



Powered by
Arizona State University

ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniero en Automotriz.**

AUTORES:

Edison David Condor Angos
Christopher Antonio Yépez Valle

TUTOR:

Ing. Diego Redín

Diseño y construcción de un sistema de medición
de temperatura en vehículos.

CERTIFICACIÓN

Nosotros Christopher Yépez, Edison Córdor declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra propia autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado bibliografía detallada y actualizada.

cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la universidad internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en sus diferentes páginas web, según lo establecido en la ley de propiedad intelectual, reglamento y leyes.

Edison David Córdor Angos

172416476-7

Christopher Antonio Yépez Valle

172658291-7

Yo, Diego Redin, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firmado electrónicamente por:

**DIEGO
FRANCISCO
REDIN QUITO**

Firma

Diego Redin

Dedicatoria

Este trabajo de investigación y que lo realizamos de manera práctica se lo dedico de manera muy especial a mis padres que fueron los que me apoyaron desde el principio de la carrera impulsándome a no darme nunca por vencido, Apoyándome de manera tanto económica como moral, también a todas las personas que hicieron posible este trabajo empezando por amigos y familiares que supieron darnos una pequeña mano la realización de este proyecto.

Agradecimiento

Primero quisiera agradecer a Dios por permitirme estar vivo para cursar esta etapa de mi vida, también a mis padres, familiares, y a todas las personas que con una palabra supieron mantenerme con ánimos para jamás darme por vencido. también quiero agradecer de manera muy especial a todos los profesores de la universidad internacional del Ecuador que durante toda la etapa de mi carrera supieron brindarme su sabiduría y experiencia para poder formar un gran profesional y persona, quiero agradecer también de manera muy especial a mi compañero Christopher Yépez que junto a él logramos sacar adelante este proyecto que nos entusiasmaba mucho.

Dedicatoria

Este artículo de investigación va dedicado de forma muy significativa a mi familia, sobre todo a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional, esperando que me convierta en un gran profesional, gracias por sus consejos, paciencia y amor, de igual manera se lo dedico a mi tío Bolívar y mi madrina Tía Martita que siempre estuvieron pendientes de mí y a mi hermano que siempre fue un gran ejemplo de esfuerzo y perseverancia.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios padre por cuidarme a lo largo de mi carrera estudiantil siempre me mantuvo bajo su manto librándome de todo mal, a mi queridos padres que gracias a su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mis estudios, que a pesar de mis problemas y errores mantuvieron su paciencia y nunca dejaron de brindarme su apoyo incondicional, gracias por que ellos son mi principal inspiración para no rendirme jamás, a mi hermano que siempre me brindo una mano cuando necesite de su ayuda, estoy muy agradecido con mi Madrina tía Martita que siempre estuvo a mi lado y me ha acompañado en cada logro importante en mi vida, mi tío bolívar que siempre me brindo sus consejos y sabiduría para seguir mejorando como persona, de igual manera agradezco a mi enamorada Alison que ha sido mi compañera durante muchos años siempre brindándome su apoyo para seguir adelante. Agradezco a todos los Ingenieros que nos brindaron sus conocimientos a lo largo de esta carrera, muchas gracias.

Tabla de contenido

CERTIFICACION	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	6
1. INTRODUCCION	7
2. MARCO TEORICO	8
3. MATERIALES Y METODOS	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
5. CONCLUSIONES	16
6. ANEXOS Y BIBLIOGRAFIA	18

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN VEHÍCULOS.

MDo, Ing. Diego Redín, Edison Condor.², Christopher Yépez V.³

Master en Dirección de Operaciones, Seguridad y Salud ocupacional – Ingeniero Mecánico Automotriz; diredinqu@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador; @uide.edu.ec, Quito – Ecuador

³ Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador; chypezva@uide.edu.ec, edcondoran@uide.edu.ec Quito - Ecuador

RESUMEN

Introducción: Los sistemas de enfriamiento comunes utilizados a lo largo de toda la historia del automovilismo ha evolucionado a medida que el tiempo y las tecnologías avanzan para eso se ha ido ingeniando diferentes sistemas que ayudan a evitar el sobrecalentamiento del motor, los diferentes sistemas inventados han servido para evitar este problema y que el motor sufra mayores daños por el recalentamiento que afecta a las partes internas del motor de combustión interna, como son el cabezote, empaques, bomba de agua, etc. **Metodología:** Se elaboro un sistema programable el cual ayuda advirtiendo de manera auditiva y visual al conductor de que el motor no está trabajando a la temperatura adecuada y mostrando el grado de temperatura en grados Celsius. El dispositivo elaborado se colocó en una cañería las cual nos da el valor exacto de la temperatura en vivo del motor de combustión interna. **Resultado:** La medición de temperatura tiene un alto grado de presión en comparación con el escáner automotriz utilizado para el monitoreo, este se analizó mediante mediciones de voltaje y tiempo con respecto al aumento de temperatura **Conclusión:** Como punto final el dispositivo muestra una alta efectividad y adicional agrega el recurso de suspender el funcionamiento del motor para evitar daños en el mismo si el usuario ignora las advertencias principales.

Palabras clave: Sistema de enfriamiento, temperatura, motor de combustión interna, sensor de temperatura, refrigerante, bomba de agua, electroventilador.

ABSTRACT

Introduction: The common cooling systems used throughout the history of motoring has evolved as time and technologies advance for that has been devising different systems that help prevent overheating of the engine, the different systems invented have served to avoid this problem and that the engine suffers greater damage by overheating that affects the internal parts of the internal combustion engine, such as the head, gaskets, water pump, etc. **Methodology:** A programmable system was developed which helps by audibly and visually warning the driver that the engine is not working at the right temperature and showing the temperature in degrees Celsius. The elaborated device was placed in a pipe which gives us the exact value of the live temperature of the internal combustion engine. **Result:** The temperature measurement has a high degree of pressure in comparison with the automotive scanner used for monitoring, this was analyzed by voltage and time measurements with respect to the temperature rise **Conclusion:** As a final point the device shows a high effectiveness and additionally adds the resource of suspending the engine operation to avoid engine damage if the user ignores the main warnings.

Keywords: Cooling system, temperature, internal combustion engine, temperature sensor, coolant, water pump, electric fan.

1. Introducción

El tener un rendimiento térmico dentro de la cámara de combustión de un motor de combustión interna conlleva que las temperaturas sean tan elevadas que llegan a los 2000 grados centígrados, el proceso de expansión y posteriormente la expulsión de los gases contaminantes mediante las válvulas de escape lo que origina una baja de temperatura, sin embargo las temperaturas que se presentan son lo suficientemente elevadas como para originar grandes dilataciones y deformaciones permanentes, para evitar esto cada fabricante diseña un sistema de refrigeración que ayuda a controlar estas temperaturas y llevar al motor a la temperatura ideal de funcionamiento. comúnmente los elementos más afectados al momento de un sobrecalentamiento del motor son: la parte alta del cilindro, la cabeza del pistón, la culata, y las válvulas de escape con mayor magnitud.

Este proyecto se ha inspirado en el mantenimiento de los vehículos, hoy en día mucha gente no sabe qué precauciones debe tomar a la hora de revisarlos, la mayoría de personas solo se preocupa por la gasolina del vehículo y olvida completamente los factores más importantes que dan vida a un motor y lo mantienen en perfecto estado de funcionamiento, en Ecuador la mayoría de trabajos para reparación de motores no es la vida útil del motor si no en si el sobrecalentamiento del motor lo que ocasiona daños graves en el cabezote, válvulas y block. También en vehículos Aveo o spark la falta de un medidor de temperatura en el tablero es un problema ya que no se sabe en ocasiones si el motor esta sobrecalentado y la única manera en que se ve que el motor se sobrecalentó es cuando falla. El objetivo con este proyecto es ayudar a la gente de una manera diferente, tratar de minimizar y evitar los daños causados por el sobrecalentamiento de una manera diferente aportando una idea innovadora como es un sistema en donde se sacrifique el rendimiento del motor a costa de que no se sobrecaliente de manera que llegue al fallo.

Comúnmente existen varias causas que provocan el sobre calentamiento en un motor de combustión interna, por ejemplo, el tapón del radiador puede estar en mal estado u obstruido, lo que impide una correcta ventilación. Como resultado, la presión en el radiador no se mantiene y el refrigerante puede salirse, provocando un sobrecalentamiento, el nivel de refrigerante en el motor puede ser bajo, el termostato puede estar obstruido, bloqueando el flujo de refrigerante entre el motor y el radiador, provocando un mal funcionamiento del sistema de refrigeración, el ventilador debe ponerse en marcha cuando el motor alcanza cierta altura para disipar el calor, ya que permite el paso de aire exterior a través del radiador.

Problemas que conlleva el recalentamiento de un motor al momento de reparar es ver la fatiga, los pasadores de las bielas las cuales reciben un gran impacto por su desgaste, el motor revolucionado, el mayor de los daños puede ser ocasionado debido a que el empaque que une el cabezote con el block se puede quebrar lo que ocasiona que el líquido refrigerante ingrese al cilindro y ocasione un choque térmico lo que puede doblar la biela y ocasionar daños que salgan bastante caros económicamente.

2. Marco Teórico

2.1. Motor de combustión interna

Con el fin de Obtener un buen rendimiento térmico, durante el proceso de combustión se generan temperaturas altamente elevadas, haciendo que el calor se transmita a través de todos los elementos sólidos, líquidos y los gases, en si la cantidad de calor transmitida a través de las paredes metálicas hasta el líquido refrigerante, (aire o agua) depende de los siguientes factores:

- Coeficiente de conductividad del metal. Las aleaciones de aluminio son mejores conductoras de calor que las de hierro.
- La superficie y el espesor de la pared metálica. El flujo de calor es más eficiente a medida que aumenta la superficie y disminuye el espesor.
- La diferencia de temperaturas entre la superficie metálica y el refrigerante.

Por termino medio, el sistema de refrigeración evacua el 30% del calor existente en el motor, a través de los gases de escape de 30% a 35%, por lo que únicamente, entre un 35% y un 40% del calor generado por la combustión es convertido en trabajo, y a esa cifra por lo general se le resta entre un 10% por perdidas mecánicas.

2.2 Sistema de refrigeración por liquido refrigerante

El principal elemento de este sistema de refrigeración es el anticongelante, compuesto principalmente por glicerina o alcohol. El punto de congelación se determina según el porcentaje de este elemento. Se añaden en proporciones menores otros aditivos, anticorrosivos y antiespumantes.

En este sistema de refrigeración por liquido están los siguientes componentes:

2.2.1 Bomba de agua

La bomba de agua actúa como corazón, impulsando el líquido anticongelante por todos los ductos, canales y mangueras que están conectadas entre sí y lo obtienen del radiador a una temperatura casi ambiente. De ahí lo llevan por todo el motor, absorbiendo sus altas temperaturas y regulando la del bloque. (Pedro Diaz, 2020)

2.2.2 Sensor de temperatura

Su función principal es “Informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor para que esta a su vez calcule la entrega de combustible, la sincronización del tiempo y el control de la válvula EGR, así como la activación y la desactivación del ventilador del radiador”

2.2.3 Termostato

El termostato tiene un funcionamiento estrictamente ligado a la refrigeración del motor. Es el encargado de abrir o cerrar el flujo de refrigerante desde él, hasta el radiador. (López, 2021)

2.2.4 Radiador

En esencia el radiador es el encargado de enfriar el líquido refrigerante que pasa por todo el motor enfriando el mismo, por lo cual regresa al radiador con altas temperaturas y reingresa al motor después de pasar por el radiador para volver a iniciar el ciclo. (Calleja, 2016)

2.2.5 Electroventilador

La función del electroventilador es tan fundamental como las demás piezas del sistema refrigeración, debido a que el radiador funciona de manera que usa el flujo de aire natural cuando el vehículo está en movimiento, sin embargo, cuando este no es suficiente el electroventilador entra en funcionamiento reduciendo la temperatura del motor. (Atehortua, 2020)

2.2.6 Sobrecalentamiento de motor

El sobrecalentamiento del motor es la condición en la cual la temperatura del motor se eleva a valores más altos de lo normal, y si se mantiene mucho tiempo llega a producir daños graves en el motor, como torceduras y roturas de válvulas, brazos de biela, soplado de empaques, torceduras de culatas, roturas de pistones, etc. (GARCIA, 2019)

Tabla 1.

Temperatura de funcionamiento de algunos elementos del motor:

Parte motor	Temperatura °C	Parte Motor	Temperatura °C
Válvulas de escape	750 °C	Culata	300 °C
Válvulas de admisión	350 °C	Segmentos	250 °C
Cabeza del Piston	350 °C	Cilindros	200 °C

Fuente: *Acebes, S. S. (2017).*

Materiales y Métodos

La investigación de llevo a cabo en la ciudad de Quito en el taller de electricidad automotriz en el sector calderón, con el apoyo de los conocimientos adquiridos y personas expertas en el caso logramos diseñar e implementar un sistema practico que genera una alarma la cual advierte al conductor que su vehículo está sobrepasando los límites de temperatura ideal de funcionamiento así mismo este elemento es programable y tiene la finalidad de ahorrar al cliente el daño en su vehículo detectando a tiempo algún tipo de daño en el sistema de refrigeración.

Se analizo primero en un vehículo Kia Sportage active 2.0 2015, Este vehículo es uno de los SUV más vendidos en el país, el cual generalmente analizándolo con la ayuda de un scanner digital nos podemos dar cuenta que tiene dos tipos de velocidad en el electroventilador lo cual ayuda a que el flujo de aire generado por el mismo ayude a enfriar el agua que pasa por los conductos de radiador. La primera velocidad se acciona a los 93 grados centígrados, y la segunda se activa a los 99 o 100 grados centígrados, con estos datos podemos determinar que al activarse el electroventilador el motor está empezando a regular su temperatura a medida que se eleva la temperatura en el motor, de igual manera se determina que la apertura del termostato oscila entre los 80 y 86 grados centígrados y se abre en su totalidad a los 100 grados centígrados, esto puede llegar a variar dependiendo de la temperatura del ambiente en la ciudad de Quito.

Con los datos de la temperatura adquiridos con la ayuda de las herramientas utilizadas podemos comenzar a programar los elementos que usamos.

Los materiales utilizados son:

- Un acople universal para manguera de refrigeración con adaptador para sensor de temperatura de 32 mm
- Scanner automotriz
- LM7805
- Trompo de temperatura resistivo NTC
- Termocupla tipo J
- Alambre N*18
- Arduino nano
- Buzzer 3-24V
- Max6675
- Baquelita
- LCD 2x16
- I2C modulo
- Disipador térmico
- Capacitores electrolíticos
- Modulo Relé
- Borneras hembra
- Programación en Arduino nano

La programación se la elaboro mediante el programa Arduino esta es una plataforma de computación física que mantiene código abierto para la elaboración y creación de objetos

interactivos autónomos o conector a la red. Arduino se diseñó principalmente para artistas, diseñadores y otras personas que deseaban incorporar la computación física a los diseños que elaboraban sin tener que primero convertirse en ingenieros eléctricos.

El software de Arduino, también conocido como entorno de desarrollo integrado (IDE), se basa en el lenguaje processing, y lo que hace es que las personas que deseamos realizar programación a nuestros diseños y controlarlos de manera automática sea factible gracias a Arduino. (Massimo Banzi, 2022) Con esto podemos mover los valores de referencia en nuestro sistema para lograr que la alarma del sistema suene una vez sobrepase los 97 grados centígrados y gracias a su Relé que está incorporado en el Arduino podemos apagar el motor una vez llegue a los 100 grados centígrados evitando así daños en el motor lo que hace que el conductor pueda llamar a una grúa o a su mecánico de confianza lo que evitara más daños al motor por sobrecalentamiento.

Los valores de la programación son netamente para la demostración de funcionamiento del sistema y son adaptables a otros diferentes tipo de vehículos, los cuales comúnmente se manejan con otros valores dependiendo del fabricante, igualmente de manera visual gracias a su pantalla LCD el conductor puede observar a que temperatura de funcionamiento se encuentra su motor lo cual ayuda aquellos vehículos que no cuentan con un medidor de temperatura y solamente se dan cuenta cuando ya el motor falla.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define I2C_ADDR 0x27
#define BACKLIGHT_PIN 3
#define ENABLE 2
#define RW 1
#define RS 0
#define DATA4 4
#define DATA5 5
#define DATA6 6
#define DATA7 7
#define DATA8 8
#define DATA9 9
#define DATA10 10
LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, ENABLE, RW, RS, DATA4, DATA5, DATA6, DATA7);
#include "max6675.h"

int ktc80 = 8;
int ktcCS = 9;
int ktcCLK = 10;

MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktc80);

void setup() {
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setBacklightPin(BACKLIGHT_PIN, POSITIVE);
  lcd.setBacklights(1500);
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
}

}

void loop() {
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("TEMPERATURA");
  lcd.setCursor(8, 1);
  lcd.print("\337c");
  // basic readout test
  lcd.setCursor(6, 1);
  int temperatura=ktc.readCelsius();
  int TEMP = temperatura-9;
  lcd.print(TEMP);
  delay(1000);

  if (TEMP < 98) { //RELE
    digitalWrite(6, LOW);
  }
  if (TEMP > 99) {
    digitalWrite(6, HIGH);
  }

  if (TEMP < 95) { //BUZZER
    digitalWrite(5, LOW);
  }
  if (TEMP > 96) {
    digitalWrite(5, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(5, LOW);
    delay(500);
  }
  lcd.clear();
}

```

Figura 1. Protocolo de Programación Fuente: Autores

Previo a ensamblar las partes que conforman al Arduino se diseñó en EASYEDA, un programa creado y diseñado para ayudar los ingenieros a probar de manera más eficiente su diseño ahorrando materiales y permite ver el comportamiento del circuito antes de ser ensamblado, se puede observar las tensiones y corrientes del circuito diseñado, se puede ahorrar tiempo y energía en diseños para ser perfeccionados.

La utilización de este programa nos ayudó a usar los materiales correctos y probándolos de manera que solo debamos comprar y ensamblar y con la ayuda de la programación simplemente instalar el dispositivo, el uso de los materiales como; Buzzer 3-24V, Max6675, Baquelita, ICD 2x16, I2C modulo, Disipador térmico, Capacitores electrolíticos, Modulo Relé. Fueron pensados y probados con la ayuda del programa para

comprobar la efectividad del sistema como se puede observar en la ilustración número 3. (Asadi, 2022)

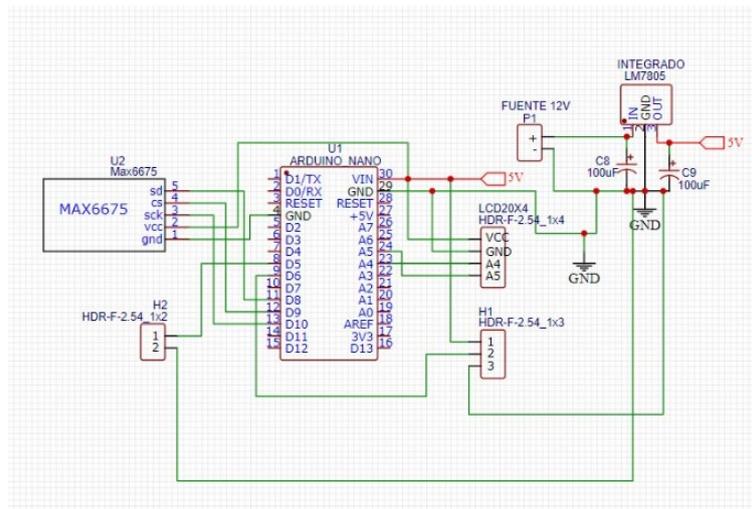


Figura 2. Diseño de Arduino nano Fuente: Autores

Las pruebas se realizaron en Quito a temperatura ambiente con el motor estacionado para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, lo que se pudo observar es que se nota un ligero retraso en la toma de la temperatura debido a que el termostato tarde en abrir el paso de circulación por lo que al momento que el termostato se activa podemos ver que se iguala la temperatura del scanner con la del dispositivo como se puede observar en la ilustración número 4.



Figura 3. Medición de temperatura del motor mediante dispositivo Fuente: Autores

Mediante el uso del relé conectado directamente a los cables de la computadora podemos hacer que el vehículo según la programación si llega a los 100 grados centígrados el vehículo se apagara, cabe recalcar que esto es programable para cada tipo de motor de acuerdo con la especificación de temperatura de los fabricantes, por lo que podemos cambiar de ser necesario, los datos fueron programados de esta manera para evidenciar el funcionamiento del dispositivo en cuestión.

La conexión de la termocupla se hizo mediante el uso de un acople adaptador para sensor de temperatura de 32 mm el cual con la adaptación de una manguera va conectado al paso del refrigerante como se puede observar en la ilustración número 5.

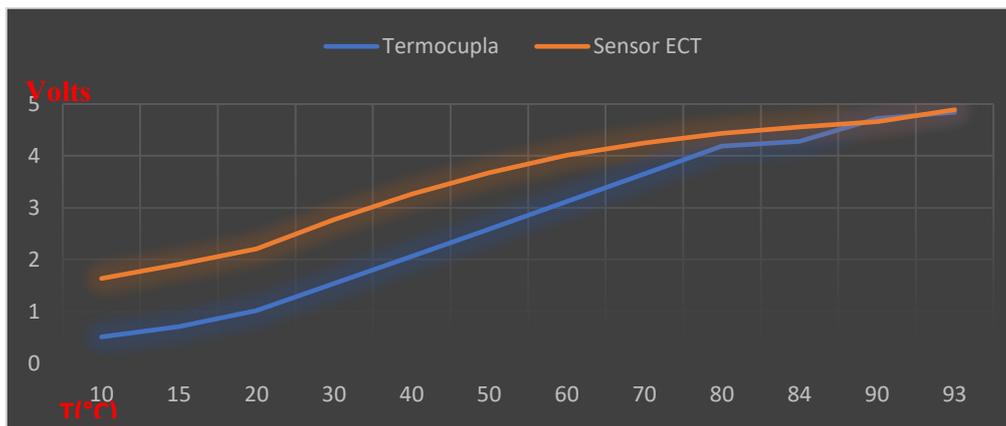


Figura 4. Adaptación para sensor Fuente: Autores

Una vez aislada la corriente parasita podemos hacer que el dispositivo lea los datos de temperatura y los reproduzca de manera digital para la información al conductor principalmente a los vehículos como se especifica al principio que no tengan en su tablero medidor de temperatura.

Figura 5.

Variación de temperatura en relación con el voltaje



Fuente: Autores

En el grafico se puede observar la variación de temperatura que realiza el sensor ECT del vehículo conjunto la termocupla, podemos notar que los dos sensores tienen diferentes voltajes en las temperaturas sin embargo ambas logran llegar a la temperatura indicada sin problema alguno.

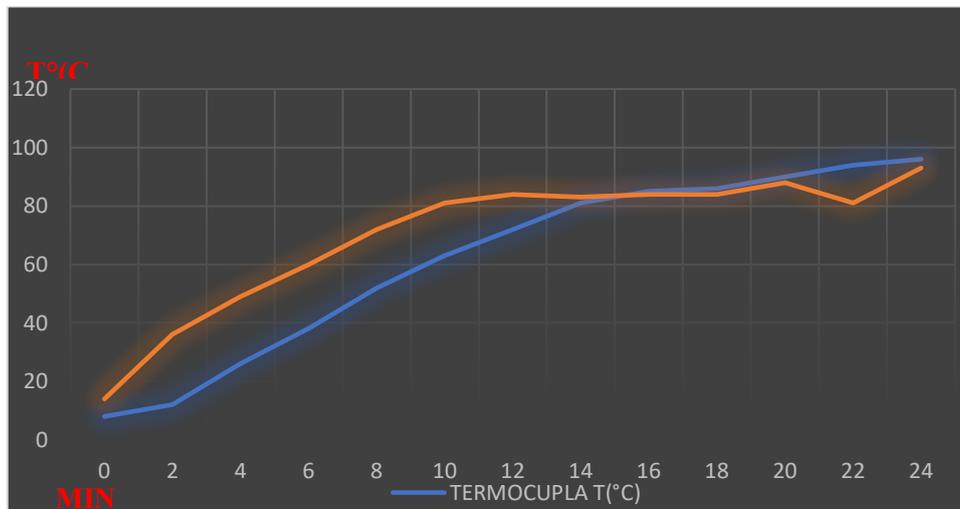
Resultados y Discusión

El diseño electrónico elaborado trabaja de manera correcta con un margen de precisión de alrededor de un 97% en relación con el scanner automotriz con el cual fue medido la temperatura según la computadora del vehículo.

Por lo cual se puede monitorear de manera visual en que temperatura se encuentra el vehículo en grados Celsius, de igual manera se tiene una alerta auditiva y una alerta en casos más graves que el motor sobrepase el límite donde sus partes se dilatan y llegan al punto de la deformación donde ya hay daños graves. Todas las alertas dependerán del modelo del vehículo y el motor que tenga equipado. De esta manera podemos asegurar que la programación del dispositivo diseñado tiene una alta efectividad para evitar los sobrecalentamientos en los motores.

Figura 6.

Variación de temperatura en relación con el tiempo en minutos



Fuente: Autores

En el siguiente gráfico se encuentra la temperatura en relación con el tiempo de los dos sensores, se observa que las temperaturas se elevan de manera continua, pero con respecto al tiempo una temperatura se eleva más rápido que la otra, llegando a un punto donde las dos temperaturas se empatan, tiempo después las mediciones se vuelven a distanciar y luego de pocos minutos se logran igualar.

En comparación con las diferentes instalaciones de temperatura que solo manejan la prevención de manera visual con un sensor de temperatura y un tacómetro, nuestro diseño permite que las personas que no se percatan mucho del tablero al momento de manejar tengan mayor cuidado en su vehículo al tener una alarma auditiva y de emergencia.



Figura 7. Temperatura a la que se apaga el motor Fuente: Autores

Como se puede observar en la ilustración el motor queda apagado totalmente y en contacto una vez sobrepasa los 100 grados de temperatura, antes de esto de igual manera también se generó la alerta auditiva a los 97 grados, tal como se programó, así se logró comprobar el sistema diseñado y su efectividad.

Tabla 2.

Tabla de comparación de temperatura en marcas del país.

VEHICULO	1RA VELOCIDAD	2DA VELOCIDAD	(ALARMA AUDITIVA)	RELÉ
KIA SPORTAGE ACTIVE	93 - 94 °C	99 - 100 °C	103 °C	107 °C
KIA RIO XCITE	102 - 103	----	106 °C	110 °C
CHEVROLET SAIL	93 - 94 °C	97 - 98°C	101 °C	105 °C
NISSAN SENTRA	96 - 97 °C	----	100 °C	104 °C

Fuente: Autores

En la tabla se observa diferentes tipos de vehículos y las temperaturas en las cuales enciende el ventilador, su primera velocidad y segunda en caso de tenerla, de igual manera veremos las temperaturas recomendadas para el encendido del buzzer y el apagado del vehículo en caso de recalentamiento.

Conclusiones

Se logro crear y diseñar un sistema que alerte a los conductores si algo está fallando en el sistema de refrigeración de su auto ayudando a prevenir los graves daños que puede presentar el motor a causa de un sobrecalentamiento.

Todas las marcas de vehículos construyen su motor con diferentes condiciones de trabajo, esto incluye el sistema de refrigeración por lo tanto el circuito debe ser instalado previo análisis del vehículo y sus diferentes temperaturas de trabajo para colocar de manera correcta los valores de encendido de la alarma y relé, ya que mediante la programación estas variables pueden ser modificadas fácilmente.

El dispositivo diseñado tiene alto grado de precisión en comparación al escáner automotriz utilizado para analizar el vehículo, la medición de temperatura fue comparada en relación del tiempo y voltaje, donde se pudo apreciar que en temperaturas bajas los dos dispositivos de medición tienen pequeñas diferencias que al llegar al punto más alto de temperatura se pierden.

Se pudo determinar los materiales correctos para poder realizar el sistema de manera eficiente y correcta, con un mínimo margen de error se logra que las personas estén más atentas y sean más conscientes sobre el mantenimiento del sistema de refrigeración de sus vehículos para evitar daños irreversibles en el motor.

Referencias

- Acebes, S. S. (2017). *Motores*. España: Editex, S.A.
- Asadi, F. (2022). *Electric Circuit Analysis With EasyEDA*. USA: Springer International Publishing.
- Atehortua, A. F. (2020). Diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Billiet, W. (1979). *Entretenimiento y reparación de motores de automóvil*. Barcelona-Bogotá-Buenos Aires- Caracas- México- Río de Janeiro: Editorial reverse,s.a.
- Calleja, D. G. (2016). *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. España: Paraninfo SA.
- GARCIA, J. I. (2019). *MECANICA DEL VEHICULO*. Madrid, España: Síntesis.
- Gilardi, J. (1978). *Motores de combustión interna*. La Molina, Lima, Perú: IICA.
- Haro Mediavilla Kleber Germanico, H. V. (2018). *Análisis del sobrecalentamiento y deformación de la culata de cilindros y junta de culata de un motor Hino 205*. IBARRA: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte .
- López, D. (17 de Febrero de 2021). *Actualidad Motor* . Recuperado el 18 de Mayo de 2022, de <https://www.actualidadmotor.com/el-rol-y-funcionamiento-del-termostato/>
- Massimo Banzi, M. S. (2022). *Getting started With Arduino*. USA: Market Media, Inc.
- Pedro Diaz, D. G. (2020). SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO SECUNDARIO DE UN. México : Tecnológico Nacional de México en Celaya.
- SERRANO, I. A. (2018). *ANÁLISIS POR SOBRECALENTAMIENTO DE LA BIELA DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA*. MEXICO: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA.

Anexos

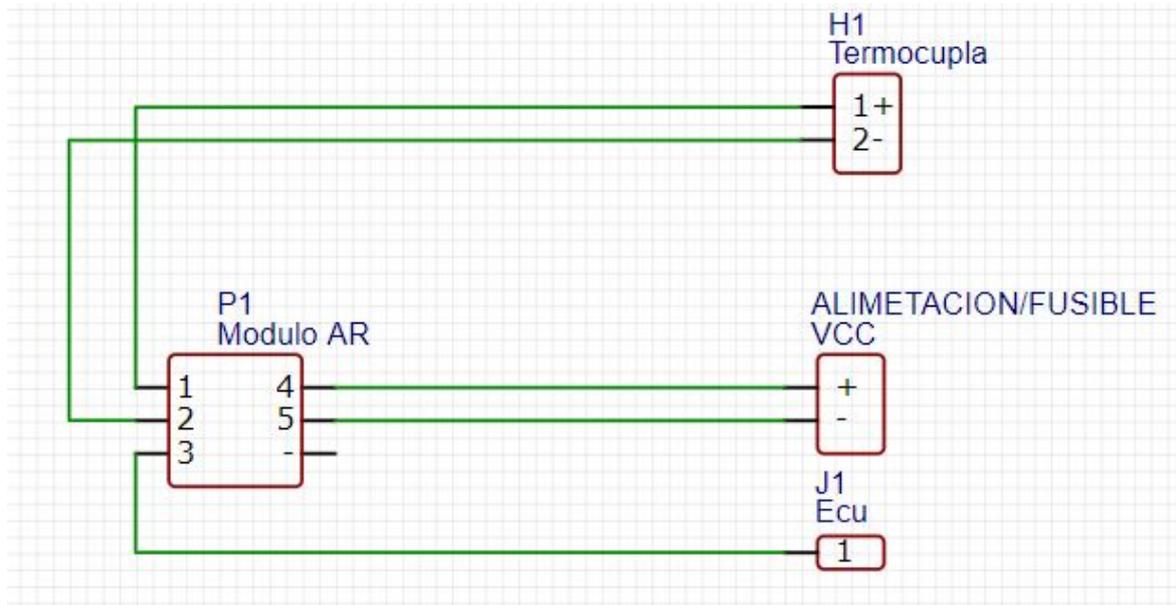


Figura 8. Esquema de instalación del dispositivo Fuente: Autores



Figura 9. Caja LCD de información de temperatura al usuario Fuente: Autor



Figura 10. Termocupla Utilizada en circuito original Fuente: Autores

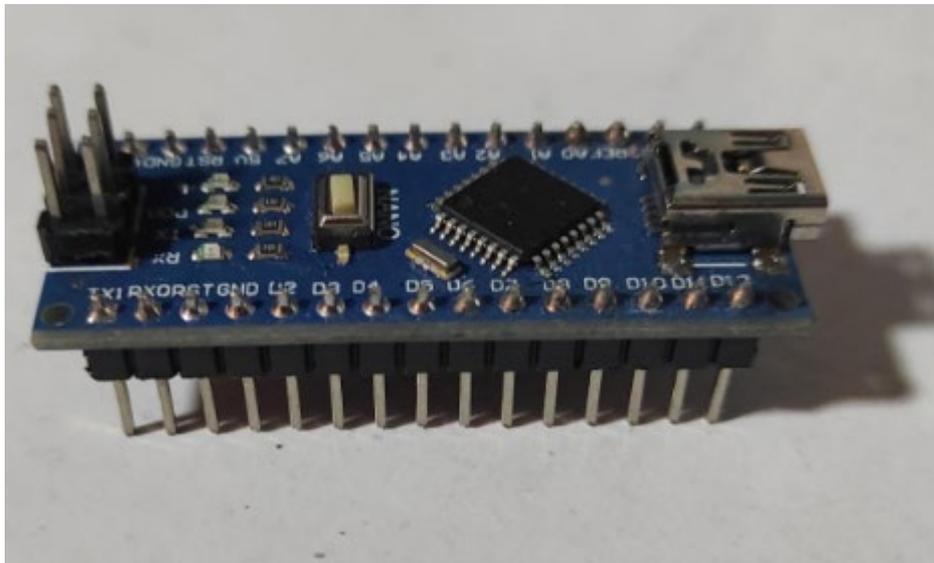


Figura 11. Arduino nano Fuente: Autores



Figura 12. Modulo Rele Fuente: Autores.

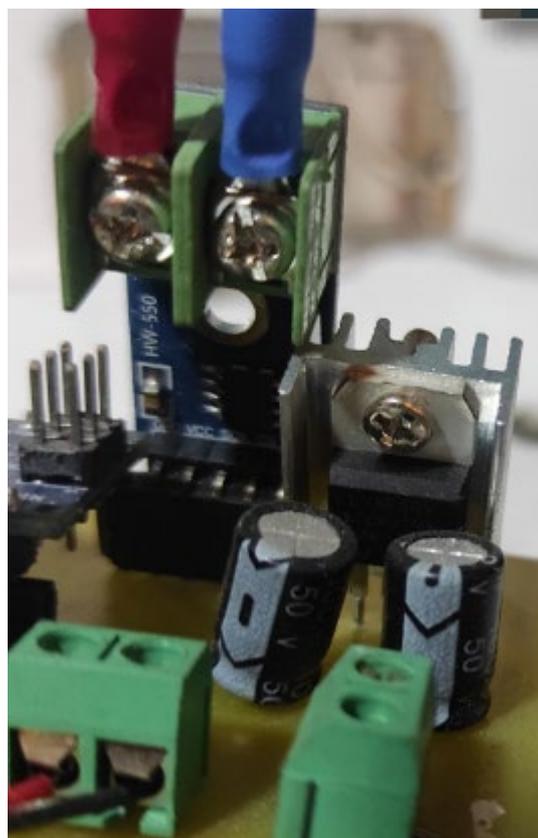


Figura 13. Max 6675 - Lm7805 Y capacitores Fuente: Autores.



Figura 14. Modulo I2C Fuente: Autores.

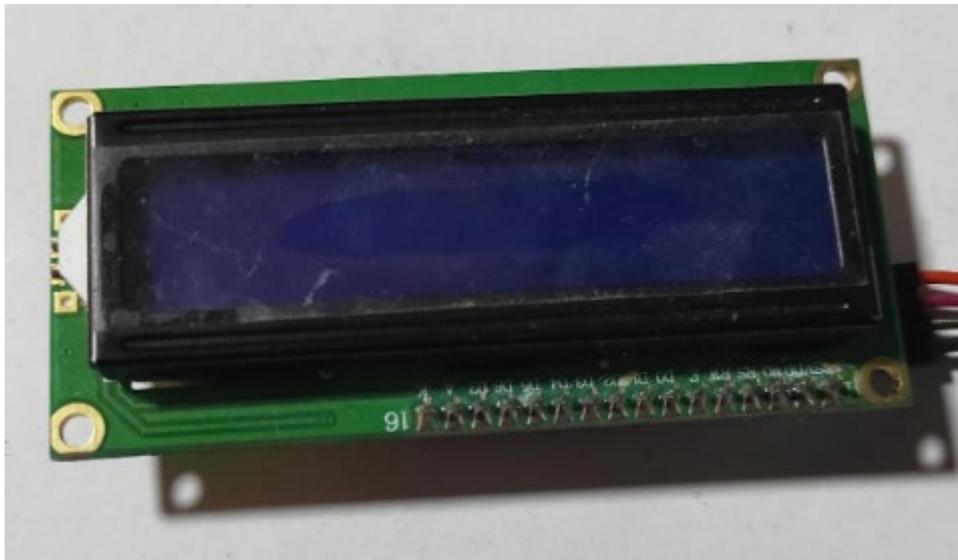


Figura 15. Lcd original utilizado en circuito Fuente: Autores



Figura 16. Diferencia de temperaturas con el scanner automotriz Fuente: autores

1. Función de la refrigeración

Con el fin de obtener un buen rendimiento térmico, durante el proceso de combustión se generan temperaturas muy altas, pudiéndose superar de forma instantánea los 2 000 °C. La expansión y posterior expulsión de los gases quemados y la entrada de gases frescos evacúan parte de este calor. Sin embargo, las temperaturas siguen siendo tan altas que podrían originar grandes dilataciones y deformaciones permanentes si no se dispone de un sistema de refrigeración.

Los elementos más afectados por el calor son los que quedan próximos a la cámara de combustión: la parte alta del cilindro, la cabeza del pistón, la culata y las válvulas, especialmente la de escape. El calor pasa a través de ellos y debe ser evacuado hacia el exterior en cantidad suficiente para que queden protegidos, por esta razón deben ser buenos conductores del calor.

Temperatura de funcionamiento de algunos elementos del motor:

Válvula de escape	750 °C	Culata	300 °C
Válvula de admisión	350 °C	Segmentos	250 °C
Cabeza del pistón	350 °C	Cilindro	200 °C

Tabla 15.1.

1.1. Transmisión de calor

El calor se transmite a través de los cuerpos sólidos, de los líquidos y de los gases, y lo hace siempre desde un elemento más caliente a uno más frío.

La cantidad de calor transmitida a través de las paredes metálicas hasta el fluido refrigerante (aire o agua) depende de los siguientes factores:

- Coeficiente de conductividad del metal. Las aleaciones de aluminio son mejores conductoras de calor que las de hierro.
- La superficie y el espesor de la pared metálica. El flujo de calor es más eficiente a medida que aumenta la superficie y disminuye el espesor.
- La diferencia de temperaturas entre la superficie metálica y el refrigerante.

Por término medio, el sistema de refrigeración evacúa el 30% del calor (figura 15.1.), y a través de los gases de escape del 30% al 35%, por lo que solamente, entre un 35% y un 40% del calor generado es convertido en trabajo. A esta cifra hay que restar las pérdidas mecánicas (10% aproximadamente).

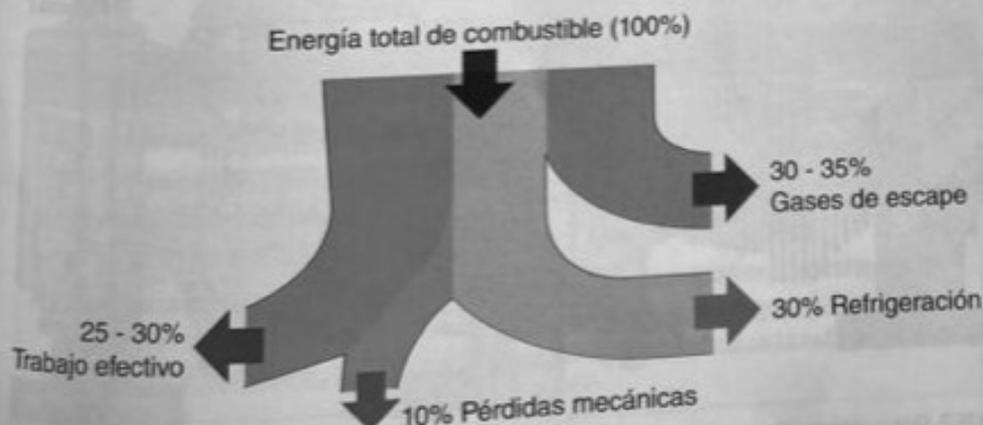


Figura 15.1. Pérdidas de energía en el motor.

1.2. Refrigeración

La función de la refrigeración es mantener el motor dentro de unos límites de temperatura que no perjudiquen a sus componentes, y a la vez lograr un buen aprovechamiento del calor obtenido en la combustión.

La temperatura óptima de funcionamiento se denomina **temperatura de régimen**, en la cual se dan las condiciones más favorables para que el motor obtenga un buen rendimiento. Por lo tanto, el sistema de refrigeración debe permitir alcanzar esta temperatura con rapidez y mantenerla, independientemente de las condiciones ambientales.

Por debajo de la temperatura de régimen no es posible una buena gasificación del combustible y la lubricación es deficiente por encontrarse el aceite muy viscoso.

Con temperaturas superiores empeora la carga de los cilindros y aumenta el riesgo de autoencendido en los motores Otto. El aceite lubricante se fluidifica en exceso y se deteriora más rápidamente, además existe el riesgo de deformaciones o de gripado del motor.

Los sistemas utilizados habitualmente para realizar la refrigeración pueden ser de dos tipos:

- Refrigeración por aire.
- Refrigeración por agua.

2. Refrigeración por aire

En este tipo de refrigeración, el motor cede calor directamente al aire que se pone en contacto con él.

Para facilitar el acceso del aire, el bloque de estos motores está constituido por cilindros independientes. A su alrededor se funden unas aletas, cuyo objetivo es aumentar la superficie, tanto del cilindro como de la culata, lo que permite que haya más cantidad de aire en contacto con las zonas calientes (figura 15.2.).

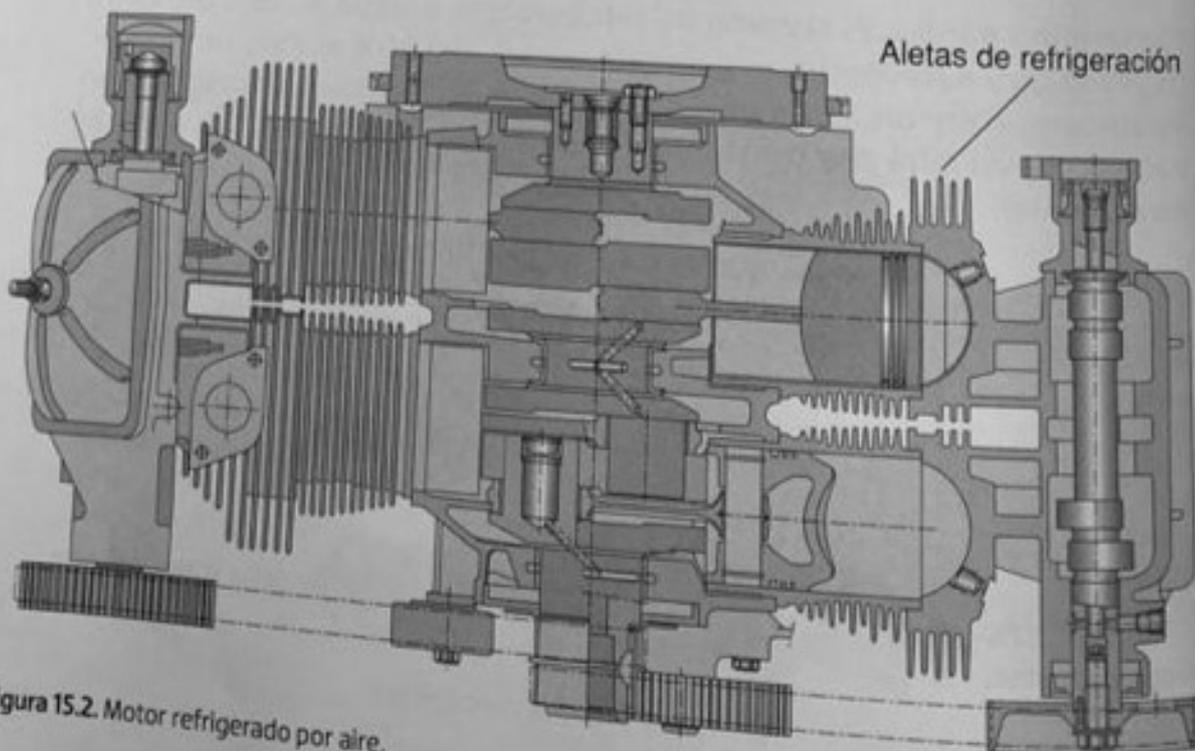


Figura 15.2. Motor refrigerado por aire.

El sistema de refrigeración

Las aletas se disponen sobre el motor de manera uniforme, sus dimensiones y formas dependen de las características del motor y de la cantidad de calor que deben evacuar (figura 15.2.). Así, sobre la culata y la parte alta del cilindro, las aletas son de mayor tamaño y disminuyen en su parte baja. La cantidad de calor evacuado no solo está en función de la superficie, sino también del volumen de aire que circula a través del motor. El suministro de aire se puede hacer de dos formas:

- Refrigeración por el aire de la marcha.
- Refrigeración por aire forzado.

Refrigeración por el aire de la marcha	<ul style="list-style-type: none"> ■ Se utiliza en motocicletas, en las cuales el aire de la marcha tiene buen acceso a las partes calientes del motor. ■ Este método es el más sencillo, puesto que no necesita ningún mecanismo adicional, pero tiene el inconveniente de que la refrigeración es irregular al tener que depender de la velocidad de la marcha.
Refrigeración por aire forzado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Se monta en algunas motocicletas de tipo scooter y en automóviles donde el aire solamente tiene acceso al motor de manera forzada. ■ Un ventilador, movido desde el cigüeñal, crea una corriente de aire que es canalizada hasta los cilindros, de forma que el caudal de aire aumenta a medida que crecen las revoluciones, haciendo más efectiva la refrigeración. ■ El sistema puede incorporar un termostato, que regula el caudal de aire hacia los cilindros mediante trampillas, en función de la temperatura del motor.

Tabla 15.2

2.2.1. Ventajas e inconvenientes de la refrigeración por aire

Se pueden destacar las siguientes ventajas e inconvenientes de este sistema.

Ventajas

- La principal ventaja es su sencillez, lo cual conlleva un menor número de averías, menor peso y menor coste de fabricación y mantenimiento.
- La temperatura de régimen se alcanza más rápidamente, por lo que se reducen los desgastes del funcionamiento en frío.
- Se mantienen temperaturas más altas, por lo que el rendimiento térmico es mayor.

Tabla 15.3

Inconvenientes

- Las mayores temperaturas obligan a aumentar el juego de montaje entre las piezas, los riesgos de autoencendido crecen y empeora el llenado de los cilindros.
- El motor es más ruidoso al no existir las cámaras de agua que amortiguan el ruido; por el contrario, las aletas lo amplifican.
- La refrigeración por aire es utilizada en motocicletas equipadas con motores de pequeña y mediana cilindrada de dos y cuatro tiempos; en automóviles su uso es muy poco frecuente, debido a que ofrece mayores ventajas la refrigeración por agua.

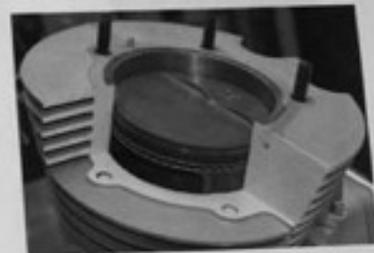


Figura 15.3. Cilindro refrigerado por aire.

3. Refrigeración por agua

El sistema de refrigeración por agua utiliza un líquido a base de agua como medio para extraer el calor del motor y transportarlo hasta el radiador donde es cedido al aire. Este método tiene la ventaja de que proporciona una refrigeración más eficaz y uniforme permitiendo mantener la temperatura más estable.

El líquido refrigerante se desplaza por un circuito cerrado entre el motor y el radiador (figura 15.4.). Este líquido es impulsado por una bomba centrífuga, que lo hace circular por las cámaras practicadas en el bloque alrededor de los cilindros, y por la culata, rodeando las cámaras de combustión. Parte del calor es transmitido al líquido que pasa al radiador y lo recorre cediendo calor al aire que lo atraviesa.

La corriente de aire es suministrada por el ventilador y por el viento de la marcha. Una vez refrigerado, el líquido vuelve al motor para repetir el recorrido.

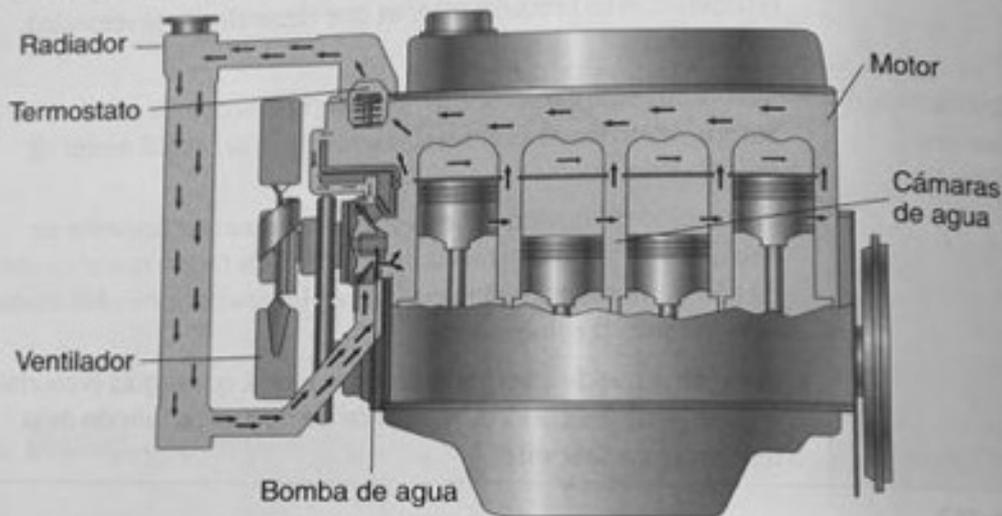


Figura 15.4. Sistema de refrigeración por agua.

El paso del líquido a través del radiador provoca una diferencia de temperaturas entre la salida y la entrada al motor de 5° a 8° $^{\circ}\text{C}$, de forma que no se somete a los materiales a excesivas tensiones térmicas.

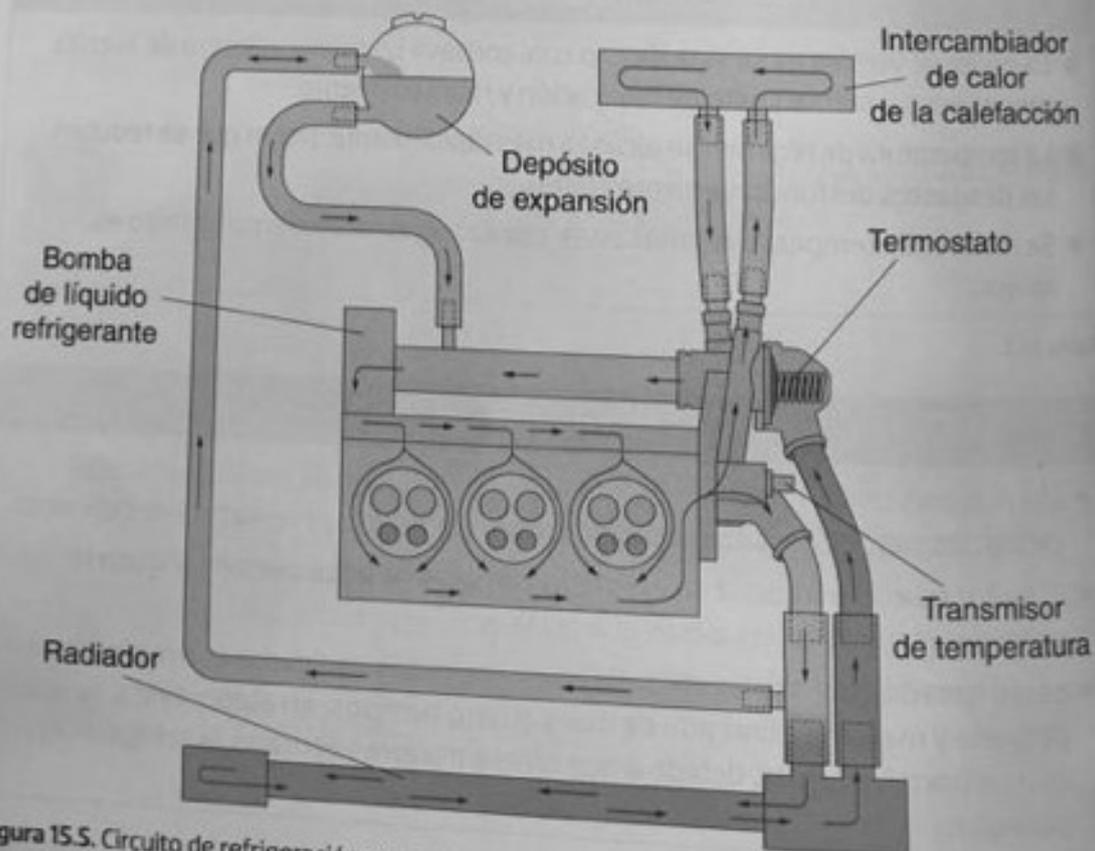


Figura 15.5. Circuito de refrigeración por agua.

El líquido de refrigeración puede ser utilizado con otros fines:

- Calefacción del habitáculo.
- Calentamiento del colector de admisión.
- Refrigeración del aceite de engrase.
- Refrigeración del aceite del cambio automático.

Elementos del circuito de refrigeración por agua

- La bomba
- El radiador
- El termostato
- El ventilador
- El líquido refrigerante

Tabla 15.5.

3.1. La bomba de agua

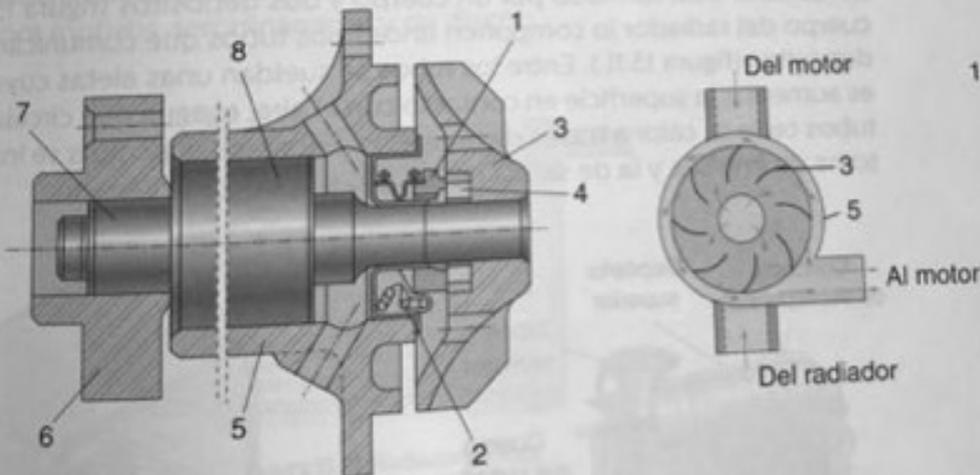
La bomba de agua impulsa el líquido de refrigeración, desplazándolo por el circuito. Es de tipo centrífugo y recibe movimiento del cigüeñal por medio de una correa.

El motor genera más calor a medida que aumenta el número de revoluciones. También el caudal de líquido que manda la bomba es mayor y permite aumentar la capacidad de refrigeración.

La bomba de agua (figura 15.6.) está formada por un árbol de mando (7) que gira sobre cojinetes de bolas (8) y recibe movimiento a través de la polea que se monta sobre el cubo (6). En el otro extremo del árbol se encuentra el rotor o turbina (3), cuyas aletas, al girar, hacen circular el líquido. El conjunto va montado sobre el cuerpo de bomba (5). Con el fin de evitar fugas entre el cuerpo y el eje se disponen las juntas de estanqueidad (1 y 2).



Figura 15.7. Bomba del líquido refrigerante.



- 1 y 2 Anillos deslizantes de estanqueidad
- 3 Turbina
- 4 Anillo de rozamiento con retén de goma
- 5 Cuerpo de la bomba
- 6 Cubo polea bomba
- 7 Árbol de mando de la bomba
- 8 Cojinete bomba

Figura 15.6. Constitución de la bomba del líquido refrigerante.

La bomba de agua se monta habitualmente sobre el bloque, a la altura de los cilindros, de manera que impulse el líquido procedente del radiador hacia el interior del motor. Esta posición permite que la bomba se encuentre siempre por debajo del nivel del líquido impidiendo el descebado.

El accionamiento de la bomba de agua puede hacerse a través de la correa de accesorios o de la correa de distribución.

La correa de accesorios puede ser del tipo trapezoidal, o de las denominadas poly V.

La **correa trapezoidal** (figura 15.8.) se ajusta lateralmente a la garganta de la polea, dejando un espacio en el fondo que permite ser acuñada para asegurar la transmisión de fuerza. Si no existe esta holgura, la correa patina.

La **correa poly V** (figura 15.9.) es más plana y presenta una serie de canales longitudinales, es muy flexible, tiene gran resistencia a la tracción y puede usarse por ambas caras. Actualmente son muy usadas como correas de accesorios; accionan, además de la bomba de agua, el alternador, el compresor para el aire acondicionado, la bomba de la dirección asistida, etc.

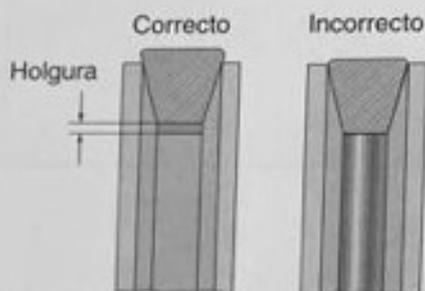


Figura 15.8. Montaje de una correa trapezoidal.

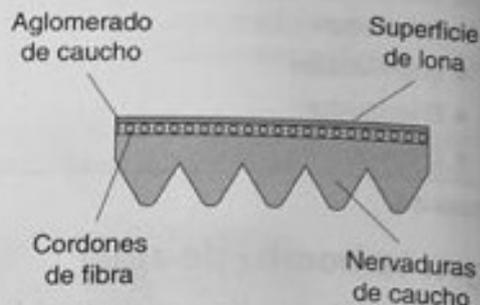


Figura 15.9. Estructura de una correa poly V.

La eficacia de un radiador depende principalmente de la superficie expuesta al aire y de su coeficiente de transmisión calorífica.

3.2. El radiador

El radiador es un intercambiador de calor entre el líquido y el aire. El calor, transmitido al líquido refrigerante por el motor, es cedido en parte al aire a su paso por el radiador. Se sitúa sobre el vehículo de tal forma que pueda recibir el viento de la marcha. Adicionalmente se coloca un ventilador que suministra una corriente de aire.

El radiador está formado por un cuerpo y dos depósitos (figura 15.10.). El cuerpo del radiador lo componen unos finos tubos que comunican ambos depósitos (figura 15.11.). Entre los tubos se sueldan unas aletas cuya misión es aumentar la superficie en contacto con el aire, el agua que circula por los tubos cede su calor a través de las aletas. Sobre los depósitos se instalan la toma de entrada y la de salida de líquido y la boca de llenado.

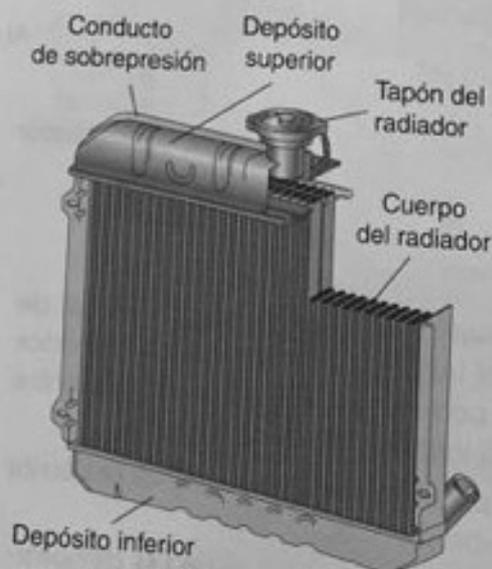


Figura 15.10. Constitución del radiador.

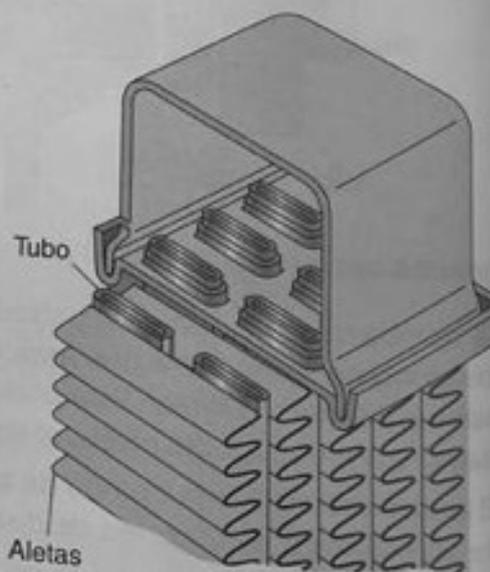


Figura 15.11. Cuerpo del radiador.

Los tubos y las aletas del radiador pueden ser de latón o cobre, aunque actualmente la mayoría se fabrican de aluminio, por ser un material con buena conductividad térmica, ligero y que permite un laminado muy fino. Los depósitos, que antes se fabricaban de chapa de latón, ahora son generalmente de plástico y van engarzados con interposición de una junta (figura 15.12.).

Los radiadores pueden ser de flujo vertical o de flujo transversal, dependiendo del sentido en que se desplace el líquido en su interior.

En los de flujo vertical, los depósitos se sitúan en las partes superior e inferior y el líquido pasa de arriba abajo.



Figura 15.12. Ensamblado del depósito del radiador.

En los radiadores de flujo transversal, los depósitos se colocan a los lados y el líquido se desplaza horizontalmente (figura 15.13.). Tienen la ventaja de que permiten adaptarse al bajo frontal de los automóviles. Actualmente se impone por motivos aerodinámicos y de diseño.

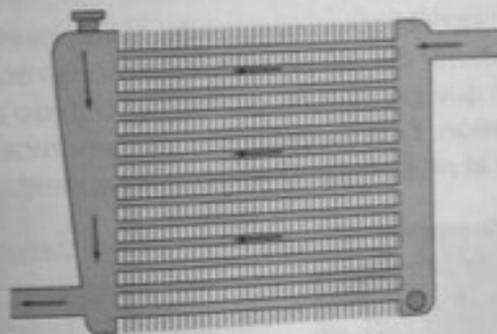


Figura 15.13. Radiador de flujo.

Los radiadores más usados son los de flujo transversal, con los tubos y las aletas de aluminio y los depósitos de plástico. El resultado es un conjunto resistente, ligero y con buenas cualidades para transmitir el calor.

Los conductos de unión entre el radiador y el motor son manguitos de goma con inserciones de fibras textiles; son resistentes al calor y muy flexibles. Absorben las vibraciones y los movimientos del motor respecto al radiador. La estanqueidad de los manguitos queda asegurada mediante abrazaderas. Tanto las dimensiones del radiador como el caudal de la bomba se calculan para obtener una refrigeración adecuada a las características del motor.

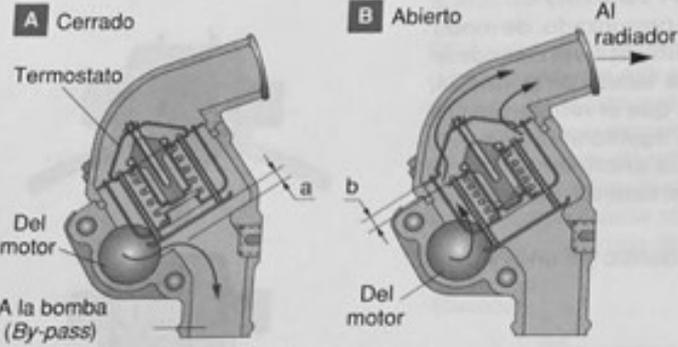


Figura 15.19. Funcionamiento del termostato.

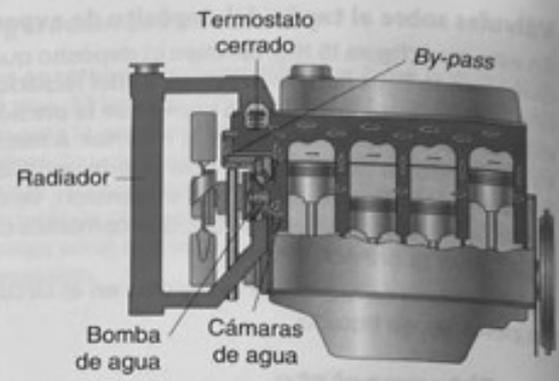


Figura 15.20. Termostato cerrando el paso hacia el radiador.

Generalmente, la válvula comienza a abrirse entre los 80° y los 86 °C y se encuentra totalmente abierta entre los 95° y los 100 °C, con un desplazamiento de la válvula entre ambas posiciones de 7 a 8 mm.

El circuito controlado por el termostato funciona de la siguiente manera:

Cuando la temperatura del refrigerante es baja, el termostato mantiene cerrado el paso de líquido al radiador (A-figura 15.19.), y únicamente circula por el interior del motor, logrando que se caliente con rapidez (figura 15.20.). Cuando se alcanza la temperatura de apertura, la válvula comienza a abrirse progresivamente hasta completar su recorrido máximo (B-figura 15.19.), de manera que el líquido puede pasar al radiador.

En caso de que la temperatura ambiente sea muy baja y disminuya la temperatura del refrigerante, el termostato cierra parcialmente, desviando solo una parte hacia el radiador y el resto circula por el interior del motor. De esta forma se mantiene la temperatura de régimen durante el funcionamiento del motor (figura 15.21.).

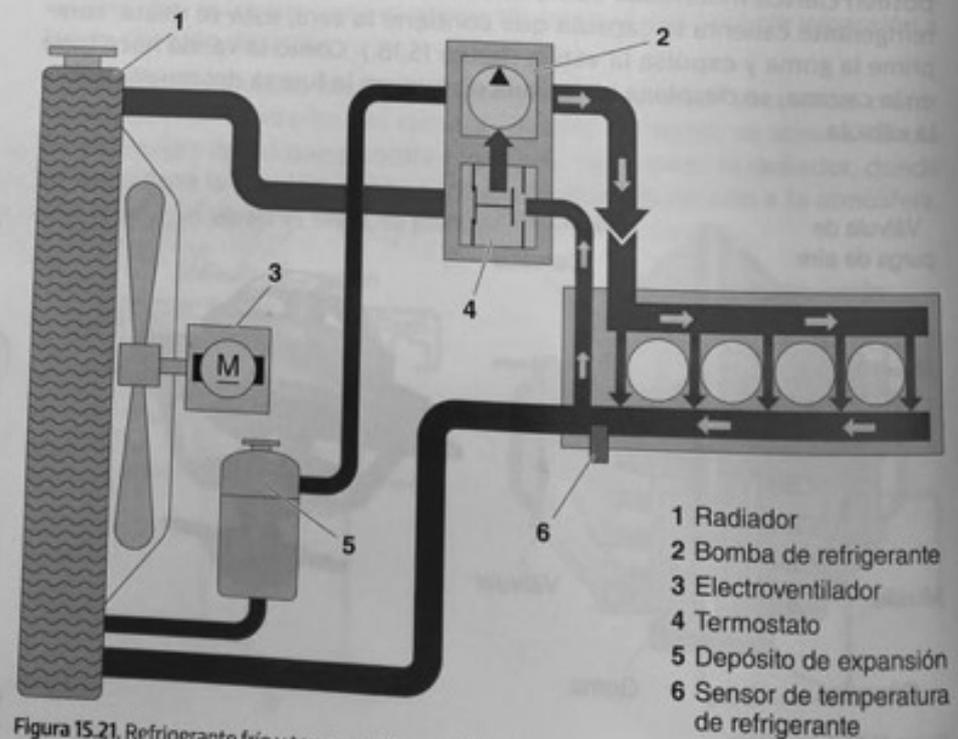


Figura 15.21. Refrigerante frío y termostato cerrado. El líquido circula por el interior del motor.

3.4. El ventilador

El ventilador suministra una corriente de aire que, unida a la que origina la marcha del vehículo, pasa a través del radiador e intercambia su temperatura con el líquido refrigerante (figura 15.22.).

El ventilador se fabrica generalmente de material plástico, el caudal que suministra está en función de su diámetro, del número de palas, de la inclinación de estas y de la velocidad de giro. La distribución de las palas se hace de forma asimétrica para evitar el zumbido cuando gira a elevadas revoluciones.

El ventilador se puede situar por delante del radiador (soplante) o por detrás (aspirante). La corriente creada por el ventilador atraviesa el radiador y después se dirige al motor, ventilando sus elementos externos. En ocasiones, el aire se canaliza mediante una cubierta que envuelve al ventilador dirigiendo la corriente para evitar que se disperse.

El caudal y la velocidad de la corriente de aire son factores que determinan la cantidad de calor extraída al radiador. Por tanto, el ventilador se utiliza como elemento regulador de la temperatura del motor, para lo cual su accionamiento ha de estar en función de la temperatura del líquido refrigerante, independientemente del número de revoluciones del motor.

3.4.1. Electroventilador

Se llama así al ventilador movido por un motor eléctrico (figura 15.23). La potencia consumida por el ventilador es de 100 a 150 W. Si el vehículo va equipado con aire acondicionado y otros dispositivos esta potencia se triplica (300 a 500 W) (figura 16.22.).

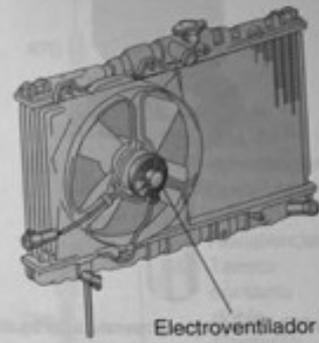
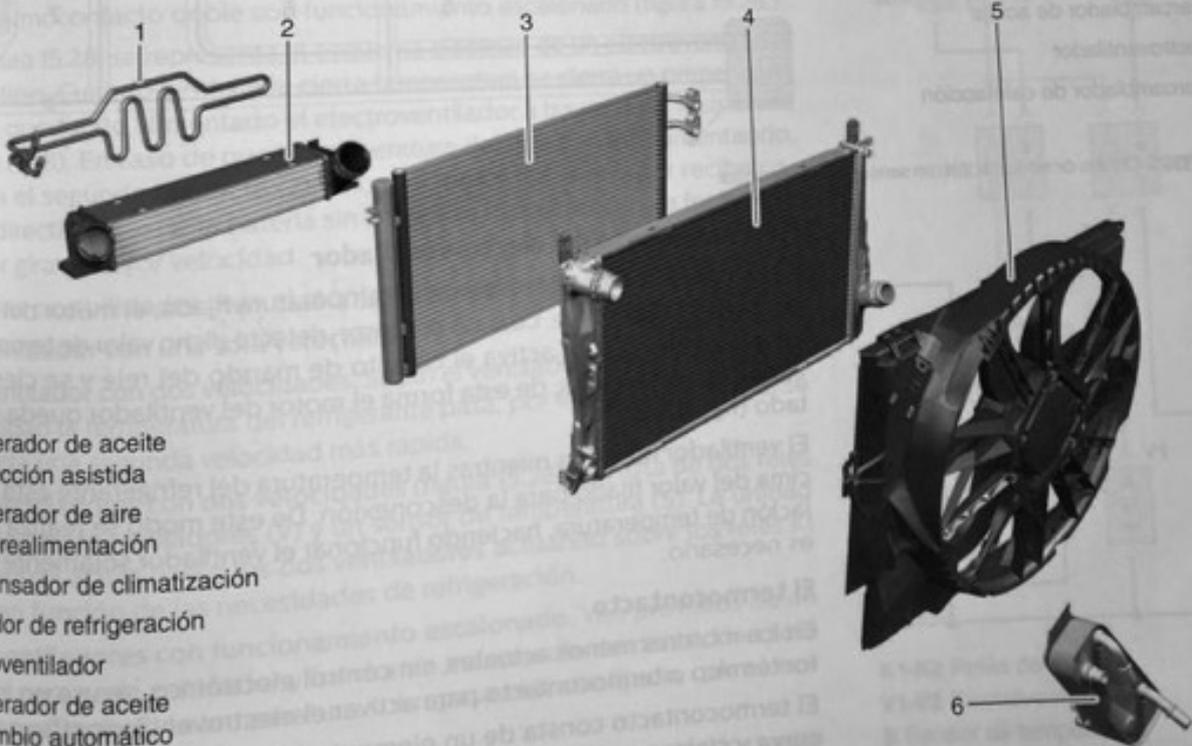


Figura 15.22. Electroventilador montado sobre el radiador.



- 1 Refrigerador de aceite de dirección asistida
- 2 Refrigerador de aire de sobrealimentación
- 3 Condensador de climatización
- 4 Radiador de refrigeración
- 5 Electroventilador
- 6 Refrigerador de aceite del cambio automático

Figura 15.23. Grupo de elementos de refrigeración (Fuente: BMW).



Figura 15.24. Sensor de temperatura del líquido refrigerante.

El ventilador se activa automáticamente cuando la temperatura del líquido refrigerante alcanza entre 90 y 98 °C y se desconecta de 82 a 90 °C. Esta diferencia de 5 a 8 °C evita la excesiva frecuencia de accionamiento entre ambas posiciones.

La unidad de control comanda el electroventilador en función de la información que recibe del sensor de temperatura del líquido refrigerante (figura 15.24).

El sensor de temperatura del líquido refrigerante está compuesto por una resistencia NTC (coeficiente de temperatura negativo), es decir, el valor de su resistencia varía en sentido inverso al de la temperatura. La variación en la resistencia se aprovecha para obtener una tensión proporcional a la temperatura del refrigerante.

Se monta habitualmente roscado en el compartimento del termostato, a la salida del motor y su extremo va sumergido en el líquido con el objetivo de detectar su temperatura (5 figura 15.25.).

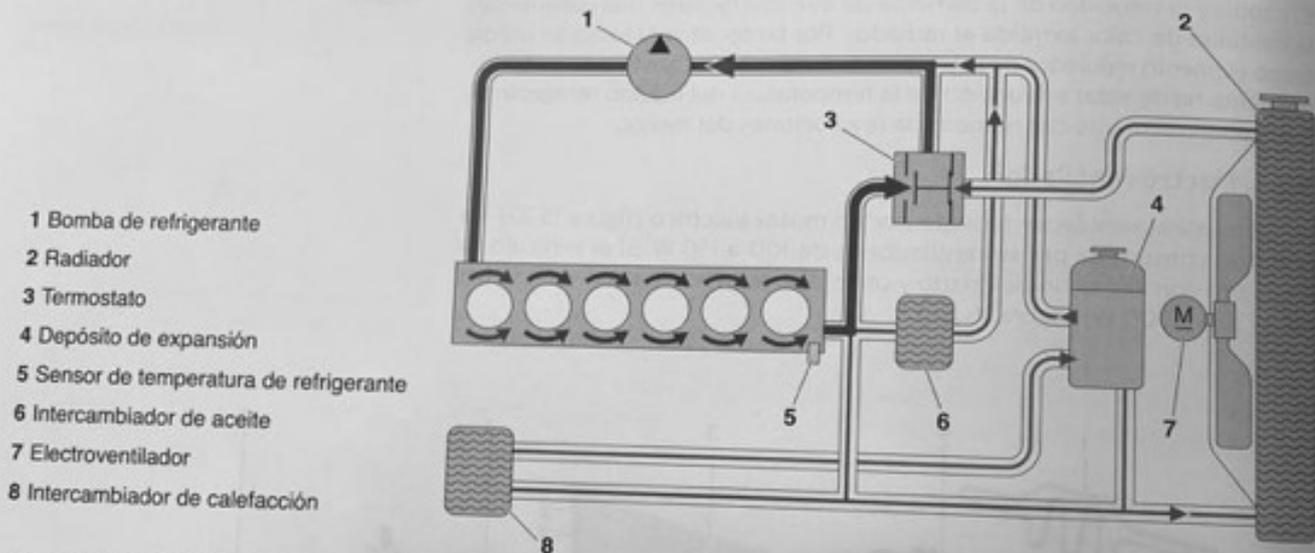


Figura 15.25. Circuito de refrigeración con sensor de temperatura.

Funcionamiento del electroventilador

Hasta que el refrigerante alcanza la temperatura fijada, el motor del ventilador no recibe corriente. Cuando el sensor detecta dicho valor de temperatura, la unidad de control activa el circuito de mando del relé y se cierran sus contactos principales, de esta forma el motor del ventilador queda alimentado (figura 15.27).

El ventilador funciona mientras la temperatura del refrigerante está por encima del valor fijado para la desconexión. De este modo se realiza la regulación de temperatura, haciendo funcionar el ventilador solamente cuando es necesario.

El termocontacto

En los motores menos actuales, sin control electrónico, se usa un interruptor térmico o termocontacto para activar el electroventilador (figura 15.26.). El termocontacto consta de un elemento bimetálico que al calentarse se curva y cierra un contacto eléctrico. Se monta roscado en el depósito de salida del radiador y su misión es activar y desactivar el motor eléctrico del ventilador cuando se alcanzan las temperaturas adecuadas.

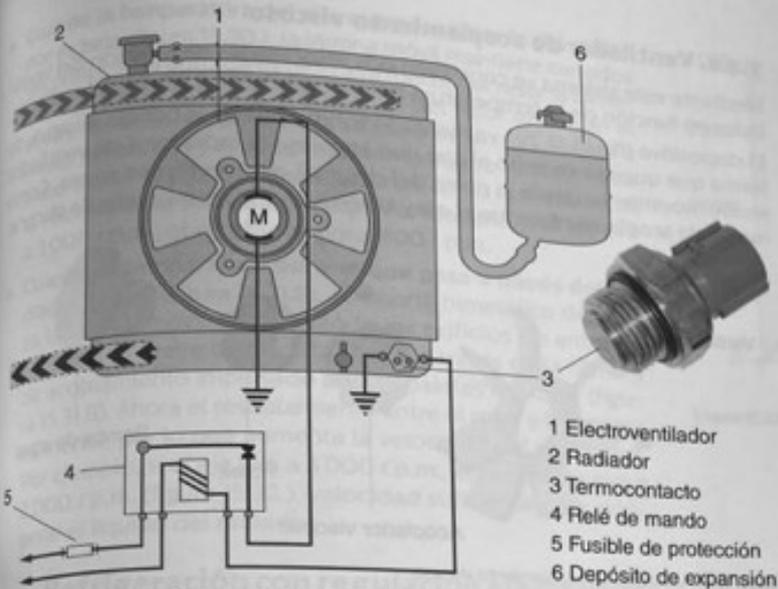


Figura 15.26. Mando del electroventilador por termocontacto.

Posibles sistemas de montaje del electroventilador

Dadas las diferentes necesidades de refrigeración según el tipo de motor (gasolina, turbodiésel, etc.) y del equipamiento del vehículo (aire acondicionado, refrigerador de aceite), actualmente se montan uno o dos ventiladores, que pueden ser accionados a dos velocidades. Los dispositivos con dos velocidades son activados a través de la unidad de control (figura 15.27.), o bien por un termocontacto doble con funcionamiento escalonado (figura 15.28.).

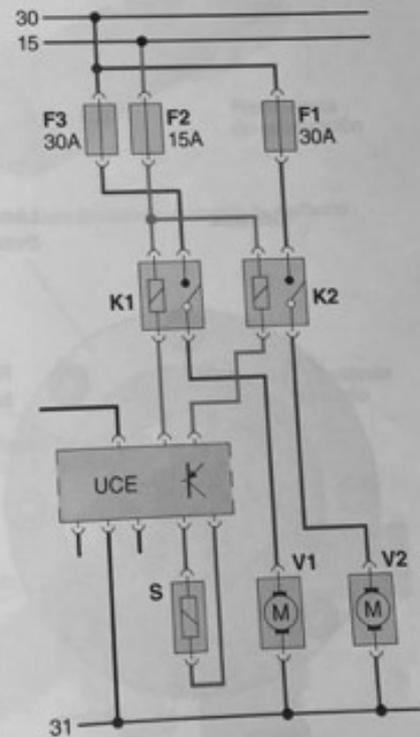
En la figura 15.28. se representa el esquema eléctrico de un electroventilador de este tipo. Cuando se alcanza cierta temperatura se cierra un primer contacto (1) quedando alimentado el electroventilador a través de la resistencia en serie (788). En caso de que la temperatura del líquido siga aumentando, se cierra el segundo contacto (2). Ahora el motor del ventilador recibe corriente directamente de la batería sin pasar por la resistencia, de forma que el motor gira a mayor velocidad.

Hay varias posibilidades para el montaje del electroventilador:

- Un ventilador con una sola velocidad.
- Un ventilador con dos velocidades. Si con el ventilador funcionando a baja velocidad la temperatura del refrigerante pasa, por ejemplo, de 100 °C, se conecta una segunda velocidad más rápida.
- Dos ventiladores con dos velocidades (figura 15.28.). Consta de dos relés (K), dos motoventiladores (V) y un sensor de temperatura (S). La unidad de control activa uno o los dos ventiladores actuando sobre los relés K1 y K2 en función de las necesidades de refrigeración.
- Dos ventiladores con funcionamiento escalonado. Van provistos de un motor para cada ventilador y funcionan independientemente. Uno solo o los dos, cuando la temperatura sobrepasa el límite fijado, que se encuentra en unos 100 °C.
- Dos ventiladores unidos por correa. Un motor mueve un ventilador y este le transmite el giro a otro mediante una correa. Puede ser de una o de dos velocidades.



Figura 15.27. Circuito con termocontacto y dos velocidades de ventilador.



K1-K2 Relés de mando
V1-V2 Electroventiladores
S Sensor de temperatura

Figura 15.28. Circuito con sensor de temperatura y dos velocidades de ventilador.

3.4.2. Ventilador de acoplamiento viscoso

Mediante este sistema se consiguen dos velocidades de rotación del ventilador en función de la temperatura del aire que pasa a través del radiador. El dispositivo (figura 15.29.) va montado sobre el eje de la bomba de agua, de forma que queda expuesto al aire que atraviesa el radiador. Este ventilador recibe movimiento desde la polea del cigüeñal, a través de una correa. Como medio de acoplamiento entre el eje y el ventilador se utiliza aceite de silicona.

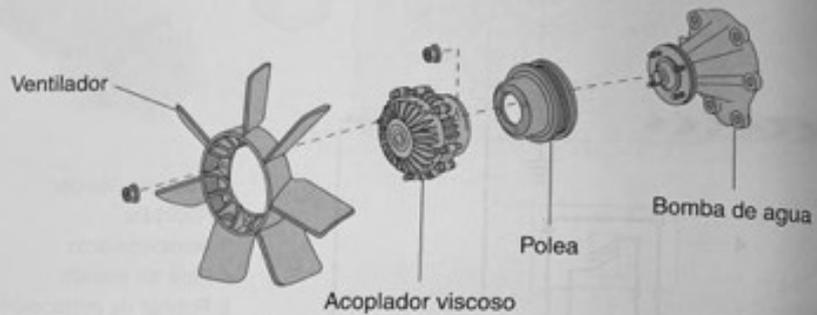


Figura 15.29. Ventilador de acoplamiento viscoso.

Constitución y funcionamiento

Se compone (figura 15.29.) de un rotor interior dotado de paletas que recibe el movimiento de la polea a través del eje. El ventilador va unido a la carcasa que gira libre sobre un rodamiento. En su interior se forma, por un lado, la cámara de acoplamiento y, por el otro, se monta el dispositivo que controla la entrada del aceite de silicona a dicha cámara. El mecanismo está formado por una lámina divisoria que contiene los orificios de entrada y una lámina móvil unida al resorte bimetalico, que abre y cierra los orificios en función de la temperatura del aire procedente del radiador.

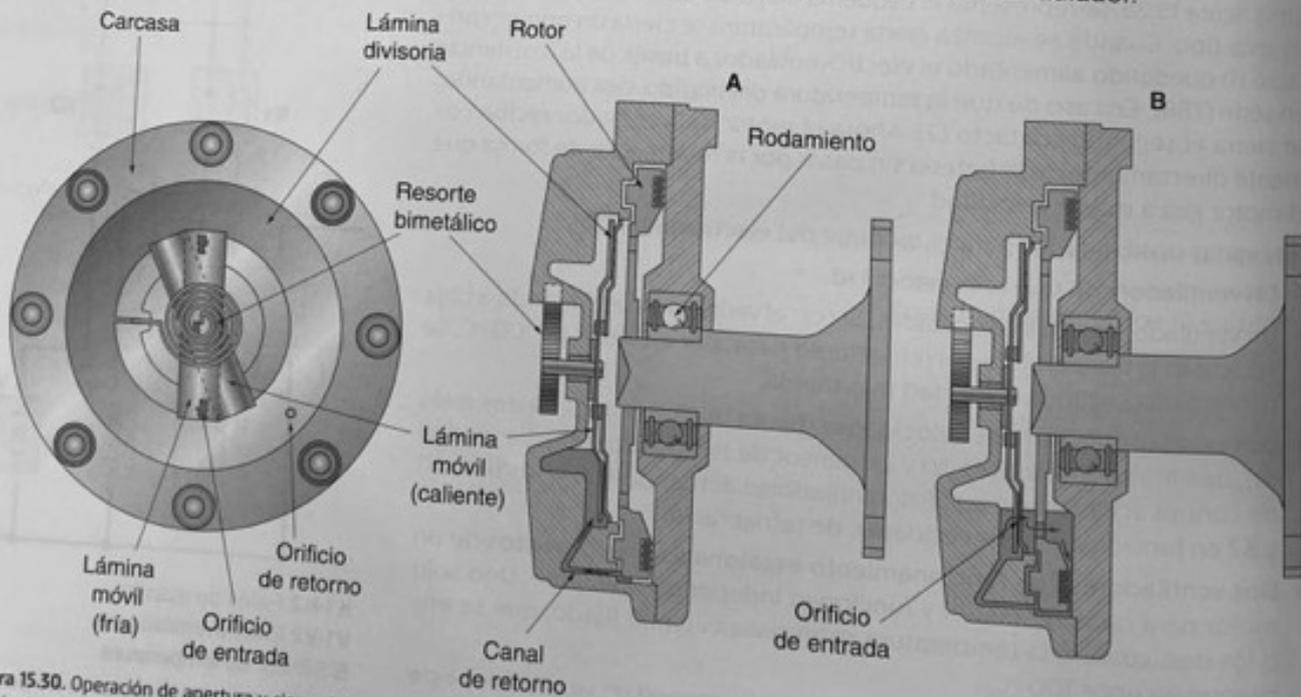


Figura 15.30. Operación de apertura y cierre del orificio de entrada.

Figura 15.31. A. Entrada de aceite cerrada. B. Entrada de aceite abierta.

- Cuando la temperatura del aire que pasa a través del radiador es baja (figura 15.30.), la lámina móvil mantiene cerrados los orificios de entrada debido a la fuerza del resorte bimetálico. En esta situación las paletas del rotor expulsan el aceite de silicona fuera de la cámara de acoplamiento a través del orificio y el canal de retorno (figura 15.31.A). Al no haber aceite se produce resbalamiento, como consecuencia, la velocidad del ventilador es baja. Por ejemplo, si el eje gira a 3 000 r.p.m., el ventilador gira a 800 r.p.m.
- Cuando la temperatura del aire que pasa a través del radiador es alta (figura 15.31.B), el resorte bimetálico desplaza la lámina móvil descubriendo los orificios de entrada, entonces el aceite de silicona circula a través de la cámara de acoplamiento impulsado por las paletas del rotor (figura 15.31.B). Ahora el resbalamiento entre el rotor y la carcasa es menor, por lo que aumenta la velocidad del ventilador. Por ejemplo, si el eje gira a 3 000 r.p.m., el ventilador gira a 2 000 r.p.m. (figura 15.32.), velocidad suficiente para refrigerar el líquido del radiador.

3.5. Refrigeración con regulación electrónica

La regulación electrónica de la refrigeración permite ajustar la temperatura del motor en función de la carga.

- Con cargas altas se reduce la temperatura para mejorar el llenado de los cilindros, ya que el aire aspirado se calienta menos.
- Temperaturas más altas con cargas medias permiten aumentar la potencia del motor.

Se consigue así una reducción en el consumo y en las emisiones contaminantes.

A través de la unidad de control del motor se regula la temperatura óptima actuando sobre dos dispositivos, un termostato calefactable eléctricamente y sobre los electroventiladores.

3.5.1. Termostato con resistencia de calefacción

El termostato de materia dilatante incorpora una resistencia de calefacción (figura 15.33.). La apertura no solo se produce por la temperatura del líquido de refrigeración, sino también debido a la corriente suministrada a la resistencia. La regulación de la apertura del termostato se realiza desde la unidad de control del motor de acuerdo con un conjunto de características previamente memorizadas que mantiene la temperatura más adecuada en función de la carga del motor (figura 15.34.).

3.5.2. Bomba de agua eléctrica

Este tipo de bomba es accionada por un motor eléctrico impulsado desde el sistema que gestiona la temperatura del motor. De modo que puede adecuar en todo momento el caudal de líquido según las necesidades del motor. Con motor frío la bomba gira muy lentamente, con lo que se consigue reducir considerablemente la fase de calentamiento del motor.

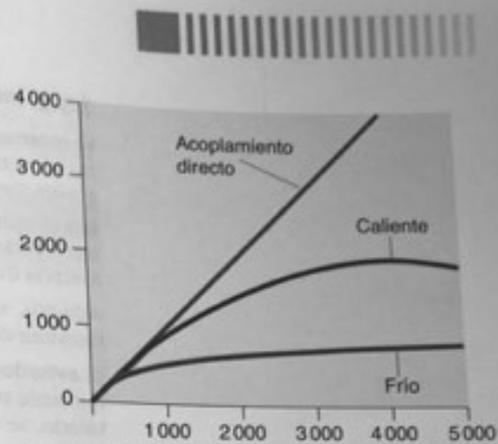


Figura 15.32. Relación de velocidad entre el ventilador y el eje.

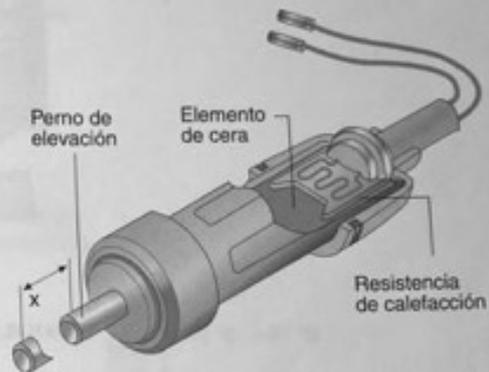


Figura 15.33. Termostato de cera con resistencia de calefacción.



Figura 15.34. El termostato regula el paso de líquido al radiador.

3.5.3. Indicador de temperatura

El sistema de refrigeración está calculado para que la temperatura del motor no sobrepase unos límites máximos fijados, de ser así se pueden producir graves averías como gripado, deformaciones en la culata, etc.

El **indicador de temperatura** recibe la información del sensor de temperatura del líquido refrigerante a través de la unidad de control. El instrumento de medida indica la temperatura en el tablero de instrumentos.

Además, se dispone de un **indicador luminoso** que se enciende si la temperatura del motor es excesiva (entre 105° y 115 °C).

El **avisador luminoso** consta de un termocontacto, que va montado generalmente sobre la caja del termostato. En caso de llegar a la temperatura de tarado, se cierra el circuito que alimenta la lámpara de aviso.

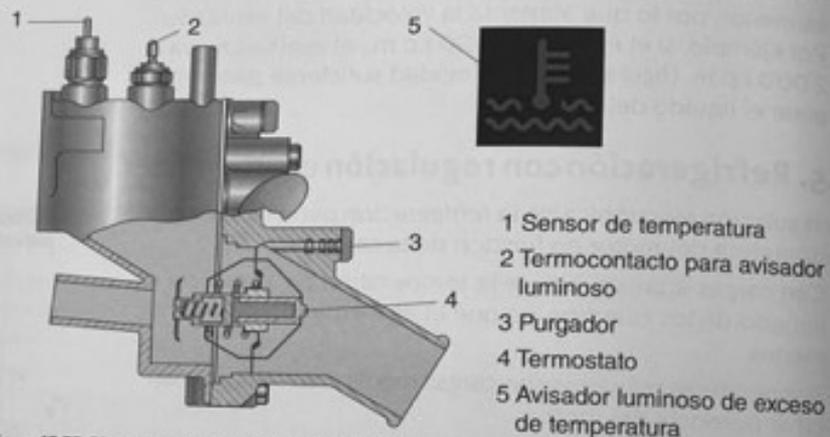


Figura 15.35. Dispositivos sobre la caja del termostato.

El nivel del líquido refrigerante se vigila mediante un detector de nivel montado en el depósito de expansión o bien en el radiador. Si el nivel es excesivamente bajo, se enciende un avisador en el tablero de instrumentos.

3.6. El líquido refrigerante

El empleo de agua como líquido de refrigeración presenta ciertos inconvenientes, el mayor de ellos es que para temperaturas inferiores a 0 °C se congela y aumenta su volumen, lo que puede dar lugar a graves averías en el circuito, pudiendo aparecer grietas en el bloque de cilindros o en el radiador. Otro inconveniente del agua es su acción oxidante en las partes metálicas, además de los altos contenidos calcáreos, que producen incrustaciones que reducen la capacidad de transmitir el calor.

3.6.1. Anticongelante

El líquido de refrigeración utilizado en los motores también se denomina anticongelante por ser esta su función más conocida.

Es un preparado, mezcla de agua y diversos aditivos, los cuales tratan principalmente de conseguir las siguientes características:

- Rebajar el punto de congelación.
- Proteger los metales de la corrosión.
- Evitar la formación de espuma.

Vocabulary

- Refrigerante del motor: engine coolant
- Ventilador: radiator fan
- Termostato: thermostat
- Bomba de agua: water pump
- Depósito de expansión: expansion tank
- Enfriador de aceite: oil cooler

El sistema de refrigeración

El principal aditivo es el anticongelante, compuesto por glicerina o alcohol. El producto más utilizado es etilenglicol. El punto de congelación se determina según el porcentaje de este elemento. Se añaden en proporciones menores otros aditivos anticorrosivos y antiespumantes.

Punto de congelación en función del porcentaje de anticongelante	
Anticongelante puro (%)	Punto de congelación (°C)
20	-10
33	-18
44	-30
50	-36

Tabla 15.6.

Se aconseja utilizar protección de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (33%) en zonas templadas y protección de $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ (50%) en zonas muy frías.

Los anticongelantes se comercializan ya preparados, y sobre el envase se indica su temperatura de congelación y sus características.

Actualmente se utilizan los anticongelantes orgánicos, sus principales ventajas respecto a los inorgánicos son:

- Mejoran sus propiedades anticorrosivas.
- Conservan mejor sus cualidades durante el periodo de utilización.
- Protegen a más bajas temperaturas, hasta $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Son biodegradables.

Los anticongelantes orgánicos no se deben de mezclar con otros anticongelantes. Con el fin de mantener el líquido en buen estado, se recomienda su sustitución cada 40 000 km o dos años.

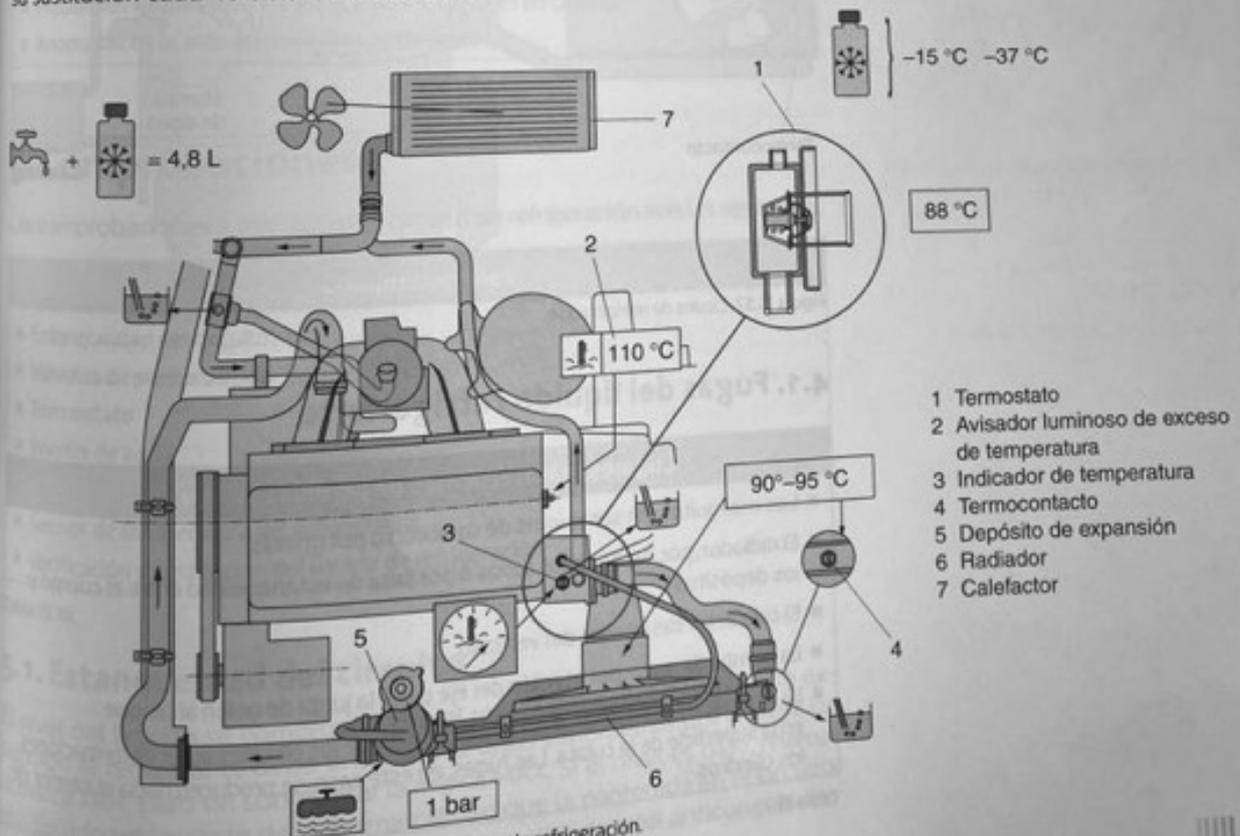


Figura 15.36. Características de funcionamiento de un circuito de refrigeración.

4. Averías en la refrigeración

El indicador de temperatura del tablero de instrumentos proporciona información sobre el funcionamiento del sistema de refrigeración. Una temperatura superior o inferior a la normal es un indicio de defecto en alguno de los componentes.

Si se supera la temperatura máxima de funcionamiento del motor pueden producirse graves daños que generalmente afectan a la estanqueidad de la junta de culata por deformación del plano de cierre. El exceso de dilatación provoca fuertes rozamientos que en casos extremos llegan a gripar los pistones u otros elementos.

Los síntomas de avería que afectan al sistema de refrigeración son los siguientes:

- Fugas de líquido refrigerante.
- El motor se calienta en exceso.
- El motor tarda en alcanzar la temperatura de régimen.

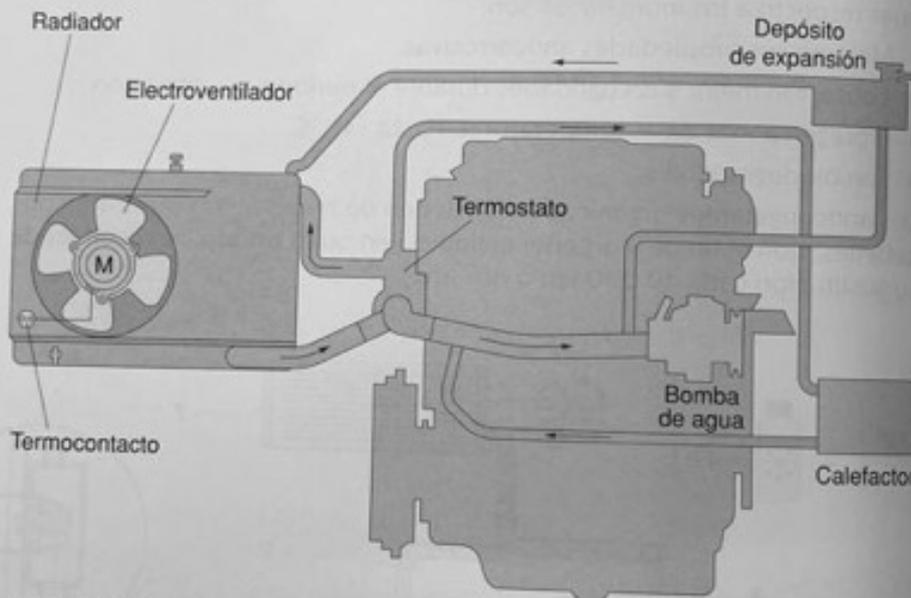


Figura 15.37. Circuito de refrigeración.

4.1. Fugas del líquido refrigerante

Lugares más frecuentes de pérdidas de líquido

- Los manguitos, en sus puntos de conexión o por grietas
- El radiador, por fugas en los tubos o por falta de estanqueidad entre el cuerpo y los depósitos
- El calefactor del interior del vehículo
- La bomba de agua, por el retén del eje o por la junta de unión al bloque
- La junta de culata debido al apriete incorrecto de los tornillos o por deformaciones en la superficie de la culata. Las fugas, en este caso, se producen hacia el interior de los cilindros

Tabla 15.7.

4.2. El motor se calienta en exceso

Posibles causas

- Bajo nivel de líquido refrigerante por pérdidas
- Mal funcionamiento del termostato. Si no abre, o lo hace solo parcialmente, el líquido no pasará en suficiente cantidad al radiador
- Mal funcionamiento del sensor de temperatura o del termocontacto
- Radiador sucio exteriormente o parcialmente obstruido
- Correa de la bomba de agua floja o rota
- Otras causas ajenas al circuito de refrigeración, como encendido retrasado o mezcla pobre en los motores Otto

Tabla 15.8.

4.3. El motor tarda en alcanzar la temperatura de régimen

Cuando el motor tarda en alcanzar su temperatura se debe, generalmente, a que el termostato no cierra correctamente y permite el paso de líquido al radiador estando el motor frío.

4.4. Sensor de temperatura defectuoso

Consecuencias posibles de un sensor de temperatura defectuoso

- Consumo excesivo
- Ralentí irregular
- Problemas de arranque en frío y, a veces, también en caliente
- Anomalías en la activación de los ventiladores

Tabla 15.9.

5. Comprobaciones

Las comprobaciones a realizar en el circuito de refrigeración son las siguientes:

Comprobaciones

- Estanqueidad del circuito
- Válvulas de presurización
- Termostato
- Bomba de agua
- Electroventilador y termocontacto
- Sensor de temperatura del refrigerante
- Verificación y sustitución del líquido de refrigeración

Tabla 15.10.

5.1. Estanqueidad del circuito

El nivel del líquido se comprueba con el motor frío. En el depósito de expansión el refrigerante debe encontrarse unos centímetros por encima de la marca MÍN, pero sin sobrepasar la marca MÁX. Si el nivel es bajo, rellenar con líquido refrigerante de la misma calidad que la contenida en el circuito. No rellenar con agua, ya que se rebajan las cualidades del anticongelante.

Cuando sea necesario reponer líquido con frecuencia se deberá buscar la causa de la pérdida.

Las fugas importantes son fácilmente localizables por la mancha que deja el líquido. Para localizar las pequeñas fugas se emplea un útil consistente en una bomba manual, provista de un manómetro y de diversos adaptadores para conectarla en el lugar del tapón del radiador o del depósito de expansión.

5.1.1. Comprobación de la estanqueidad

Extraer el tapón del radiador o, en su caso, del vaso de expansión y montar en su lugar el útil de comprobación (figura 15.38.).

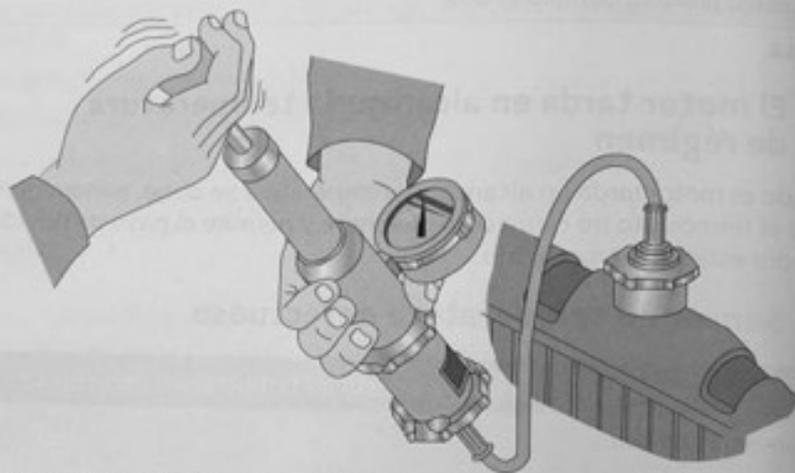


Figura 15.38. Comprobación de la estanqueidad del circuito.

Llevar el motor a su temperatura de régimen (conexión del electroventilador) y después pararlo.

A continuación, bombear con el útil hasta conseguir una presión de 0,1 bar por encima de la presión de tarado de la válvula del tapón. Si, por ejemplo, esta válvula abre a 1,2 bar, poner el manómetro a 1,3 bar.

Comprobar que la presión se mantiene.

Si la presión desciende, buscar la fuga, que se puede localizar en los manguitos, en el radiador, en el aerotermo de la calefacción o en la bomba de agua.

Una vez localizado, desmontar y sustituir el elemento afectado, rellenar y purgar el circuito.

En caso de no encontrar fugas externas, comprobar si la pérdida se produce por la junta de culata.

Síntomas de fugas internas a través de la junta de culata

- Presencia de aceite en el líquido refrigerante.
- Presencia de líquido en el aceite de engrase.
- Expulsión de líquido por el tubo de escape con el motor funcionando.

Si se produce alguno de los síntomas anteriores, debe ponerse el motor en marcha, extraer el tapón del depósito de expansión o el del radiador y observar si aparecen burbujas procedentes de la compresión.

En caso de confirmarse la fuga, se debe verificar el apriete de la culata y, si aún persiste, desmontar la culata, planificarla y montarla con una junta nueva.

5.2. Válvulas de presurización

Si esta válvula se encuentra en mal estado, el circuito no se presuriza y existe pérdida de líquido.

Las válvulas de presión y de depresión se pueden encontrar en el tapón del radiador, aunque, actualmente, en la mayoría de los casos se montan sobre el tapón del depósito de expansión.

Para realizar la verificación de la válvula de presión se emplea el mismo útil de la prueba anterior.

Para ello, se adapta el tapón sobre el útil (figura 15.39.) y se bombea hasta alcanzar la presión de tarado de la válvula (1 a 1,6 bar). Se admite una tolerancia de $\pm 0,1$ bar. Si no es correcto, debe sustituirse el tapón. También se debe sustituir la junta de goma si no se encuentra en perfectas condiciones.

5.3. Termostato

Esta válvula controla el paso de líquido del motor hacia el radiador, de manera que si su funcionamiento es defectuoso y permanece cerrada, el motor se calienta en exceso y, si permanece siempre abierta, tarda en alcanzar su temperatura de régimen.

Desmontar el termostato de su alojamiento. Vaciar el líquido hasta un nivel apropiado, separar la tapa y extraerlo (figura 15.40.).

Para comprobar el termostato sumergirlo en un recipiente con agua y calentarla (figura 15.41.). Controlar la temperatura con un termómetro y verificar:

- La temperatura a la que comienza a abrirse (80 a 86 °C).
- La temperatura a la que termina de abrirse (95 a 100 °C).
- El recorrido de la válvula (figura 15.42) (7 a 8 mm).

Estos datos suelen venir impresos sobre el termostato. Si los valores obtenidos no son correctos, se deben sustituir.

Finalmente, montar el termostato con una junta nueva, rellenar el líquido y purgar el circuito.



Figura 15.39. Comprobación de las válvulas de presurización.



Figura 15.40. Desmontaje del termostato.

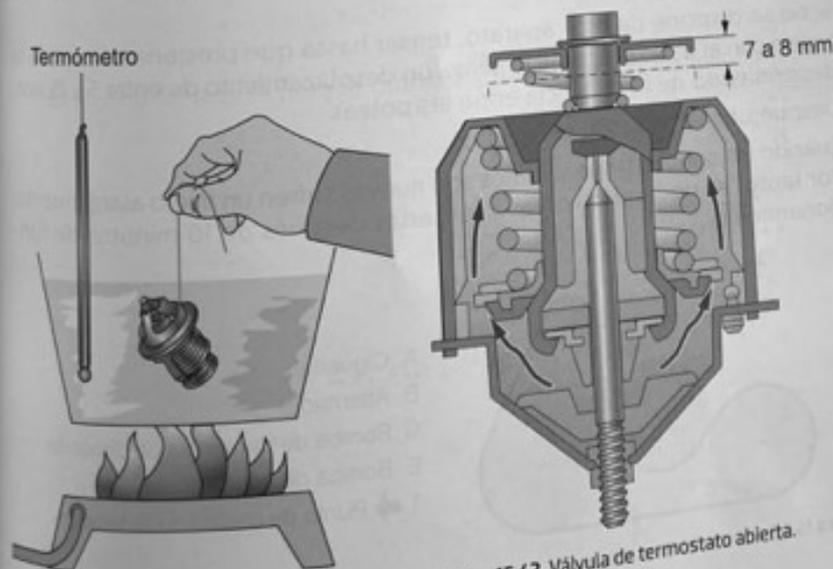


Figura 15.41. Comprobación de termostato.

Figura 15.42. Válvula de termostato abierta.

5.4. Bomba de agua

Las averías más frecuentes en la bomba son la pérdida de líquido, a través del retén del árbol de mando, y la aparición de ruidos producidos generalmente por el mal estado de los rodamientos.

5.4.1. Sustitución de la bomba

Primero, vaciar el líquido de refrigeración, tanto del bloque como del radiador (figura 15.43.).

Destensar y extraer la correa de accionamiento.

Desmontar la polea (figura 15.44.).

Quitar los tornillos de fijación del cuerpo de bomba al bloque y extraer la bomba.

Comprobar que el árbol gira suavemente y que no existen señales de fugas de líquido. Por lo general, el conjunto de bomba no se repara, en caso de que hubiese alguna anomalía proceder a su sustitución completa.

Montar la nueva bomba.

Asegurar la estanqueidad de la junta empleando un producto sellante.



Figura 15.43. Vaciado del circuito.

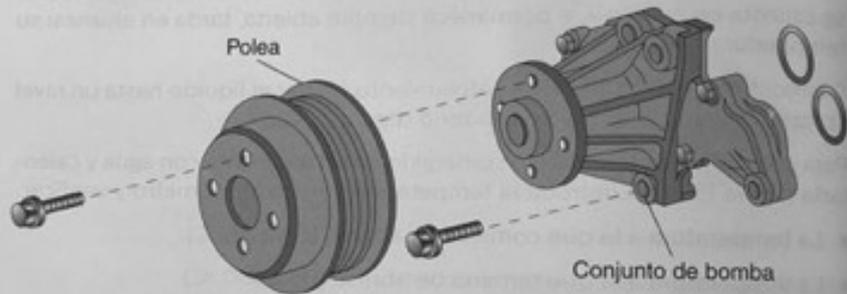


Figura 15.44. Bomba de agua.

Montar la polea y sustituir la correa por una nueva en caso de que no se encuentre en buen estado.

Realizar el tensado de la correa utilizando el tensiómetro recomendado por el fabricante (figura 15.45.), aplicándolo en el punto de control adecuado (figura 15.46.).

Si no se dispone de este aparato, tensar hasta que presionando sobre la correa con el dedo pulgar se obtenga un desplazamiento de entre 5 y 15 mm, dependiendo de la distancia entre las poleas.

Después, llenar y purgar el circuito.

Cuando las correas trapezoidales son nuevas sufren un ligero alargamiento. Por tanto, es necesario volver a tensarlas después de 10 minutos de funcionamiento.

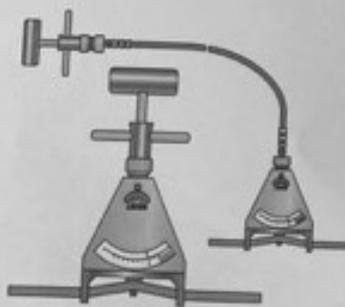


Figura 15.45. Tensiómetros para correas.

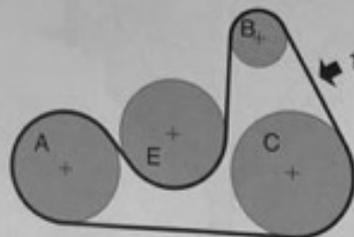


Figura 15.46. Correa de accesorios.

- A Cigüeñal
- B Alternador
- C Bomba de asistencia de dirección
- E Bomba de agua
- 1 ➔ Punto de control de la tensión

5-5. Electroventilador, termocontacto y sensor de temperatura

Para comprobar el accionamiento del electroventilador, se pone el motor en marcha y se espera a que alcance la temperatura de conexión del electroventilador. Si pasado un tiempo prudencial se nota un aumento de nivel en el vaso de expansión y el electroventilador no se ha conectado, se debe realizar la siguiente prueba:

Extraer los terminales del termocontacto y hacer una conexión entre ellos, si el motor funciona, comprobar el termocontacto. En caso de que no funcione, comprobar el motor del ventilador.

5-5.1. Comprobación del termocontacto

Sumergir parcialmente el termocontacto en un recipiente con agua (figura 15.47.) de manera que se pueda conectar un óhmetro a sus terminales. Calentar el agua mientras se toma la temperatura con un termómetro.

Comprobar que, cuando se alcanza la temperatura de conexión, el óhmetro pasa de marcar resistencia infinita a resistencia cero.

Dejar que se enfríe el agua y comprobar que a la temperatura de desconexión el óhmetro pasa a marcar resistencia infinita.

De no cumplirse los valores, sustituir el termocontacto.

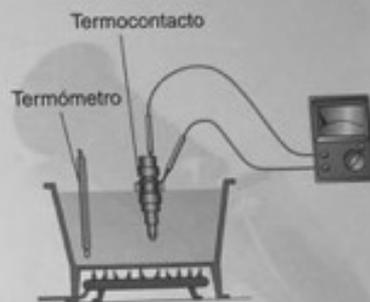


Figura 15.47. Verificación del termocontacto.

5-5.2. Comprobación del sensor de temperatura

Extraer el conector del sensor de temperatura, poner el contacto y comprobar con un voltímetro la alimentación de 5 voltios en la vía A; si no hay tensión, comprobar en la vía 1 (figura 15.48.).

Quitar el contacto, extraer el conector y comprobar la resistencia de la NTC entre las vías A y B. El valor de la resistencia depende de la temperatura.

Conectar un voltímetro entre la vía B y masa, arrancar el motor y comprobar que la tensión varía en función de la temperatura. 3 V a 20 °C y 0,7 V a 80 °C.

Temp.	Resistencia	Tensión
0 °C	82 000-99 000 Ω	3,8-4 V
20 °C	35 000-40 000 Ω	3,2-3 V
40 °C	15 000-17 000 Ω	2-2,2 V
60 °C	7 100-8 000 Ω	1,2-1,4 V
80 °C	3 000-4 500 Ω	0,6-0,9 V
100 °C	1 900-2 500 Ω	0,4-0,5 V

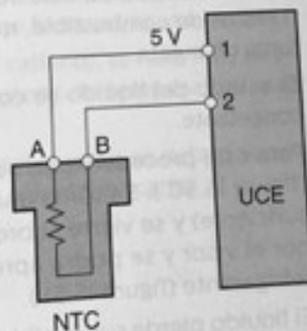


Figura 15.48. Comprobación del sensor de temperatura.

5-5.3. Comprobación del motor eléctrico

Se deben alimentar los dos terminales del motor directamente desde la batería. Pueden darse los siguientes casos:

- El motor no funciona, por lo que deberá sustituirse.
- El motor funciona. Entonces, se comprobará el fusible, el relé y su correcta alimentación. Además, se verificará el cableado de toda la instalación.
- El motor no alcanza la suficiente velocidad de rotación. En este caso, se conecta un amperímetro en serie (figura 15.49.) para comprobar el consumo. Se comparará con el valor que da el fabricante y, si no es correcto, sustituir el motor.

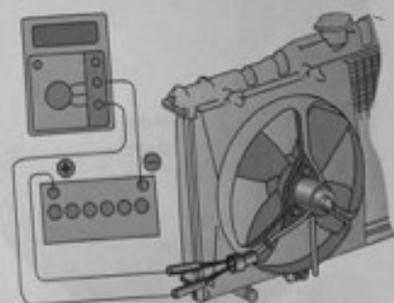


Figura 15.49. Comprobación del motor eléctrico.

3.5 Example 4: Input Impedance of Electric Circuits (II)

In the previous example, we learned how to draw the input impedance of a circuit with the aid of MATLAB. The unit of the vertical axis in the previous example is in dB. In this example, we want to change the unit of the vertical axis into Ohms.

Load the Waveform.csv into the MATLAB environment and use the commands shown in Fig. 3.30 in order to draw the graph of input impedance with a vertical axis in Ohms.

The output of the code in Fig. 3.30 is shown in Fig. 3.31.

```
Command Window
>> subplot(211)
>> semilogx(10.^Waveform.frequency, 10.^(-Waveform.DBVi/20))
>> xlabel('Freq(Hz)')
>> ylabel('Magnitude of Input Impedance (Ohm)')
>> subplot(212)
>> semilogx(10.^Waveform.frequency, -Waveform.PHVi)
>> xlabel('Freq(Hz)')
>> ylabel('Angle of Input Impedance (Degree)')
ft >> |
```

Fig. 3.30 MATLAB commands

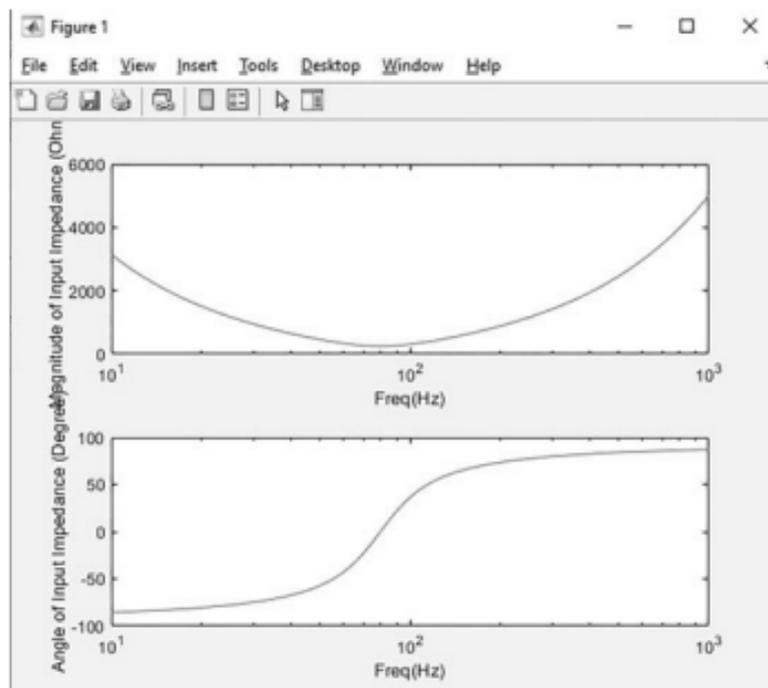


Fig. 3.31 Output of MATLAB code

You can click on the graph to read different points of the graph. For instance, the value of the magnitude graph and phase graph at 10 Hz is 3142.79Ω and -85.4374° , respectively. This means that the input impedance at 10 Hz is $3142.79e^{-j85.4374^\circ} = 250 - 3132.8j$.

Let's check the obtained result. The calculations in Fig. 3.33 calculate the input impedance of the circuit at $f = 10\text{ Hz}$. The obtained result is the same as the value found in Fig. 3.32.

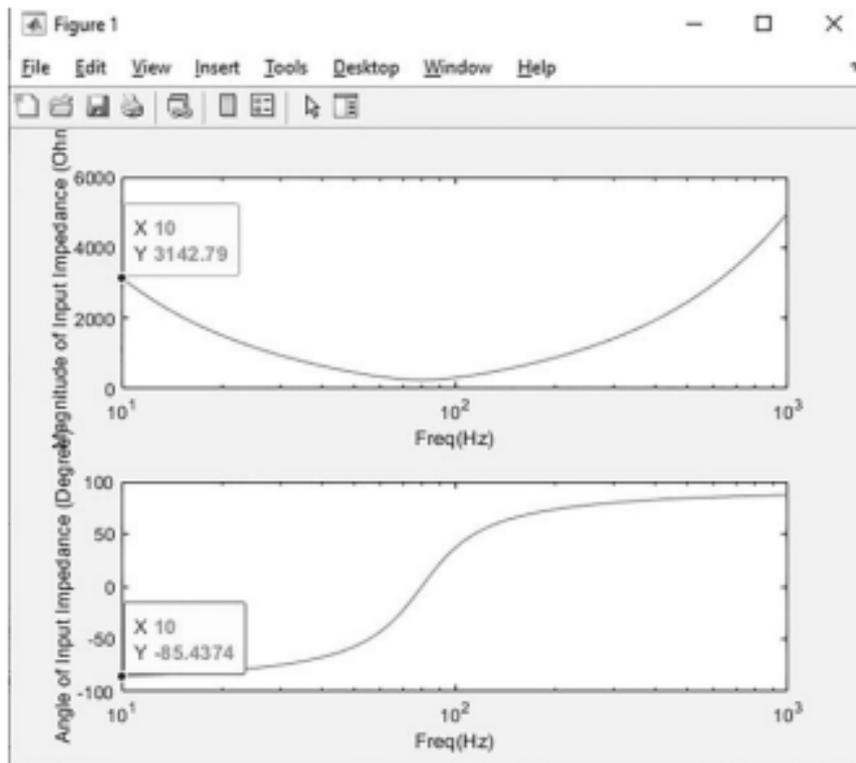


Fig. 3.32 Output of MATLAB code

Fig. 3.33 MATLAB commands

```

Command Window
>> R=250;L=800e-3;C=5e-6;
>> w=2*pi*10;
>> Zin=R+j*L*w-j/C/w

Zin =

    2.5000e+02 - 3.1328e+03i

>> abs(Zin)

ans =

    3.1428e+03

>> angle(Zin)*180/pi

ans =

   -85.4375

fx >>

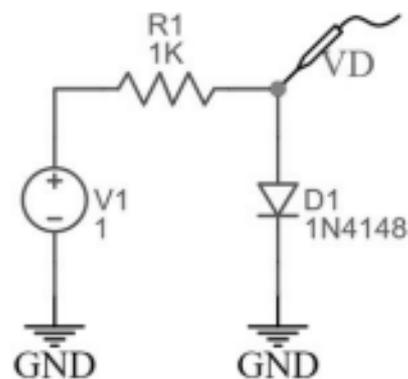
```

3.6 Example 5: DC Sweep Analysis

DC sweep analysis permits you to change the value of a DC source (a voltage source or a current source) from a minimum value up to a maximum value with desired steps and study the effect of change on the circuit behavior. Let's study a simple example. Draw the schematic shown in Fig. 3.34.

In this example, we want to change the value of voltage source V1 from 0 V up to 10 V with 0.1 V steps and see its effect on the voltage drop of the diode. In order to

Fig. 3.34 Schematic of Example 5



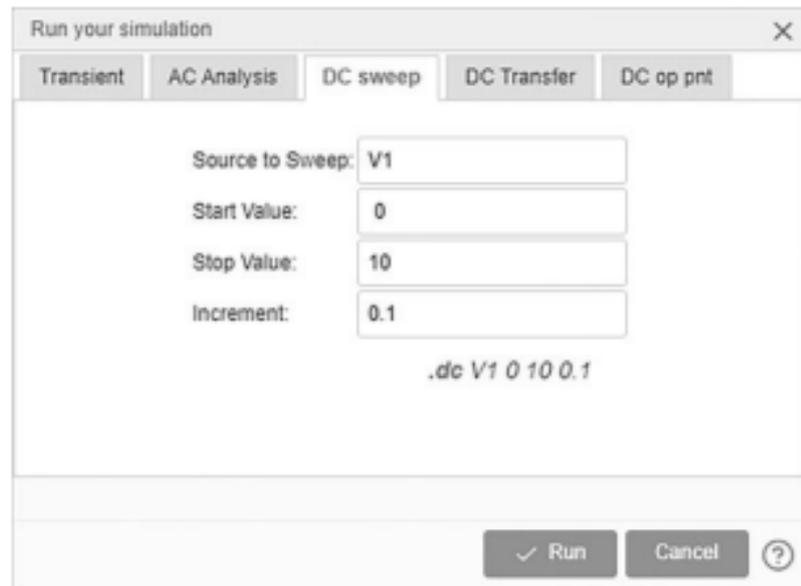


Fig. 3.35 DC sweep analysis settings

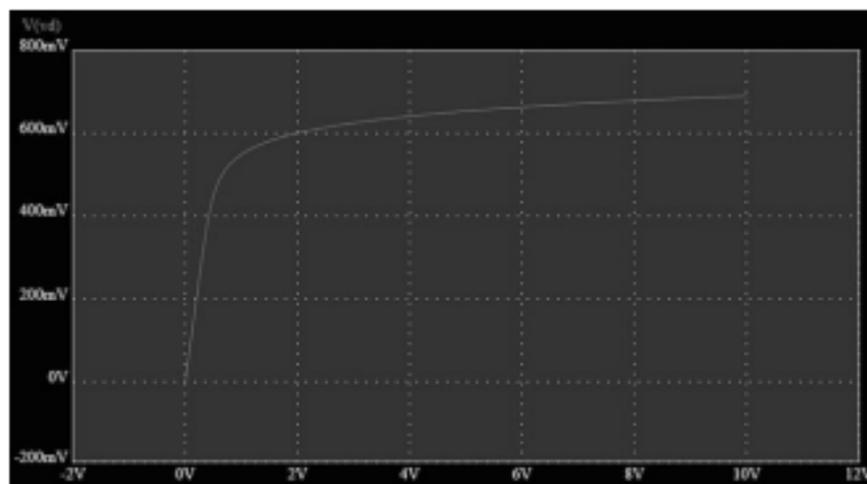


Fig. 3.36 Simulation result

do this, click the Simulation>Simulation Settings. Then open the DC sweep tab, do the settings similar to Fig. 3.35 and click the Run button.

After clicking the Run button in Fig. 3.35, the result shown in Fig. 3.36 is obtained. The horizontal axis shows the V1 values and the vertical axis shows the voltage drop of the diode.

Atehortua, A. F. (2020). Diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

A: Superficie de la pared en el lado del gas
 A_r : Superficie de la pared en el lado del refrigerante
e: Espesor de la pared

D_p : Diámetro del cilindro [m]
 K_g : Conductividad del gas
 μ : Viscosidad del gas
 ρ : Densidad del gas
c: Velocidad instantánea del gas
 \dot{m}_g : Flujo masico del gas

3.2. Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor de combustión interna es un sistema cerrado que además de controlar la temperatura del motor manteniéndolo en un estado seguro, también permite la expansión y la contracción del refrigerante, así como los cambios de presión a medida que el refrigerante aumenta o disminuye su temperatura con el funcionamiento del motor. Asimismo, tiene otras exigencias u objetivos tales como:

- Reducir el tiempo de calentamiento del motor.
- Reducir las emisiones de contaminantes
- Reducir el consumo de combustible.
- Aumentar la vida útil de los componentes del motor.

Y está compuesto por elementos como: juntas, sellos, mangueras y abrazaderas que contienen el refrigerante dentro del sistema de refrigeración y evitan que otros fluidos y contaminantes entren en dicho sistema.

La implementación de un sistema de refrigeración en un motor de combustión interna es un aspecto tan importante, que incluso se puede ver el uso de estrategias de refrigeración a través de la historia, pues, Karl Benz, quien fue el encargado de adaptar por primera vez el motor de combustión interna en un vehículo, también patentó un sistema de refrigeración con el cual buscaba solucionar la constante evaporación del agua que se usaba para enfriar dicho motor y de esta manera mantener el líquido por debajo de la temperatura de ebullición. Esto era posible haciendo circular agua a través de los cilindros y posteriormente a través de una estructura de tubos paralelos conocida como radiador, quien además debía estar en constante contacto con el aire, pues de esta manera se obtendría una temperatura más baja del agua al momento de circular por el motor, permitiendo así temperaturas óptimas de operación.

Los motores de combustión interna aprovechan la energía química de los combustibles para hacer mover los vehículos, pero como es sabido gracias a las leyes de la termodinámica, no es posible convertir el 100% de esta energía en trabajo, solo aproximadamente un 40% del total de esta energía va directamente a las ruedas (trabajo) [1], mientras que el restante se pierden en gases de escape, accesorios y calor, el cual es generado en su gran mayoría debido a la combustión de la mezcla dentro del cilindro y a la fricción de los elementos móviles.

Este porcentaje es tan considerable, que incluso, alrededor de un 30% de la energía potencial del combustible se pierde en transferencia de calor al refrigerante [1].

No obstante, si en el motor no se disipa parte del calor liberado en la combustión, entonces se provocaría rigidez de las piezas por una excesiva dilatación, además de que el lubricante perdería sus propiedades, pues a temperaturas superiores a los 125°C se presenta su descomposición térmica de este y se podría presentar deformación de las piezas móviles. Pero se debe tener especial cuidado en la extracción de dicho calor, ya que el rendimiento de un motor de combustión interna aumenta con la temperatura, razón por la cual una refrigeración excesiva provocaría una disminución de la eficiencia. Con base en lo anterior, se puede deducir que el objetivo de la refrigeración será mantener una temperatura de funcionamiento en diferentes partes del motor, de tal forma que no sufran un excesivo calentamiento, ni tampoco provoque una disminución del rendimiento del motor.

3.3. Tipos de refrigeración para motores de combustión interna

Los sistemas de refrigeración se clasifican según el fluido utilizado para bajar la temperatura del motor y estos pueden ser de dos tipos:

3.3.1. Refrigeración por aire

La refrigeración por aire es común encontrarla en motores pequeños como en el caso de las motocicletas o en condiciones muy específicas. Esta refrigeración se produce cuando el aire generado por el movimiento del vehículo entra en contacto con las partes exteriores del motor, razón por la cual, los cilindros y la culata cuentan con aletas para así aumentar la superficie de contacto y por ende la transferencia de calor por convección, además se debe tener en cuenta que la capacidad de refrigeración del vehículo disminuye cuando este se encuentra estático, por lo que, este sistema de refrigeración es más ineficiente y a su vez más difícil de controlar que la refrigeración por líquido. [7]

3.3.2. Refrigeración por líquido

La refrigeración por líquido se basa en los principios de transferencia de calor por conducción y convección. Pues inicialmente, el líquido refrigerante es forzado por el movimiento de una bomba, haciéndolo circular a través de los cilindros y la cámara de combustión, esto con el fin de aumentar la velocidad del fluido y con ella la transferencia de calor. Una vez el líquido refrigerante absorbe el calor a retirar, pasa por el radiador, donde finalmente es enfriado por el aire, produciéndose así la transferencia de calor al depósito o sumidero [7]

La refrigeración por líquido utiliza un radiador, el cual es un intercambiador de calor que según el diseño del vehículo tendrá una configuración especial (flujo vertical, flujo transversal, tubular, de panel), que se ubica normalmente en la parte frontal del vehículo para que reciba directamente el aire de la marcha y se fija a la carrocería mediante uniones elásticas con el fin de no transmitirle vibraciones [7]. En la Figura 3, es posible observar un esquema del sistema de refrigeración por líquido.

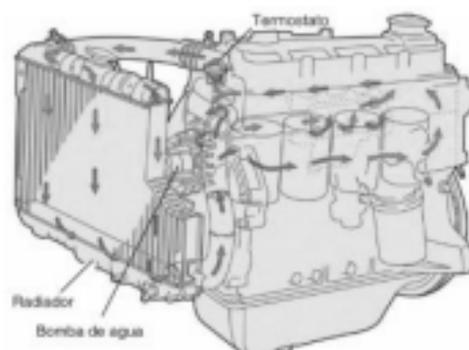


Figura 3. Refrigeración por bomba y presurización. [7]

3.4. Sistemas de refrigeración para motores de combustión interna ubicados en bancos de pruebas

A medida que se van incorporando nuevas tecnologías en el sector automotriz, se crea la necesidad de la implementación de bancos de pruebas de motores de combustión interna con el fin de medir las prestaciones y características de funcionamiento de dichos motores: potencia, torque, consumo de combustible, comportamientos de fenómenos en cámara de combustión, etc. Durante el proceso del montaje del banco de pruebas, es necesario realizar ciertas intervenciones ingenieriles en los sistemas periféricos del motor, un ejemplo de ello es el sistema de refrigeración, pues este sistema permitirá que el motor funcione en una temperatura óptima y en un modo seguro cuando se están realizando las respectivas investigaciones, aun cuando el motor es exigido y es llevado al estado de plena carga.

Cuando se habla de refrigerar motores de combustión interna ubicados en bancos de pruebas, se debe tener en cuenta que las condiciones no son las mismas que se presentan cuando el motor está ubicado en el vehículo y llevar el motor al banco de pruebas representa un rediseño del sistema de refrigeración. Como se mencionó anteriormente, en la actualidad existen dos tipos de refrigeración para motores de combustión interna: refrigeración por agua y refrigeración por líquido, sin embargo, en este caso solo se estudiará la refrigeración por líquido debido al tipo de motor estudiado.

Los sistemas de refrigeración para motores de combustión interna ubicados en bancos de pruebas se clasifican de la siguiente manera:

- **Sistemas abiertos:** En estos sistemas, el fluido refrigerante se encuentra en contacto directo con el ambiente.
- **Sistemas cerrados:** En los sistemas cerrados, el fluido refrigerante fluye a través de tubos o serpentines y no está en contacto directo con el ambiente.
- **Sistemas directos:** Se caracterizan por que solo hay un intercambiador de calor donde el fluido refrigerante enfría el fluido del proceso.
- **Sistemas indirectos:** Se caracterizan porque existen al menos 2 intercambiadores de calor y un circuito secundario de refrigeración entre el proceso y el primer refrigerante.[8]

A continuación, se presentan los sistemas de refrigeración que actualmente se encuentran disponibles para motores de combustión interna ubicados en bancos de pruebas.

3.4.1. Sistemas de suministro directo de agua de refrigeración: Control de temperatura del refrigerante del motor

Su característica principal se encuentra en que el agua está directamente relacionada con la extracción del calor del motor sin necesidad de utilizar un intercambiador de calor intermedio y además si el motor no utiliza refrigerantes especiales, es posible utilizarlos con dichos fluidos. Estos sistemas, generalmente son utilizados cuando se implementan "Cooling Colum", que, traducido al español, quiere decir columna de refrigeración y es común que el agua sea desechada, sin embargo, es posible recuperarla a través de un depósito sumidero y llevarla de vuelta por gravedad [8]. Los sistemas de suministro de agua por refrigeración se presentan a continuación:

a) Columna de refrigeración

Como se mencionó anteriormente, si no se requieren refrigerantes especiales, esta es una solución sencilla para la refrigeración del motor y es utilizada comúnmente en los bancos de pruebas. Su principal ventaja se encuentra en que la columna de refrigeración puede ser portátil o también puede montarse en el soporte del motor, además, es posible parametrizarla para asegurar la temperatura de diseño del motor. En cuanto a su funcionamiento, una vez aumenta la temperatura del motor, una válvula termostática se apertura permitiendo que el agua a baja temperatura circule desde la parte inferior de la columna de refrigeración hacia el motor y que el agua caliente sea llevada al depósito sumidero desde la parte superior de la columna de refrigeración. En la parte superior de este dispositivo se encuentra ubicado un tapón de radiador de automoción estándar que permite la correcta presurización del motor y a su vez permite la recarga de agua [8]. En la Figura 4, se puede observar la ilustración de este dispositivo.

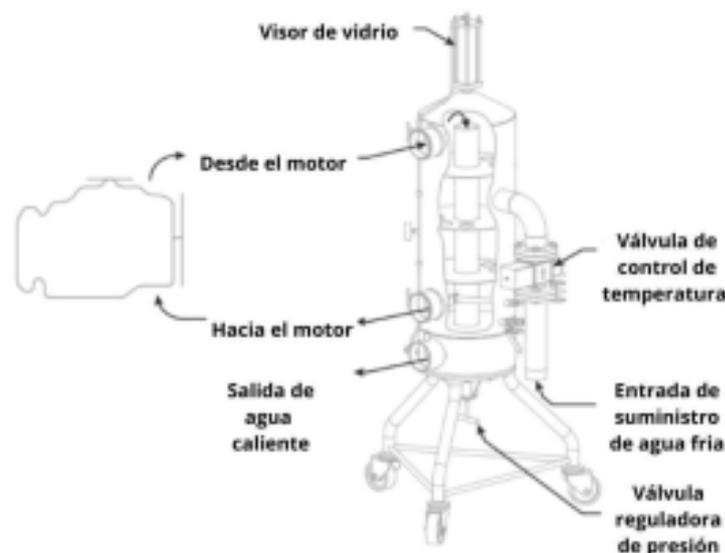


Figura 4. "Cooling Colum": Columna de refrigeración del motor. [8]

Con la implementación de la columna de refrigeración, es posible eliminar el radiador y el ventilador del motor, pues este dispositivo actúa como intercambiador refrigerante/agua del tipo coraza y tubos y está compuesto por bombas encargadas de hacer circular el fluido primario (agua suministrada por el banco de pruebas) a través de la columna de enfriamiento mientras que el fluido secundario (refrigerante: fluido que fluye a través del motor) circula a través del motor robando el calor de exceso. A medida que el fluido secundario aumenta, el sensor de temperatura ajusta la válvula de control para aumentar el flujo del fluido primario lo que a su vez provoca un aumento de la presión la cual es controlada con la válvula reguladora de presión que normalmente se encuentra en la parte inferior de la columna de refrigeración [8].

Dentro de las ventajas de este dispositivo se pueden encontrar:

- Conserva la temperatura óptima del motor durante la prueba.
- Es un sistema ajustable que permite regular la presión.
- Cuenta con ayudas visuales para detectar fugas.
- Cuenta con medidores analógicos de temperatura y presión.
- En un dispositivo portátil el cual permite instalarlo fácilmente en cualquier otro banco de pruebas.

b) Sistema de refrigeración convencional del motor

Utilizar el sistema de refrigeración convencional el motor en un banco de pruebas puede ser ventajoso pues el sistema ya viene de fábrica diseñado a la medida del motor, sin embargo, hay que ser muy cuidadosos, pues estos sistemas están diseñados para otras condiciones y por esta razón se deben hacer algunas intervenciones basadas en decisiones ingenieriles.

Estos sistemas conservan los elementos básicos que componen un sistema de refrigeración convencional como: la bomba de refrigerante, el termostato, radiador, electro ventiladores, sensores de temperatura y válvulas de derivación de refrigerante, pero se deben realizar cálculos previos para saber si es necesario incluir otro elemento como un radiador más o un ventilador que proporcione un flujo de aire mayor con el fin de retirar adecuadamente el calor de exceso del motor.

Esta decisión se debe tomar con base en los cálculos termodinámicos y de transferencia de calor que proporcione un valor de la energía transferida al refrigerante.

- **“Thermal Management”**

Es interesante ver que desde la invención del motor de combustión interna y la implementación de este en los vehículos, los sistemas de refrigeración para dichos motores no han tenido cambios significativos, pues hoy en día se puede decir que su principio de funcionamiento es el mismo. Sin embargo, en la actualidad con la regulación de los países por disminuir los contaminantes en los gases de combustión y la necesidad del aumento de la eficiencia térmica de los motores, se ha venido desarrollando en los últimos años, más específicamente en los últimos 5 años, un concepto muy interesante denominado el “Thermal Management” que al español traduce: Gestión térmica.

El concepto "gestión térmica" describe el control del flujo de energía térmica en los motores de combustión interna de acuerdo a los requerimientos específicos y las condiciones de funcionamiento. Como resultado de los sistemas de gestión térmica se pueden encontrar los siguientes beneficios [9]:

- Reducción de las pérdidas de potencia.
- Mejora el control del sistema de refrigeración permitiendo condiciones del motor en estado estable por más tiempo.
- Permite un calentamiento más rápido del motor durante el arranque en frío.
- Reduce la fricción y el desgaste de los elementos móviles del motor.
- Aumenta la vida útil del lubricante.
- Reduce el consumo de combustible.
- Disminuye las emisiones contaminantes en los gases de escape.
- Permite que el motor tenga una buena refrigeración cuando el motor se encuentra apagado.
- Aumenta la vida del motor reduciendo el desgaste en las piezas móviles.

Para obtener estos beneficios, los fabricantes han reemplazado las bombas convencionales por bombas eléctricas, permitiendo así que la bomba esté en función de la temperatura del motor como debe ser y no en función de las RPM como normalmente sucede. Esta acción evita el sobre enfriamiento cuando el motor se encuentra operando a carga parcial, permitiendo que el motor esté durante mucho más tiempo en su temperatura óptima. Otro elemento mejorado es el termostato, el cual ha sido reemplazado por válvulas de control de refrigerante, permitiendo que el refrigerante alcance una temperatura más alta antes de circular por el radiador. También se están desarrollando calentadores de bloque, con el objetivo de alcanzar un calentamiento más rápido del aceite cuando el motor se encuentra en condiciones de temperaturas extremas y otras muchas tecnologías en sistemas de gestión térmica que se están desarrollando en la actualidad y que a continuación se presentan [10]:

- Bombas de refrigeración inteligentes (eléctricas)
- Válvula de control del refrigerante eléctrico
- Estado calentado + sensor de posición
- Válvula de desviación del aceite de la transmisión
- Sistema de recuperación de calor de escape
- Generador termoeléctrico
- Ciclo orgánico Rankine
- Almacenamiento térmico
- Calentador de bloque
- El tradicional arranque remoto
- Recubrimiento de pulverización térmica

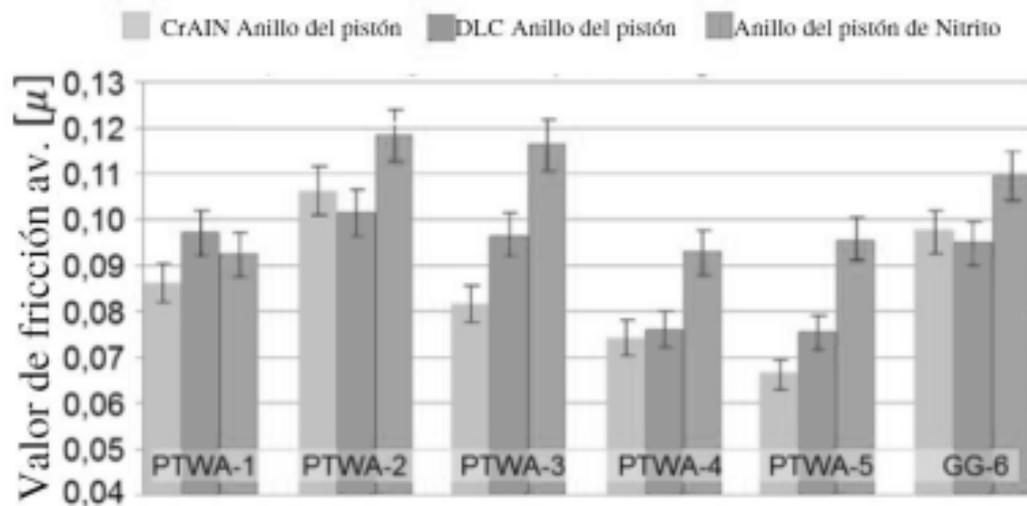
Los beneficios que se han alcanzado con los sistemas antes mencionados han sido tan considerables, que incluso, en la actualidad los grandes fabricantes de vehículos están incorporando en sus modelos de automóviles diferentes sistemas de gestión térmica. En la Tabla 1, se muestran los porcentajes del uso de estas tecnologías por marca, por ejemplo, para el 2014, BMW había implementado en el 85,5% de sus vehículos sistemas de ventilación

de cabina activa y en el 78,5% calentamiento activo del motor, siendo esta última una de las tecnologías más implementada por los fabricantes para el año 2014 [10].

Tabla 1. Tecnologías de sistemas de gestión térmica incorporadas por grandes marcas de automóviles. [10]

Fabricante	Persiana de rejilla	Ventilador pasivo de cabina	Ventilador activo de cabina	Ventilador de asiento activo	Vidrio o acristalamiento	Revestimiento de la superficie reflectante solar	Calentamiento activo del motor	Calentamiento activo de la transmisión	Motor ralentí apagado - encendido
BMW	0.0	0.0	85.1	2.5	2.9	0.0	78.5	0.0	0.0
Fiat Chrysler	16.4	99.3	0.0	1.8	99.3	1.3	58.0	11.7	0.0
Ford	38.4	0.0	0.0	12.8	97.2	12.5	9.6	16.2	3.4
GM	6.7	0.0	0.0	13.3	52.3	15.6	0.0	0.0	6.7
Honda	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	58.5	0.0
Hyundai	2.1	0.0	0.0	12.1	84.4	0.0	0.0	16.7	0.0
JLR	0.0	0.0	0.0	62.6	98.1	0.0	0.0	0.0	93.0
Kia	1.8	0.0	0.0	15.8	76.1	0.0	0.0	22.7	0.6
Mercedes	0.0	0.0	0.0	8.7	3.9	0.0	0.0	0.0	65.3
Nissan	4.6	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	19.5	55.7	0.9
Subaru	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Toyota	0.0	11.4	0.0	13.5	52.9	25.5	9.2	53.8	12.5
Total	9.8	15.0	2.1	9.6	50.7	8.7	14.2	23.2	5.5

Morawitz et al, encontraron en sus investigaciones, que casi todas las combinaciones de revestimientos de pulverización térmica en los anillos ofrecen una fricción reducida frente a la combinación estándar de revestimiento de hierro fundido y anillos tratados con nitruro (barra azul) [11]. Los resultados se pueden encontrar en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Reducción de la fricción como consecuencia de la aplicación de diferentes revestimientos de pulverización térmica. [11]

Además de reducir las pérdidas asociadas a la fricción del conjunto del pistón, se demostró que el revestimiento de aluminio de un cilindro tiene una influencia positiva en la transferencia de calor, ya que el revestimiento de aluminio (137 W/mK) tiene una conductividad térmica 3 veces mayor en comparación con el hierro fundido (40 W/mK) [11].

3.4.2. Sistemas abiertos de enfriamiento por agua

Se caracterizan porque el agua regresa al depósito sumidero ubicado bajo el nivel del suelo a través de tuberías por acción de la gravedad y presión atmosférica.

El depósito sumidero se encuentra dividido en dos zonas por un muro de separación, una zona de agua caliente y otra de agua fría. Cuando el sistema alcanza su temperatura máxima, las bombas del depósito sumidero caliente se encienden y llevan el fluido hasta la torre de enfriamiento donde se le baja la temperatura al agua y es retornada de nuevo al depósito de agua fría [8].

La característica esencial de estos sistemas se encuentra en que almacenan el agua en un sumidero situado bajo el nivel del suelo, desde el cual se bombea el agua a través de los intercambiadores de calor y hacia la torre de enfriamiento. El sumidero normalmente cuenta con una zona de agua caliente y otra zona de agua fría y se divide por un muro de separación. El agua circula desde el lado frío a través de los sistemas que necesitan ser refrigerados en el banco de pruebas y vuelve de nuevo al lado del depósito sumidero caliente y cuando el sistema alcanza su temperatura máxima, la bomba del depósito sumidero caliente se activa, llevando el agua a través de la torre de enfriamiento antes de volver de nuevo al sumidero frío [8].

La capacidad máxima del depósito sumidero, se mide con una regla que indica que el agua no debe ser retornada más de una vez por minuto, siendo el mayor volumen de agua disponible la opción que entrega los mejores resultados y, además, debe proporcionarse suficiente capacidad de sumidero excedente, por encima del nivel de trabajo normal, para acomodar el drenaje de las tuberías, los motores y los dinamómetros cuando el sistema se apaga. Por otra parte, debido a las pérdidas de agua por evaporación y por drenaje de los pequeños residuos, se debe tener una idea del nivel del agua del sistema y esta reposición de suministro agua debe ser controlada por una válvula de flotador [8].

Finalmente, estos sistemas son propensos a ser contaminados con desechos como hojas y aguas de inundaciones por lo que debe hacerse un riguroso mantenimiento para evitar que esto suceda [8]. El esquema de la Figura 5, es un ejemplo de un sistema abierto de enfriamiento por agua.

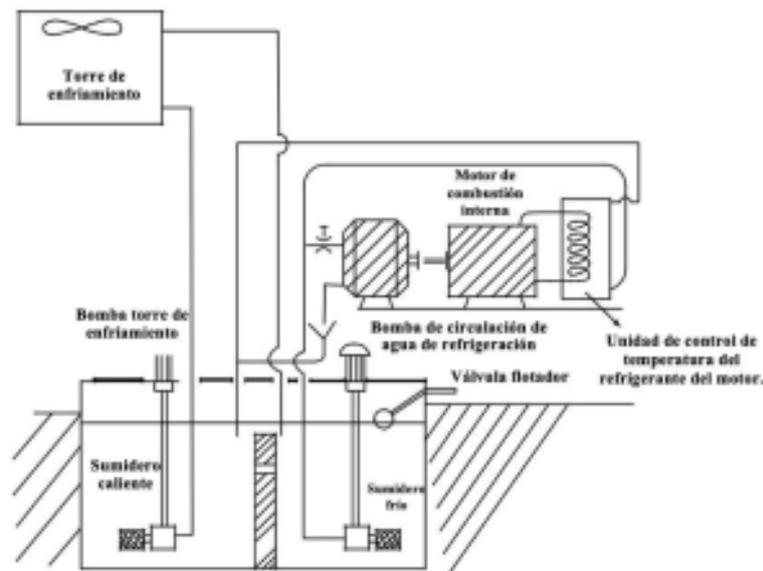


Figura 5. Sistema abierto de agua de refrigeración que incorpora un sumidero dividido. [8]

3.4.3. Sistemas cerrados de enfriamiento por agua

Actualmente, estos sistemas se han convertido en los más comunes debido a que la mayoría de los dispositivos de control de temperatura y dinamómetros eléctricos a diferencia de los frenos de agua, no necesitan descarga gravitacional. Una de las ventajas de este sistema se encuentra en que no presenta pérdidas por evaporación como los sistemas abiertos y son menos propensos a las contaminaciones por desechos. Estos sistemas pueden requerir la inclusión de un gran número de válvulas de prueba y de regulación de flujo junto con puntos de purga de aire, bombas de reserva y filtros, además, utilizan una o más bombas con el fin de hacer circular el agua a través del sistema en prueba para extraer el calor de exceso que después será dispersado mediante las torres de enfriamiento cerradas [8].

A medida que el fluido aumenta su temperatura, se generan unos cambios de volumen en el sistema y para lograr una circulación adecuada, el sistema debe incluir un tanque de expansión que a su vez permiten la presurización y la reposición de agua, estos requisitos también pueden cumplirse utilizando una forma de acumulador de aire comprimido/agua conectado a un suministro de reposición presurizado de agua tratada [8].

Finalmente, en lugares donde las condiciones ambientales son agresivas, se debe considerar la congelación del agua, por lo que los sistemas cerrados de agua a presión pueden ser llenados con una mezcla de etilenglicol/agua para evitar que el agua se congele cuando las temperaturas bajen hasta tal punto, o también es posible calentar el sistema con una cinta calefactora especial que se enrolla alrededor de las tuberías en una larga espiral inclinada bajo el material aislante. El control suele estar totalmente automatizado de manera que la corriente de calentamiento se regula en función de la temperatura ambiente [8]. La Figura 6 ilustra un sistema cerrado de enfriamiento por agua.

Billiet, W. (1979). *Entretenimiento y reparacion de motores de automovil* . Barcelona-Bogata-Buenos Aires- Caracas- Mexico- Rio de Janeiro: Editorial reverse,s.a.

En la figura 2-28 se representa un motor diesel de cuatro tiempos. Los motores diesel pueden ser también de dos o de cuatro tiempos.

En la figura 2-29 se ofrece una sección transversal de un motor diesel de cuatro tiempos. Debe señalarse que, si bien su constitución es similar a la de un motor de gasolina, las distintas piezas se construyen más robustas, pues han de soportar cargas mayores.

Motor diesel de cuatro tiempos. En la figura 2-30 se representa el funcionamiento de los motores diesel de cuatro tiempos. Durante la carrera de admisión, la válvula de admisión está abierta y penetra sólo aire en el cilindro. Este aire es comprimido durante la carrera de compresión hasta un volumen que es de 1/15 a 1/20 el original.

En el motor existe una cámara de combustión esférica situada al lado de cada cilindro. El aire, comprimido en el interior del cilindro, recibe un movimiento de remolino a gran velocidad, merced a la acción del pistón cuando éste se acerca al fin de la carrera de compresión. La elevada compresión eleva la presión dentro del cilindro hasta 35-45 atmósferas y la temperatura hasta valores de 600° C.

Cuando el pistón se aproxima al punto muerto superior, se inyecta combustible pulverizado en el aire en turbulencia que se encuentra en el interior de la cámara de combustión auxiliar. Esta inyección se verifica a través de la tobera cuyo extremo sobresale en el volumen de aquélla. La cantidad de combustible inyectado varía con las exigencias de velocidad y carga del motor. La elevada temperatura del aire comprimido inflama el combustible y los gases en expansión atraviesan el orificio que une la cámara auxiliar con el cilindro. Estos gases empujan el pistón hacia abajo, produciendo el movimiento descendente propio de la carrera motriz.

Al final de la carrera motriz, se abre la válvula de escape, y el combustible quemado es expulsado del cilindro. Este ciclo se repite una vez en cada uno de los cilindros por cada revolución del cigüeñal.

Motor diesel de dos tiempos. El motor diesel de dos tiempos completa el ciclo en sólo dos carreras, o sea en una sola revolución del cigüeñal. Estos motores necesitan una fuente de alimentación de aire para hacer salir a los gases quemados y volver a llenar los cilindros con aire limpio. Generalmente, ello se consigue mediante un compresor de aire accionado por el mismo motor. En la figura 2-31 se representa un motor diesel de dos tiempos que emplea un compresor del tipo Roots.

Durante el funcionamiento, el aire penetra a presión dentro del cilindro a través de las lumbreras, situadas en las superficies laterales de los cilindros, cuando el pistón se encuentra en el punto más bajo de su carrera. Después, el movimiento ascendente del pistón comprime el aire, por lo que se elevarán tanto su presión como su temperatura. Cerca del final de la carrera de compresión, el inyector introduce aceite pesado pulverizado en el interior del ci-

lindro y el calor ya generado es suficiente para inflamar la carga de combustible recibida. La explosión resultante fuerza después al pistón a moverse hacia abajo ejecutando éste la carrera motriz. Al final de la carrera motriz, se abre la válvula de escape, a lo que sigue casi inmediatamente la apertura de la lumbrera de admisión mientras el pistón continúa su movimiento descendente. El aire que penetra por la lumbrera de admisión no sólo ayuda a expulsar a los gases quemados, sino que también rellena el cilindro con una nueva carga de aire como preparación para el ciclo siguiente. En algunos modelos, el aire penetra en el cilindro a través de una válvula de admisión accionada por una leva, y los gases de escape lo abandonan por una lumbrera lateral.

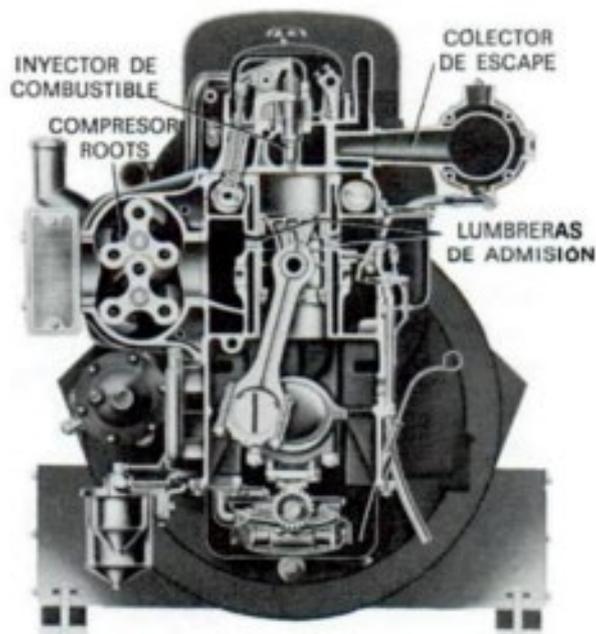


FIG. 2-31 Motor diesel de dos tiempos dotado de un compresor Roots para el barrido de los gases quemados y llenado del cilindro con aire limpio. (Detroit Diesel Div., General Motors Corp.)

Métodos de refrigeración

Por lo que respecta al sistema de refrigeración, los motores actuales pueden clasificarse en motores refrigerados por aire y motores refrigerados por agua. Algunos de los primitivos motores americanos eran refrigerados por aire. Actualmente, sólo algunos motores europeos y los americanos de Corvair utilizan este sistema de refrigeración.

Capítulo 4

Los pistones y las bielas

El conjunto de pistón y biela transmite la energía al cigüeñal. El funcionamiento de este conjunto tiene lugar en condiciones tan severas que en algún momento de la vida de cada motor es preciso reacondicionarlo, devolviendo así el rendimiento del motor a su valor original.

En este capítulo vamos a tratar de los tipos, la constitución y el funcionamiento de los conjuntos de pistón y biela. Asimismo, se incluyen la limpieza, la inspección, la medida de huelgos y la reconstrucción final de tales conjuntos cuyo objeto es dejarlos en estado «como nuevos».

Tipos, materiales y constitución

En la actualidad, los motores de automóvil utilizan distintos tipos de pistones, segmentos, ejes de pistón y bielas. Estas piezas forman el conjunto de pistón y biela, uno de los cuales se representa en la figura 4-1.

Pistones

Los pistones deben ser suficientemente fuertes para resistir las temperaturas y las presiones que se desarrollan en el interior de los cilindros. Por otra parte, han de ser de peso lo más ligero posible al objeto de disminuir las «fuerzas de inercia» (tendencia de cada pistón para mantener su movimiento en la misma dirección y sentido) que se desarrollan cuando se paran y se vuelven a poner en movimiento al final de cada carrera. Los pistones se fabrican dentro de márgenes de peso y de medidas muy estrechos para que resulten intercambiables, bien equilibrados y libres de vibraciones.

CONSTITUCIÓN. En la figura 4-2 se representan dos típicos pistones de motor de automóvil.

La superficie superior del pistón, llamada *cabeza* y a veces *fondo del pistón*, es plana aunque en el caso de algunos motores diesel presente concavida-

MATERIALES. Por regla general, actualmente los pistones para motores de automóviles se construyen de aleaciones de aluminio. Algunos fabricantes dan a sus pistones un recubrimiento electrolítico de un material blando como el estaño que actúa como lubricante y acorta el período de rodaje.

A través de los años, los pistones utilizados para los motores de automóviles se construyeron sucesivamente de hierro colado, de acero colado, de aluminio y de aleación de aluminio. Actualmente, todos los motores emplean pistones de aleación de aluminio. Mientras que antiguamente las faldas eran en su mayoría macizas y se extendían considerablemente por debajo de los bulones, hoy en día los pistones poseen unas faldas mucho más cortas y con cortes longitudinales (falda rasgada), hasta el punto que sirven fundamentalmente de guías para mantener la cabeza de los pistones bien centradas y el esfuerzo motriz se transmite a través de los bulones. Al reducir la falda, se reducen el peso del pistón, el rozamiento y la carga sobre los cojinetes.

Para reducir adicionalmente el rozamiento, en la actualidad todos los pistones utilizan únicamente tres segmentos estrechos situados por encima del bulón. Generalmente, el aro llamado *de engrase* o *rascador* es del tipo segmentado para mejorar la flexibilidad.

Los pistones de aleación de aluminio son de peso ligero y, dada la elevada conductividad térmica del aluminio, disipan el calor con rapidez por lo que funcionan a temperaturas bajas. Las aleaciones de aluminio poseen coeficientes de dilatación elevados y ordinariamente exigen mayores huelgos entre los pistones y las paredes de los cilindros que el hierro o el acero. No obstante, se han conseguido distintos tipos de pistones que permiten la dilatación a altas temperaturas sin variar materialmente los huelgos. Como resultado, dichos pistones pueden ajustarse con huelgos pequeños sin peligro de agarrotamiento a temperaturas elevadas.

A veces, los pistones de aleación de aluminio reciben tratamientos térmico y electrolítico (anodizado). Con el tratamiento electrolítico se consigue una superficie de algunas milésimas de milímetro de espesor muy dura, y sin embargo ligeramente porosa. Este recubrimiento posee la propiedad de resistir al agua y de retener el aceite dentro de sus poros, protegiendo así al pistón durante los períodos en que la lubricación es escasa, como ocurre cuando se arranca al motor en frío.

En la figura 4-6 se representan distintos tipos de pistones de los que se han utilizado, o que actualmente se utilizan, en motores de automóviles. Las diferencias fundamentales residen en la forma de los vaciados en torno a los cubos y en cómo están dispuestas las ranuras de dilatación.

El pistón que aparece en la parte inferior derecha de la figura 4-6 corresponde al tipo de los empleados con mayor amplitud en los motores actuales. La falda es maciza, pero en torno de los cubos se ha eliminado una cantidad considerable de material con el fin de reducir el peso, el rozamiento y la

Para aumentar la flexibilidad y que el segmento pueda adaptarse mejor a la pared del cilindro, se han diseñado algunos tipos de segmentos de compresión y de engrase dotados de expansores elásticos (fig. 4-13). Estos expansores elásticos se construyen de acero para muelles y son anillos con «gibas» u «ondas» espaciadas regularmente a lo largo de su periferia. Generalmente, el anillo exterior de estos segmentos ejerce una fuerza hacia el exterior que es aproximadamente la mitad de la que correspondería a un segmento de una sola pieza, y utilizan la fuerza adicional proporcionada por el expansor para completar la fuerza total necesaria contra la pared del cilindro.

FIG. 4-13. Generalmente, este tipo de segmentos se utilizan para la reconstrucción de motores cuyos cilindros presentan desgaste excesivo.



Por regla general, los segmentos con expansor se emplean para regular el aceite en aquellos cilindros cuyas paredes estén excesivamente conificadas u ovalizadas. Además, como los expansores tienden a mantener al pistón centrado dentro del cilindro ayudan también a reducir o a eliminar el golpeteo.

Existen distintos modelos de segmentos de engrase con expansor de cuatro piezas capaces de acomodarse a los distintos estados de los cilindros.



FIG. 4-14. Segmento de cuatro piezas de sección central hecha de hierro fundido.

Una esmeriladora de válvulas se compone de un motor, centradores de distintas medidas para adaptarse a las de las guías de válvulas, un porta-muelas, muelas y un accesorio para la alineación de éstas. Tres son las clases de muelas que pueden utilizarse: muelas blandas para asientos de hierro fundido, muelas duras para asientos de acero rápido templado por inducción, o estelita, y muelas de acabado. Las muelas deben repasarse con el útil de alinear cada vez que vayan a colocarse en el porta-muelas o cuando sea preciso eliminar los depósitos de partículas metálicas.

Para efectuar el rectificado de asientos de válvulas, se empieza por elegir un centrador del tamaño adecuado que se fija rígidamente en la guía. Según sea la clase de asiento se utilizará una muela dura o blanda de diámetro ligeramente superior que el asiento y del mismo ángulo que éste. Una vez colocada la muela en el porta-muelas, y después de afilada, se instala el conjunto de ambos en el centrador y se conecta el motor al porta-muelas. Durante el esmerilado debe compensarse el peso del motor de forma que no presione sobre la muela. Las distintas marcas de estas herramientas hacen uso de diferentes dispositivos para producir un movimiento vibratorio que levanta a intervalos la muela del asiento. De esta forma se consigue que la fuerza centrífuga expulse la viruta fina de la muela evitando que ésta se embote y obteniéndose un mejor acabado del asiento, una operación más rápida y un

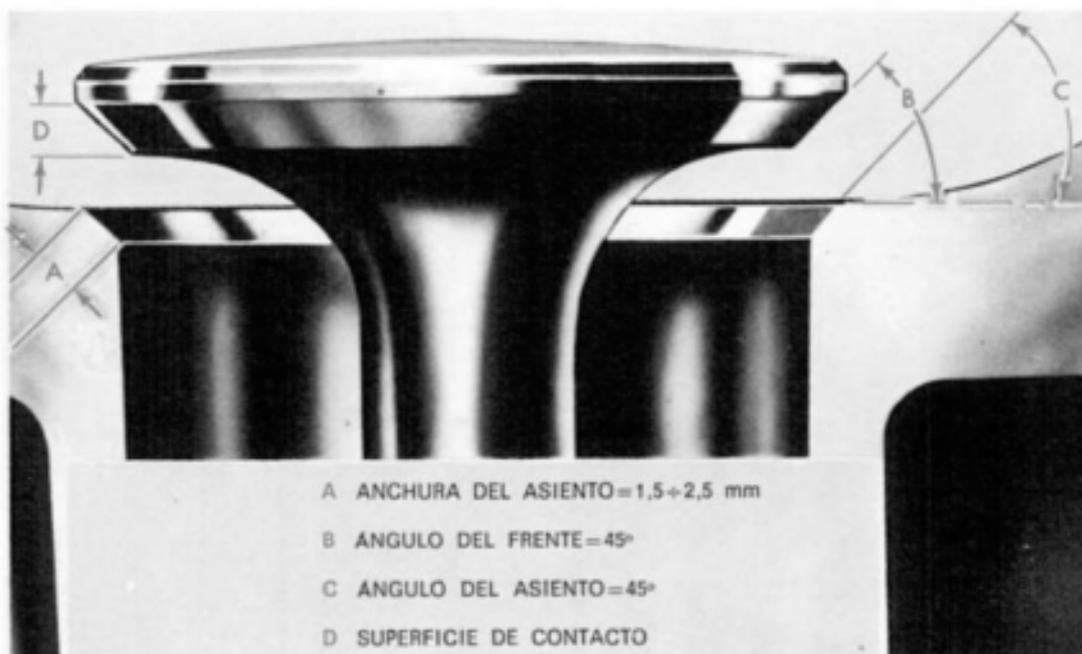


FIG. 5-31. Angulos del frente y del asiento de válvula. (Plymouth Div., Chrysler Corp.)

aire que incide directamente sobre las superficies de los cilindros y de la culata. La refrigeración de los motores refrigerados por líquido se consigue haciendo circular agua a través de camisas que rodean a cilindros y culatas.

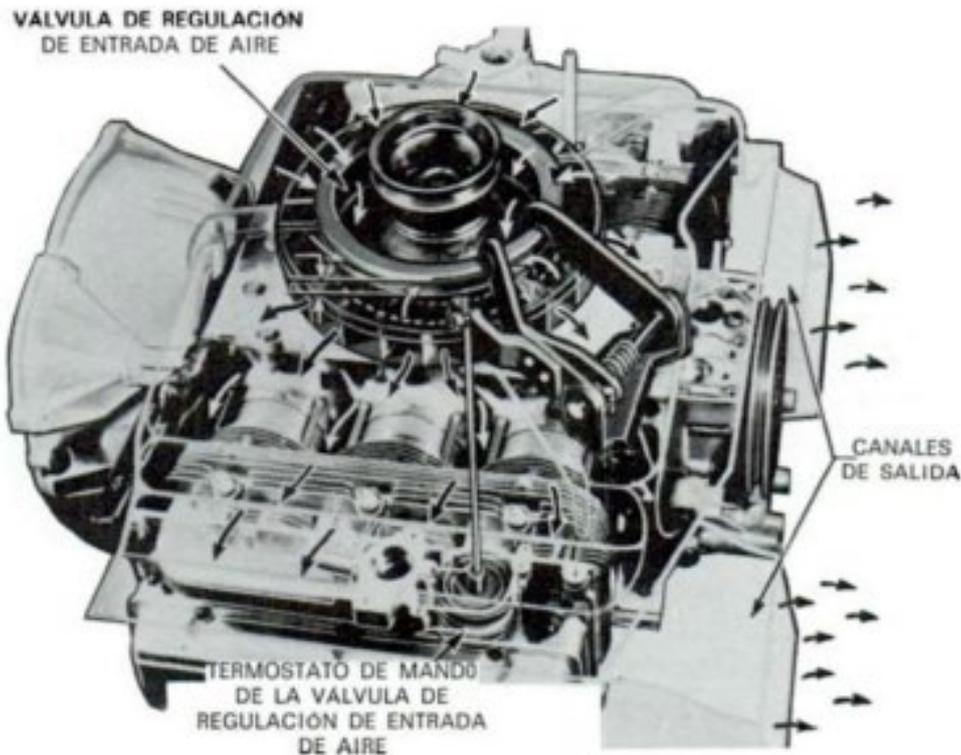


FIG. 6-1. Las aletas de los cilindros y de las culatas de los motores refrigerados por aire disipan el calor en el aire que pasa a su alrededor hacia los conductos de salida. (Chevrolet Div., General Motors Corp.)

Refrigeración por aire

Este sistema se utiliza tanto en motores de cuatro como de dos tiempos y también se emplea para la refrigeración de motores de motocicletas y aviones. Los motores de los automóviles americanos no suelen hacer uso frecuente de este sistema (el Corvair de General Motors estaba refrigerado por aire, figura 6-1).

Los motores refrigerados por aire están dotados de aletas en las superficies externas de los cilindros y de las culatas. Estas aletas se funden integralmente con cilindros y culatas y su misión es aumentar la superficie de radiación ofrecida a la corriente de aire. El calor de la combustión atraviesa las paredes de cilindros y culatas hacia las aletas, donde se disipa en la co-

las válvulas por los que circula el refrigerante (fig. 6-3). Estos conductos deben permitir la circulación sin restricciones del refrigerante en torno de cilindros y válvulas, que son las zonas del motor donde se alcanzan las temperaturas más elevadas. Esto es absolutamente necesario si se desea que el motor se refrigere eficazmente.

En la mayoría de los motores, las camisas de agua se extienden hasta el fondo de los cilindros (fig. 6-4), lo que permite la refrigeración efectiva de toda la longitud del cilindro. Generalmente, en el bloque existe un tapón de vaciado en el punto más bajo de la camisa de agua para que pueda extraerse la totalidad de la solución refrigerante. Los motores en V tienen un tapón de vaciado en cada grupo de cilindros.

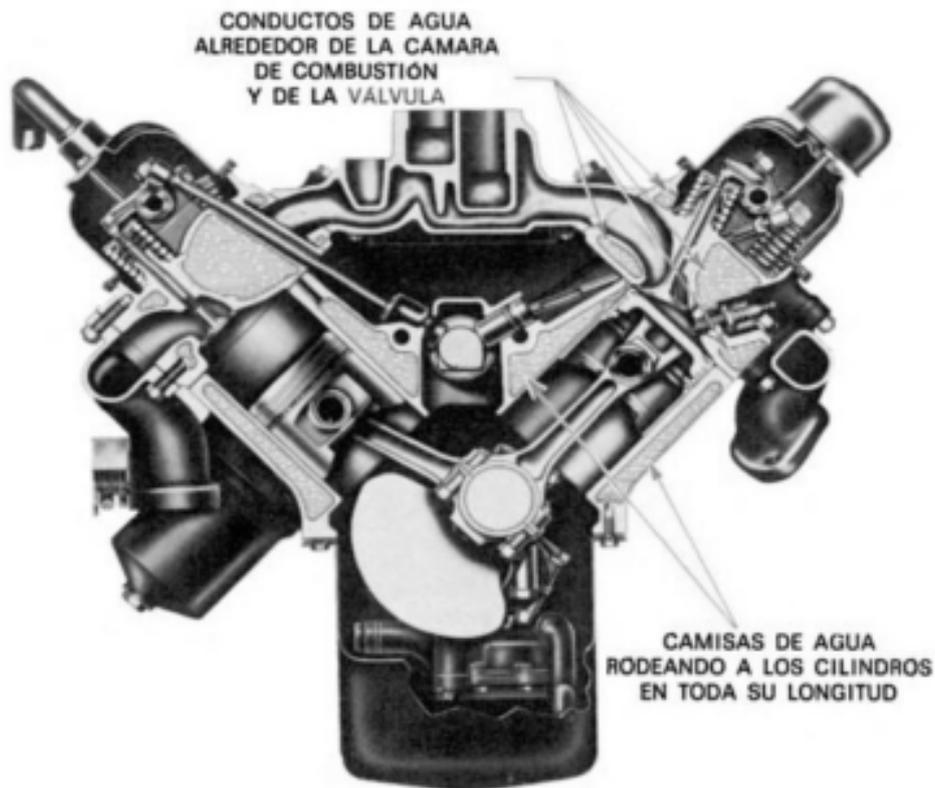


FIG. 6-4. Corte transversal de un motor en el que las camisas de agua se extienden a lo largo de toda la longitud de los cilindros proporcionando así amplia refrigeración. (Plymouth Div., Chrysler Corp.)

Para permitir la circulación de refrigerante entre el bloque y la culata, las superficies de encuentro de bloque, culata y junta de culata están dotadas de aberturas que se aparean y que conectan las camisas del bloque con

Observación: Si se utiliza la electroválvula para ajustar el ralenti o se regula por fuera de los límites especificados por el fabricante, puede tener lugar una disminución del frenado por el motor. Estos reglajes sólo precisan ser efectuados después de una sustitución de la electroválvula, de una revisión general del carburador o de un desmontaje y sustitución del cuerpo del carburador.

Todos los ajustes de la electroválvula deben llevarse a cabo con la misma desactivada y ello se asegura desconectándola eléctricamente. El tubo de vacío se separa del distribuidor y se tapona. Entonces, se ajusta la velocidad de ralenti al valor especificado por el fabricante haciendo girar el tornillo correspondiente (fig. 8-13). Para fijar la posición del mando de los gases correspondiente a la desaceleración en directa, se saca el tornillo de ajuste del tope del mando de los gases y se ajusta a las rpm especificadas.

La mayoría de los vehículos de último modelo llevan un rótulo de chapa en el compartimento del motor donde constan los datos de ajuste del sistema de control de las emisiones del escape.

Filtros de aire de regulación termostática

Gran parte de los automóviles dotados de control de emisiones del escape del tipo de combustión controlada utilizan filtros de aire regulados termostáticamente (sistema de precaldeo de aire). Con ello se consigue mejorar el funcionamiento del carburador y las características de calentamiento del motor al mantenerse la temperatura del aire que penetra en el carburador a 34°C como mínimo.

Son dos los sistemas de precaldeo de aire de empleo corriente: el de válvula termostática y el de motor de vacío. Ambos se basan en el mismo principio de utilizar el calor del colector de escape para caldear el aire de admisión antes de que penetre por el filtro de aire del carburador hasta el momento en que la temperatura ambiente alcance un valor mínimo de 34°C. Entonces, el aire cálido contenido en el compartimento del motor es recogido directamente por la toma de aire del carburador a través del filtro.

FILTROS TERMOSTÁTICOS DE VÁLVULA. Los sistemas de precaldeo de aire del tipo de válvula (fig. 8-17) incluyen una válvula que es mantenida en posición de «caldeo» por la tensión de un muelle mientras la temperatura ambiente es inferior a los 34°C. Esta válvula está unida por vástago a un dispositivo termostático y se encuentra situada entre un canal que conduce directamente al compartimento del motor y otro canal que lleva a una estufa de caldeo existente en el colector de escape.

Cuando la temperatura ambiente es inferior a 34°C, la tensión del muelle mantiene la válvula cerrada sobre el canal que comunica con el compartimento del motor y al filtro llega el aire procedente de la estufa pasando por encima

1.1. El motor térmico

El motor de combustión interna es una máquina térmica capaz de transformar la energía térmica almacenada en un fluido combustible en energía mecánica, proporcionando un trabajo. Este trabajo se aplicará a la cadena cinemática del vehículo consiguiendo su movimiento. La Figura 1.1 muestra esquemáticamente este proceso.

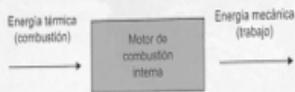


Figura 1.1. Proceso de conversión de la energía térmica del combustible en energía mecánica o trabajo.

Antes de proceder al estudio de los motores de combustión interna es necesario definir los siguientes términos:

- ▶ **Motor térmico:** máquina térmica que produce energía mecánica por el aprovechamiento de la energía térmica almacenada en un fluido por medio de una combustión.
- ▶ **Motor de combustión interna (MCI):** motor térmico en el que la combustión se produce

en su interior. Existen motores de combustión externa, donde el aprovechamiento de la energía térmica del combustible se produce en un equipo independiente, como una caldera, una cámara de combustión, etc. Algunas turbinas de gas o el motor Stirling son ejemplos de motores de combustión externa.

- ▶ **Motor de combustión interna alternativo (MCIA):** motor de combustión interna en el que el ciclo de trabajo y la transmisión de fuerzas se produce mediante el desplazamiento lineal y repetitivo de un émbolo o pistón, como muestra la Figura 1.2. La transformación de la fuerza lineal generada por la presión de los gases tras la combustión en un par motor giratorio se realiza a través de un mecanismo biela-manivela. Por otro lado, existen motores de combustión interna rotativos, como el motor Wankel. La Figura 1.2 muestra un motor alternativo y un motor rotativo.
- ▶ **Motor de encendido provocado (MEP), de ciclo Otto o motor de gasolina:** comprime una mezcla de aire y combustible, produciéndose la combustión por una causa externa, es decir, por el salto de chispa de la bujía.

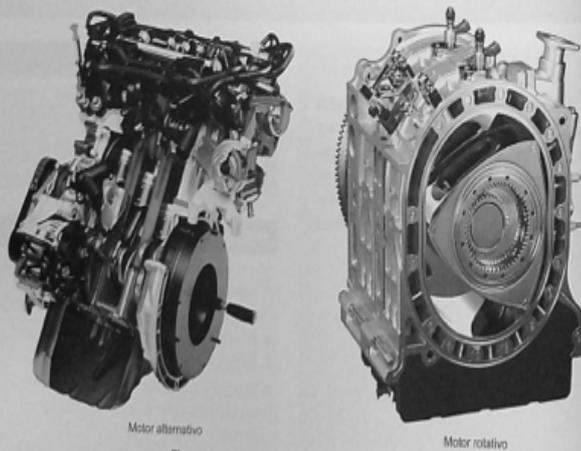


Figura 1.2. Motor alternativo y motor rotativo.

- ▶ **Motor de encendido por compresión (MEC) o de ciclo diésel:** comprime aire hasta que este adquiere una gran presión y temperatura, momento en el cual se inyecta el combustible y se produce la combustión por autoinflamación del mismo.

A día de hoy, con todas las tecnologías que pueden incorporar los motores de combustión interna, resulta complicado hacer una clasificación de los mismos, ya que existen multitud de combinaciones posibles de los diferentes sistemas auxiliares del motor. A continuación se realiza una somera clasificación que abarca aspectos funcionales y físicos de los motores empleados en automoción.

» Según el ciclo que realicen

Para que el motor pueda entregar un trabajo es necesario producir la combustión de una mezcla de un combustible (gasolina o gasoil) y un comburente (oxígeno del aire). Según el modo de realizar la combustión, los motores pueden realizar dos ciclos diferentes cuyas características se detallan a continuación:

- ▶ **Ciclo Otto:** las características de los motores de gasolina convencionales son:
 - En la fase de admisión introduce una mezcla homogénea de combustible (gasolina) y aire.
 - La mezcla se comprime y la combustión empieza tras el salto de la chispa, por lo que se llaman motores de encendido provocado o MEP.
 - La regulación de la carga es cuantitativa, es decir, la proporción de combustible y aire varía entre unos límites muy estrechos, pero a mayor demanda de potencia, mayor cantidad de mezcla.
- ▶ **Ciclo diésel:** los motores que funcionan con este ciclo tienen las siguientes características:
 - En la fase de admisión introduce aire.
 - El aire se comprime y al final de la compresión se inyecta el combustible (gasoil), autoinflamándose e iniciándose la combustión, por lo que se llaman motores de encendido por compresión (MEC).

- La regulación de la carga es cualitativa, es decir, la proporción de combustible y aire varía dependiendo de la demanda de potencia del motor. El motor admite la mayor cantidad de aire posible y a mayor demanda de potencia, mayor cantidad de combustible inyectado.

Recuerda que...

La regulación de la carga es el modo en que se controla la entrega de potencia del motor.

» Según la forma que tengan de realizar el ciclo

Para realizar el ciclo de trabajo, los motores de combustión interna, ya sean gasolina o diésel, necesitan cuatro fases: admisión, compresión, combustión-expansión y escape. En función de las carreras necesarias del pistón para realizar estas cuatro fases se distinguen dos tipos de motores:

- ▶ **Motores de dos tiempos:** realizan las cuatro fases en dos carreras del pistón, es decir, completan un ciclo por cada vuelta de giro del cigüeñal.
- ▶ **Motores de cuatro tiempos:** realizan las cuatro fases en cuatro carreras del pistón, es decir, completan un ciclo por cada dos vueltas de giro del cigüeñal.

» Según la presión de admisión

Dependiendo de la presión existente en el colector de admisión se distinguen:

- ▶ **Motores atmosféricos:** la presión en el colector de admisión es aproximadamente la atmosférica. Este tipo de motores también son llamados de aspiración natural.
- ▶ **Motores sobrealimentados:** la presión en el colector de admisión es superior a la atmosférica. Esto se consigue mediante la instalación de un compresor mecánico o un turbocompresor, como el mostrado en la Figura 1.3.

► **Bulón:** tiene la misión de unir el pistón a la biela, transmitiendo los esfuerzos generados por la presión de los gases tras la combustión, por lo que debe ser robusto y de un peso reducido para disminuir la inercia al movimiento. En la Figura 1.27 puede verse un pistón seccionado con su correspondiente bulón.



Figura 1.27. Bulón.

► **Biela:** es la pieza que comunica el bulón con la muñequilla del cigüeñal transmitiendo los esfuerzos debidos a la presión de los gases sobre el pistón al cigüeñal. Las partes que tiene la biela son las mostradas en la Figura 1.28.

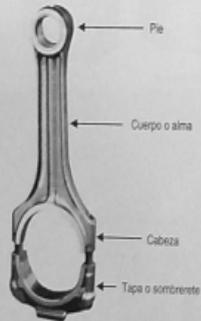


Figura 1.28. Partes de la biela.

► **Cojinetes:** son elementos que se interponen entre dos piezas que tienen movimiento relativo una respecto de la otra, con el fin de disminuir el rozamiento y favorecer la lubricación. Los

más importantes son los de la cabeza de biela y los de los apoyos del cigüeñal, como muestra la Figura 1.29.

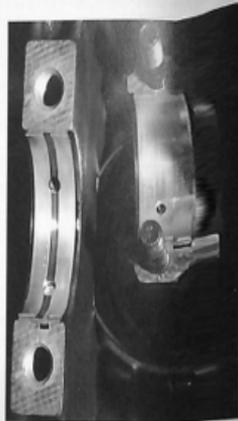


Figura 1.29. Cojinetes de apoyo de cigüeñal (izquierda y derecha).

Otro tipo de cojinetes son los cojinetes axiales, mostrados en la Figura 1.30. Estos son los encargados de hacer de tope cuando el cigüeñal se mueve axialmente, por ejemplo, cuando se desembraga el motor de la caja de cambios al pisar el pedal del embrague. De esta forma se minimiza el rozamiento que tendría el cigüeñal si tocara directamente sobre los apoyos.



Figura 1.30. Cojinetes axiales.

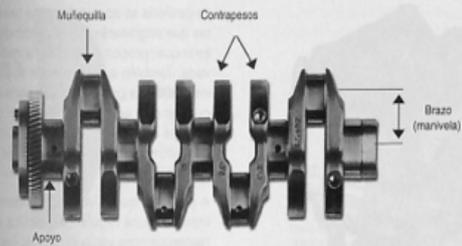


Figura 1.31. Partes del cigüeñal.

Recuerda que...

Los casquillos antifricción del tipo de los de la cabeza de biela y los apoyos del cigüeñal pueden encontrarse en otras partes del motor como en los apoyos del árbol de levas.

orificios situados en muñequillas y apoyos, con el fin de lubricar las piezas en movimiento y evitar al máximo el contacto sólido-sólido.

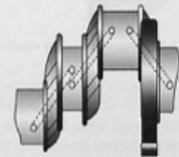


Figura 1.32. Conductos y orificios de aceite en el cigüeñal.

► **Cigüeñal:** es el elemento encargado de convertir la fuerza resultante de los gases tras la combustión, en un par de giro que se transmitirá posteriormente a la cadena cinemática del motor. El cigüeñal consta de diferentes partes, como puede apreciarse en la Figura 1.31, que son:

- **Los apoyos:** son los muñones que se unen a la bancada, interponiendo dos semicojinetes, constituyendo el eje de giro del cigüeñal.
- **Las muñequillas:** son los elementos sobre los que se embridan las cabezas de biela, con interposición de casquillos antifricción. El cigüeñal tiene tantas muñequillas como número de cilindros.
- **El brazo o manivela:** es el elemento que une el apoyo con la muñequilla.
- **Los contrapesos:** son unas masas que forman parte del conjunto del cigüeñal y se sitúan diametralmente opuestas a las muñequillas para equilibrar entre el 50 % y el 60 % de las masas rotativas.

El cigüeñal tiene mecanizados en su interior unos conductos, según la Figura 1.32, para que circule el aceite, que desembocan en unos

► **Ejes de equilibrado:** en determinados motores es necesario instalar ejes de equilibrado, que consisten en ejes que giran en sentido inverso al cigüeñal que contienen unas masas desequilibradas, pero que con el movimiento conjunto del tren alternativo equilibran determinadas fuerzas y momentos no compensados. Una de las posibles disposiciones constructivas de estos ejes es ubicarlos en una carcasa que se atornilla a la bancada, siendo movidos por engranajes, como muestra la Figura 1.33.

► **Volante de inercia:** aunque un motor esté muy bien equilibrado y su orden de encendido sea el más adecuado para su buen funcionamiento, dado que en cada ciclo la única carrera que proporciona trabajo es la expansión, el motor tiene una cierta irregularidad en su movimiento. El volante de inercia, mostrado en la Figura 1.34, trata de reducir la irregularidad de funcionamiento o irregularidad cíclica del

Viene de la página anterior

Instrumentos también se activa un avisador acústico.

► **Puesta a cero manual:** en el vehículo del ejemplo, se puede realizar esta operación siguiendo los siguientes pasos:

- Desconectar el contacto.
- Pulsar el botón de puesta a cero del cuentakilómetros parcial.
- Activar el contacto manteniendo pulsado el botón.
- Soltar el botón.
- Mientras aparece el símbolo de la «llave fija» en el display, girar hacia la derecha el botón de puesta a cero del cuentakilómetros parcial.
- Observar que los contadores de kilómetros y tiempo se han puesto a cero.

► **Puesta a cero con máquina de diagnóstico:** el procedimiento genérico para la puesta a cero de los indicadores de mantenimiento con máquina de diagnóstico es el siguiente:

- Poner el freno de mano.
- Si el vehículo tiene cambio manual, ponerlo en posición de punto muerto y si tiene cambio automático en posición P o N.

- Conectar el conector de diagnóstico y activar el contacto.

- Buscar en el equipo de diagnóstico la unidad de control del cuadro de instrumentos, donde aparecerán todas las operaciones que se pueden hacer sobre ella.

- Seleccionar la función de puesta a cero del indicador de intervalos de servicio.

Aunque se han explicado dos ejemplos representativos, habrá que tener en cuenta el procedimiento específico para cada vehículo. Existen sistemas denominados de intervalos flexibles que corrigen la periodicidad de los mantenimientos según el uso. Otros sistemas tienen dos mensajes de indicación, por ejemplo OIL e INSP. El primero informa de la necesidad del cambio de aceite y el segundo de la necesidad de hacer una inspección de servicio. En función de la operación que se haya llevado a cabo en el vehículo, se tendrán que poner a cero uno, otro o los dos.

Hay que recordar que en el caso de sustituir la unidad del cuadro de instrumentos, todos los datos de la antigua unidad, incluidos los intervalos de mantenimiento, deben traspasarse a la unidad nueva, siendo imprescindible para esta operación la utilización de la máquina de diagnóstico.

1.3. El sistema de refrigeración

Los motores de combustión interna generan una gran cantidad de calor debido a la fricción de los elementos en movimiento y, sobre todo, a la combustión de la mezcla en el interior del cilindro. Como es sabido, no toda la energía que potencialmente puede suministrar el combustible es transformada en trabajo, sino que parte se pierde en forma de calor en los gases de escape y en la refrigeración. De hecho, alrededor de un 30% de la energía potencial del combustible se pierde en cesión de calor a la refrigeración.

Si el motor no es capaz de evacuar el calor generado se provocarían agrietamientos de las piezas por una excesiva dilatación de las mismas y el lubricante perdería sus propiedades muy

rápido. Por otro lado, el rendimiento del motor aumenta según lo hace su temperatura de funcionamiento, por lo que una refrigeración excesiva disminuye las prestaciones. A la vista de esto, se puede deducir que el objetivo de la refrigeración será mantener una temperatura de funcionamiento en diferentes partes del motor, de tal forma que no sufran un excesivo calentamiento ni tampoco provoque un descenso del rendimiento del motor.

La temperatura de funcionamiento del motor ha de conseguirse lo más rápidamente posible con el fin de que las partes móviles no estén operando mucho tiempo con el juego que tienen en frío, que genera golpeteos entre las mismas hasta que alcanzan la dilatación que minimiza ese juego a la temperatura de régimen.

1.3.1. El sistema de refrigeración por aire

Este sistema se utiliza muy poco en automóviles y se destina a motores de poca cilindrada, como motocicletas y maquinaria pequeña (motosierras, desbrozadoras, etc.). También puede encontrarse en aeronaves y algunos motores de maquinaria de obras públicas. La refrigeración se produce cuando el aire entra en contacto con las partes exteriores del motor, por lo que los cilindros y la culata disponen de aletas de refrigeración para aumentar la superficie de contacto, siendo las de la culata de mayor superficie que las del cilindro, al ser esta la parte más caliente, como puede apreciarse en la Figura 1.62.

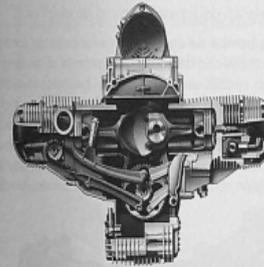


Figura 1.62. Motor refrigerado por aire.

interior se alcanza una presión superior a la atmosférica. Esto se hace para aumentar la temperatura de ebullición del líquido refrigerante. Como ejemplo, si se supone que se emplea agua pura, aunque en realidad el líquido de refrigeración tiene otros componentes, esta hierve a 100 °C cuando se encuentra a la presión de 1 bar, pero si se incrementa la presión, también lo hace su temperatura de ebullición. El objetivo es que el refrigerante se mantenga líquido a la temperatura de funcionamiento del motor. Para que la presión del circuito no alcance valores peligrosos, se disponen válvulas de alivio.

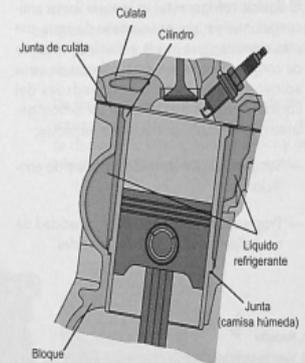


Figura 1.63. Refrigeración por líquido de los cilindros y la culata.

1.3.2. El sistema de refrigeración por líquido

En realidad, este sistema refrigera el motor a través de líquido y aire porque los cilindros y las cámaras de combustión son rodeados por el líquido refrigerante que circula a través de estos conductos del motor, como muestra la Figura 1.63, para luego pasar al radiador, donde es enfriado por aire, produciéndose la cesión de calor.

El sistema de refrigeración por líquido forzada por bomba y presurizado es el que más se utiliza en automóviles. La circulación del líquido refrigerante es forzada por el movimiento de una bomba que es accionada por el motor, como puede verse en la Figura 1.64. Con este sistema, aumenta la velocidad del líquido y con ella la transferencia de calor. Además, el circuito se presuriza, es decir, que en su

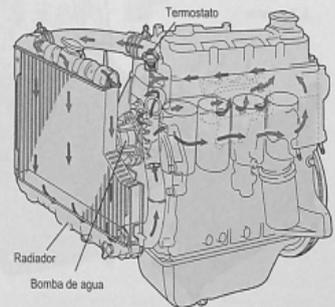


Figura 1.64. Refrigeración por bomba y presurizada.

La Figura 1.65 muestra un ejemplo de sistema de refrigeración forzada por bomba y presurizado. Se pueden apreciar los diferentes elementos del circuito, que pueden variar en función del tipo de motor y equipamiento, como por ejemplo si incorpora turbocompresor refrigerado por agua o sistema de cambio automático, siendo necesario enfriar el aceite en este último caso.

Los elementos más importantes del sistema de refrigeración por líquido forzada por bomba y presurizado son los que aparecen a continuación:

- ▶ **El líquido refrigerante:** se le suele llamar anticongelante, ya que es una base de agua con otro elemento que ayuda a disminuir el punto de congelación de la misma, además de otros aditivos que mejoran las propiedades del líquido y protegen al circuito. Un anticongelante debe cumplir los siguientes requisitos:
 - Temperatura de congelación baja y de ebullición alta.
 - Propiedades anticorrosivas y capacidad de neutralizar posibles sustancias ácidas.

- Actuar como desincrustante.
- Poseer cualidades antiespumantes.
- Buena conductividad térmica para poder transmitir el calor rápidamente.
- Compatibilidad con elastómeros, al ser materiales empleados en manguitos y juntas.
- Reducida viscosidad.
- Mínima toxicidad.

Actualmente, el anticongelante se compone principalmente de una mezcla de agua y de glicol etilénico (etilenglicol). En función de la proporción de mezcla de ambos elementos se pueden obtener distintas temperaturas de congelación del líquido, así como de ebullición.

- ▶ **La bomba de agua:** tiene la función de forzar la circulación del líquido refrigerante. Son bombas centrífugas para impulsar grandes caudales de agua a poca presión. El movimiento de la bomba se realiza por transmisión de correa, como la de distribución o la de accesorios, accionada por el motor con la relación de transmisión correspondiente. El caudal suministrado

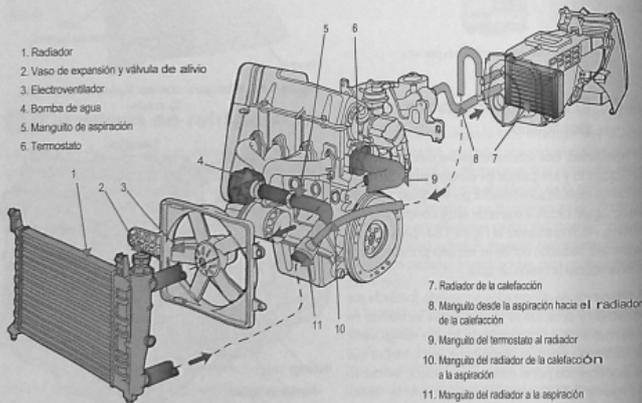


Figura 1.65. Ejemplo de sistema de refrigeración forzada por bomba y presurizado.

es proporcional al régimen de giro del motor, ya que a pocas revoluciones no se necesita tanta refrigeración como a altas, intensificándose en estas condiciones. La Figura 1.66 muestra un ejemplo de bomba de agua, donde puede verse la entrada de agua del radiador o lado de aspiración y la salida o lado de impulsión. La entrada de agua se produce hacia el centro de la bomba, donde es centrifugada y enviada a la periferia, por lo que la salida se dispone de forma tangencial.

▶ **El radiador:** es el encargado de transferir el calor del líquido refrigerante al aire. Normalmente se sitúa en la parte delantera del vehículo para que reciba directamente el aire de la marcha y se fija a la carrocería mediante uniones elásticas con el fin de no transmitir vibraciones. La entrada y salida de líquido del radiador al motor se realiza mediante manguitos de caucho flexibles para absorber los movimientos basculantes del motor en aceleraciones y deceleraciones. Para mejorar la transferencia de calor es necesario maximizar la superficie de contacto entre el líquido refrigerante y el aire, por lo que el intercambiador tiene multitud de finas canalizaciones interiores de forma tubular o de panel. Existen dos tipos principales de radiadores, como muestra la Figura 1.67:

Recuerda que...

En los motores en los que la bomba de agua es accionada por la correa de distribución se aprovecha el cambio periódico prescrito de la correa para sustituir también la bomba de agua.

- **De flujo vertical:** en este tipo de radiador el líquido circula de forma vertical, por lo que se dispone de un depósito superior y otro inferior conectado con la salida al motor.

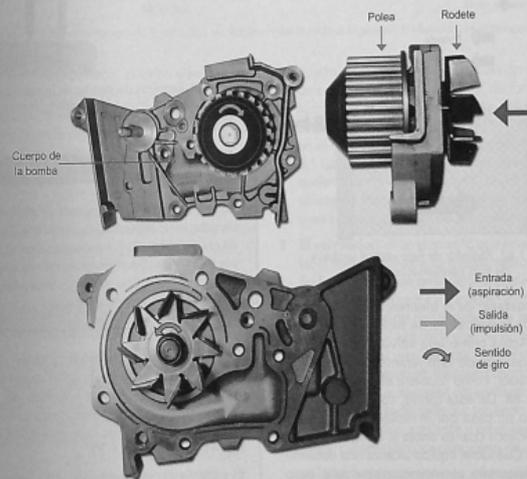


Figura 1.66. Bomba de agua.

— **De flujo transversal:** en este caso el líquido circula de forma horizontal, por lo que los depósitos van instalados a los lados. La ventaja de este sistema es que permite reducir la altura del radiador, permitiendo bajar la altura de la parte delantera del vehículo, favoreciendo la aerodinámica.

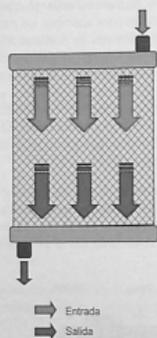


Figura 1.67. Radiador de flujo vertical (arriba) y de flujo transversal (abajo).

► **El termostato:** es el elemento encargado de regular la temperatura de funcionamiento del motor. Actúa como una válvula que controla el paso del líquido refrigerante entre el motor y el radiador, como muestra el esquema de la Figura 1.68. De esta forma, con el motor frío, el líquido no pasa por el radiador para que el motor alcance cuanto antes la temperatura de régimen. Cuando el líquido alcanza una determinada temperatura, el termostato permite el paso del mismo por el radiador para su enfriamiento.

El termostato más comúnmente utilizado es el de cápsula de cera, como el mostrado en la Figura 1.69, aunque actualmente está muy extendido el uso de termostatos regulados electrónicamente.

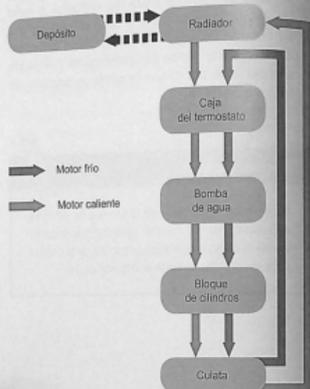


Figura 1.68. Esquema del circuito de refrigeración con el termostato cerrado (motor frío) y abierto (motor caliente).

Sabías que...

En algunos motores modernos se dispone de un sistema de refrigeración con doble circuito, en el cual el líquido refrigerante es conducido por separado a diferentes temperaturas a través del bloque y la culata, con dos termostatos, uno para el bloque y otro para la culata.

► **El depósito de expansión:** también denominado vaso de expansión, es el encargado de absorber el aumento de volumen de líquido refrigerante cuando el motor está caliente y la disminución del mismo cuando está frío, como representa la Figura 1.70.

El sistema de refrigeración es hermético, por lo que las variaciones de volumen, a pasar de



Figura 1.69. Termostato de cápsula de cera.

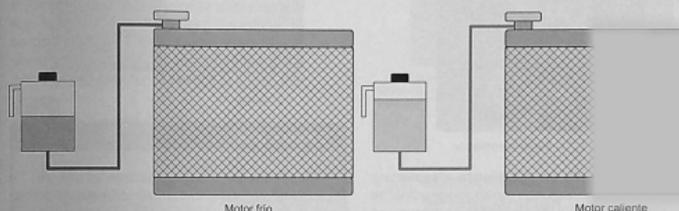


Figura 1.70. Representación de la variación de volumen del líquido refrigerante en función de la temperatura.

tener vaso de expansión, podrían elevar la presión del circuito hasta valores peligrosos. Por eso se dispone de una válvula de sobrepresión que permite evacuar vapor con el fin de limitar la presión. Por otro lado, cuando el motor se enfría, se produce una depresión en el interior del circuito al disminuir el volumen del líquido refrigerante, debiendo recuperar el fluido necesario para mantener una presión mínima en el sistema, a través de una válvula de depresión. El

Recuerda que...

Cuando se aprecia un descenso del nivel del líquido refrigerante sin observarse una fuga aparente del mismo, resulta recomendable comprobar el tapón del radiador o del vaso de expansión, según sea el caso, ya que alguna de las válvulas puede haberse dañado y permitir que se pierda líquido por evaporación al exterior.

tarado de la válvula de sobrepresión suele variar entre 0,8 bares y 1,5 bares, de forma que al aumentar el punto de ebullición del agua casi 120 °C. La válvula de depresión abre cuando en el circuito hay una depresión de alrededor de 0,1 bar. Las válvulas de sobrepresión y de depresión suelen disponerse de manera conjunta en la ubicación más habitual en el tapón del radiador o en el tapón del vaso de expansión.

► **El ventilador:** es un elemento que sirve para regular la temperatura de funcionamiento del motor. Su función es la de generar un movimiento que enfrie el radiador y parte del motor. Muchas veces, en función de la carga y de la velocidad del vehículo, el aire de la marcha no es suficiente para mantener una correcta temperatura de funcionamiento del motor. Su función es la de generar un movimiento que enfrie el radiador y parte del motor. Muchas veces, en función de la carga y de la velocidad del vehículo, el aire de la marcha no es suficiente para mantener una correcta temperatura de funcionamiento del motor. Su función es la de generar un movimiento que enfrie el radiador y parte del motor.

— **Electroventilador:** en este caso el ventilador es movido por un motor eléctrico, c

muestra la Figura 1.71, y su puesta en funcionamiento es controlada por un termoccontacto. Aunque esta es la configuración más simple de electroventilador, existen otras modalidades como la de dos velocidades, de control electrónico (donde la velocidad se regula progresivamente), de doble ventilador de puesta en marcha escalonada, de doble ventilador unidos por correa, etcétera.

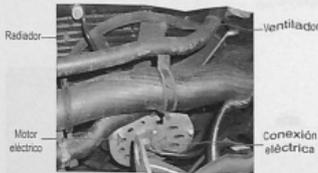


Figura 1.71. Electroventilador.

— **Ventilador de acoplamiento viscoso:** en muchos vehículos con motor longitudinal se emplea este tipo de ventilador. La correa que mueve la bomba de agua mueve a su vez el ventilador interponiendo en la cadena cinemática un mecanismo de acoplamiento viscoso (silicona) que variará la velocidad del ventilador en función de la temperatura del motor. La Figura 1.72 muestra el aspecto exterior de este sistema.

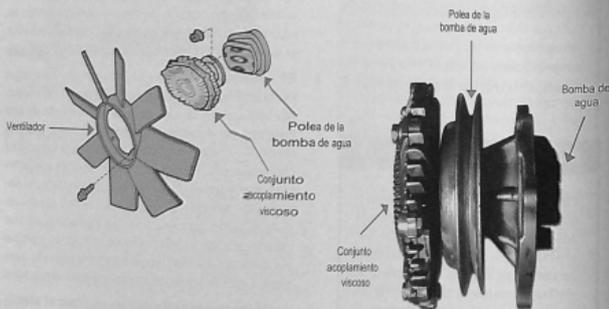


Figura 1.72. Aspecto exterior del ventilador de acoplamiento viscoso.

Elementos de control del sistema: los elementos de control básicos del sistema de refrigeración son los siguientes:

— **Indicador de temperatura:** la información sobre la temperatura del refrigerante puede darse a través de un testigo, como el de la Figura 1.73, que se ilumina cuando se ha superado un cierto valor de la misma. El testigo de temperatura es obligatorio, pero se le puede añadir un medidor de temperatura, donde a través de un indicador de agua se informa de la temperatura del motor en todo momento, como el que puede verse en la Figura 1.74. Este tipo de medidores pueden ser ciegos o incorporar una escala graduada en grados centígrados.

Sabías que...

Muchos motores modernos incorporan una única sonda que informa a la unidad de control del motor de la temperatura del líquido refrigerante. La unidad de control mandará información al cuadro de instrumentos para iluminar el testigo o mover el indicador de temperatura. Por otro lado, también se encarga de poner en marcha el electroventilador.



Figura 1.73. Testigo de temperatura.

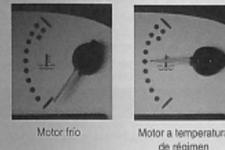


Figura 1.74. Medidor de temperatura.

Sabías que...

Actualmente, existen motores con gestión electrónica de la refrigeración del motor para optimizar el funcionamiento del sistema de refrigeración, teniendo los siguientes objetivos básicos:

- ▶ Aumentar el rendimiento del motor.
- ▶ Disponer más rápidamente de calefacción en el habitáculo.
- ▶ Calentar más deprisa el motor y la caja de cambios (si el vehículo incorpora transmisión automática), ya que un motor que aún no ha alcanzado la temperatura de régimen necesita más combustible para ofrecer las mismas prestaciones que cuando ha alcanzado su régimen permanente.

Actividad propuesta 1.5

Toma un vehículo y localiza los siguientes elementos: vaso de expansión, radiador, bomba de agua, testigo de temperatura e indicador de temperatura en el cuadro de instrumentos.

— **Indicador de nivel de refrigerante:** en algunos vehículos se instala en el cuadro de instrumentos un testigo, similar al que aparece en la Figura 1.75, que indica cuándo el nivel del líquido refrigerante se encuentra por debajo del mínimo. La sonda de nivel de líquido suele instalarse en el vaso de expansión y la iluminación del testigo se produce con un cierto retardo para evitar posibles variaciones de nivel en curvas y aceleraciones.

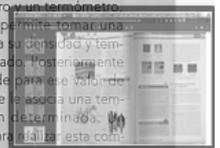


Figura 1.75. Testigo de nivel mínimo de líquido refrigerante.

1.3.3. Mantenimiento del sistema de refrigeración

El mantenimiento del sistema de refrigeración conlleva las siguientes operaciones principales:

- ▶ **Control periódico del nivel de líquido refrigerante:** aunque muchos vehículos incorporan un testigo de nivel de refrigerante mínimo en el cuadro de instrumentos, es conveniente realizar un control periódico del mismo en el vaso de expansión.
- ▶ **Control periódico de la tensión de la correa:** en el caso de que la bomba de agua no sea accionada por la correa de la distribución.
- ▶ **Control de la capacidad anticongelante del líquido refrigerante:** la capacidad anticongelante del líquido de refrigeración puede comprobarse con un densímetro y un termómetro. Este aparato de medida permite tomar una muestra del líquido e indica su densidad y temperatura en un momento dado. Posteriormente se mira en una tabla donde para ese valor de densidad y temperatura se le asocia una temperatura de congelación determinada. El aparato más sofisticado para medir esta comprobación es el refractómetro, que es capaz de medir el índice de refracción de un fluido, que



depende de su densidad y temperatura, por lo que se puede relacionar con su punto de congelación.

- › **Sustitución del líquido refrigerante:** con la periodicidad prescrita por el fabricante.
- › **Sustitución de la bomba de agua:** cuando se observen ruidos en la misma o pérdida de refrigerante a través de su eje. En los motores en los que la bomba es accionada por la correa de distribución, se suele cambiar la bomba en el momento de tener que hacer el cambio periódico de la correa.

Recuerda que...

El anticongelante es tóxico y debe tratarse como tal introduciéndolo en un recipiente adecuado para tratarlo como residuo especial posteriormente. En ningún caso se verterá a la red de aguas.

En la Tabla 1.3 se resumen las averías más frecuentes del sistema de refrigeración, así como sus posibles causas.

Tabla 1.3. Averías más frecuentes del sistema de refrigeración y sus posibles causas

AVERÍAS	POSIBLES CAUSAS
Pérdidas de líquido refrigerante	<ul style="list-style-type: none"> › Debido a la fuga de líquido por la bomba, ya sea a través de su eje o en su unión con el bloque. › Por perforaciones en el radiador o falta de estanqueidad entre sus depósitos. › Provocadas por el tapón del vaso de expansión o del radiador, por defectos en la junta o en el tarado de las válvulas. › A través de los tapones de protección contra la congelación del bloque. › Por rotura de manguitos. › En caso de rotura de la junta de culata, al pasar líquido a los cilindros, y experimentar un consumo excesivo de refrigerante. › Ocasionadas por defectos en el conjunto calefactor del habitáculo.
Rotura de algunos elementos por exceso de presión	<ul style="list-style-type: none"> › Debido a algún defecto de la válvula de sobrepresión. › Por obstrucción de conductos.
Aceite y líquido refrigerante mezclados	<ul style="list-style-type: none"> › Por defectos en el enfriador de aceite. › Causados por el deterioro de la junta de culata. › Debido a perforaciones en el bloque o una mala junta con el mismo y las camisas, en caso de ser húmedas.
Fallos en el testigo y medidor de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> › Por un fallo de la resistencia NTC o del termocontacto. › Ocasionado por algún defecto de la instalación eléctrica: conexiones, fusibles, bombillas, etc.
Exceso de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> › Fallo del termostato, que o bien no abre, o no lo hace del todo. › Falta de líquido refrigerante por algún tipo de pérdida. › Obstrucción de conductos. › Acumulación de suciedad en las aletas del radiador. › Defecto del electroventilador, bien mecánico, o bien eléctrico, siendo lo más común el fallo del termocontacto, que no cierra el circuito a masa. › Bomba de agua con los álabes desgastados o con la correa floja.
Tiempo excesivo para alcanzar la temperatura de régimen	<ul style="list-style-type: none"> › Por defecto del termostato, que se ha quedado abierto y deja pasar el líquido refrigerante al radiador cuando el motor está frío. › Causado por un fallo en el termocontacto del electroventilador, que mantiene siempre los contactos cerrados.

CASO PRÁCTICO 1.6: CONTROL DEL NIVEL DE LÍQUIDO REFRIGERANTE Y DE LA TENSIÓN DE LA CORREA DE LA BOMBA DE AGUA

La inspección del nivel de líquido refrigerante en el vaso de expansión debe realizarse con el motor frío y parado, debiéndose encontrar el nivel entre el mínimo y el máximo, como muestra la Figura 1. Si fuera necesario se rellena con líquido de las mismas características especificadas por el fabricante. En el caso de tener que reponer líquido frecuentemente habrá que investigar si el sistema tiene alguna avería.

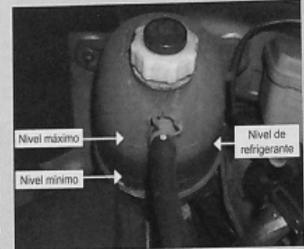


Figura 1. Observación del nivel de líquido refrigerante en el vaso de expansión.

Si la bomba de agua es accionada por una correa auxiliar y no por la de distribución, cuando se hace una revisión del nivel de refrigerante, es conveniente comprobar la tensión de la correa, si está accesible, como en la Figura 2. Para tener una medida precisa de la tensión es necesario emplear un tensiómetro.

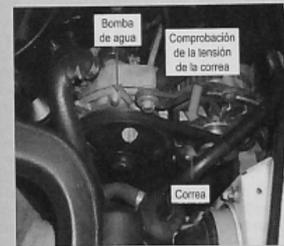


Figura 2. Comprobación de la tensión de la correa de la bomba de agua.

CASO PRÁCTICO 1.7: SUSTITUCIÓN DEL LÍQUIDO REFRIGERANTE

El anticongelante pierde sus propiedades con el tiempo, por lo que el fabricante prescribe su sustitución cada cierto número de kilómetros o de años, normalmente cada 60 000 km o 2 años. Para proceder a la sustitución del líquido hay que seguir el manual de taller, pero un procedimiento genérico sería el siguiente:

- › Vaciar el circuito en un recipiente adecuado, retirando el manguito inferior del radiador y el tapón de drenaje del bloque, según la Figura 1. En algunos sistemas, el radiador incorpora un tapón de drenaje, por lo que no hay que retirar el manguito.

Continúa en la página siguiente

Según la normativa, se empieza a enumerar los cilindros mirando de frente al motor desde el extremo opuesto al extremo de salida de la fuerza del motor (lado del volante de inercia).

Cuando el motor tiene varias líneas, se empieza a contar desde la bancada de la izquierda.

Aunque hay fabricantes que no siguen esta norma, por lo que es *muy importante* ver el manual del fabricante del motor para saber desde dónde se empiezan a enumerar a los cilindros.

2.4.5. Orden de encendido del motor

El orden de encendido indica la secuencia con la que se produce la explosión en cada uno de los cilindros que componen el motor. Este orden de encendido lo determina el fabricante para conseguir un funcionamiento suave del motor, por lo cual puede variar de un motor a otro.

En el cuadro 2.1 se detallan los órdenes de encendido usuales en los motores en línea y en V.

CUADRO 2.1
Órdenes de encendido usuales en motores en línea y en V

Tipo de motor/ Número de cilindros	Desplazamiento de los muñones del cigüeñal	Ángulo en V	Intervalo de encendido (KW- grados de giro del cigüeñal)	Orden de encendido
Cuatro cilindros en línea	180°	–	180° KW	1-3-4-2
Seis cilindros en línea	120°	–	120° KW	1-5-3-6-2-4
Ocho cilindros en V	90°	90°	90° KW	1-5-4-8-6-3-7-2
Doce cilindros en V	60°	60°	60° KW	1-7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10

Actividad propuesta 2.3



Elige en el taller de prácticas un motor policilíndrico e indica su orden de encendido y desde dónde empiezan a enumerarse los cilindros.

2.5. Componentes del motor

Los motores de combustión se componen de una gran cantidad de piezas (figura 2.12), agrupándose estas en unos grupos denominados *componentes fundamentales* de los motores.

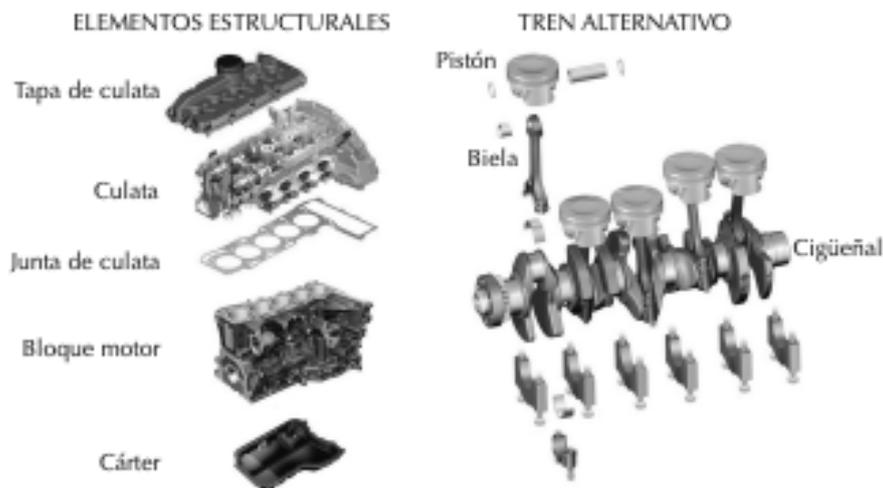


Figura 2.12

Componentes fundamentales de los motores de combustión alternativos.

2.5.1. Culata y tapa de culata

La culata es el elemento que cierra los cilindros en su parte superior, formando la cámara de combustión del cilindro (figura 2.13).

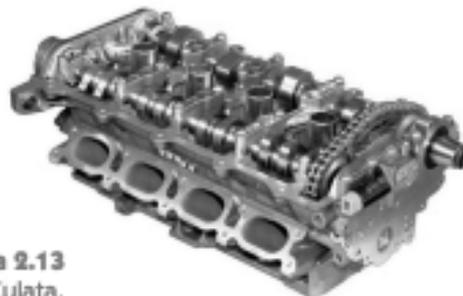


Figura 2.13
Culata.

Esta cámara de combustión puede estar labrada en la culata o colocada en la cabeza del pistón. En la culata, van colocadas las válvulas de admisión y escape, las cuales son las encargadas de abrir y cerrar los conductos de admisión y de escape con el interior del cilindro para que se produzcan los cuatro tiempos de funcionamiento del motor.

Esta pieza del motor está sometida a unos esfuerzos importantes, pues recibe la explosión que la tiende a separar del bloque motor, por lo cual, va atornillada al bloque motor con intermediación de una junta denominada *junta de culata*.

FUNDAMENTAL ©

En la culata, es muy importante seguir el orden y el par de apriete de los tornillos de unión al bloque.

Otra función que tiene que cumplir la culata es la evacuación del calor que no se aprovecha por el pistón, por eso dispone de canales por donde circula el líquido de refrigeración.

La culata va cerrada en su parte superior por una pieza denominada *tapa de culata* o *tapa de balancines* (figura 2.14), la cual evita que el aceite encargado de lubricar a los elementos superiores de la culata se escape al exterior. Esta tapa puede ser de chapa de acero, de materiales ligeros o de plástico.



Figura 2.14
Tapa de culata o de balancines.

2.5.2. Junta de culata

La junta de culata se encarga de sellar la unión entre la culata y el bloque motor (figura 2.15).

Su función es la de aislar el interior del cilindro del motor con los conductos de refrigeración, lubricación presentes en el bloque y en la culata, y evitar que se escape la compresión al exterior del cilindro.

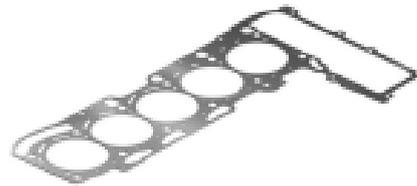


Figura 2.15
Junta de culata.

Este elemento, durante su funcionamiento, está sometido a altas temperaturas y a fuertes cargas mecánicas, por lo cual se construye en materiales que se puedan deformar para conseguir un cierre hermético al mismo tiempo que flexible, para aguantar estos requerimientos térmicos y mecánicos.

Actualmente se utilizan dos tipos de juntas de culata:

1. *Juntas de material blando.* Constan de una chapa de soporte de metal, a la cual se unen por sus dos caras unas capas de material blando.
2. *Juntas metálicas.* Están formadas por varias capas de chapas de acero. Se utilizan en motores sometidos a cargas elevadas por su elevado aguante.

2.5.3. Bloque motor

El bloque motor constituye el cuerpo del motor, donde van colocados los cilindros; estos cilindros pueden ir perforados en el bloque o ser postizos (figura 2.16).

Otra función importante del bloque motor es la de soportar los esfuerzos producidos en el cigüeñal durante el funcionamiento del motor.

El bloque motor, como se ha visto anteriormente, presenta distintas formas según vayan colocados los cilindros, fabricándose en fundición o en aluminio.

En el bloque también van dispuestos los conductos de refrigeración, rodeando a los cilindros y conductos de lubricación encargados de conducir el aceite del circuito de lubricación.

CAPITULO 7

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

Los motores de los tractores, los motores estacionarios y los que impulsan implementos agrícolas en general, producen cerca de 1700°C durante la combustión y para bajar dicha temperatura utilizan uno u otro de los sistemas de enfriamiento siguientes: por aire, o por agua.

ENFRIAMIENTO POR AIRE

Generalidades

En este sistema que es el más simple, tanto en su control como en su mantenimiento, la parte externa de la culata y los cilindros están constituidos por superficies delgadas y de una área apreciable llamadas aletas de enfriamiento (Fig. 44).

El calor producido por la combustión es transferido por radiación desde las aletas hacia una corriente de aire fresco que es impulsado por un ventilador.

El ventilador generalmente forma parte de la volante en los motores de uno o dos cilindros o puede estar montado al extremo delantero del eje cigüeñal en motores de mayor tamaño. El aire es encausado por una cubierta metálica hacia los cilindros (parte externa). La temperatura puede ser controlada por un termostato que abre o cierra el conducto del aire hacia los cilindros, según la temperatura adquirida.

Al arrancar el motor éste se encuentra frío y el termostato contraído dentro del conducto de aire, obturándolo. Esto favorece un rápido calentamiento que es necesario. Al subir la temperatura, el termostato se dilata y abre el conducto de aire comenzando a controlar la temperatura hasta estabilizarla alrededor de 85°C y la mantiene en ese nivel.

La ventaja del enfriamiento por aire es que no requiere radiador, líquido, mangueras, bomba de agua ni cámaras de agua en el "block" y en la culata.

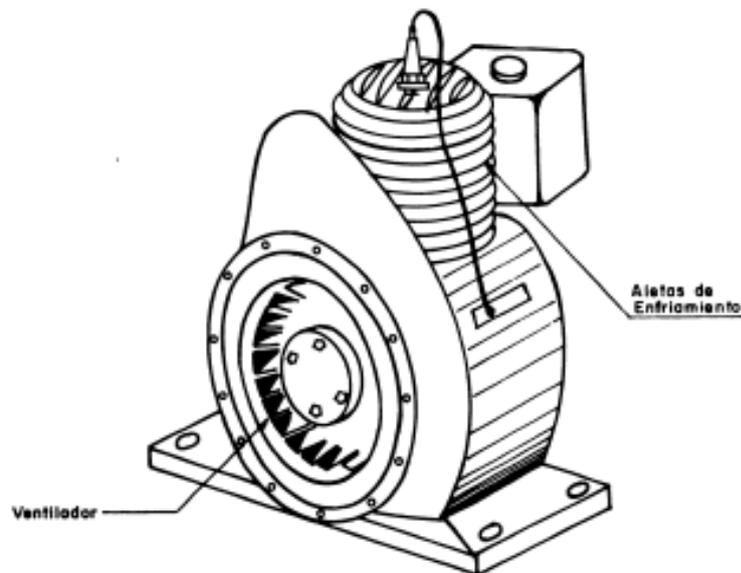


Fig. 44. Motor enfriado por aire.

El metal mayormente utilizado para fabricar estos motores es el aluminio, no solamente por su peso liviano, sino por ser cuatro veces más eficiente en la transferencia del calor que el acero o el fierro fundido. El volumen de aire requerido para este tipo de enfriamiento es de aproximadamente 50 pies cúbicos por minuto por cada caballo de fuerza producido por el motor.

La limpieza de las aletas y el buen estado del ventilador y el termostato es suficiente para obtener una buena eficiencia en el enfriamiento del motor.

ENFRIAMIENTO POR AGUA

Generalidades

Este tipo de enfriamiento (Fig. 45) se utiliza principalmente en motores de mayor tamaño. El medio para transferir el calor es el agua y el aire. A diferencia del sistema anterior, el calor es transferido por conducción (contacto directo) convección (cambio de temperatura y densidad del agua) y radiación (emisión de ondas calóricas), directamente al aire. Las formas dentro de este tipo de enfriamiento son:

Termocirculación o convección

Opera por el principio de convección o movimiento del agua por cambios de temperatura. El agua al absorber calor del motor aumenta

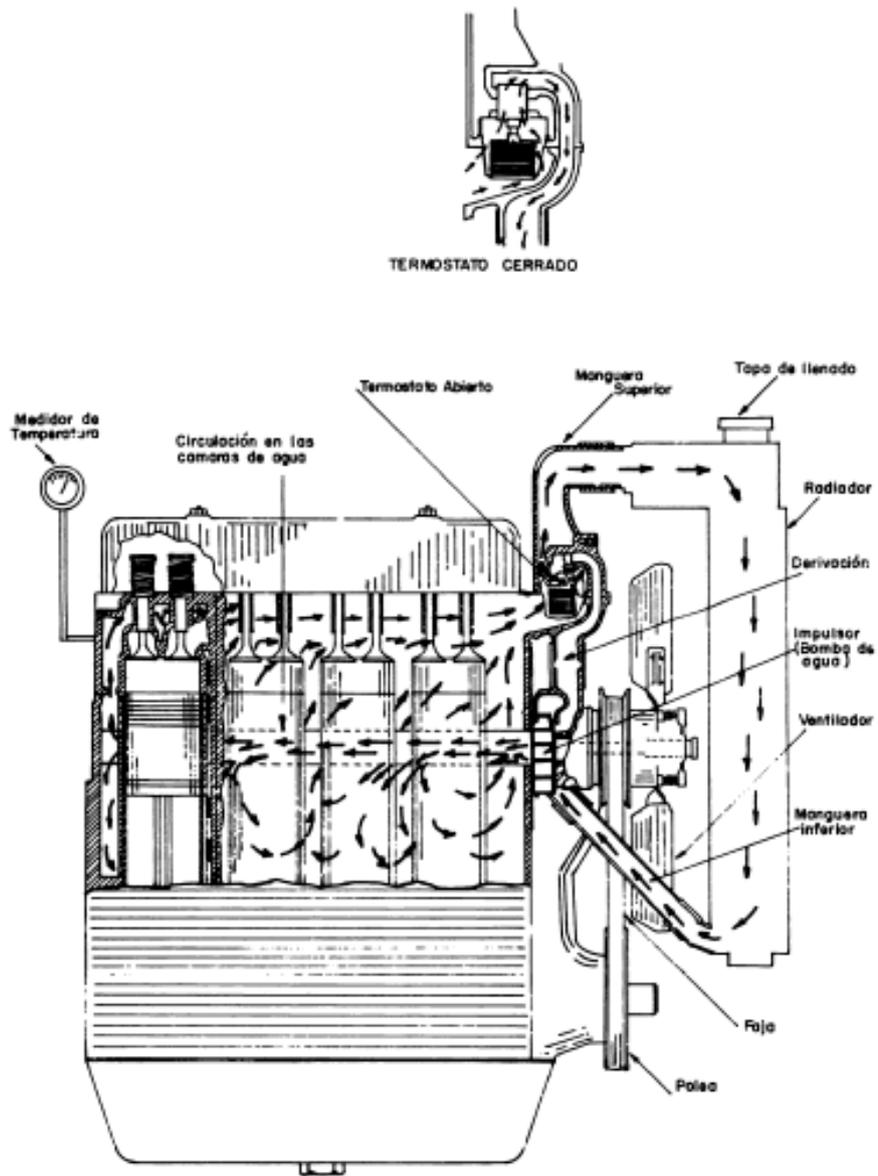


Fig. 45. Sistema de enfriamiento por agua.

su temperatura y sube para ser reemplazada por el agua enfriada que ingresa por la parte inferior de las cámaras de agua. El depósito superior debe estar más alto que la parte superior de las cámaras de agua del motor. La velocidad de la circulación del agua depende:

- del tamaño y del calibre de los tubos verticales del radiador;
- de la velocidad de la corriente de aire a través del radiador;
- de la temperatura de las chaquetas de agua;
- de la eficiencia del radiador;
- de la distancia entre la parte externa de los cilindros y las paredes de la chaqueta de agua;
- del diámetro de las mangueras; y
- del volumen total de agua contenida en el sistema.

Las partes de esta forma de enfriamiento son las mismas que se ofrecen en la Fig. 50, excluyendo la bomba de agua y el termostato.

Una recomendación muy importante es revisar con bastante frecuencia el nivel de agua, ya que de no estar lleno, se rompe la continuidad de la circulación y el sistema NO FUNCIONA.

Circulación con bomba a presión de una atmósfera

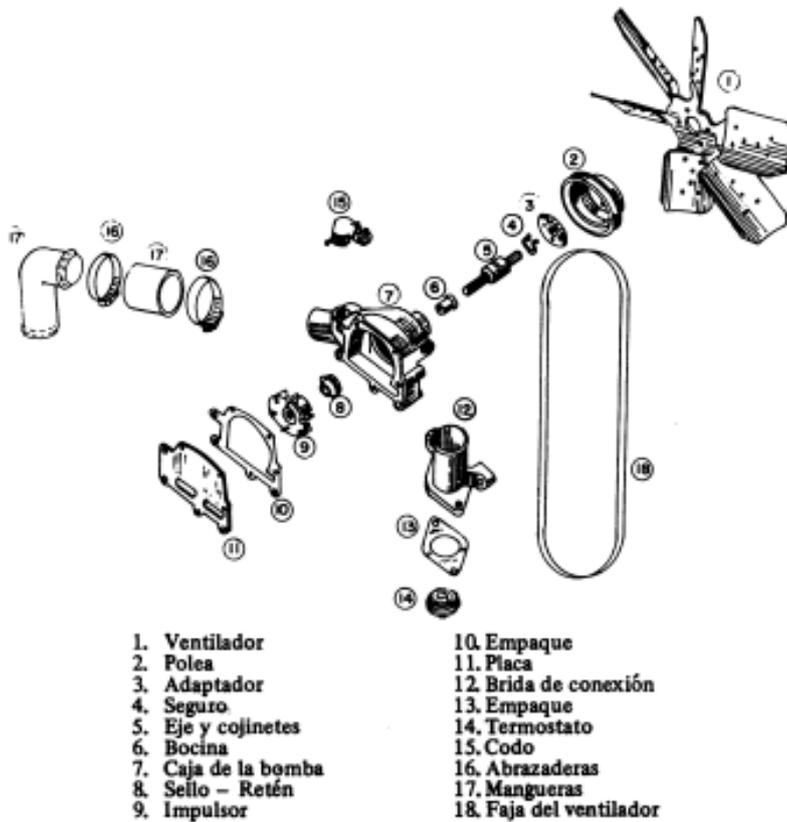
En esta forma de enfriamiento (Fig. 45), la circulación del agua se realiza gracias a una bomba rotativa (Fig. 46) compuesta por un impulsor de paletas, que está montado en el extremo posterior del eje del ventilador. El agua circula a una apreciable velocidad por lo que el volumen total será menor que en el sistema anterior. La tapa del radiador por donde se llena el agua, no cierra herméticamente, por lo tanto, la presión que se alcanza será solamente de una atmósfera o 14,7 libras/pulg². El agua hierve y se evapora a 100°C (en la costa). El sentido de circulación se indica en el dibujo por medio de flechas (Fig. 45).

El radiador tiene un menor número de filas de tubos que el usado en termocirculación.

El termostato cierra el paso del agua al radiador cuando el motor está frío y el agua continúa de la culata hacia la bomba por el conducto de derivación o "by-pass".

Al alcanzar el agua la temperatura de 50°C, aproximadamente, el termostato comienza a dilatarse y pasa el agua al radiador; al mismo tiempo se restringe el paso del agua por el "by-pass". Cuando se alcanza la temperatura normal de funcionamiento (80 – 90°C), el paso al radiador será total y el "by-pass" quedará bloqueado. En esta forma el termostato asegura que el motor primero calienta lo más rápido posible y en segundo término, estabiliza la temperatura en el grado requerido.

Se ha podido comprobar en la práctica que cuando surgen problemas en el sistema de enfriamiento, el termostato se elimina y no se



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Ventilador | 10. Empaque |
| 2. Polea | 11. Placa |
| 3. Adaptador | 12. Brida de conexión |
| 4. Seguro | 13. Empaque |
| 5. Eje y cojinetes | 14. Termostato |
| 6. Bocina | 15. Codo |
| 7. Caja de la bomba | 16. Abrazaderas |
| 8. Sello - Retén | 17. Mangueras |
| 9. Impulsor | 18. Faja del ventilador |

Fig. 46. Sistema de enfriamiento, bomba de agua y accesorios. (International Harvester).

reemplaza por otro nuevo. En estas condiciones el motor demora mucho en calentarse y por lo general no alcanza la temperatura esperada.

Circulación con bomba a presión mayor que la atmosférica

Esta forma de enfriamiento es similar a la anterior con la diferencia que la tapa del radiador (Fig. 47) cierra herméticamente y se ajusta en su base con la tensión de un resorte calibrado en la fábrica, por lo que la presión interna alcanza valores superiores a la atmosférica, así se consigue que la temperatura de ebullición del agua sea elevada. Como consecuencia de esto, el agua no se evapora con tanta facilidad como en los métodos de enfriamiento anteriores, y no se necesita rellenar el radiador frecuentemente.

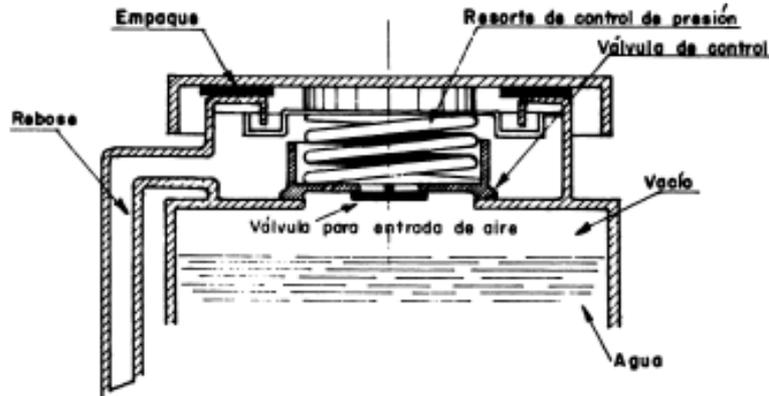


Fig. 47. Tapa de presión de radiador.

EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

Para un buen mantenimiento se requiere:

1. La limpieza externa de la parrilla del radiador.
2. La limpieza interna del radiador. Se recomienda hacer un lavado con un producto desincrustante y una vez cambiada el agua debe agregarse un producto antioxidante.
3. Utilizar siempre agua limpia para llenar o rellenar el radiador.
4. No utilizar tapas de radiador que no correspondan a la presión estipulada.
5. Buen estado de las mangueras. La manguera inferior debe ser resistente ya que si pierde esta característica, el vacío producido por la bomba hará que ésta se estrangule, cortando el flujo del agua hacia la bomba. En estas condiciones aumentará la presión fuertemente entre la salida de la bomba y la parte estrangulada (en el sentido normal de circulación), el agua se evaporará rápidamente recalentando el motor.
6. Buen estado del termostato. Para probarlo, hay que extraerlo e introducirlo en agua caliente. Si se encuentra en buen estado, dilatará abriendo la válvula respectiva. Al enfriarse, dicha válvula debe cerrar nuevamente. Esta prueba puede completarse con un termómetro.

7. Buen templado de la faja del ventilador. Si está demasiado ajustada se ocasionará pérdida de potencia, recalentamiento de la faja y desgaste en los cojinetes de la bomba y del generador. Si la faja está suelta, bajará la eficiencia del ventilador y de la bomba de agua. Lo normal es una deflexión de 3/4" a 1" en el punto medio (Fig. 48).

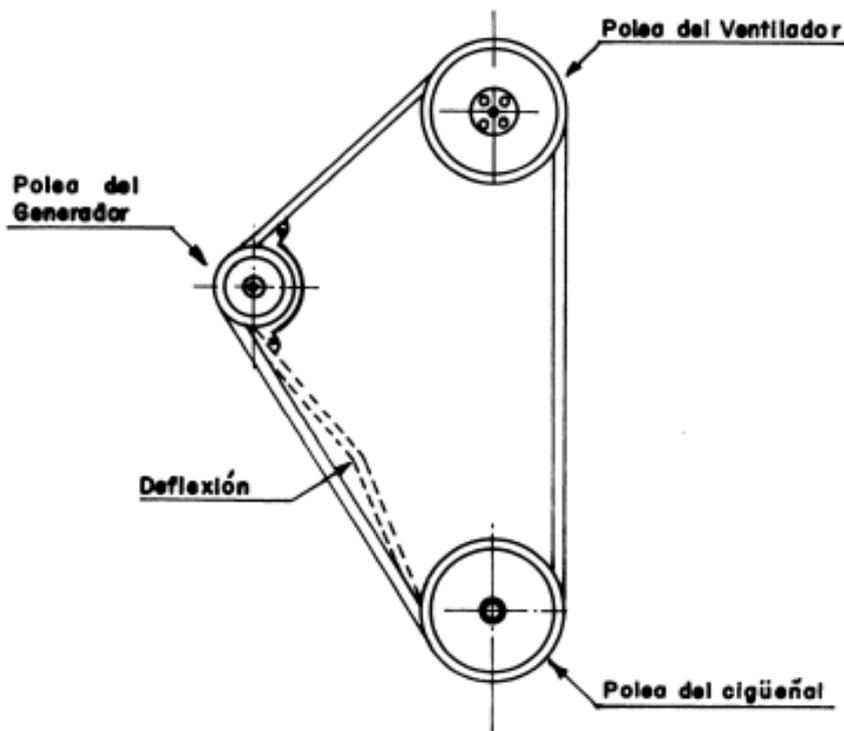


Fig. 48. Deflexión de la faja del ventilador.

8. Apagado del motor si se observa un aumento de temperatura anormal.
9. En motores que operan a temperaturas por debajo de 0°C deben utilizarse soluciones anticongelantes. El agua al congelarse aumenta de volumen y la presión originada por este fenómeno, rompe generalmente los tubos del radiador y podría rajar también otras partes del sistema.

Haro Mediavilla Kleber Germanico, H. V. (2018). *Análisis del sobrecalentamiento y deformación de la culata de cilindros y junta de culata de un motor Hino 205*. IBARRA: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte .

1.4 Análisis de la culata de cilindros de un motor Hino 205.

Obtención de muestras para el ensayo de tracción: Para la obtención de las probetas se debe tomar en cuenta la norma ASTM E-8, la cual indican las dimensiones con las que deben contar las muestras a ensayar. Dichas piezas que son motivo de ensayo deben ser normadas, es decir, debe contar con todas las especificaciones internacionales de acuerdo con el modelo o diseño de la pieza que será sometida a una tensión. Una de las normas más importantes que presiden este ensayo es la mencionada anteriormente, donde se utilizan piezas cilíndricas con una longitud de trabajo de 2 in, por otro lado, también pueden ensayarse piezas rectangulares o láminas de diferentes materiales con calibres muy delgados como el papel. En la tabla 1 se muestra las dimensiones de una probeta para ensayos de tracción de acuerdo a la norma ASTM E-8.

Tabla 1. Dimensiones estandarizadas conforme a la norma ASTM E-8

DIMENSIONES	NORMAL	MÁS PEQUEÑAS PROPORCIONALES A LA NORMA
G = Longitud Calibrada	50 ± 0,10 mm	35 ± 0,10 mm; 25 ± 0,10 mm; 16 ± 0,10 mm; 10 ± 0,10 mm
D = Diámetro Sección Calibrada	13 ± 0,25 mm	8,8 ± 0,18 mm; 60 ± 0,10 mm; 4,0 ± 0,8 mm; 2,5 ± 0,05 mm
R = Radio zona de Transición	10 mm	6 mm; 5 mm; 4 mm; 2 mm
A = Longitud de la Sección Reducida	60 mm	45 mm; 32 mm; 19 mm; 16 mm
L = Longitud total Aproximada	125 mm	APROX. DEBE PENETRAR 2/3 O MÁS EN LA MORDAZA
F = Longitud zona de Sujeción	35 mm	
C = Diámetro zona de Sujeción	20 mm	

1.5 Resultados de los ensayos.

Registro del ensayo de tracción: Una vez realizado el ensayo de tracción los datos y gráficos obtenidos variaron de acuerdo con las dos probetas sometidas a prueba, las cuales son impresas sobre un papel de registro. La probeta T1 presentó una carga inicial de

1KN la cual fue variando gradualmente hasta llegar a una carga de rotura de 14,46 KN y un límite alcanzado de rotura de 172 MPa respectivamente.

La probeta T2 presentó una carga inicial de 1KN la cual fue variando gradualmente hasta llegar a una carga de rotura de 13,08 KN y un límite alcanzado de rotura de 166 MPa respectivamente.

Registro del ensayo de composición química mediante espectrometría de emisión óptica por chispa: Al realizar el ensayo correspondiente de la composición química del material, se determinó que está constituido por 19 elementos químicos, los mismos que se encuentran distribuidos con diferentes porcentajes que varían desde el 0,1% hasta el 93%, de acuerdo con el grado de importancia, obteniendo así un hierro fundido gris.

Los porcentajes que indica la muestra permite observar la importancia que tienen cada uno de los elementos (C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo, Ni, Cu, Al, Co, Mg, Nb, Ti, V, W, Fe, Sn, B) en la constitución de dicha fundición, cabe recalcar que al modificar un porcentaje ya sea el incremento o disminución de cualquier elemento se vería afectada de forma directa su estructura metalográfica dando como resultado otro tipo de hierro fundido. Los elementos presentes en la culata de cilindros de un motor Hino 205 con mayor porcentaje e importancia de un hierro fundido gris son: Fe=93,03%; C=4,158%; Si=2,017%, los mismo que permiten determinar el comportamiento del mismo al ser sometida a altas temperaturas y compresiones en su desempeño.

Registro de ensayo de dureza: Realizado el ensayo de dureza se obtuvo diferentes medidas las cuales variaron de acuerdo con las probetas sometidas a prueba, en donde se realizó cálculos para determinar tanto la dureza promedio como la desviación estándar de dichas probetas.

Tabla 2. Medidas obtenidas del ensayo de dureza

Probeta 1= 92,00 HRB
Probeta 2= 89,50 HRB
Probeta 3= 90,50 HRB
Probeta 4= 91,00 HRB
Probeta 5= 90,00 HRB
Dureza promedio = 90,60 HRB
Desviación estándar = 0,96 HRB

Esta notación indica una dureza Rockwell de 90,60 unidades en la escala B (bola de acero \varnothing 1/ 16", carga total de 100kg). Es importante recalcar que el valor obtenido de 90,60 HRB es un valor normal para este tipo de material.

La desviación estándar del ensayo Rockwell B es de 0,96 HRB, lo que muestra la separación de medidas de dureza que se obtuvieron mediante pruebas realizadas.

Registro de resultados del ensayo metalográfico:

Una vez realizado el ensayo metalográfico se obtuvo tres tipos de gráficos respectivamente, debido a los aumentos (zoom) realizados por medio del microscopio, los cuales permitieron visualizar de forma clara y precisa la forma, tamaño y tipo de dicha fundición a la que pertenecía las muestras sometidas a dicho ensayo.

Como se muestra en la figura 3, el primer aumento que se efectuó es de 100X (zoom), el mismo que permitió reconocer el tipo de material y su forma al cual pertenece, logrando de esta manera identificar a este como un hierro fundido gris con grafito de forma VII.

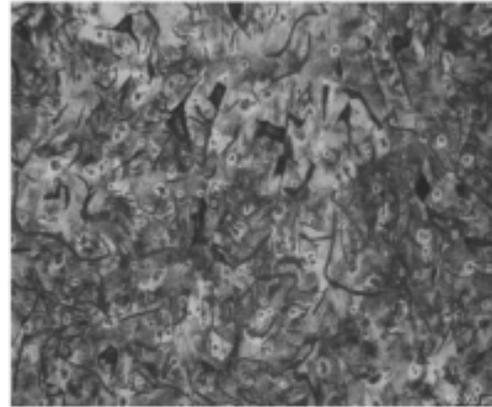


Figura 0. Visualización metalográfica del material a 100X

Como se muestra en la figura 3.30 el segundo aumento que se efectuó es de 500X (zoom), el mismo que permitió reconocer el tamaño al cual pertenece, logrando de esta manera identificar a este con un tamaño de hojuela correspondiente a un número 2.

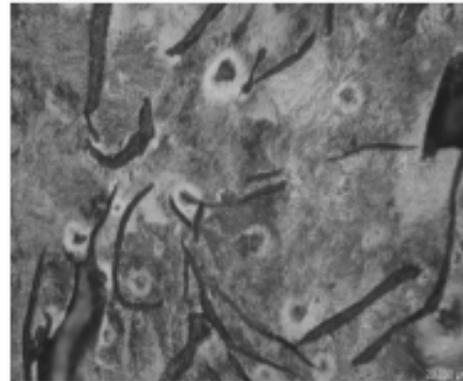


Figura 0.30. Visualización metalográfica del material a 500X

Como se muestra en la figura 3.31 el tercer aumento que se efectuó es de 100X. Sin ataque (zoom), el mismo que permitió reconocer el tipo al cual pertenece, logrando de esta manera identificar a este con un tipo de hojuela correspondiente al espécimen C.

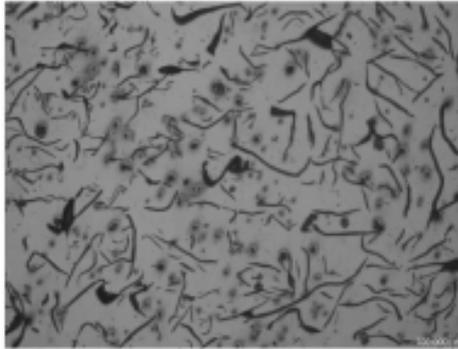


Figura 0.31. Visualización metalográfica del material a 100X. Sin ataque

II. RESULTADOS.

2.1 Resultados del ensayo de tracción.

Considerando la tabla 2.1, tanto de los resultados obtenidos del ensayo de tracción como los datos establecidos en la normativa ASTM A-48, fue posible realizar un análisis comparativo en cuanto a la resistencia a la tracción soportada por el material, logrando afirmar que las muestras ensayadas (T1, T2), presentaron índices de resistencia a la tracción de 172 MPa y 166 MPa respectivamente, los mismos valores que sobrepasan el nivel de resistencia a la tracción presente en la norma mencionada anteriormente la cual es de 138 MPa.

Tabla 2.1. Comparación de valores del material

Clase	ASTM A - 48	Ensayo de Tracción	
	Resistencia a la Tracción (MPa)	Probeta #	Límite de Rotura (MPa)
20	138	T1	172
	Estructura: F, P	T2	166

De esta manera se puede testificar que el material empleado para la construcción de la culata de cilindros de un motor Hino 205 es adecuado para resistir altas temperaturas y elevadas presiones en condiciones de funcionamiento a las cuales se encuentra sometida dicha culata.

2.2 Resultado del ensayo de composición química.

Dentro de la normativa ASTM E415-17 y el ensayo realizado a las muestras extraídas de una culata de cilindros, fue posible realizar un análisis comparativo de los porcentajes presentes en un hierro fundido gris de una culata vs un hierro fundido estándar presentado por la normativa, de igual manera se puede afirmar que el resto de los elementos contenidos en una fundición destacan valores que se encuentran por encima del 0% los cuales no alteran en gran magnitud su estructura molecular en la fundición, como se puede apreciar en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Comparación de valores del material.

ASTM E 415-17			Ensayo de composición química	
Elemento	Rango aplicable	Rango cuantitativo	Elemento	Porcentaje
Aluminio	0 a 0,093 %	0,006 a 0,093 %	P	0,026
Antimonio	0 a 0,027 %	0,006 a 0,027 %	Si	2,017
Arsénico	0 a 0,1 %	0,003 a 0,1 %	Mn	0,558
Boro	0 a 0,007 %	0,0004 a 0,007 %	C	4,158
Calcio	0 a 0,003 %	0,002 a 0,003 %	S	0,077
Carbón	0 a 1,1 %	0,02 a 1,1 %	Cr	0,046
Cromo	0 a 08,2 %	0,007 a 8,14 %	Mo	0,015
Cobalto	0 a 0,20 %	0,006 a 0,20 %	Ni	0,013
Cobre	0 a 0,5 %	0,006 a 0,5 %	Cu	0,054
Manganeso	0 a 2,0 %	0,03 a 2,0 %	Al	< 0,005
Molibdeno	0, 1,3 %	0,007 a 1,3 %	Co	< 0,005
Níquel	0 a 5,0 %	0,006 a 5,0 %	Mg	< 0,005
Niobio	0 a 0,12 %	0,003 a 0,12 %	Nb	< 0,005
Nitrógeno	0 a 0,015 %	0,01 a 0,055 %	Ti	0,0051
Fosforo	0 a 0,085 %	0,006 a 0,085 %	V	< 0,005
Silicio	0 a 1,54 %	0,02 a 1,54 %	W	< 0,1
Azufre	0 a 0,055 %	0,001 a 0,055 %	Fe	93,03
Estaño	0 a 0,061 %	0,005 a 0,061 %	Sn	0
Titanio	0 a 0,2 %	0,001 a 0,2 %	B	0

2.3 Resultado del ensayo de dureza.

De esta manera se pudo aseverar que el rango de dureza obtenido del ensayo realizado es de 90,60 HBR en la escala Rockwell B, el mismo que excede los niveles de dureza presentados por dicha norma, el mismo que se encuentra entre un intervalo de 90-91 HBR en la escala Rockwell B; mientras que en la escala Brinell HB se encuentra en un intervalo que varía entre 185-190 HB, como se aprecia en la siguiente tabla 2.4.

Tabla 2.4. Intervalos de dureza norma ASTM A-48

ASTM A-48 Clase	Dureza Brinell HB	Dureza Rockwell B	Estructura
Clase 20	190	91	F, P
	185	90	
	180	89	
	176	88	
	172	87	
	169	86	
	165	85	
	162	84	
	159	83	
	156	82	
	153	81	
	150	80	
	147	79	
	144	78	
	141	77	
	139	76	
	137	75	
135	74		
132	73		
130	72		

2.4 Resultados del ensayo metalográfico.

De acuerdo con el ensayo realizado y las imágenes obtenidas del mismo se puede decir que este tipo de fundición está formada por una matriz ferrítica-perlítica, donde se puede apreciar la ferrita, la perlita y los nódulos de grafito, logrando de esta manera visualizar la forma VII, tamaño de hojuela de 2 a 4 pulgadas y tipo C de dicha fundición, tomando como referencia la normativa ASTM A-247, la misma que

se utilizó para realizar la debida comparación de ambos resultados.

IV. CONCLUSIONES

- Según la normativa ASTM E415-17, se realizó el ensayo de composición química del material a muestras tomadas de una culata Hino 205, mediante lo cual se logró verificar que está compuesto por 19 elementos químicos entre los más notables el carbono C=4,158 y silicio Si=2,017, en proporciones considerables.
- Mediante los estudios ejecutados se determinó que el sobre calentamiento que se genera en la culata de cilindros es debido a la concentración de un 4.15% de carbono lo cual determina la dureza del material, y no tener un rango de elasticidad con la finalidad de evitar grietas en el elemento mecánico a su vez volverlo frágil teniendo como consecuencia la falta de disipación de calor en la culata de cilindros.
- Para el ensayo de tracción se empleó dos probetas T1 y T2, las mismas que fueron sometidas a una fuerza de tensión donde se obtuvieron datos tanto de su carga de rotura T1 = 14,46 KN y T2 = 13,08 KN, como también su límite de rotura siendo sus valores los siguientes: T1 = 172 MP y T2 = 166 MP respectivamente.
- Para el ensayo de dureza se optó en utilizar la escala de dureza Rockwell B, ya que es la escala adecuada para este tipo de hierro fundido. Al aplicar dicha escala de dureza se obtuvo una medida promedio de 90.60 HRB, y una desviación estándar de 0,96 HRB de acuerdo con las 5 muestras ensayadas.



El **termostato** tiene un funcionamiento estrictamente ligado a la refrigeración del motor. Es el encargado de **abrir o cerrar el flujo de refrigerante** desde él, hasta el radiador. Allí es donde se enfriará para mantener el sistema con una temperatura adecuada para el funcionamiento.

Esta forma de trabajar se debe a que el motor está pensado para funcionar bien a una **temperatura de servicio**, que normalmente ronda los 90° C. Para que **llegue** a esa temperatura **lo antes posible**, el termostato impide que el radiador lo refrigere antes de tiempo. De lo contrario, tardaría demasiado en calentarse y el desgaste por funcionar en frío aumentaría mucho.

En el momento que **la temperatura ascienda** al nivel adecuado, **el termostato lo detecta y se abre**. De esa manera llega hasta el radiador, donde se enfriará por el aire que entra por el movimiento del coche o por la acción de los ventiladores.

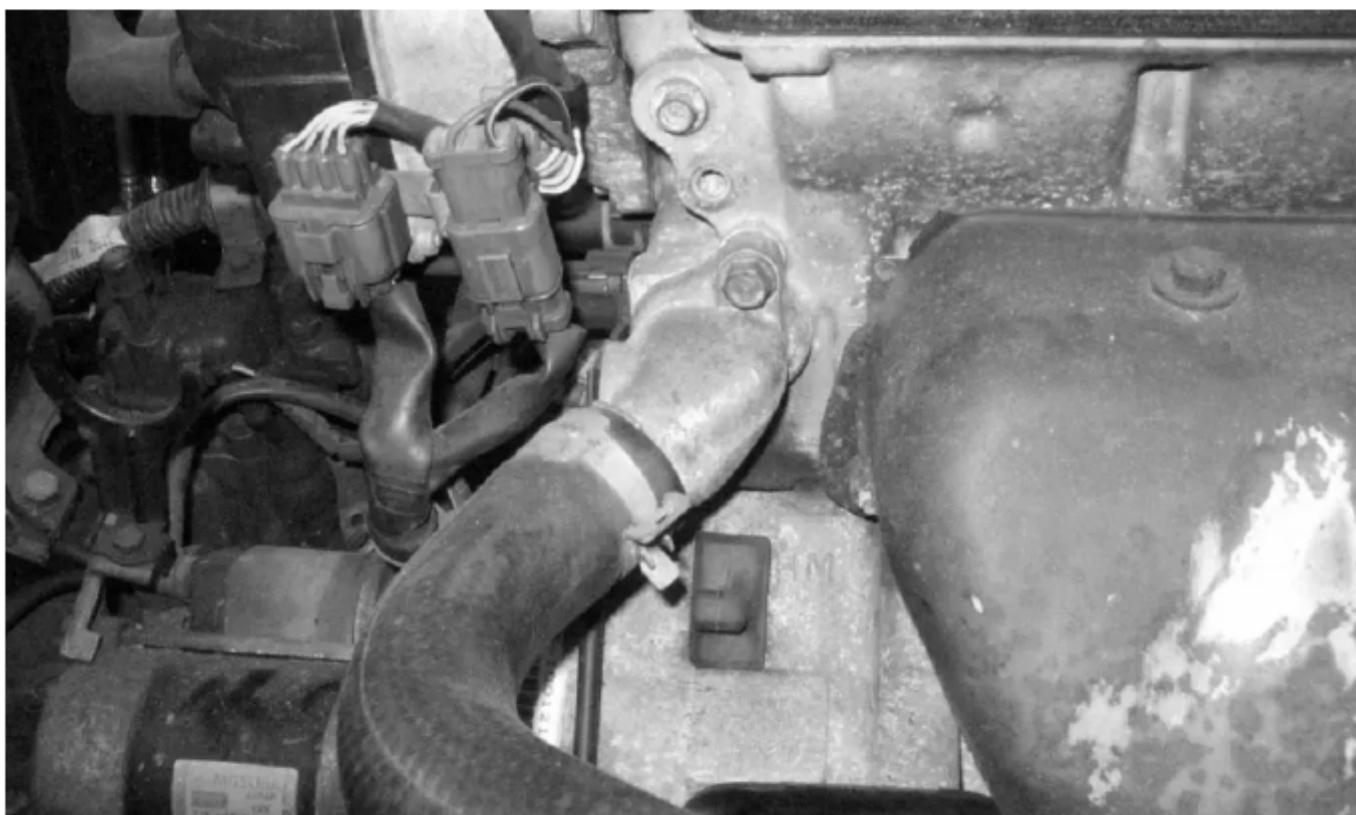
Dónde encontrarlo

Si quieres saber cómo localizar el termostato, su ubicación está generalmente **en el cuello o en la estructura del motor**, donde se conecta la manguera superior que va hasta el radiador. Es decir, cerca de la bomba de agua. Otro lugar típico es cerca del manguito de la parte de abajo del motor.

Se trata de un **elemento relativamente sencillo y barato de sustituir** si se estropea. Aunque esto depende mucho del modelo, porque algunos requieren del desmontaje de otras piezas para poder llegar hasta el termostato.

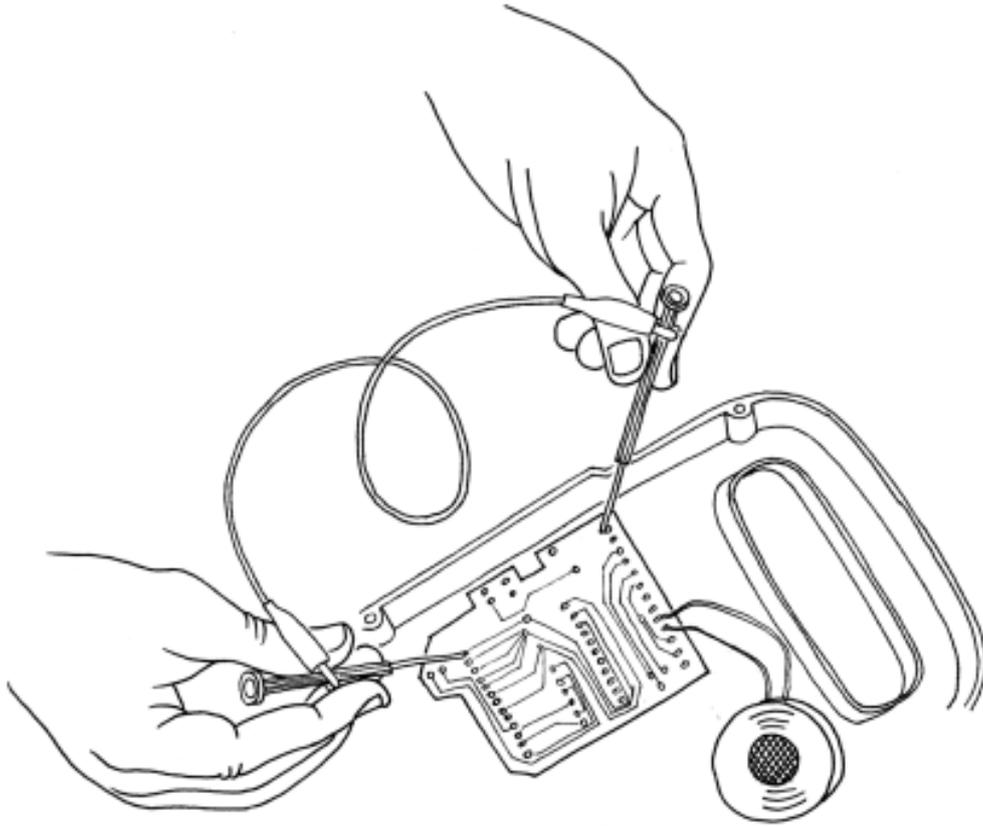


ARTÍCULO RELACIONADO:
Sistema de refrigeración del coche: qué es, cómo funciona, partes, limpieza y purgado



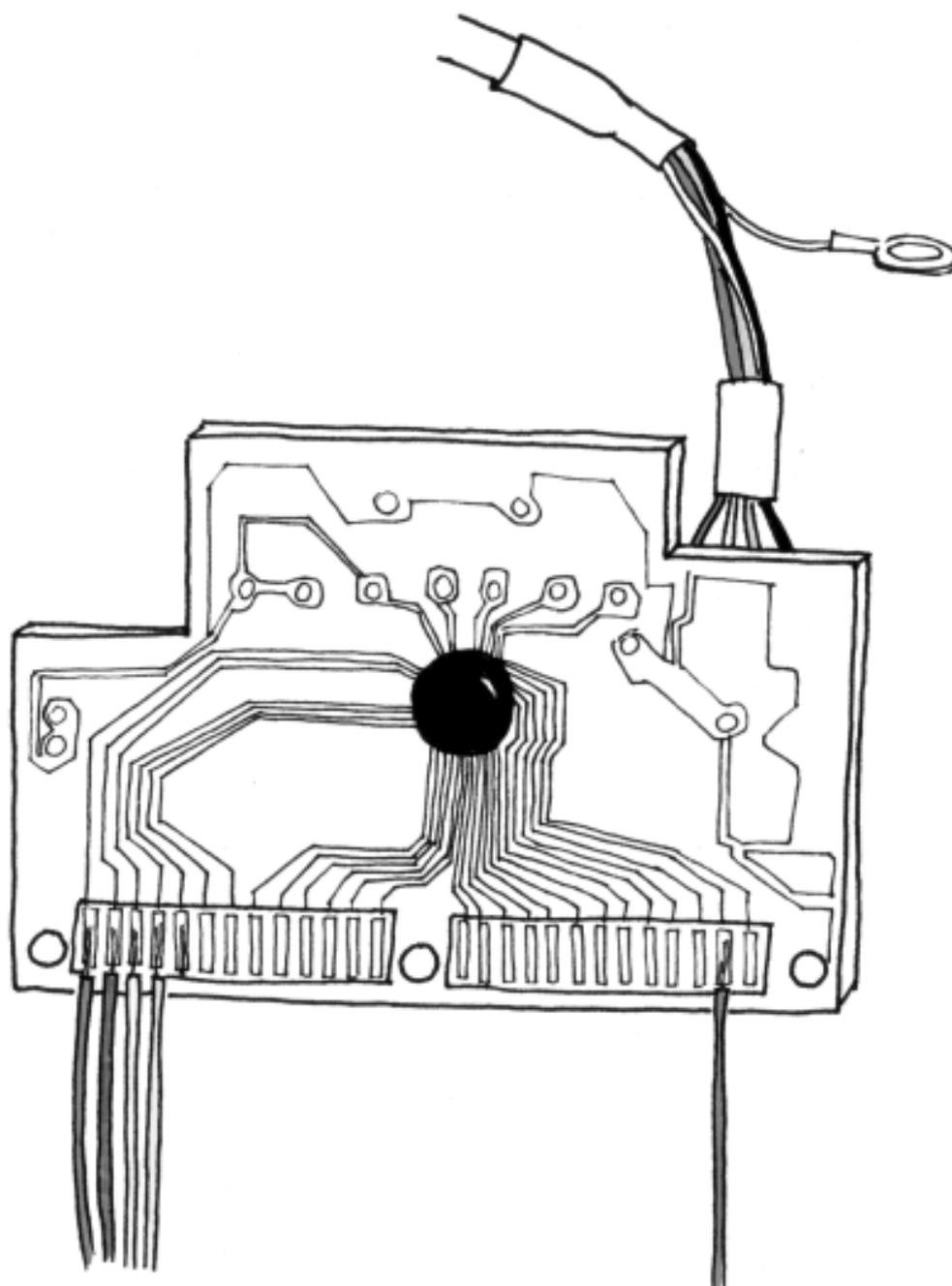
Massimo Banzi, M. S. (2022). *Getting started With Arduino*. USA: Market Media, Inc.

Circuit Bending



Circuit bending is one of the most interesting forms of tinkering. It's the creative short-circuiting of low-voltage, battery-powered electronic audio devices such as guitar effect pedals, children's toys, and small synthesizers to create new musical instruments and sound generators. The heart of this process is the "art of chance". It began in 1966 when Reed Ghazala, by chance, shorted-out a toy amplifier against a metal object in his desk drawer, resulting in a stream of unusual sounds. Circuit benders excel in their ability to create the wildest devices by tinkering away with technology without necessarily understanding what they are doing on the theoretical side.

Keyboard Hacks



Computer keyboards are still the main way to interact with a computer after more than 60 years. Alex Pentland, academic head of the MIT Media Laboratory, once remarked: "Excuse the

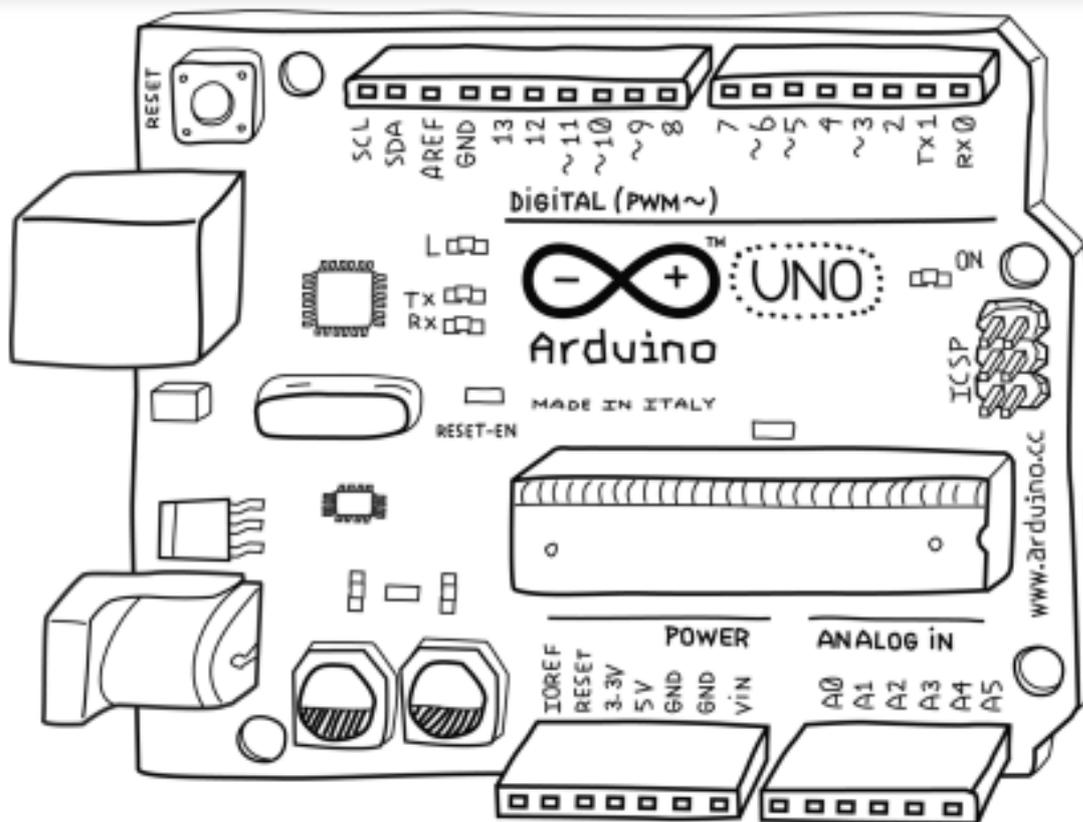


Figure 3-1. *The Arduino Uno*

The Software Integrated Development Environment (IDE)

The IDE is a special program running on your computer that allows you to write sketches for the Arduino board in a simple language modeled after the Processing language. The magic happens when you press the button that uploads the sketch to the board: the code that you have written is translated into the C language (which is generally quite hard for a beginner to use), and is passed to the *avr-gcc compiler*, an important piece of open source software that makes the final translation into the language understood by the microcontroller. This last step is quite important, because it's where Arduino makes your life simple by hiding away most of the complexities of programming microcontrollers.

The programming cycle on Arduino is basically as follows:

1. Plug your board into a USB port on your computer.

In the next section, we'll explain the basics of electricity in a way that would bore an engineer, but won't scare a new Arduino programmer.

What Is Electricity?

If you have done any plumbing at home, electronics won't be a problem for you to understand. To understand how electricity and electric circuits work, the best way is to use something called the *water analogy*. Let's take a simple device, like the battery-powered portable fan shown in Figure 4-3.

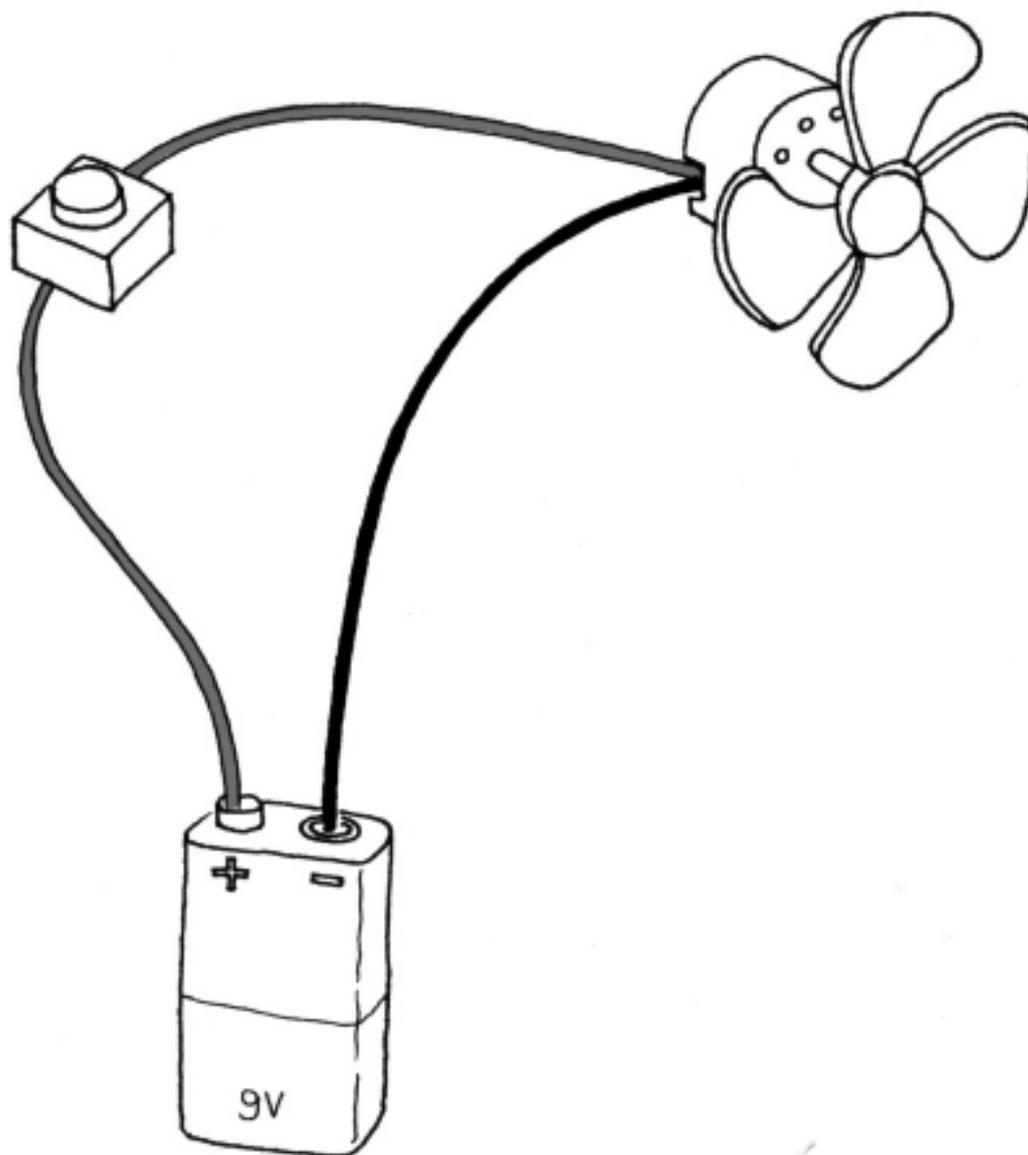


Figure 4-3. A portable fan

If you take a fan apart, you will see that it contains a battery, a couple of wires, and an electric motor, and that one of the wires going to the motor is interrupted by a switch. If you turn the switch on, the motor will start to spin, providing the necessary airflow to cool you down.

How does this work? Well, imagine that the battery is both a water reservoir and a pump, the switch is a tap, and the motor is one of those wheels that you see in watermills. When you open the tap, water flows from the pump and pushes the wheel into motion.

In this simple hydraulic system, shown in Figure 4-4, two factors are important: the pressure of the water (this is determined by the power of the pump) and the amount of water that will flow in the pipes (this depends on the size of the pipes and the *resistance* that the wheel will provide to the stream of water hitting it).

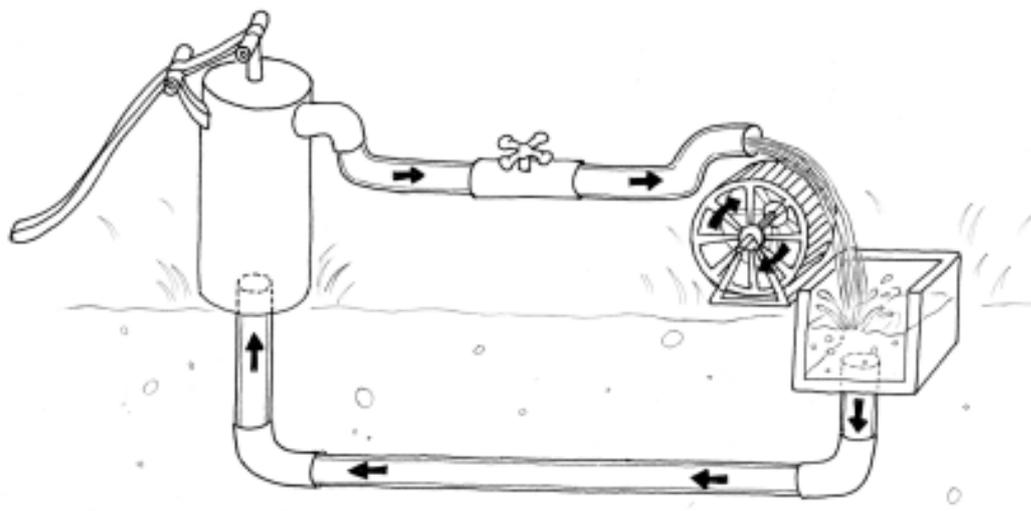


Figure 4-4. *A hydraulic system*

You'll quickly realise that if you want the wheel to spin faster, you need to increase the size of the pipes (but this works only up to a point) and increase the pressure that the pump can achieve. Increasing the size of the pipes allows a greater flow of water to go through them; by making them bigger, you have effectively reduced the pipes' resistance to the flow of water. This approach works up to a certain point, at which the wheel won't spin any faster, because the pressure of the water is not strong enough. When you reach this point, you need the pump to be

Análisis por sobrecalentamiento de la biela de un motor de combustión interna encendido por chispa

2.2 Clasificación de motores

Existen diferentes tipos de motores, entre los cuales se encuentran: los eléctricos, los térmicos, éstos se subdividen en motores de: combustión externa e interna y los híbridos. Los cuales se describen a continuación.

2.2.1 Motores eléctricos

En este tipo de autos el combustible utilizado es la electricidad. Ésta se convierte en energía mecánica mediante una interacción entre campos magnéticos opuestos generados por imanes y un conductor de electricidad. Debido a una constante atracción y repulsión magnética entre ellos, se produce una rotación continua dentro del motor generando energía necesaria para el movimiento del vehículo [16]. La figura. 2, muestra un motor eléctrico.

Para Enriquez [17], los motores eléctricos representan, los "caballos de batalla" de la industria y del movimiento en general. Su uso se da además en hospitales, escuelas, edificios de oficinas y centros comerciales, en donde se usan para aplicaciones en suministro de agua, calefacción, enfriamiento y muchas otras rutinas de trabajo. Estos motores son usados en los automóviles modernos, aunque son más complejos que el simple cableado eléctrico, y se usan en casi todos los aspectos operativos del automóvil [18].

Un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica, para impulsar el funcionamiento de una máquina [19].



Figura. 2. Motor eléctrico.

Se puede concluir que un motor eléctrico es una máquina que tiene la capacidad de transformar energía eléctrica en mecánica, de tal forma que permita el movimiento de un vehículo. Su tamaño y su volumen es reducido y su potencia puede ser alta.

2.2.2 Motores térmicos

Los motores térmicos son máquinas que tienen por objeto transformar energía calorífica en energía mecánica directamente utilizable [20]. Éstos se clasifican en motores de combustión externa y motores de combustión interna, los cuales se describen en las secciones 2.2.4 y 2.3 respectivamente.

2.2.3 Motores híbridos

Un sistema híbrido se basa en una fuente de combustión interna de gasolina combinado con un motor eléctrico para propulsar el vehículo, tal como se visualiza en la figura. 3.

Este tipo de motor reduce las emisiones y aumenta la eficiencia de combustible. Los vehículos híbridos utilizan la energía mucho más eficientemente que los sistemas de gasolina convencionales [19]. Se denomina motor híbrido a un vehículo en el cual la energía eléctrica que lo impulsa proviene de baterías y de un motor de combustión interna que mueve un generador. Entre sus ventajas se encuentran: 1) su autonomía, ya que ésta depende del combustible almacenado en el tanque, 2) tiene un alto y uniforme rendimiento incluso a bajas temperaturas, 3) el motor de combustión interna funciona bajo un estrecho margen de carga y velocidad, lo que incrementa su eficiencia [21].



Figura.3. Motor híbrido.

Para Chang [22], un motor híbrido, es aquel que combina un motor de combustión interna y un motor eléctrico, los cuales tienen una mayor eficiencia energética, y esto se debe a que este tipo de motores son más pequeños y por lo tanto consumen poca energía.

Por lo expuesto anteriormente, se puede decir que un motor híbrido es aquel que tiene una combinación de un motor de combustión interna y un motor eléctrico. Esta combinación optimiza su funcionamiento para un mejor rendimiento.

2.2.4 Motores de combustión externa

En la figura. 4, se muestra un ejemplo de motor de combustión externa. Al igual que los motores de combustión interna, son motores térmicos, en los cuales el motor alcanza un estado térmico mayor mediante la transmisión de energía térmica [23].

Su principal función es hacer trabajo mecánico a expensas de la expansión y contracción de un gas en un recinto cerrado. El motor cuenta con un desplazador que hace que el gas pase de la zona fría a la zona caliente y luego a la zona fría nuevamente, produciéndose consecuentemente su tendencia a la expansión y su posterior contracción [24].

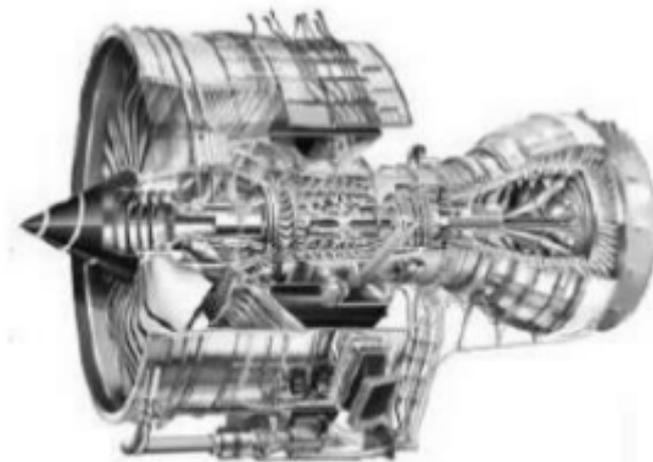


Figura. 4. Motor de combustión externa (turbina de gas)

Los motores de combustión externa según Meza [24], son máquinas que realizan una conversión de energía calorífica en energía mecánica. El rendimiento térmico de estos los motores se ve limitado por varios factores, principalmente por la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

2.3 Motores de combustión interna

Un motor de combustión interna es un motor térmico, en el cual se produce una combustión del fluido del motor, transformando la energía química en térmica, a partir de la cual se obtiene energía mecánica. Un ejemplo de este tipo de motor se aprecia en la figura 5.

Estos motores tienen como principal fuente de energía la gasolina. Éste es el combustible empleado con mayor frecuencia por lo que es importante su calidad para un óptimo funcionamiento. Un buen combustible debe tener un octanaje aceptable, ya que la gasolina debe explotar dentro del cilindro para generar el movimiento del pistón [26].

Este tipo de motores transforma el calor generado por el combustible, ya sea diésel o gasolina, en movimiento mecánico del automóvil. Durante este proceso el oxígeno del aire se mezcla con el combustible y hace que este último explote (en el caso de la gasolina) generando gases cuya fuerza de expansión térmica acciona sobre el pistón que, a su vez, empuja el cigüeñal y hace que éste ponga en movimiento las ruedas del automóvil [28].



Figura. 5. Motor de combustión interna.

Según Creus [29], un motor de combustión interna utiliza la energía interna del combustible para que el motor realice un trabajo. Dichos motores son ampliamente utilizados como fuentes de alimentación en lugares de difícil acceso. Sin embargo, los motores de combustión interna de diésel, tienen un rango de fallo, por cada año de explotación, de entre 2.5 a 50.

Se conoce como motores de combustión interna (o endotérmicos) alternativos a cualquier tipo de máquinas, que a partir de energía química sean capaces de convertirla y obtener energía mecánica para su uso. El arranque de los motores se lleva a cabo en su cámara interna y sucede al momento de ser encendido [20].

El motor de combustión interna es la unidad energética y motriz de los medios de transporte, máquinas y equipos que se utilizan en actividades de diversas ramas de la economía [30].

Se puede decir que un motor de combustión interna es aquel que es capaz de convertir la energía química en mecánica, para que se pueda utilizar de manera óptima.

2.3.1 Clasificación de los motores de combustión interna

La clasificación de los motores puede ser extensa, esto debido al diseño y mecanismos mecánicos. A continuación, se describen algunas clasificaciones.

- **Respecto a la forma de los cilindros:** Su distribución puede ser en “V” o “en línea”, esto depende de la cantidad de cilindros existentes, los cuales van en función de la potencia del motor. Normalmente los motores de automóviles son de 4 o 6 cilindros distribuidos en “V”.
- **Referente a la forma de refrigeración:** Pueden ser refrigerados por líquido que normalmente es agua, donde el calor es evacuado al radiador del auto. También pueden ser refrigerados por aire, donde se necesita de un ventilador que ayude a circular el aire alrededor del motor.
- **Concerniente a las caras de los pistones:** Los motores convencionales utilizan una cara activa de los pistones, que se conocen como pistones de simple efecto. Son aquellos que se encuentran en contacto con el fluido activo y recibe el impacto de la energía química. De igual forma, existen motores que utilizan los pistones de doble efecto, los cuales funcionan en dos direcciones y usan dos cilindros con dos pistones y dos bielas, conectados a su respectivo cigüeñal.

- **Respecto a la presión del aire a la cámara de combustión:** En las máquinas convencionales el aire de la atmósfera entra directamente a la cámara y la presión es la atmosférica. Dichos motores usan un compresor que se encargan de comprimir el fluido antes de conducirlo al interior del motor.
- **Referente a la introducción de combustible a la cámara interna:** Se clasifican en motores de inyección y carburación, en estos últimos se mezclan los fluidos operantes para posteriormente introducirlo a la cámara por medio de una válvula reguladora.
- **Concerniente al ciclo operativo:** Se refiere a la cantidad de operaciones que el fluido activo ejecuta en el cilindro. La duración del ciclo la mide el pistón.
- **Respecto al tipo de encendido:** Esta clasificación radica en el modo de encendido con el ciclo termodinámico con el que opera la máquina [28].

2.3.2 Elementos de un motor de combustión interna

Los elementos de un motor de combustión interna son biela, pistón y cigüeñal, los cuales se describen en los siguientes apartados.

2.4 Conceptualización de la biela

La biela es el elemento del motor encargado de transmitir al cigüeñal la presión de los gases que actúa sobre el pistón. Es un elemento de difícil lubricación y es una parte crítica del motor, por lo que su diseño y fabricación son muy importantes [31]. Por lo general las bielas se fabrican de acero templado, aunque en motores de altas prestaciones se suelen utilizar bielas de aluminio o de titanio [32], tal como se muestra en la figura. 6.

Para Morillo, Ibaquingo & Benavides [33], una biela es un elemento mecánico que conecta el pistón al cigüeñal. Sirve además para transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón transformando esta fuerza de lineal a rotativa.



Figura. 6. Biela

Para Alzallú [34], por otro lado, la biela, se encuentra intercalada entre el pistón y el cigüeñal. Soporta los continuos empujes del pistón hacia abajo, y los constantes esfuerzos del cigüeñal hacia arriba. Se construyen de acero forjado con una técnica denominada estampación que permite al material aguantar ese inmenso trabajo y consiste en golpear un trozo de metal repetidas veces hasta conseguir la forma de la biela. Su cuerpo adopta una forma de “doble T”.

Las bielas están sometidas en su trabajo a esfuerzos de compresión, tracción y también de flexión muy grandes, y por ello, se fabrican con materiales resistentes, pero a la vez han de ser lo más ligeros posibles. Generalmente están fabricadas de acero con silicio, manganeso y cromo. Son perforadas, es decir, se les crea un conducto por donde circula el aceite bajo presión desde la cabeza hasta el pasador, con el fin de lograr una buena lubricación [27].

2.4.1 Elementos de una biela

En la figura 7, como puede apreciarse, está conformada por el pie, que es el extremo que va unido al bulón, que, a su vez, va enganchado en el cigüeñal. Este es el extremo más pequeño de la biela. El Cuerpo es la zona central de la biela, que debe soportar la mayor parte de los esfuerzos, pero al estar en continuo movimiento también debe de ser ligero, por ello se suele construir con forma de doble T.

La Cabeza igual que el Pie y Cuerpo es la parte que va unida al cigüeñal. A diferencia del pie, la cabeza va dividida en dos mitades, una de ellas unida al cuerpo, y la otra (sombbrero) separada de éste, requiriéndose dos tornillos para unirse a él. Están también el casquillo o cojinete, Tornillos de dilatación, y vástago de biela. Por lo general las bielas se fabrican de acero templado, aunque en motores de altas prestaciones se suelen utilizar bielas de aluminio o de titanio [35].



Figura. 7. Partes de la biela

La biela es la pieza que está encargada de transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón.

2.4.2 Características de los metales de una biela

Los metales de los que están hechas las bielas deben reunir diversas características las cuales se describen a continuación:

- **Resistencia a la fatiga:** La firmeza que recubre a la biela debe ser mayor que la presión de la carga dinámica en la película del aceite, mayor de las cargas de explosiones en la cámara de combustión y mayor que las cargas por inercia de las masas rotantes.
- **Conformidad:** El casquillo del metal de la biela, debe tener la geometría exacta para mantener el aceite en un nivel consistente con la resistencia a la fatiga de la aleación.
- **Compatibilidad:** Es la resistencia que tiene el material de las diferentes áreas de unión.
- **Resistencia a la corrosión:** El lubricante debe tener un determinado grado de acidez que corroerá la superficie del material, por lo que el metal de la biela debe ser capaz de resistir lo mejor posible este efecto.
- **Incrustabilidad:** En el aceite de los motores se encuentran partículas de basura que la superficie del metal de la biela debe ser capaz de aceptar con el menor daño posible [36].

Según Goñi & Rojas [40], se denomina pistón a uno de los elementos básicos del motor de combustión interna. Se trata de una pieza que se ajusta al interior de las paredes del cilindro mediante aros flexibles llamados anillos. Efectúa movimientos, obligando al fluido que ocupa el cilindro a modificar su presión y volumen.

Un pistón está constituido por partes: cabeza, arcos y cubos del perno. La función del pistón es cerrar y obturar la cámara de combustión interna, así como, recibir la fuerza causa en la combustión a través de la biela y transmitirla al cigüeñal como fuerza de torsión; también transmite el calor producido por los gases de combustión hacia las paredes del cilindro para que sean refrigeradas por el lubricante. El pistón se desplaza rápidamente por el interior de los cilindros, el cual tiene segmentos, los cuales consiguen la estanquidad necesaria entre el pistón y las paredes del cilindro. De este modo se evita que parte del gas comprimido se escape hacia la parte inferior del motor. Por ese motivo el pistón debe estar fabricado de un material ligero y resistente a la vez. Atravesando el pistón se observa un orificio pasante. A través de este orificio, el pistón se une a la biela por mediación de un bulón de acero [41].

El pie de la biela es el que la une al pistón por medio del bulón, el cuerpo por su parte asegura la rigidez de la pieza, y la cabeza gira sobre el codo del cigüeñal, como puede apreciarse en la figura 9.

Los pistones del motor mantienen un movimiento constante hacia arriba y hacia abajo mientras que el cigüeñal genera un movimiento circular de modo que el auto puede avanzar. Los pistones de un motor se mueven arriba y abajo por el cigüeñal dentro de los cilindros en el motor. Las explosiones que ocurren en estos cilindros de empuje contra los pistones permiten llevarlos de vuelta y comenzar el ciclo otra vez. Los pistones están conectados al cigüeñal para asegurar que se mueva con ellos y mantener sus movimientos regulados [42].



Figura.9.Unión pistón y biela.

el calentamiento del motor la vaporización del combustible se dificulta y el catalizador no funciona a plenitud, por esto la reducción del tiempo de calentamiento del motor es esencial. Para lo cual es necesario reducir el volumen de refrigerante, la masa del motor, mejorar el aislamiento del motor, emplear sistemas calentadores adicionales, emplear una unidad electrónica de control para manipular la termodinámica del motor y de esta misma manera controlar el desempeño térmico; todas estas medidas servirán para reducir el tiempo del calentamiento y ayudarán a un mejor funcionamiento del motor [61].

El sobrecalentamiento del motor puede ser causado por cualquier cosa que disminuya la capacidad del sistema de refrigeración, para absorber, transportar y disipar el calor. Por lo tanto, los motores pueden sobrecalentarse por una variedad de razones. Algunas se deben a que el termostato se encuentre en mal estado, debido a que es una válvula que abre y cierra conforme se encuentre la temperatura del motor. Es decir, el refrigerante del motor caliente pasa a través del radiador cuando el termostato está en posición abierta. Cuando se encuentra en posición cerrada el refrigerante se queda en el motor y rápidamente se calienta, ocasionando un sobrecalentamiento del motor.

De igual forma, el tener un radiador con fugas u obstrucciones conduce a elevadas temperaturas del motor y sobrecalentamiento del mismo. Así como el tener mangueras con agujeros hace que se produzcan fugas o se interrumpa el flujo del refrigerante. También un ventilador con oscilación libre y teniendo un aspa rota, no puede mantener una velocidad adecuada, lo que origina sobrecalentamiento del motor.

En los motores de combustión interna modernos sólo una tercera parte de la energía interna se convierte en trabajo útil. Las dos terceras partes restantes de la energía se transforman en calor a pérdida, evacuadas por el sistema de escape, el sistema de enfriamiento y calor radiado y rechazado por convección a través de las partes sólidas del motor. El sobrecalentamiento durante el ciclo completo del motor genera una distribución de energía dentro de la cámara de combustión. En general el calor se transporta hacia la culata, la camisa, los puertos de escape y el pistón, el cual está ligado a la biela, la cual si tiene defectos acabará por destruir el motor [61].

