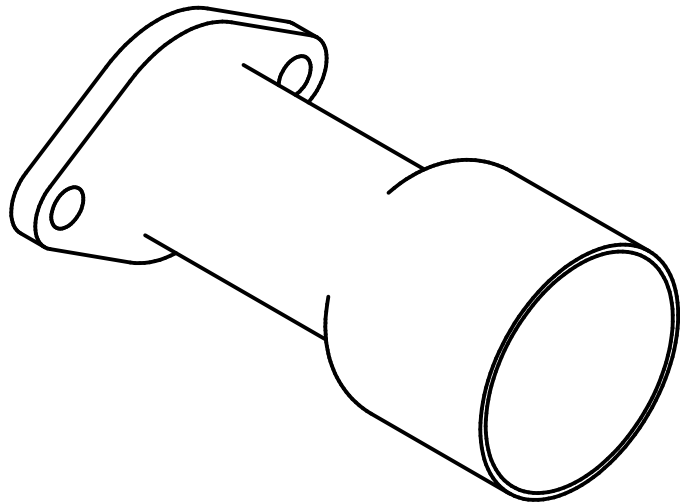
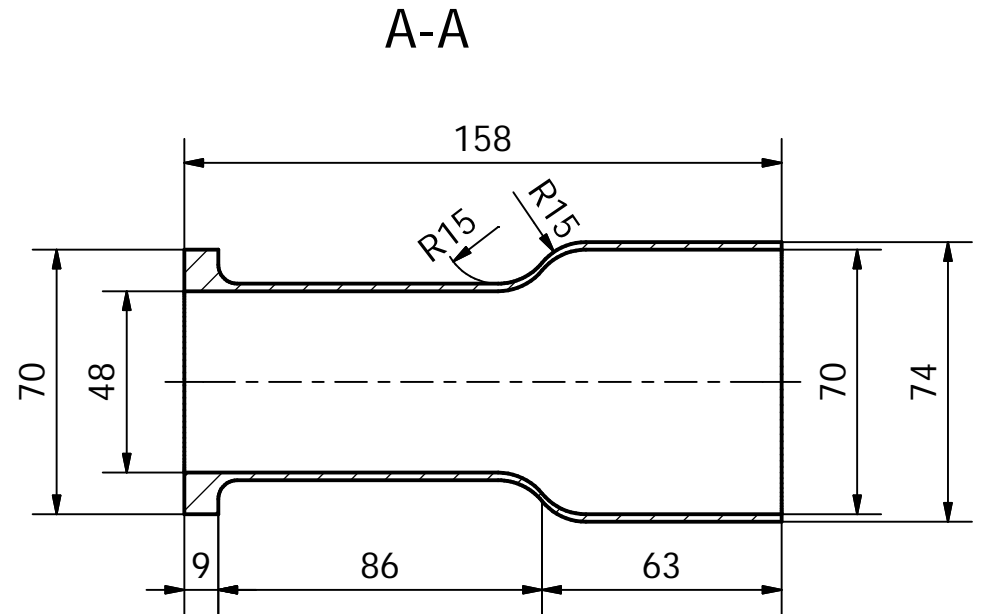
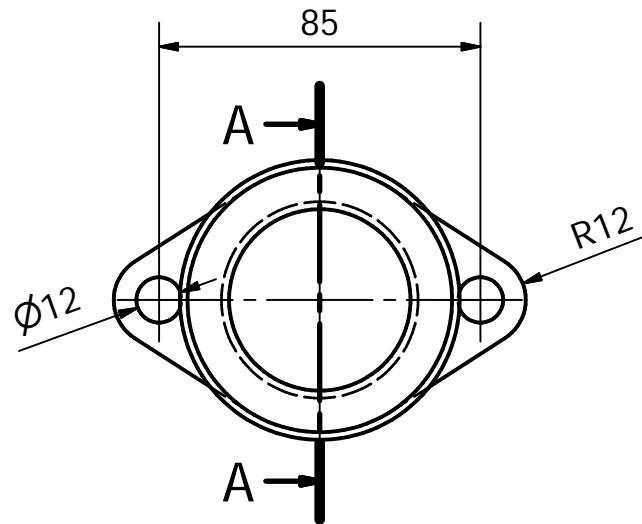
Material : Hierro

Diseño de Chindón-Palaguachi	Revisado por Ing. F Castillo	Aprobado por Ing. F Castillo	Fecha	Fecha 03/10/2011
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------	---------------------

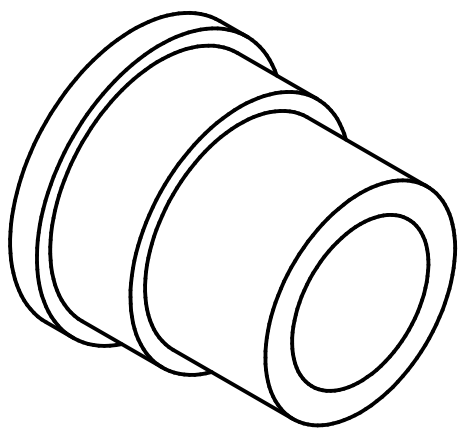
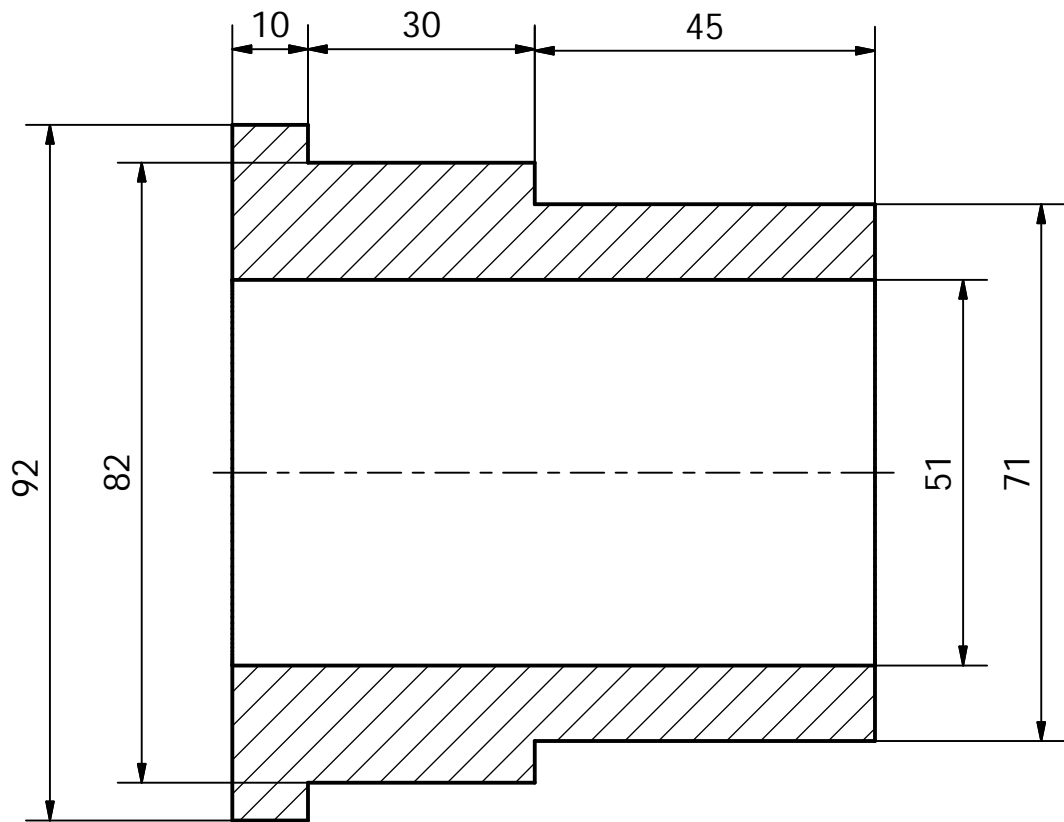
Universidad Politécnica Salesiana

Acople para la salida de gases del turbo

Anexo 4.3 (a) (Escala 1:2) Edición 1 Hoja 1 / 1



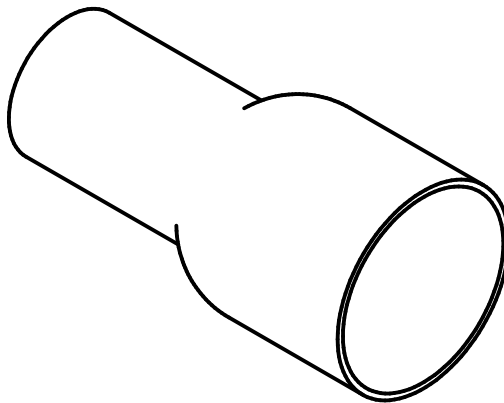
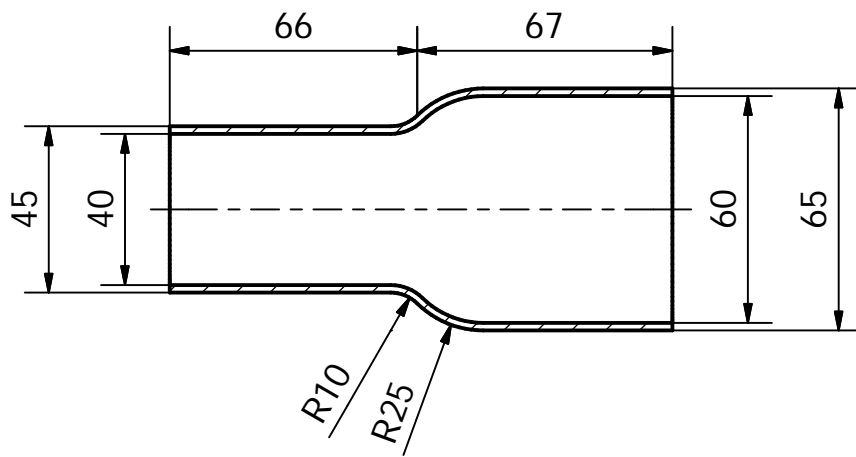
				Material: Hierro	
Diseño de Chindón-Palaguachi	Revisado por Ing. F Castillo	Aprobado por Ing. F Castillo	Fecha	Fecha 03/10/2011	
Universidad Politécnica Salesiana			Acople para la salida de gases del turbo		
			Anexo 4.3 (b) (Escala 1:2)	Edición 1	Hoja 1 / 1



Material: Caucho

Diseño de Chindón-Palaguachi	Revisado por Ing. F Castillo	Aprobado por Ing. F Castillo	Fecha	Fecha 03/10/2011
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------	---------------------

Universidad Politécnica Salesiana	Acople para la entrada de aire al turbo		
	Anexo 4.4 (Escala 1:2)	Edición 1	Hoja 1 / 1



				Material: Latón	
Diseño de Chindón-Palaguachi	Revisado por Ing. F Castillo	Aprobado por Ing. F Castillo	Fecha	Fecha 03/10/2011	
Universidad Politécnica Salesiana			Reductor de 65 mm a 45 mm		
			Anexo 4.5 (Escala 1:2)	Edición 1	Hoja 1 / 1

Anexo 4.6

PROGRAMA DE MONITOREO DE TEMPERATURAS.

```
-----  
; Code Produced by the PROTON+ Compiler. Version 3.2.5.5  
; Copyright Rosetta Technologies/Crownhill Associates  
; Written by Johanna Chindón, Juan Pablo Palaguachi. Febrero 2011  
-----  
NOLIST  
#include "C:\TERMOMETRO\5 LM35 Y 877A\5 LM35 Y 877A.PBP"  
LIST  
  
TEMP1 = 50  
TEMP2 = 51  
TEMP3 = 52  
TEMP4 = 53  
TEMP5 = 54  
TEMP6 = 55  
TEMP6H = 56  
    #Define __LCD_DTPORT PORTB  
    #Define __LCD_RSPOINT PORTB  
    #Define __LCD_ENPOINT PORTB  
F2_SOF equ $ ; 5 LM35 Y 877A.PRP  
F2_EOF equ $ ; 5 LM35 Y 877A.PRP  
F1_SOF equ $ ; 5 LM35 Y 877A.BAS  
F1_000033 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] ADCON1 =%10 ' Set PORTA analog and PORTE to all  
digital  
    Movlw 2  
    Bsf STATUS,5  
ram_bank = 1  
    Movwf ADCON1  
F1_000034 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] TRISA = %111111  
    Movlw 63  
    Movwf TRISA  
F1_000035 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] TRISB = %00000000 ' Set PortB TRIS register  
    Clrf TRISB  
F1_000037 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 300  
    Movlw 1  
    Bcf STATUS,5  
ram_bank = 0  
    Movwf PPIH  
    Movlw 44  
    F@Call dly@w  
F1_000038 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls 'borra la pantalla  
    F@Call Lcd@Cls  
F1_000040 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1,1," U.P.S"  
    Movlw 128  
    Movwf BPFH  
    Movlw 128  
    F@Call LCD@crs  
    Movlw ((str@lb1 >> 8) & 255)  
    Movwf GEN4H  
    Movlw (str@lb1 & 255)  
    F@Call c@strout  
F1_000041 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,1," Indicador de TEMP."  
    Movlw 128  
    Movwf BPFH
```

```
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb2 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb2 & 255)
F@Call c@strout
F1_000042 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,1,"Sist Sobrealimentado"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb3 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb3 & 255)
F@Call c@strout
F1_000043 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,1,"Motor KIA ASIA TOPIC"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 212
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb4 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb4 & 255)
F@Call c@strout
F1_000045 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 10000 'pausa en milisegundos
Movlw 39
Movwf PP1H
Movlw 16
F@Call dly@w
F1_000046 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls      'borra la pantalla
F@Call Lcd@Cls
F1_000049 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1,1," Tem1 = Visualiza"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 128
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb5 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb5 & 255)
F@Call c@strout
F1_000050 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,1," Temperatur de"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb6 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb6 & 255)
F@Call c@strout
F1_000051 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,1," Aire de Salida del"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb7 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb7 & 255)
F@Call c@strout
F1_000052 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,1," *TURBO*"
Movlw 128
```

```

Movwf BPFH
Movlw 212
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb8 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb8 & 255)
F@Call c@strout
F1_000054 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 5000  'pausa en milisegundos
Movlw 19
Movwf PP1H
Movlw 136
F@Call dly@w
F1_000055 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls          'borra la pantalla
F@Call Lcd@Cls
F1_000058 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1,1," Tem2 = Visualiza"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 128
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb9 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb9 & 255)
F@Call c@strout
F1_000059 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,1," Temperatura de"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb10 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb10 & 255)
F@Call c@strout
F1_000060 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,1," Aire de Entrada al"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb11 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb11 & 255)
F@Call c@strout
F1_000061 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,1," *INTERCOOLER*"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 212
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb12 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb12 & 255)
F@Call c@strout
F1_000063 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 5000  'pausa en milisegundos
Movlw 19
Movwf PP1H
Movlw 136
F@Call dly@w
F1_000064 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls          'borra la pantalla
F@Call Lcd@Cls
F1_000066 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1,1," Tem3 = Visualiza"
Movlw 128
Movwf BPFH

```

```
Movlw 128
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb13 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb13 & 255)
F@Call c@strout
F1_000067 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,1," Temperatura de"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb14 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb14 & 255)
F@Call c@strout
F1_000068 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,1," Aire de Salida del"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb15 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb15 & 255)
F@Call c@strout
F1_000069 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,1," *INTERCOOLER*"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 212
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb16 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb16 & 255)
F@Call c@strout
F1_000071 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 5000 'pausa en milisegundos
Movlw 19
Movwf PP1H
Movlw 136
F@Call dly@w
F1_000072 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls 'borra la pantalla
F@Call Lcd@Cls
F1_000074 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1,1," Tem4 = Visualiza"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 128
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb17 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb17 & 255)
F@Call c@strout
F1_000075 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,1," Temperatura de"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb18 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb18 & 255)
F@Call c@strout
F1_000076 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,1,"Aire de Entrada al"
Movlw 128
```

```

Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb19 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb19 & 255)
F@Call c@strout
F1_000077 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,1," *MOTOR*"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 212
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb20 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb20 & 255)
F@Call c@strout
F1_000079 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 5000 'pausa en milisegundos
Movlw 19
Movwf PP1H
Movlw 136
F@Call dly@w
F1_000080 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls 'borra la pantalla
F@Call Lcd@Cls
F1_000082 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1,1," Tem5 = Visualiza"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 128
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb21 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb21 & 255)
F@Call c@strout
F1_000083 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,1," Temperatura de"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb22 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb22 & 255)
F@Call c@strout
F1_000084 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,1,"Gases del Escape del"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb23 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb23 & 255)
F@Call c@strout
F1_000085 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,1," *MOTOR*"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 212
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb24 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb24 & 255)
F@Call c@strout
F1_000087 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] DelayMS 5000 'pausa en milisegundos

```

```

    Movlw 19
    Movwf PP1H
    Movlw 136
    F@Call dly@w
F1_000088 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Cls      'borra la pantalla
    F@Call Lcd@Cls
INICIO
F1_000091 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp1 = ADIn 0
    Movlw 0
    F@Call rd@ad
    Movwf TEMP1
F1_000092 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp2 = ADIn 1
    Movlw 1
    F@Call rd@ad
    Movwf TEMP2
F1_000093 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp3 = ADIn 2
    Movlw 2
    F@Call rd@ad
    Movwf TEMP3
F1_000094 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp4 = ADIn 3
    Movlw 3
    F@Call rd@ad
    Movwf TEMP4
F1_000095 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp5 = ADIn 4
    Movlw 4
    F@Call rd@ad
    Movwf TEMP5
F1_000096 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp1 = temp1 / 2
    Bcf STATUS,0
    Rrf TEMP1,F
F1_000097 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp2 = temp2 / 2
    Bcf STATUS,0
    Rrf TEMP2,F
F1_000098 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp3 = temp3 / 2
    Bcf STATUS,0
    Rrf TEMP3,F
F1_000099 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp4 = temp4 / 2
    Bcf STATUS,0
    Rrf TEMP4,F
F1_000100 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp5 = temp5 / 2
    Bcf STATUS,0
    Rrf TEMP5,F
F1_000101 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp6 = temp1 + temp2 + temp3 + temp4 + temp5
    Clrf PP7H
    Movf TEMP1,W
    Movwf PP7
    Movf TEMP2,W
    Addwf PP7,F
    Btfsc STATUS,0
    Incf PP7H,F
    Movf TEMP3,W
    Addwf PP7,F
    Btfsc STATUS,0
    Incf PP7H,F
    Movf TEMP4,W
    Addwf PP7,F
    Btfsc STATUS,0
    Incf PP7H,F
    Movf TEMP5,W
    Addwf PP7,W

```

```

Movwf TEMP6
Movf PP7H,W
Btfsc STATUS,0
Addlw 1
Movwf TEMP6H
F1_000102 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] temp6 = temp6 / 5
Movf TEMP6H,W
Movwf PPOH
Movf TEMP6,W
Movwf PPO
Clrf PP1H
Movlw 5
Movwf PP1
F@Call d@vd
Movwf TEMP6
Movf PPOH,W
Movwf TEMP6H
F1_000103 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 1, 5,"Temp1 = ",DEC3 temp1,"oC"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 132
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb25 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb25 & 255)
F@Call c@strout
Movlw 3
Movwf GEN4H
Movf TEMP1,W
F@Call out@decc
Movlw 111
F@Call Print
Movlw 67
F@Call Print
F1_000104 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2, 1,"T2= ",DEC3 temp2,"oC"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 192
F@Call LCD@crs
Movlw 84
F@Call Print
Movlw 50
F@Call Print
Movlw 61
F@Call Print
Movlw 32
F@Call Print
Movlw 3
Movwf GEN4H
Movf TEMP2,W
F@Call out@decc
Movlw 111
F@Call Print
Movlw 67
F@Call Print
F1_000105 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 2,11,"T3= ",DEC3 temp3,"oC"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 202
F@Call LCD@crs

```

```

Movlw 84
F@Call Print
Movlw 51
F@Call Print
Movlw 61
F@Call Print
Movlw 32
F@Call Print
Movlw 3
Movwf GEN4H
Movf TEMP3,W
F@Call out@decc
Movlw 111
F@Call Print
Movlw 67
F@Call Print
F1_000106 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3, 1,"T4= ",DEC3 temp4,"oC"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 148
F@Call LCD@crs
Movlw 84
F@Call Print
Movlw 52
F@Call Print
Movlw 61
F@Call Print
Movlw 32
F@Call Print
Movlw 3
Movwf GEN4H
Movf TEMP4,W
F@Call out@decc
Movlw 111
F@Call Print
Movlw 67
F@Call Print
F1_000107 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 3,11,"T5= ",DEC3 temp5,"oC"
Movlw 128
Movwf BPFH
Movlw 158
F@Call LCD@crs
Movlw 84
F@Call Print
Movlw 53
F@Call Print
Movlw 61
F@Call Print
Movlw 32
F@Call Print
Movlw 3
Movwf GEN4H
Movf TEMP5,W
F@Call out@decc
Movlw 111
F@Call Print
Movlw 67
F@Call Print
F1_000108 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] Print At 4,4,"Tprom= ",DEC3 temp6,"oC"
Movlw 128

```



```

Movwf BPFH
Movlw 215
F@Call LCD@crs
Movlw ((str@lb26 >> 8) & 255)
Movwf GEN4H
Movlw (str@lb26 & 255)
F@Call c@strout
Movlw 3
Movwf GEN4H
Movf TEMP6H,W
Movwf PP2H
Movf TEMP6,W
Movwf PP2
F@Call out@dec
Movlw 111
F@Call Print
Movlw 67
F@Call Print
F1_000110 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] GoTo inicio
F@Jump INICIO
F1_000111 equ $ ; in [5 LM35 Y 877A.BAS] End
Pb@lb2
Sleep
F@Jump Pb@lb2
F1_EOF equ $ ; 5 LM35 Y 877A.BAS
LIST
;-----
; Null Terminated Strings

; String      U.P.S
str@lb1
DE 32,32,32,32,32,32,32,85,46,80,46,83,0
;-----
; String Indicador de TEMP.
str@lb2
DE 32,73,110,100,105,99,97,100,111,114,32,100,101,32,84,69,77,80,46,0
;-----
; String Sist Sobrealimentado
str@lb3
DE 83,105,115,116,32,83,111,98,114,101,97,108,105,109,97,110,116,97,100,111
DE 0
;-----
; String Motor KIA ASIA TOPIC
str@lb4
DE 77,111,116,111,114,32,75,73,65,32,65,83,73,65,32,84,79,80,73,67
DE 0
;-----
; String Tem1 = Visualiza
str@lb5
DE 32,32,84,101,109,49,32,61,32,86,105,115,117,97,108,105,122,97,0
;-----
; String Temperatura de
str@lb6
DE 32,32,32,84,101,109,112,97,114,97,116,117,114,97,32,100,101,0
;-----
; String Aire de Salida del
str@lb7
DE 32,65,105,114,101,32,100,101,32,83,97,108,105,100,97,32,100,101,108,0
;-----
; String      *TURBO*

```

```

str@lb8
    DE 32,32,32,32,32,32,42,84,85,82,66,79,42,0
;-----
; String  Tem2 = Visualiza
str@lb9
    DE 32,32,84,101,109,50,32,61,32,86,105,115,117,97,108,105,122,97,0
;-----
; String  Temparatura de
str@lb10
    DE 32,32,32,84,101,109,112,97,114,97,116,117,114,97,32,100,101,0
;-----
; String  Aire de Entrada al
str@lb11
    DE 32,65,105,114,101,32,100,101,32,69,110,116,114,97,100,97,32,97,108,0
;-----
; String  *INTERCOOLER*
str@lb12
    DE 32,32,32,42,73,78,84,69,82,67,79,79,76,69,82,42,0
;-----
; String  Tem3 = Visualiza
str@lb13
    DE 32,32,84,101,109,51,32,61,32,86,105,115,117,97,108,105,122,97,0
;-----
; String  Temparatura de
str@lb14
    DE 32,32,32,84,101,109,112,97,114,97,116,117,114,97,32,100,101,0
;-----
; String  Aire de Salida del
str@lb15
    DE 32,65,105,114,101,32,100,101,32,83,97,108,105,100,97,32,100,101,108,0
;-----
; String  *INTERCOOLER*
str@lb16
    DE 32,32,32,42,73,78,84,69,82,67,79,79,76,69,82,42,0
;-----
; String  Tem4 = Visualiza
str@lb17
    DE 32,32,84,101,109,52,32,61,32,86,105,115,117,97,108,105,122,97,0
;-----
; String  Temparatura de
str@lb18
    DE 32,32,32,84,101,109,112,97,114,97,116,117,114,97,32,100,101,0
;-----
; String  Aire de Entrada al
str@lb19
    DE 65,105,114,101,32,100,101,32,69,110,116,114,97,100,97,32,97,108,0
;-----
; String  *MOTOR*
str@lb20
    DE 32,32,32,32,32,32,42,77,79,84,79,82,42,0
;-----
; String  Tem5 = Visualiza
str@lb21
    DE 32,32,84,101,109,53,32,61,32,86,105,115,117,97,108,105,122,97,0
;-----
; String  Temparatura de
str@lb22
    DE 32,32,32,84,101,109,112,97,114,97,116,117,114,97,32,100,101,0
;-----
; String  Gases del Escape del

```

```
str@lb23
    DE 71,97,115,101,115,32,100,101,108,32,69,115,99,97,112,101,32,100,101,108
    DE 0
;-----
; String    *MOTOR*
str@lb24
    DE 32,32,32,32,32,32,42,77,79,84,79,82,42,0
;-----
; String Temp1 =
str@lb25
    DE 84,101,109,112,49,32,61,32,0
;-----
; String Tprom=
str@lb26
    DE 84,112,114,111,109,61,32,0
;-----

    END
```