

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**CREACIÓN DE UN SOFTWARE DIDÁCTICO PARA EL  
RECONOCIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS DE MOTORES DIESEL Y  
GASOLINA EN EL LABORATORIO DE TERMODINÁMICA  
DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**MARÍA GABRIELA ZURITA ZALDUMBIDE**

**DIRECTOR: ING. MIGUEL ORTEGA**

**Quito, Febrero del 2007**

## DECLARACIÓN

Yo, María Gabriela Zurita Zaldumbide, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

María Gabriela Zurita Zaldumbide

C.I. 171669936-6

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Gabriela Zurita Zaldumbide, bajo mi supervisión.

---

Ing. Miguel Ortega  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios,

A mis padres por todo el esfuerzo que han realizado,

A Orlando Cobos por su apoyo,

A los Ingenieros: Miguel Ortega,

Carlos Valladares, Adrián Peña, César Ayabaca

Por ser maestros y amigos.

**DEDICATORIA**

**A mis padres y hermanas**

**Augusty y Anita**

**CONTENIDO**

<b>1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	2
1.2.1 MOTOR TÉRMICO.....	2
1.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	4
1.2.2.1 <i>Conceptos Básicos</i> .....	5
1.2.2.2 <i>Motores de cuatro tiempos</i> .....	6
1.2.2.3 <i>Motor de dos tiempos</i> .....	8
1.2.2.4 <i>Diferencias entre el motor de dos tiempos y el motor de cuatro tiempos</i> .....	10
1.2.3.MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL ENCENDIDO.....	11
1.2.3.1 <i>Motor de gasolina _ciclo otto</i> .....	11
1.2.3.2 <i>Motor diesel _ciclo diesel</i> .....	12
1.2.3.3 <i>Diferencias entre el motor de encendido por chispa (ECH) y el motor de encendido por compresión (EC)</i> .....	14
1.3. BALANCE DE ENERGÍA.....	15
1.3.1 CALOR AÑADIDO_ POTENCIA TEÓRICA.....	16
1.3.2 POTENCIA DEL MOTOR.....	16
1.3.3 CALOR RECHAZADO_ PÉRDIDAS.....	17
1.3.4 EFICIENCIA.....	19
1.4. CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	19
1.4.1 CURVAS DE VELOCIDAD.....	20
1.4.2 CURVAS DE CARGA.....	20
1.4.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE, CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE.....	21
1.5. BANCO DE PRUEBAS.....	21
1.5.1 SISTEMA DE FRENO.....	22
1.5.2 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	25
1.5.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	28
1.5.4 SISTEMA DE AIRE.....	30
1.6. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA.....	32
1.6.1 CÓMO SE UTILIZA EL BANCO DE PRUEBAS.....	32
1.6.2 COMO SE RELACIONAN LOS DATOS OBTENIDOS EN LAS PRÁCTICAS CON LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN AL MOTOR.....	37
1.6.3 RESULTADOS QUE SE OBTIENEN.....	40
<b>2.DESARROLLO DEL PROGRAMA.....</b>	<b>41</b>
2.1 VISION DEL RECONOCIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS.....	41
2.1.1 DECISION DE LOS TEMAS.....	42
2.1.2 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	42
2.2 CONCEPTOS _ DEFINICIONES.....	43
2.3 RECURSOS.....	46
2.3.1 SECUENCIA DE IMÁGENES.....	46
2.3.2 IMAGEN POSTERIOR.....	50

2.3.3 ECUACIONES .....	52
2.3.4 SONIDO .....	56
2.3.5 MATRICES .....	56
2.3.6 GENERACIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	57
2.3.6.1 Información Básica .....	57
2.3.6.2 Recopilación de Datos .....	58
2.3.6.3 Generación de las curvas características.....	58
2.3.6.4 Calculando en Excel.....	62
2.3.6.5 Comparación entre Excel y el nuevo programa.....	64
2.3.6.6 Diagrama Sankey _ Balance de Energía.....	65
<b>3. ENTORNO DEL PROGRAMA.....</b>	<b>68</b>
3.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA.....	68
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA .....	70
3.3 VENTANAS DEL PROGRAMA.....	70
3.3.1 CONFIGURACIÓN DE LAS VENTANAS.....	72
3.3.2 FICHERO.....	74
3.3.2.1 Controles .....	74
3.3.2.2 Cuadros de información.....	79
3.3.3 PANTALLA .....	80
3.3.4 VENTANAS ESPECIALES .....	81
3.4. EVENTOS DEL PROGRAMA.....	84
<b>4. RECONOCIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS A TRAVÉS DEL PROGRAMA....</b>	<b>88</b>
4.1 INTRODUCCIÓN.....	88
4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	90
4.2.1 PARTES PRINCIPALES Y DEFINICIONES GENERALES .....	91
4.2.2 CLASIFICACIÓN .....	96
4.3 BANCO DE PRUEBAS .....	104
4.3.1. EQUIPO DEL LABORATORIO .....	104
4.3.1.1 Equipo Diesel.....	105
4.3.1.2 Equipo de Gasolina .....	110
4.3.2. CURVAS CARACTERÍSTICAS .....	110
4.3.2.1 Curvas características de velocidad.....	111
4.3.2.2 Curvas características de carga.....	115
4.3.3. BALANCE DE ENERGÍA .....	115
4.4 EVALUACIÓN.....	119
4.5 GLOSARIO .....	121
4.6 AYUDA .....	121
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>124</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>128</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>130</b>

Tabla 1.1 Diferencias notables entre el motor de dos y cuatro tiempos .....	10
Tabla 1.2 Ejemplo de los datos obtenidos en la práctica (motor Diesel) .....	37
Tabla 1.3 Expresiones, equivalencias y simbología utilizada en la práctica.....	39
Tabla 2.1 Datos necesarios para calcular las curvas características de velocidad del motor Diesel .....	59
Tabla 2.2 Relaciones termodinámicas para el cálculo de las curvas características .....	59
Tabla 2.3 Constantes utilizadas en el cálculo de las curvas características .....	59
Tabla 2.4 Resultados para la regresión del Torque.....	60
Tabla 2.5 Valores de las constantes $a_0$ , $a_1$ y $a_2$ .....	61
Tabla 2.6 Datos necesarios para calcular el Diagrama Sankey .....	66
Tabla 2.7 Constantes utilizadas en el cálculo del Diagrama Sankey .....	66
Tabla 2.8 Resultados para graficar el Diagrama Sankey .....	66
Tabla 3.1 Clases de botones de control. ....	76
Tabla 3.2 Gráficos donde el evento mouse move da información.....	84
Tabla 4.1 Controles y animaciones de los sistemas del Banco de Pruebas .....	109
Tabla 4.2 Errores, consecuencias y soluciones al graficar las curvas características .....	115
Tabla 4.3 Datos, constantes y resultados del fichero del balance de energía....	117
Tabla C.1 Relación aire-combustible real del motor Diesel del Laboratorio de Termodinámica.....	153
Tabla C.2. Exceso y Falta de aire en la combustión del motor diesel .....	153
Tabla C.3. Calor específico de los componentes de la mezcla a 217° F.....	154
Tabla C.4. Número de moles de los componentes de la reacción de la combustión.....	155
Tabla C.5. Masa total y parcial de la mezcla .....	155
Tabla C.6. Fracción de masa de la mezcla .....	155
Tabla C.7. Temperatura de entrada del aire y temperatura de salida de los gases de combustión .....	155
Tabla C.8. Cp de cada componente de la mezcla y el Cp equivalente .....	155
Tabla C.9. Calor específico del agua .....	156

## CONTENIDO DE FIGURAS



Figura 1.1	Clasificación de los Motores Térmicos .....	3
Figura 1.2	Esquema Básico del Motor Alternativo de Combustión Interna .....	4
Figura 1.3	Nomenclatura para los motores alternativos .....	5
Figura 1.4	Ciclo del motor de cuatro tiempos .....	7
Figura 1.5	Ciclo del Motor de dos tiempos .....	9
Figura 1.6	a) Diagrama P-v ciclo Otto, b) Diagrama T-s ciclo Otto, c) Esquema del cilindro pistón ciclo Otto .....	12
Figura 1.7	Relación de compresión motor gasolina .....	12
Figura 1.8	a) Diagrama P-v ciclo Diesel, b) Diagrama T-s ciclo Diesel .....	13
Figura 1.9	Relación de Compresión de motor Diesel <sup>2</sup> .....	14
Figura 1.10	Diagrama Sankey .....	15
Figura 1.11	Potencia del motor de combustión interna .....	16
Figura 1.12	Esquema del freno Hidráulico del motor diesel del Laboratorio de Termodinámica .....	23
Figura 1.13	Esquema del freno por Resistencias del motor de gasolina .....	23
Figura 1.14	Sistema de Combustible .....	25
Figura 1.15	Circulación General .....	26
Figura 1.16	Medidor de Caudal .....	26
Figura 1.17	Recuperación de Nivel .....	26
Figura 1.18	Graduación del medidor de caudal .....	27
Figura 1.19	Sistema de Refrigeración .....	28
Figura 1.20	Sistema de Refrigeración del Motor de Gasolina .....	30
Figura 1.21	Sistema de Aire .....	31
Figura 1.22	Principio de funcionamiento de la caja de aire .....	31
Figura 1.23	Altura del manómetro inclinado .....	32
Figura 2.1	Lluvia de Ideas No.1 .....	44
Figura 2.2	Lluvia de Ideas No.2 .....	45
Figura 2.3	Lluvia de Ideas No.3 .....	45
Figura 2.4	Secuencia de Imágenes tipo foto .....	46
Figura 2.5	Secuencia de imágenes tipo video .....	47
Figura 2.6	Banco de Pruebas del Laboratorio de Termodinámica visto en 3D ..	48
Figura 2.7	Secuencia tipo video continuo: Imagen1 .....	49
Figura 2.8	Secuencia tipo video continuo: Imagen 2 .....	50

Figura 2.9 a) Imagen delantera de las partes principales del motor. b) Imagen posterior.....	51
Figura 2.10 Diagrama P-v del ciclo Otto.....	53
Figura 2.11 Curvas Características de velocidad del motor Gasolina.....	54
Figura 2.12 Diagrama Sankey .....	54
Figura 2.13 Sistema de combustible (Imagen posterior y delantera) .....	55
Figura 2.14 Fondo de las ventanas del programa.....	55
Figura 2.15 Curvas características de velocidad del motor Diesel del Laboratorio de Termodinámica.....	62
Figura 2.16 Curvas características de velocidad del motor Diesel obtenidas en Excel a) T vs RPM, b) Pf vs RPM, c) C.E.C vs RPM, d) $\eta_t$ vs RPM...	64
Figura 2.17 Punto máximo de potencia (1600 RPM, 12.94 HP).....	65
Figura 2.18 Diagrama Sankey para el motor Diesel en el punto (1600 RPM, 12.94 HP) .....	67
Figura 3.1 Esquema de la Estructura del Programa.....	68
Figura 3.2 Secciones principales y secundarias.....	69
Figura 3.3 Lazos entre las secciones .....	70
Figura 3.4 Menú general del Programa. Ventana Principal.....	71
Figura 3.5 Una ventana secundaria abierta dentro de la ventana principal.....	71
Figura 3.6 Zonas de la Ventana Principal .....	72
Figura 3.7 Zonas de las Ventanas Secundarias (Ventana Motores) .....	73
Figura 3.8 Cuadros de información y controles del Fichero .....	74
Figura 3.9 Fichero de Introducción.....	75
Figura 3.10 Esquema de un botón de control.....	75
Figura 3.11 Esquema de los casilleros.....	77
Figura 3.12 Esquema de una lista.....	77
Figura 3.13 Esquema de un desplazador.....	78
Figura 3.14 Esquema de un seleccionador .....	78
Figura 3.15 Esquema de la Pantalla de fichero.....	79
Figura 3.16 a) y b) Ejemplos de aplicación de los cuadros de información.....	80
Figura 3.17 Pantalla de la zona superior (Partes principales del motor) .....	81
Figura 3.18 Información extra (el ratón se encuentra sobre la bujía) .....	81
Figura 3.19 Ventana especial: Introducción .....	82

Figura 3.20 Ventana especial: Evaluación .....	82
Figura 3.21 Ventana especial: Glosario .....	83
Figura 3.22 Ventana especial: Carátula .....	84
Figura 3.23 Demostración del evento: pulsar sobre un gráfico .....	86
Figura 3.24 Demostración del evento Pulsar un botón y a continuación F1.....	87
Figura 4.1 Secuencia que se sigue en el capítulo 4 .....	88
Figura 4.2 Esquema de la Ventana: Introducción.....	89
Figura 4.3 División de los Principios de Funcionamiento .....	90
Figura 4.4 Solapas de la Ventana: Principio de Funcionamiento .....	91
Figura 4.5 Controles de Partes Principales .....	91
Figura 4.6 Ilustración de la animación “Partes y funcionamiento básico del motor de combustión interna” .....	93
Figura 4.7 Detalle de una parte del motor .....	93
Figura 4.8 Controles de la solapa: Definiciones Generales.....	94
Figura 4.9 Ilustración de la animación “PMS” .....	95
Figura 4.10 Solapas de la Ventana: Clasificación .....	96
Figura 4.11 Ilustración de la animación “Clasificación” .....	97
Figura 4.12 Controles de la solapa: Cuatro Tiempos .....	97
Figura 4.13 Ilustración de una parte de la animación “Motor de Cuatro tiempos”	98
Figura 4.14 Controles de la solapa: Dos Tiempos.....	99
Figura 4.15 Ilustración de la animación “Motor de dos tiempos” .....	100
Figura 4.16 Controles de la solapa: Diferencias 2 x 4 .....	100
Figura 4.17 Ilustración de la animación: “Giros de Cigüeñal” .....	101
Figura 4.18 Controles de la solapa: Ciclo Otto .....	102
Figura 4.19 Ilustración de la animación: “Ciclo Otto” .....	103
Figura 4.20 Controles de la solapa: Ciclo Diesel.....	103
Figura 4.21 Controles de la solapa: Diferencia Otto vs Diesel .....	104
Figura 4.22 Zona superior de la ventana Equipo de Laboratorio del Motor Diesel.....	105
Figura 4.23 Controles de la solapa: Banco de Pruebas .....	106
Figura 4.24 Ilustración de la animación: “Partes del sistema” .....	107
Figura 4.25 Ilustración de la animación: “Control del medidor de caudal” .....	108
Figura 4.26 Zona Superior de la Ventana: Curvas de velocidad .....	111

Figura 4.27 Solapas de la Ventana: Curvas de Velocidad ..... 112

Figura 4.28 Controles para generar las curvas características ..... 113

Figura 4.29 Desplazadores de las curvas características ..... 114

Figura 4.30 Funcionamiento de los desplazadores ..... 114

Figura 4.31 Solapa de la ventana Balance de energía..... 116

Figura 4.32 Ilustración de la obtención del Diagrama Sankey con el Programa 118

Figura 4.33 Zona superior de la ventana: Evaluación ..... 119

Figura 4.34 Esquema básico de la ventana: Evaluación..... 120

Figura 4.35 Ventana Principal de la ayuda del Programa ..... 122

Figura 4.36 Temas de Ayuda del Programa GZ- motor ..... 123

Figura A. 1 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 1 ..... 132

Figura A. 2 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 2 ..... 133

Figura A. 3 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 3 ..... 134

Figura A. 4 Instructivo de Parada del motor Diesel, Parte 1..... 135

Figura A. 5 Instructivo de Parada del motor Diesel, Parte 3..... 136

Figura A. 6 Instructivo de Parada del motor Diesel, Parte 2..... 137

Figura A. 7 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 1 ..... 138

Figura A. 8 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 2 ..... 139

Figura A. 9 Instructivo de Parada del motor Gasolina, Parte 1..... 140

Figura A. 10 Instructivo de Parada del motor Gasolina, Parte 2..... 141

Figura A. 11 Registro de datos Ciclo Diesel..... 142

Figura A. 11 Registro de datos Ciclo Otto ..... 143

Figura B. 1 Ejemplo de Datos para las curvas características de velocidad  
del motor de Gasolina ..... 146

Figura B.2 Curvas características del motor de gasolina ..... 146

Figura B.3 Diagrama Sankey a 1920 RPM ..... 147

Figura D.1 Diagrama Sankey correspondiente a 640 RPM, con aceleración  
constante ..... 159

**CONTENIDO DE ANEXOS**

- ANEXO A:** Instructivo para poner en marcha y parar los motores diesel y gasolina del Laboratorio de Termodinámica, y registro de datos .... **131**
- ANEXO B:** Cálculo de las curvas características de velocidad para el motor de gasolina con la ayuda del programa GZ\_MOTOR paso a paso .. **144**
- ANEXO C:** Justificación del valor utilizado para el calor específico del agua y la mezcla aire – combustible..... **150**
- ANEXO D:** Cálculo del Balance de Energía y graficación del diagrama Sankey para el motor gasolina con la ayuda del programa GZ\_MOTOR paso a paso..... **157**
- ANEXO E:** Manual del usuario para el programa GZ\_MOTOR..... **160**

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo crear un software que ayude en el reconocimiento de las prácticas de motores diesel y gasolina en el Laboratorio de Termodinámica.

El fundamento y el análisis de este programa se contemplan a través de los capítulos que conforman el proyecto de titulación.

En el capítulo 1 se da una visión teórica de todos los conocimientos involucrados en el reconocimiento de las prácticas de motores diesel y gasolina, los cuales son la base para el desarrollo del programa.

En el capítulo 2 se analiza todos los recursos utilizados en el desarrollo del programa, especialmente las herramientas matemáticas y de programación, enfocando la atención a las aplicaciones y sus limitaciones.

En el capítulo 3 se observa como se encuentra estructurado el programa, cuales son sus características y como trabajan todos los componentes del programa entre sí.

En el capítulo 4 se da una visión completa del alcance que tiene el programa. Una a una se visita cada ventana de manera que se aprecia toda su magnitud.

En el capítulo 5 se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se obtienen al finalizar el presente proyecto.

Finalmente se anexa toda la información que de alguna manera complementa todo lo especificado en los capítulos anteriores.

## PRESENTACIÓN

En la actualidad, la tecnología utiliza como instrumento de desarrollo programas computacionales. Estos se caracterizan por minimizar el tiempo, espacio y costos que implicaría el desarrollo real de cualquier investigación.

La tecnología apunta a todos los flancos y sin duda las universidades son las más importantes, en especial los Laboratorios. En estos se encuentran las fuentes primarias de ideas, que junto al hombre generan resultados capaces de asombrar a la misma naturaleza.

El presente proyecto trata de entregar una herramienta más al Laboratorio de Termodinámica de Ingeniería Mecánica, con la finalidad no solo de ser un soporte de la teoría impartida, sino también una pauta para el inicio del desarrollo de tecnología en nuestro país.

El programa que se desarrolla en este proyecto busca, que el estudiante centre su atención en los principios básicos del motor de combustión interna y el banco de pruebas. Una vez asimilados, de forma virtual, todos estos conocimientos, el estudiante será capaz de desarrollar, sin confusión, las prácticas en el Laboratorio y tendrá las bases para futuras experiencias profesionales.

Es importante considerar que el programa es solamente una parte de todo lo que el estudiante necesita conocer. Este programa no pretende reemplazar ni a libros, ni a maestros, cuyos conocimientos jamás podrán ser reemplazados por una clase virtual.

# CAPITULO I

## PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre el hombre tuvo la habilidad de alivianar su trabajo creando herramientas. Con el paso del tiempo el hombre ha ido desarrollando y obteniendo mejores resultados. Uno de los más importantes logros ha sido el motor de combustión interna, éste es capaz de transformar la energía en un trabajo útil.

Algunos personajes fueron relevantes en el camino de los motores; y entre estos se tiene:

El francés **Lebón** que en 1799 construye un motor que consiste de un cilindro – pistón. Dentro del cilindro hizo arder una mezcla de aire – combustible y como resultado los gases empujaron el pistón hacia fuera.

Otro francés **Étienne Lenoir** en 1860 construye el primer motor capaz de moverse. Este utilizaba gas de alumbrado como combustible y el sistema se caracterizaba por ser de dos tiempos, con una eficiencia de apenas del 3%.

El francés **Beau de Rochas**, dos años más tarde, en 1862, trabajó en la teoría del funcionamiento del motor y obtuvo los siguientes postulados:

- “Los gases deben alcanzar la máxima compresión antes de la combustión<sup>7</sup>”.
- “La expansión de los gases después de la combustión debe ser la máxima para obtener una gran fuerza sobre el cilindro<sup>7</sup>”.
- “Obtener la mayor velocidad del pistón para que el eje pueda mantenerse en movimiento el mayor tiempo posible, después de aplicarle la fuerza<sup>7</sup>”.

En 1867 **Nicolaus August Otto** presenta un motor de combustión interna perfeccionado, con un rendimiento del 9% aproximadamente. Pero no fue hasta el año 1876 en el que Otto, en compañía de **Eugen Daimler**, construye el primer

---

<sup>7</sup> RUEDA, Jesús, Mecánica & Electrónica Automotriz, Tomo 1, 2003



motor a gas con compresión, con un sistema de trabajo de cuatro tiempos y un rendimiento del 15%.

En 1883 **Daimler** y **Maybach**, quienes trabajaban con Otto, deciden separarse de él y obtienen un motor de gasolina más rápido, cuyo encendido era por tubo incandescente.

En 1893 el alemán **Rudolf Diesel** da una nueva visión a los motores, construyendo el primer motor con inflamación por presión. Además publica “Teoría y construcción de un motor térmico racional”.

En 1958 **Wankel** construye el motor de pistón rotatorio.

Desde entonces hasta el día de hoy, el hombre ha logrado desarrollar el motor de combustión interna a niveles muy altos, pero los principios fundamentales tanto termodinámicos como mecánicos no han cambiado. Si bien hoy en día se tiene motores de mayor potencia y con mejor rendimiento; el cilindro – pistón no ha podido ser reemplazado por un mecanismo más eficiente.

## 1.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El hombre ayudándose de la naturaleza ha construido máquinas, capaces de convertir energía de fuentes naturales en trabajo mecánico útil.

Estas máquinas se conocen como “motores primarios” y pueden ser: *de primer orden* cuando reciben la energía de una fuente natural directamente; y *de segundo orden* cuando reciben la energía de un motor de primer orden.

Entre los motores de primer orden se encuentran: los ***motores térmicos***, las *turbinas hidráulicas*, los *molinos de viento*, etc.; y en los motores de segundo orden, los *motores eléctricos*.

En este proyecto se fijará la atención a los motores térmicos, ya que de estos se desprende el motor de combustión interna.

### 1.2.1 MOTOR TÉRMICO

El motor térmico convierte en trabajo útil una parte de la energía total entregada por una región de alta temperatura, y el resto de energía desecha a una región de baja temperatura.

El motor térmico entrega la energía mediante un proceso de combustión, debido a esto se lo puede clasificar en: motor de combustión interna y motor de combustión externa.

Otra forma de clasificar al motor térmico es por la forma como el fluido de trabajo actúa sobre la carga exterior teniendo como resultado: el **motor cilindro-pistón** conocido también como **motor alternativo**, y el *motor de rueda de álabes* conocido como *motor rotativo* o *turbomáquina*.

De esta clasificación se desprende el motor alternativo de combustión interna, el cual a su vez se puede clasificar según:

- El método de encendido del combustible: *por chispa* o *por compresión*.
- El tiempo que se demora en realizar un ciclo: *dos* o *cuatro tiempos*.
- El tipo de refrigeración: *por agua* o *por aire*.

En el diagrama de la figura 1.1 se visualiza mejor la clasificación de los motores térmicos y cómo se encuentra ubicado el *motor de combustión interna*.

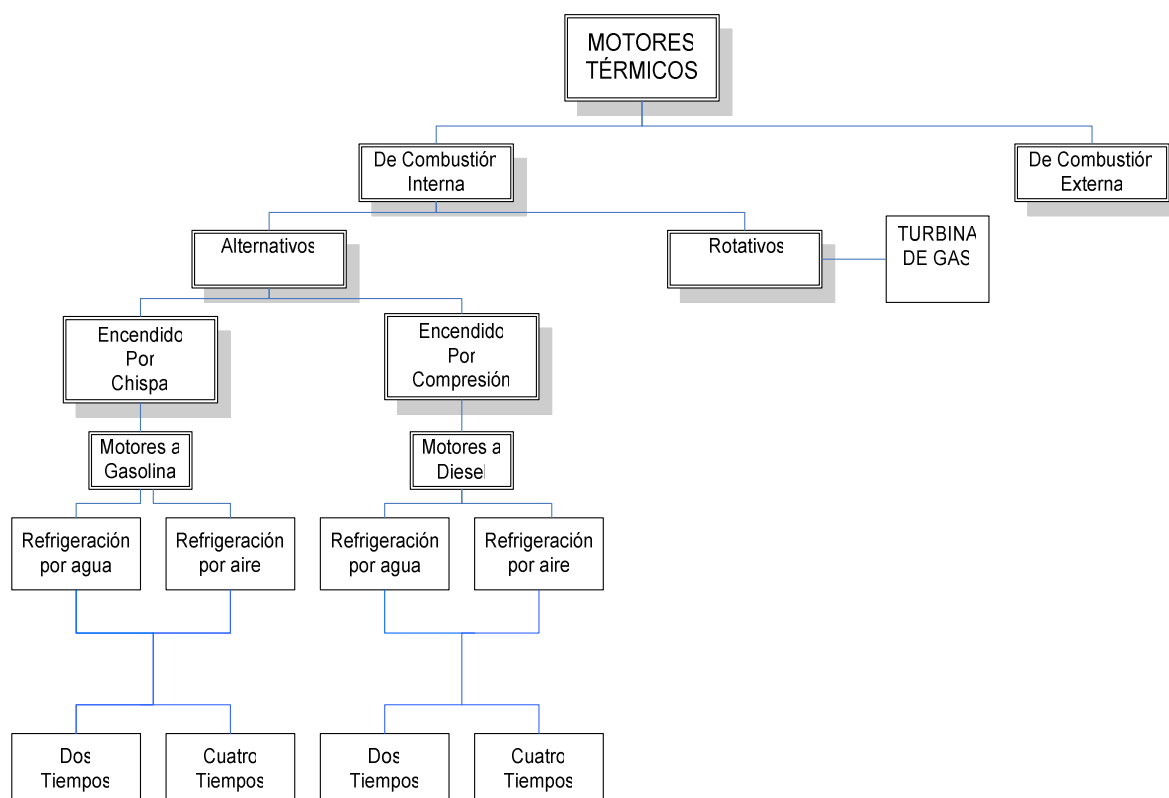


Figura 1.1 Clasificación de los Motores Térmicos<sup>10</sup>

<sup>10</sup> MARTER, DH, Motores Térmicos, 1964

## 1.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El **motor alternativo de combustión interna** consta básicamente de un mecanismo de cilindro-pistón, cuyos elementos se ilustran a continuación en la figura 1.2. En este motor se identifica un solo **cilindro**, pero generalmente los motores tienen varios. El cilindro aloja un **pistón** el cual se ajusta a las paredes del cilindro mediante unos **anillos** que impiden que los gases se introduzcan en la parte inferior del cilindro.

El pistón se encuentra unido a una **biela**, la misma que transmite la fuerza de la explosión al codo de un **cigüeñal**. El cigüeñal al girar describe una trayectoria circular mientras que el pistón es obligado a realizar una trayectoria rectilínea ascendente o descendente. Con este mecanismo el movimiento lineal alternativo del pistón se convierte en un movimiento de rotación mediante el eje del cigüeñal.

Si el espacio entre el cilindro y el pistón es cerrado se puede lograr:

- que el fluido de trabajo se comprima mientras el pistón asciende
- que el pistón descienda al expandirse el fluido de trabajo como consecuencia de la explosión durante la combustión

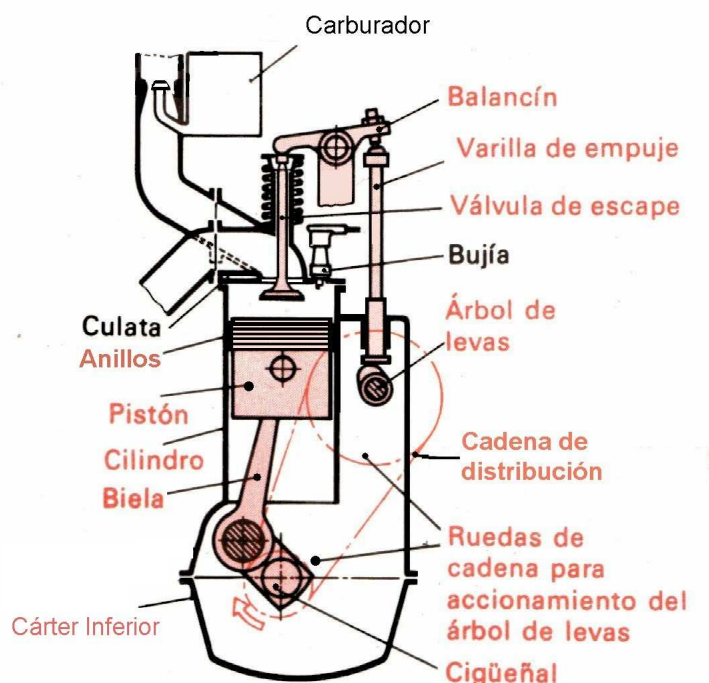


Figura 1.2 Esquema Básico del Motor Alternativo de Combustión Interna<sup>3</sup>

<sup>3</sup> STUTTGART, Gerschler, Tecnología del automóvil, TOMO 2, 1980.

Por su parte superior el cilindro se cierra mediante la **culata**, dentro de la cual se ubican las **válvulas**. Las válvulas, que son accionadas por un **árbol de levas**, permiten la entrada o salida de los gases en el cilindro. El árbol de levas recibe el movimiento del cigüeñal a través de una **cadena** y gira con la mitad del número de revoluciones que el cigüeñal.

Roscada a la culata se encuentra la **bujía**, la cual se encarga de provocar la ignición de los gases comprimidos en el interior del cilindro cuando el pistón casi ocupa la posición más alta.

El encargado de alojar el mecanismo cilindro – pistón es un cuerpo robusto denominado **bloque** que por su parte inferior se sella mediante el **cárter**, donde se aloja el aceite para lubricación y refrigeración.

#### 1.2.2.1 Conceptos Básicos.

El pistón se desplaza desde una posición máxima superior, **punto muerto superior** (PMS), hasta una posición mínima inferior, **punto muerto inferior** (PMI), (véase figura 1.3). La distancia recorrida entre estos puntos se denomina **carrera**. En una vuelta completa del cigüeñal, el pistón hará una carrera ascendente y descendente.

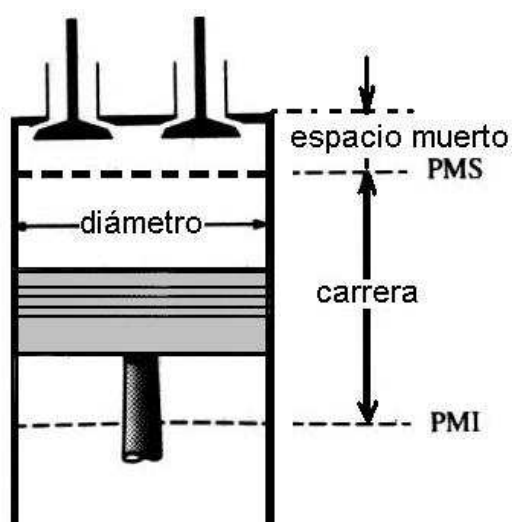


Figura 1.3. Nomenclatura para los motores alternativos<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

**Cilindrada o Volumen de barrido  $v_b$** , es el volumen comprendido entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior.

$$v_b = \frac{\pi}{4} \times (\text{diámetro})^2 \times \text{carrera} \quad (\text{cm}^3) \quad (1.1)$$

**Área de la sección transversal  $A$** , es el área del pistón que recibe la fuerza durante la explosión y se le puede calcular con la siguiente expresión:

$$A = \frac{\pi}{4} \times (\text{diámetro})^2 \quad (\text{cm}^2) \quad (1.2)$$

**Espacio muerto**, es el espacio formado por la cabeza del pistón, la culata y el cilindro, cuando el pistón se encuentra en el PMS, este espacio se conoce también como *cámara de combustión*.

**Volumen total**, es a la suma del volumen barrido y el volumen de espacio muerto.

**Relación de compresión**, es la relación entre el volumen total y el espacio muerto.

**Ciclo mecánico**, un motor de combustión interna realiza las siguientes operaciones en su ciclo:

1. Ingreso del fluido de trabajo o carga
2. Compresión de la carga
3. Encendido de la carga
4. Expansión de los gases de combustión y transmisión de movimiento de estos al pistón y de él al cigüeñal.
5. Expulsión de los gases e inicio de un nuevo ciclo

#### 1.2.2.2 Motores de cuatro tiempos

Para continuar con la explicación de los motores de combustión interna, se presenta los motores de acuerdo al tiempo que utilizan para realizar un ciclo completo. Por lo tanto se tiene *motores de cuatro y dos tiempos* como se observó en la figura 1.1.

Se le conoce como **motor de cuatro tiempos**, porque necesita que el pistón se desplace entre los puntos extremos del cilindro (PMS – PMI) en cuatro ocasiones, para obtener una carrera de potencia.

---

EC<sup>(1.1)</sup> ALONSO M, Técnica del Automóvil, 2000

EC<sup>(1.2)</sup> ALONSO M, Técnica del Automóvil, 2000

Estos cuatro tiempos se describen y esquematizan a continuación en la figura 1.4:

### ADMISIÓN:

- Se abre la válvula de admisión
- Se puede suponer que la presión es constante
- La mezcla aire-combustible ingresa al cilindro
- El pistón se desplaza de PMS al PMI
- El cigüeñal gira 180°

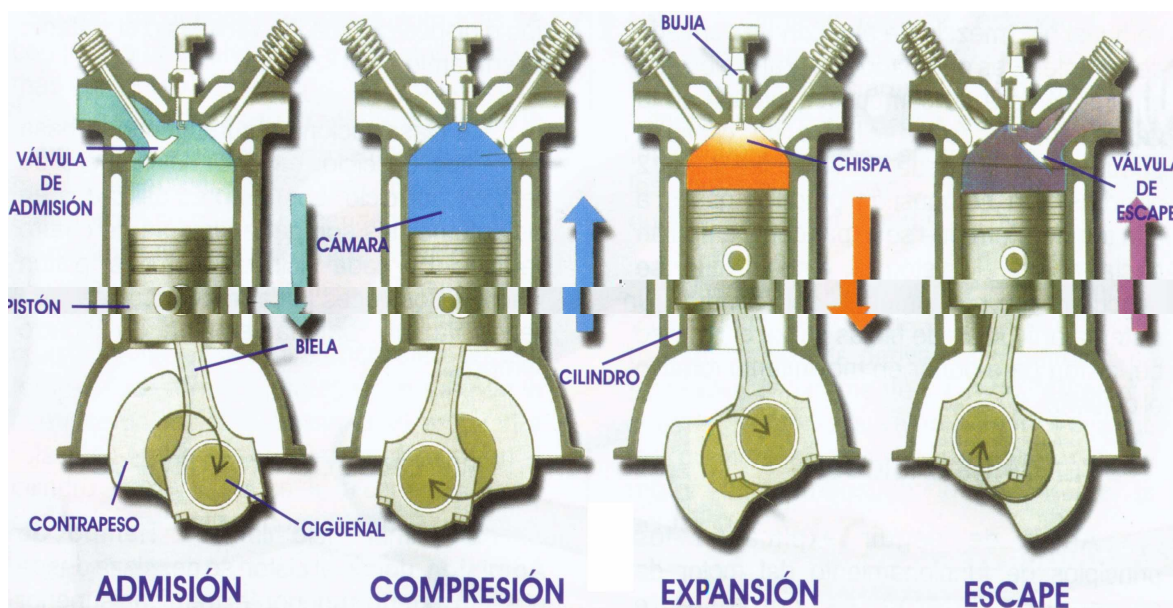


Figura1.4 Ciclo del motor de cuatro tiempos<sup>7</sup>

### COMPRESIÓN

- Las válvulas de admisión y la válvula de escape permanecen cerradas
- La presión dentro del cilindro va aumentando a medida que el pistón se eleva, el volumen de la mezcla se reduce y se comprime
- El pistón se desplaza de PMI al PMS
- El cigüeñal gira 180° más

### EXPANSIÓN

- Se le conoce también como carrera de explosión o potencia
- En el motor a gasolina: cuando el pistón alcanza el PMS una chispa proveniente de la bujía salta y enciende la mezcla. La fuerza producida por

<sup>7</sup> RUEDA, Jesús, Mecánica & Electrónica Automotriz, Tomo 1, 2003

la explosión golpea al pistón, moviéndolo de allí al PMI. Mientras el pistón permanece casi inmóvil en el PMS, la presión aumenta por el calentamiento de los gases

- Inmediatamente la presión de los gases de combustión, que se expanden por el descenso del pistón disminuyen
- El cigüeñal gira 180° más
- Las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas

### **ESCAPE**

- La válvula de admisión está cerrada mientras que la válvula de escape se abre
- El pistón barre los gases desde el PMI hasta PMS
- Los gases producto de la combustión son expulsados
- La presión es algo superior a la atmosférica y se supone constante
- El cigüeñal gira 180° más

Después de este tiempo el motor está listo para realizar nuevamente el ciclo.

#### *1.2.2.3 Motor de dos tiempos*

La principal característica de un motor de dos tiempos es la ausencia de válvulas. En lugar de estas existen agujeros ubicados en la pared del cilindro, conocidos como **lumbreras**, y permiten que el ciclo se realice en un solo giro del cigüeñal, por lo que el pistón asciende y desciende una sola vez por todo el ciclo.

La figura 1.5 muestra el proceso del motor de dos tiempos que opera con gasolina. La lumbrera A denominada de carga es aquella que permite el paso de la mezcla pre-comprimida desde el cárter al cilindro. La lumbrera B se denomina de escape, ubicada frente a la de carga, un poco más arriba. La lumbrera C de admisión está debajo de la de escape y permite el ingreso de la mezcla.

El motor de dos tiempos siempre tiene lumbreras de admisión, pero puede tener tanto lumbreras como válvulas de escape.

#### **a) Primer tiempo**

El pistón se encuentra en el PMS. Los gases dentro del cilindro están comprimidos. En este instante se produce la explosión y el pistón es empujado hacia el PMI, figura 1,5a. Las lumbreras de carga y escape están cerradas. La

lunbrera de admisión se abre y permite el ingreso de la mezcla de combustible al cárter.

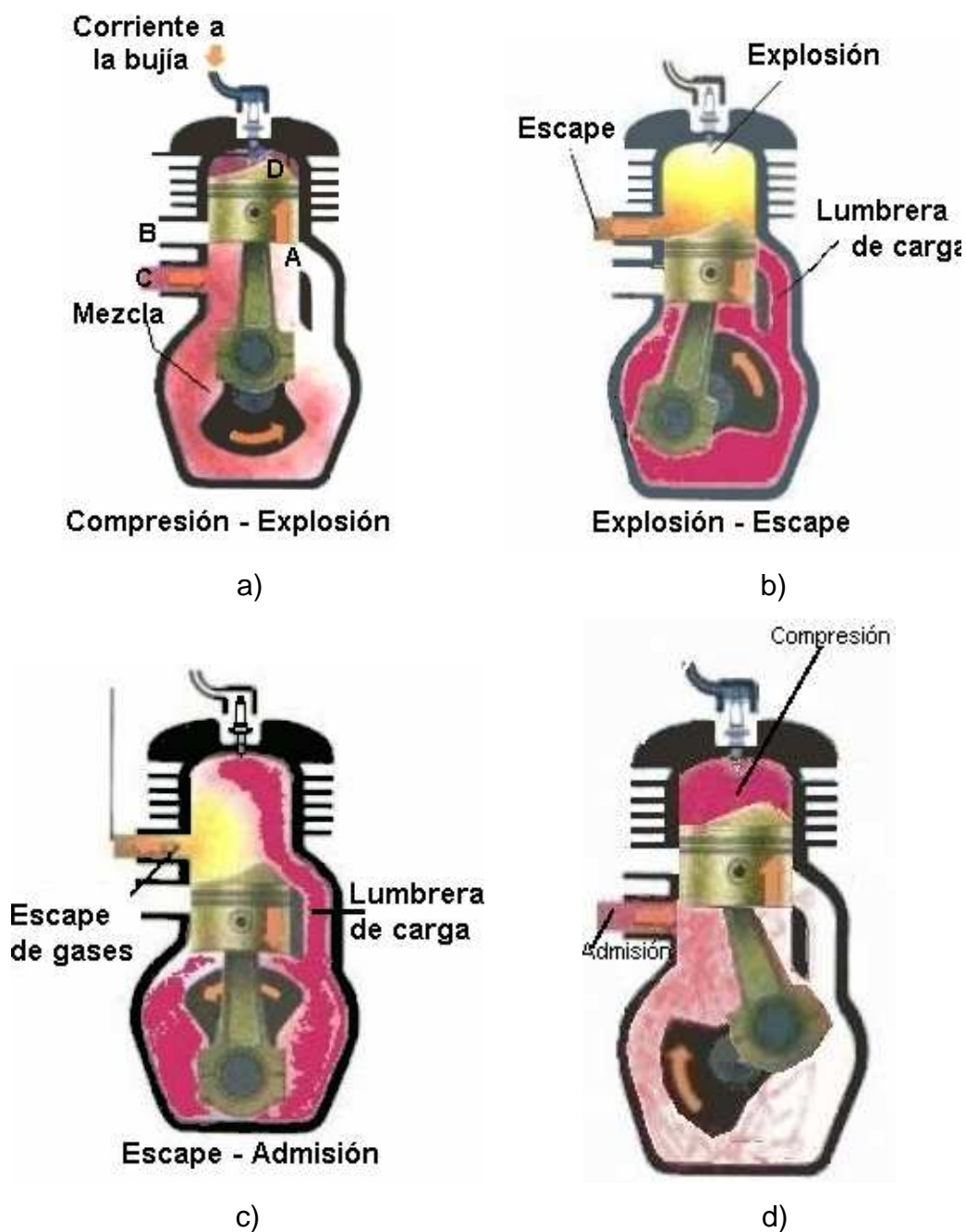


Figura 1.5 Ciclo del Motor de dos tiempos<sup>12</sup>

El pistón continúa descendiendo y tapa las tres lunbreras permitiendo que la mezcla se comprima en el cárter. El pistón desciende aún más descubriendo las lunbreras de carga y de escape, figura 1,5b. La mezcla pre –comprimida ingresa

<sup>12</sup> [www.autoenciclopedia.com](http://www.autoenciclopedia.com)



al cilindro, mientras que los gases de combustión salen a la atmósfera debido a que la presión de la cámara es un poco mayor que la atmosférica, figura 1,5c. En la cabeza del pistón se encuentra una saliente conocida como deflector D, encargado de direccionar la mezcla para que no se vaya directamente a la lumbrera de escape.

### b) Segundo tiempo

El pistón se encuentra en el PMI y empieza a desplazarse al PMS. La lumbrera de carga todavía está abierta, y una mezcla fresca es arrastrada al cilindro por la salida de los gases, figura 1.5c. Este ascenso provoca una depresión en el cárter. El pistón continúa ascendiendo y cierra las lumbreras de carga y escape totalmente, figura 1,5d. La presión de la mezcla en el cilindro aumenta. El pistón está por llegar al PMS abriendo la lumbrera de admisión e ingresa una nueva mezcla para ser precomprimada. Al llegar al PMS la mezcla comprimida en el cilindro se enciende y se inicia un nuevo ciclo.

#### 1.2.2.4 Diferencias entre el motor de dos tiempos y el motor de cuatro tiempos

La diferencia radica en que el motor de dos tiempos tiene lumbreras en lugar de válvulas de admisión y escape, pero no es la única diferencia, a continuación se presenta un cuadro comparativo de los dos motores (tabla 1.1).

Tabla 1.1 Diferencias notables entre el motor de dos y cuatro tiempos<sup>3</sup>

CARACTERÍSTICA	MOTOR	
	2 TIEMPOS	4 TIEMPOS
<i>Sistema de admisión y escape</i>	Lumbreras de admisión Válvulas o lumbreras de escape	Válvulas (admisión y escape)
<i>Ciclo de trabajo</i>	2 carreras del pistón 1 revoluciones del cigüeñal	4 carreras del pistón 2 revoluciones del cigüeñal
<i>Construcción</i>	Sencilla	Complicada
<i>Costo</i>	Barato	Caro
<i>Momento de giro</i>	Más uniforme	Menos uniforme
<i>Llenado del cilindro</i>	Malo	Bueno
<i>Esfuerzos</i>	Mayores	Menores
<i>Rendimiento</i>	Menor	Mayor

<sup>3</sup> STUTTGART, Gerschler, Tecnología del automóvil TOMO 2, 1980.

### 1.2.3. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL ENCENDIDO

Los motores alternativos de combustión interna según la forma de iniciar el proceso de combustión se clasifican en: **máquinas de encendido por chispa** (ECH) y **máquinas de encendidos por compresión** (EC).

#### 1.2.3.1 Motor de gasolina \_ciclo otto

Este motor le debe su nombre a Nikolaus August Otto, quien en el año de 1876 construyó una máquina que basaba su movimiento en la explosión.

La mayoría de estos motores realizan un ciclo de cuatro tiempos, pero si existen motores de gasolina de dos tiempos.

En el motor de gasolina, el encendido es provocado por una chispa de alta tensión a través de la bujía, cuando la mezcla aire – gasolina ha sido comprimida. La chispa provoca una violenta dilatación de la mezcla dentro de la cámara de combustión. La mezcla es preparada ya sea en el carburador o en el sistema de inyección.

El ciclo termodinámico ideal que corresponde al motor de gasolina, es el Otto.

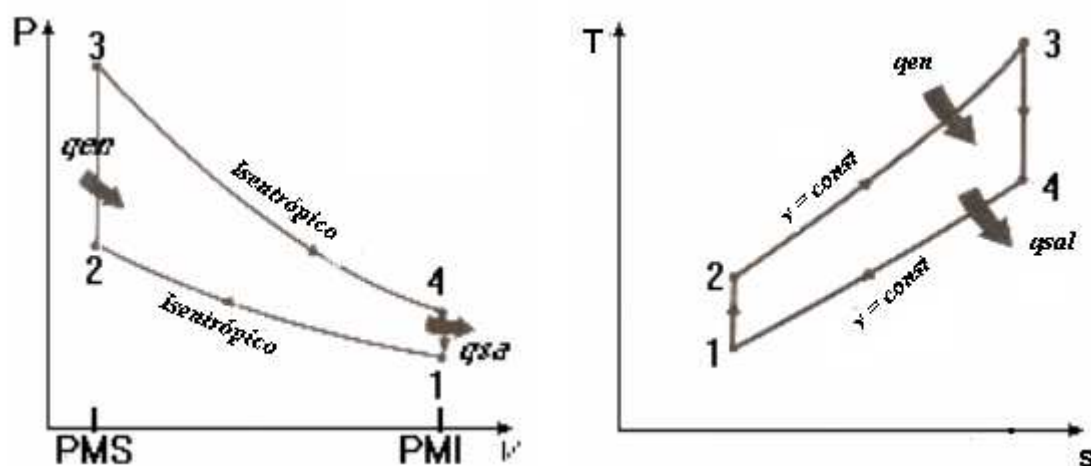
El ciclo Otto se puede apreciar en los diagramas P-v y T-s de la figura 1.6. Este ciclo se compone de cuatro procesos termodinámicos internamente reversibles.

1-2 Compresión adiabática y reversible (isoentrópica)

2-3 Adición de calor a volumen constante

3-4 Expansión adiabática y reversible (isoentrópica)

4-1 Rechazo de calor a volumen constante



a)

b)

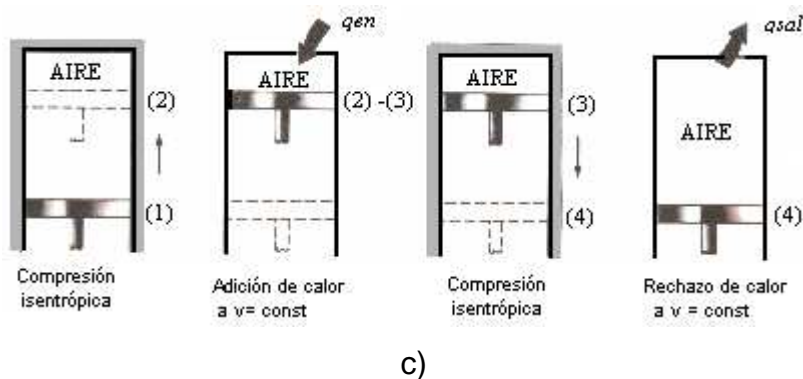


Figura 1.6 a) Diagrama P-v ciclo Otto, b) Diagrama T-s ciclo Otto, c) Esquema del cilindro pistón ciclo Otto<sup>2</sup>

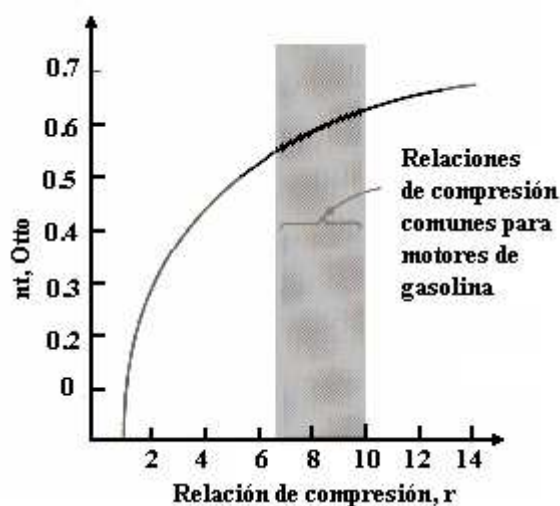


Figura 1.7 Relación de compresión motor gasolina<sup>2</sup>

En este ciclo la relación de compresión (figura 1.7) se encuentra entre 7 y 10:1, si este valor aumenta es muy probable que exista un autoencendido de la mezcla, según el número de octano del combustible, debida a la compresión, esto sin duda afectará el funcionamiento del motor.

### 1.2.3.2 Motor diesel \_ciclo diesel

En el motor diesel ingresa simplemente aire al cilindro, el mismo que es comprimido por el pistón durante su ascenso. Al ser comprimido el aire aumenta

<sup>2</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

<sup>2</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

su temperatura y presión. Con esta preparación del aire, en la cámara de combustión se introduce combustible pulverizado con la ayuda de una bomba de inyección y un inyector.

La combustión se da por la fuerte compresión y elevada temperatura a la cual está sometido el aire, y provoca la inflamación espontánea del combustible cuando este ingresa al cilindro.

Los procesos termodinámicos del ciclo diesel se presenta a continuación en la siguiente figura 1.8.

1-2 Compresión adiabática y reversible (isoentrópica)

2-3 Adición de calor a presión constante

3-4 Expansión adiabática y reversible (isoentrópica)

4-1 Rechazo de calor volumen constante

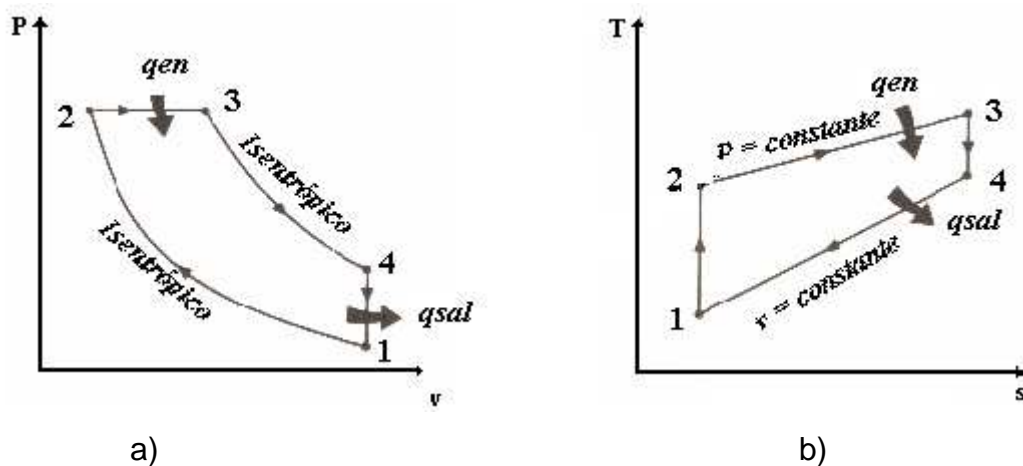


Figura 1.8 a) Diagrama P-v ciclo Diesel, b) Diagrama T-s ciclo Diesel<sup>2</sup>

Hay que considerar, que si se quiere un análisis mucho más complejo (más realista) se debería tener en cuenta el ciclo dual, el cual considera al proceso de combustión como una combinación de dos procesos de transferencia de calor: uno a volumen constante y otro a presión constante.

Debido a que en el motor diesel ingresa aire y no una mezcla, la relación de compresión es elevada y se encuentra entre 15 y 25:1 (figura 1.9).

<sup>2</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

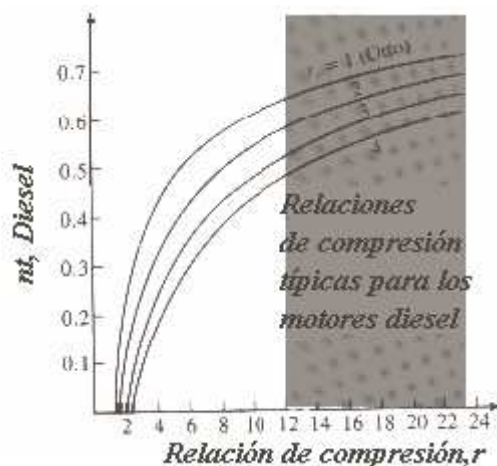


Figura 1.9. Relación de Compresión de motor Diesel<sup>2</sup>

### 1.2.3.3 Diferencias entre el motor de encendido por chispa (ECH) y el motor de encendido por compresión (EC)

- En el **ECH** la mezcla de aire – combustible se comprime hasta una temperatura inferior a la de autoencendido y una bujía provoca la chispa encargada de iniciar el proceso de combustión. En el **EC** el aire se comprime hasta una temperatura superior a la temperatura de autoencendido y la combustión se inicia cuando el combustible se inyecta dentro del aire caliente.
- En el **ECH** se utiliza la bujía para encender la mezcla. En el **EC** se usa un inyector de combustible para introducir el combustible y éste cuando ingresa a la cámara de combustión se auto enciende.
- En el **ECH** la relación de compresión se limita por la temperatura de autoencendido de la mezcla. En el **EC** la temperatura que alcanza permite que la relación de compresión sea mayor y no exista problemas de autoencendido. En el **ECH** la relación de compresión se encuentra entre 7-10:1 mientras que en **EC** se tiene entre 15 y 25:1.
- En el motor de **ECH** el combustible utilizado es gasolina por lo que esta necesita un mayor refinamiento elevando el mantenimiento del motor. En el motor de **EC** utiliza generalmente diesel, el cual es más barato.

- En el motor de **ECH** el proceso de combustión es en forma instantánea (a volumen constante) mientras que en el motor de **EC** el proceso de combustión sucede durante un periodo de tiempo (a presión constante).

### 1.3. BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía permite conocer como se distribuye la energía entregada por el combustible al motor, que cantidad de esta energía realmente realiza trabajo y cual otra es absorbida por el sistema (refrigeración, gases de combustión, ruido, fricción, etc.)

Para visualizar mejor estos resultados se utiliza el diagrama Sankey. La figura 1.8 muestra un esquema básico de un diagrama general. Un análisis del diagrama Sankey permite mejorar el rendimiento de un motor.



Figura 1.10 Diagrama Sankey<sup>4</sup>

El diagrama se construye en base a los resultados obtenidos, tomando como base el calor añadido del combustible y posteriormente calculando el porcentaje que corresponde a la potencia real, y a las pérdidas.

A continuación se detallan todos los conceptos necesarios para el diagrama Sankey.

<sup>4</sup> STUTTGART, Gerscherl, Tecnología del automóvil Tomo2, 1980

### 1.3.1 CALOR AÑADIDO\_ POTENCIA TEÓRICA

El calor añadido es la energía que idealmente puede entregar el combustible ( $Q_a$ ), y se conoce como potencia teórica.

La potencia teórica se obtiene ( $P_{te}$ ):

$$P_{te} = P_c \times m_c \quad (\text{Btu/s}) \quad (1.3)$$

y

$$P_{te} = P_c \times \rho \times v_c \quad (\text{Btu/s}) \quad (1.4)$$

donde:

$P_c$ : poder calórico del combustible (Btu/lbm)

$\rho$ : densidad del combustible (lbm/cm<sup>3</sup>)

$v_c$ : flujo volumétrico de combustible (cm<sup>3</sup>/s)

$m_c$ : flujo volumétrico de combustible (lbm/s)

### 1.3.2 POTENCIA DEL MOTOR

Es la fuerza que recibe el pistón cuando ocurre la combustión en el interior del cilindro (figura 1.11), multiplicada por la distancia recorrida por el pistón en un determinado periodo.

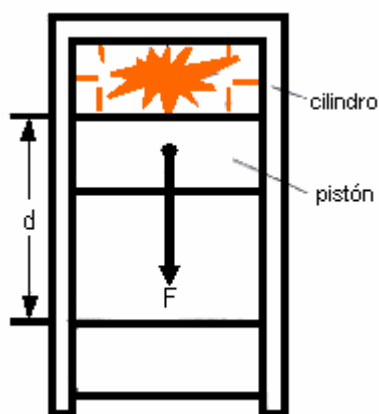


Figura 1.11 Potencia del motor de combustión interna<sup>9</sup>

EC<sup>(1.3)</sup> ALONSO M, Técnica del Automóvil, 2000

EC<sup>(1.4)</sup> ALONSO M, Técnica del Automóvil, 2000

<sup>9</sup> ALONSO M, Técnica del Automóvil, 2000

Esta potencia no se aplica totalmente sobre el cigüeñal. Esto se debe a que existen factores como calor, rozamiento, ruido, entre otros, que restan valor a la potencia. Por lo tanto la potencia en el eje siempre será menor.

En el motor se distinguen tres clases de potencia: indicada, efectiva, absorbida.

- Potencia indicada: Es la potencia que recibe el pistón durante el ciclo y se calcula con ayuda del diagrama indicado.
- Potencia efectiva\_ Par motor: se calcula con la ayuda de un freno, mediante un banco de pruebas.

Par Motor: La fuerza que empuja al pistón mueve la biela haciendo girar al codo del cigüeñal mediante un esfuerzo de torsión que se conoce como Par Motor.

Potencia efectiva: El par motor multiplicado por la velocidad de rotación da como resultado la potencia efectiva, conocida también como **potencia al freno** debido al mecanismo que se utiliza para su medición.

$$P_e = \tau \times \omega \quad (1.5)$$

donde:

$\tau$ : torque del motor (lbf.pie)

$\omega$ : velocidad de rotación del motor (rev / min)

Más adelante, cuando se hable del banco de pruebas se detallará como se obtiene el torque y la potencia en el sistema de freno.

- Potencia absorbida: Esta corresponde a la diferencia entre la potencia indicada y la potencia al freno. Generalmente esta es utilizada para vencer el rozamiento entre las superficies (pistones, cojinetes, etc), y para dar movimiento a otros elementos que el motor necesita como: la bomba de agua, el alternador, etc.

### 1.3.3 CALOR RECHAZADO\_ PÉRDIDAS

Se encuentra dos clases de pérdidas:

- Pérdidas térmicas (refrigeración, lubricación y escape)
- Pérdidas mecánicas (fricción, ruido, etc)



Las pérdidas mecánicas son contabilizadas como ya se ha visto en la potencia absorbida mientras que las pérdidas térmicas se analizan a continuación:

- a) Calor rechazado por refrigeración: La refrigeración en el motor puede darse por múltiples formas, siendo las más importantes, por agua y por aire.

Para calcular las pérdidas por refrigeración es importante conocer el flujo de masa que enfría al motor, así como la temperatura de entrada y salida, relacionados por la siguiente expresión:

$$Pérdidas = \dot{Q} = \dot{m}_f \times C_p \times \Delta T \quad (\text{Btu/min}) \quad (1.6)$$

donde:

$\dot{m}_f$  = flujo del fluido de refrigeración (lbm/min)

$C_p$  = calor específico del fluido a la temperatura media (Btu/lbm.R)

$\Delta T$  = es la diferencia de temperatura a la entrada y salida (R)

- b) Calor rechazado por los gases de escape: Los gases de escape aún calientes son expulsados del cilindro, estos gases se llevan una parte de la energía entregada por el combustible durante la explosión. El calor rechazado por los gases se puede calcular también mediante la ecuación 1.6, en este caso es importante hacer ciertas consideraciones.

- El flujo de masa de los gases debe ser igual a la suma del flujo del aire más el flujo del combustible

$$\dot{m} = \dot{m}_a + \dot{m}_c \quad (\text{lbm/min}) \quad (1.7)$$

- El  $C_p$  de los gases puede ser calculado conociendo la fracción de masa de los componentes o en forma aproximada con el  $C_p$  del  $N_2$  a una temperatura promedio de 400 F ( $C_p = 0.251 \text{ Btu}/(\text{lbm.R})^2$ )

Después de calcular todos los flujos de energía se puede obtener un balance de energía completo.

$$P_{te} = P_i + P_{Ra} + P_{Rg} \quad (\text{HP}) \quad (1.8)$$

EC<sup>(1.6)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

EC<sup>(1.7)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

EC<sup>(1.8)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

<sup>2</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

$$P_i = P_e + P_{ab} \quad (\text{HP}) \quad (1.9)$$

$$P_{te} = P_e + P_{ab} + P_{Ra} + P_{Rg} \quad (\text{HP}) \quad (1.10)$$

donde :

$P_{te}$  = potencia teórica (HP)

$P_i$  = potencia indicada (HP)

$P_{Ra}$  = pérdidas por la refrigeración (HP)

$P_{Rg}$  = pérdidas por los gases (HP)

$P_e$  = potencia efectiva (HP)

$P_{ab}$  = potencia absorbida (HP)

### 1.3.4 EFICIENCIA

Si se considera a la potencia teórica,  $P_{te}$ , como el 100% de la energía entregada al sistema, se puede obtener diferentes rendimientos o eficiencias del motor como son:

Eficiencia Termodinámica indicada = Potencia indicada / Potencia teórica

Rendimiento Mecánico = Potencia efectiva / Potencia indicada

Eficiencia Termodinámica o efectiva = Potencia efectiva / Potencia teórica

### 1.4. CURVAS CARACTERISTICAS

Las Curvas Características de un motor permiten comparar un motor frente a beneficios y consumos, lo cual ayuda a saber que motor es más rentable según las necesidades que se tiene.

Las Curvas Características del motor, suelen venir incluidas en los folletos técnicos y se refieren a las prestaciones que estos motores suministran en un banco de pruebas (torque, potencia al freno, consumo específico, entre otros).

Los resultados que se obtienen en el banco de pruebas no serán los que se obtienen en la práctica, pero sirven como un elemento comparativo válido, ya que se prueban en condiciones muy cercanas al funcionamiento real.

---

EC <sup>(1.9)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

EC <sup>(1.10)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

Las primeras curvas características de motores, que aparecieron hace años, han evolucionado a otras más modernas y favorables gracias a los progresos e innovaciones técnicas adoptadas por los motores modernos: mejor alimentación de aire en los cilindros con el montaje de turbocompresores y sistemas intercooler, mejor barrido de gases de escape con el montaje de 4 válvulas por cilindro, aumento de la presión y sistemas de inyección, montaje de árboles de levas en cabeza, etc, pero sobre todo con el control electrónico de los motores y de su citado sistema de inyección, que les permite suministrar la cantidad exacta de combustible requerida y en el momento preciso, obteniendo una combustión mucho más perfecta con mayores prestaciones de par, potencia y menor consumo.

#### **1.4.1 CURVAS DE VELOCIDAD**

En las *curvas de velocidad* las revoluciones del motor y la carga varían, mientras el acelerador se mantiene en una misma posición (constante), las curvas de velocidad están dadas en función de las revoluciones y se puede obtener:

- *el torque (T) vs. RPM*
- *potencia al freno (Pf) vs. RPM*
- *eficiencia (n) vs. RPM*
- *consumo específico de combustible (c.e.c) vs. RPM*

Las curvas de velocidad sirven principalmente cuando se analiza motores cuya aplicación sea: transporte, maquinaria pesada, vehículos de competencia, etc.

#### **1.4.2 CURVAS DE CARGA**

En las *curvas de carga* la velocidad de rotación permanece constante mientras la carga y el acelerador varían, estas curvas están en función de la potencia al freno y se obtiene curvas:

- *consumo específico de combustible (c.e.c) vs. Potencia al freno (Pf)*
- *consumo de combustible (c.c) vs. Potencia al freno (Pf)*
- *eficiencia (n) vs. Potencia al freno (Pf)*

La principal aplicación de estas curvas son los motores de generación de corriente eléctrica y los motores que manejan sistemas de bombeo, debido a que la frecuencia de la energía eléctrica generada es función directa de las revoluciones del motor, además de las características propias del generador. Por lo tanto dependiendo de la utilidad del motor se obtienen las curvas características.

En el Laboratorio de Termodinámica se obtendrán curvas de velocidad y carga tanto para el motor diesel como para el de gasolina.

De los conceptos antes mencionados solamente el consumo de combustible y consumo específico de combustible no son aún familiares.

### 1.4.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE, CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

El *consumo es combustible* es la masa de combustible que se consume en determinado tiempo.

$$c.c = \rho_{Combustible} \times V / t \quad (\text{lbm/s}) \quad (1.11)$$

donde:  $\rho_{Combustible}$  = densidad del combustible ( $\text{gr/cm}^3$ )

$V$  = volumen determinado ( $\text{cm}^3$ )

$t$  = tiempo que se demora en consumirse  $V$  (s)

El *consumo específico de combustible* determina cuanto combustible se está gastando frente a cuanta potencia se recibe.

$$c.e.c = c.c / P_f \quad (\text{lbm/s/HP}) \quad (1.12)$$

## 1.5. BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas es un equipo que permite obtener, mediante mediciones de los distintos conceptos antes mencionados, tanto el balance de energía como las curvas características del motor, para conocer como trabaja este.

---

EC<sup>(1.11)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

EC<sup>(1.12)</sup> Çengel Y, Termodinámica, Tomo 2, 2001

A continuación se describe totalmente el banco de pruebas y cuales son los datos a tomarse. En la tabla 1.3 se resume cómo con los datos obtenidos en el banco se calcula los parámetros necesarios para el balance de energía y las curvas características.

El banco de pruebas consta de cuatro sistemas principales:

1. Sistema de Freno
2. Sistema de Combustible
3. Sistema de Refrigeración
4. Sistema de Aire

Se revisará uno por uno, cada sistema visualizando los datos que son necesarios en los cálculos (tabla 1.3).

### **1.5.1 SISTEMA DE FRENO**

El sistema de frenado consiste en un equipo que permite simular diferentes condiciones del motor para medir el par motor y la potencia.

La figura 1.12 muestra un esquema sencillo del sistema de frenado del motor diesel y la figura 1.13, hace referencia al motor gasolina.

#### ***Motor Diesel***

Cuando el motor gira trata de arrastrar al freno también, el cual se mantiene en equilibrio mediante la fuerza que un resorte de compresión ejerce sobre el freno. Esta fuerza multiplicada por el brazo produce un par de igual magnitud pero de sentido contrario al del motor, por lo tanto si se obtiene la fuerza que hace el resorte mediante un dinamómetro y si se tiene el brazo se puede calcular el par motor. Si se añade un tacómetro al sistema se puede obtener la potencia al freno del motor. Ver tabla 1.3

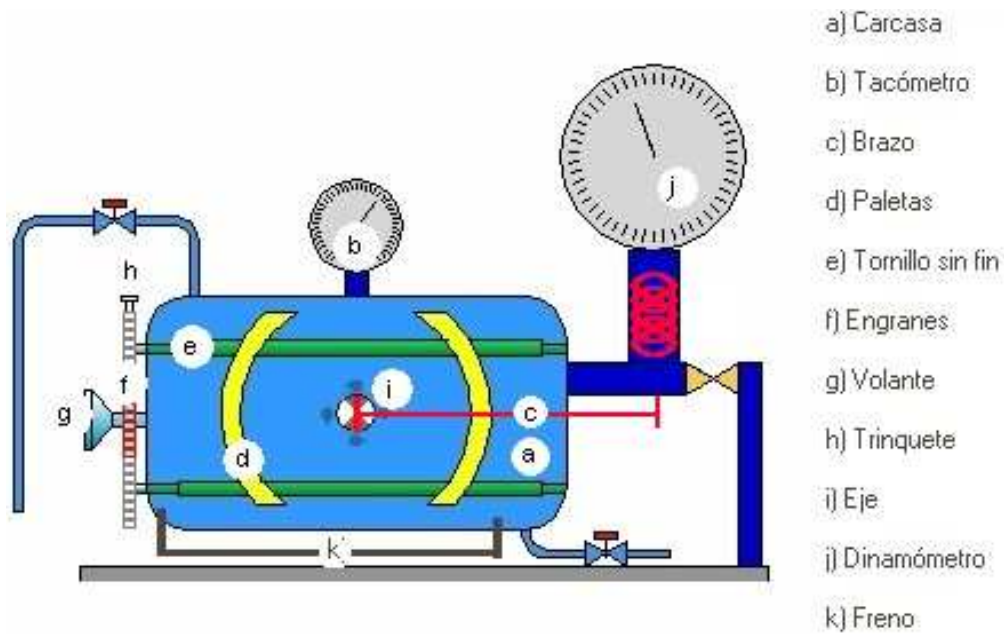


Figura 1.12 Esquema del freno Hidráulico del motor diesel del Laboratorio de Termodinámica<sup>16</sup>

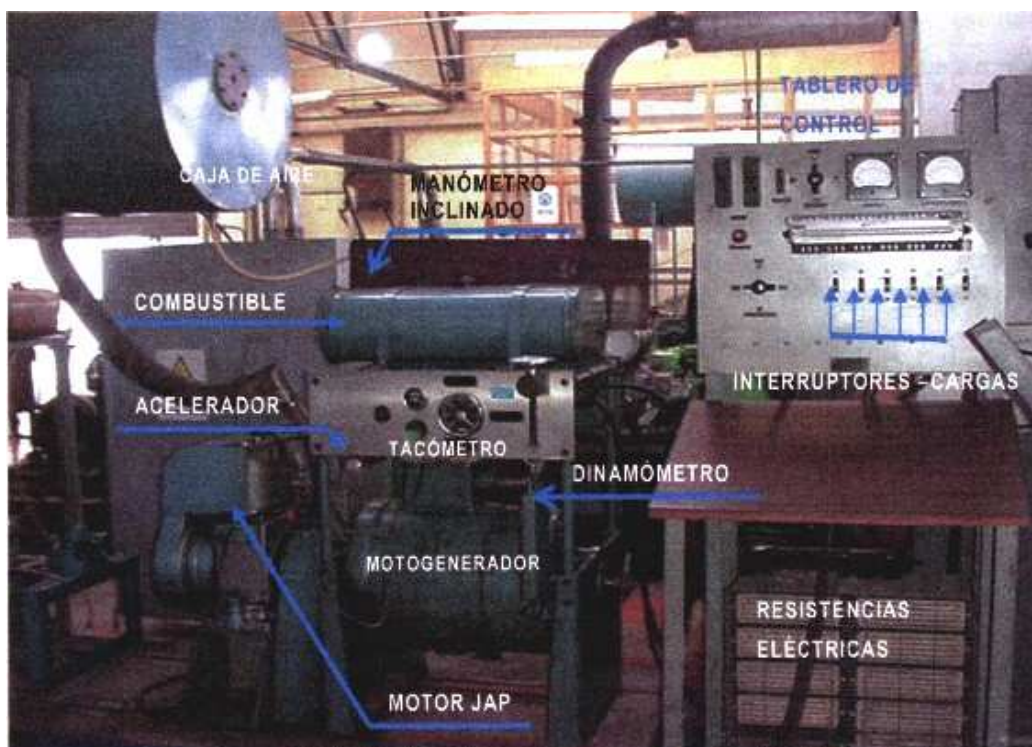


Figura 1.13 Esquema del freno por Resistencias del motor de gasolina<sup>5</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

### *Principio de funcionamiento interno del freno*

Acoplado al eje del motor se encuentra el freno hidráulico, este consta de una carcasa. Esta se encuentra internamente llena de agua. Además existe un tornillo sin fin por el cual pueden deslizarse dos paletas. El tornillo sin fin se acopla a engranes y estos a un volante. Con el volante se puede acercar o alejar las paletas, cuando se escoge la posición se aseguran los engranes con un trinquete. Cuando el motor gira, las partículas de agua que estén en contacto con el motor girarán con la misma velocidad, mientras que las más alejadas del eje y cercanas a las paletas no girarán, provocando un gradiente de velocidades. A medida que se acercan las paletas, el agua tiende a comprimirse y frenar al eje.

### ***Motor de Gasolina***

En este motor la forma de frenar es diferente. El motor de gasolina del banco de pruebas para su encendido tiene un motor- generador, que al encender al motor, (ver Anexo A, Instructivo LT-I-5.4-18), reemplaza el funcionamiento de una batería; y cuando el motor de combustión está encendido se convierte en generador. Acoplado a este generador se encuentra una serie de resistencias que al ser conectadas consumen energía frenando así al motor.

- Las resistencias son seis en total, con lo cual se puede crear un juego de valores.

### Toma de datos del sistema de frenado:

En este sistema de frenado tanto para el motor Diesel como en el de Gasolina los datos son los mismos:

- Número de revoluciones (dato 8): El número de revoluciones por minuto se mide a través de un tacómetro acoplado en el eje del motor. El rango a trabajar debe ser sugerido por el Jefe de Laboratorio.
- La fuerza (dato 9): La fuerza del torque que realiza el motor se mide en el dinamómetro, esta fuerza esta dada en libras-fuerza.

Observación General: Todos los datos deben ser tomados cuando el motor se haya estabilizado. Después de que el motor cambia de condición se debe esperar de 3 a 5 minutos mínimo antes de tomar los datos.

### 1.5.2 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

En la figura 1.14 se observa el esquema del sistema de combustible.

El combustible viaja por tres circuitos, esto depende de cómo están posicionadas las válvulas 1 y 2.

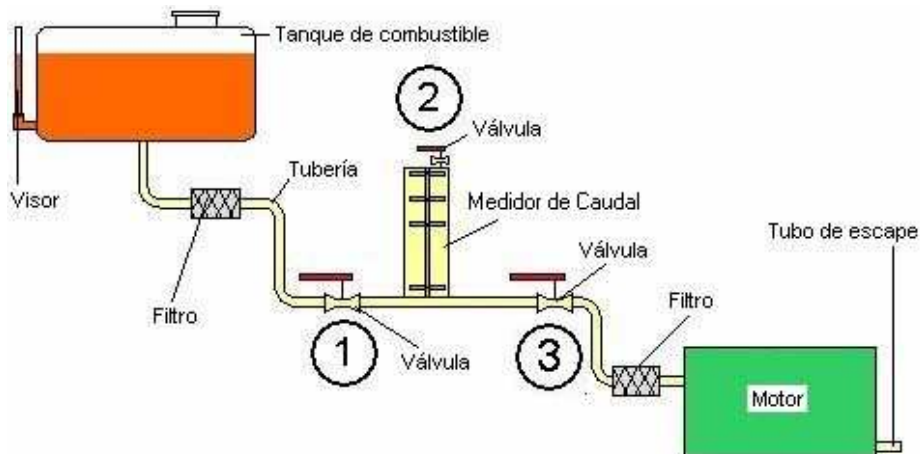


Figura 1.14 Sistema de Combustible<sup>16</sup>

Circulación general: La válvula 1 abierta, 2 cerrada, ver figura 1.15

Cuando la válvula 2 está cerrada, el combustible no circula desde el *medidor de caudal*. Por lo tanto el combustible baja por gravedad desde el tanque, atraviesa la tubería, los dos filtros y finalmente llega al motor. Cumple con su servicio y sale por el tubo de escape convertido en gas de combustión.

Recuperación de nivel: La válvula 1 abierta, 2 abierta, ver figura 1.17

Antes de cualquier medición se debe asegurar que el medidor de caudal tenga combustible. Por lo tanto se procede a abrir la válvula 2. Esta acción permite que una parte del combustible ingrese al medidor y la otra continúe la circulación general.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita



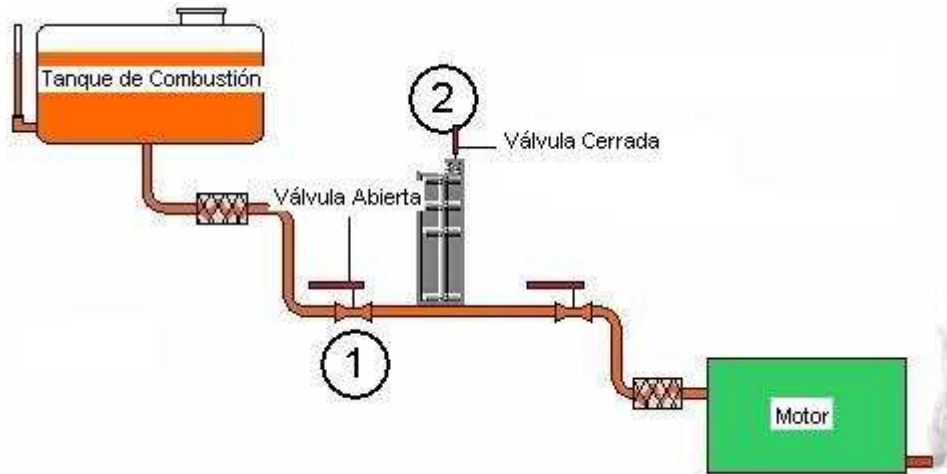


Figura 1.15 Circulación General<sup>16</sup>

El medidor de caudal presenta cuatro cejas, cuando el combustible sobrepasa la primera ceja (figura 1.16), contando desde la parte superior se cerrará nuevamente la válvula 2 y el nivel del medidor se hallará recuperado.

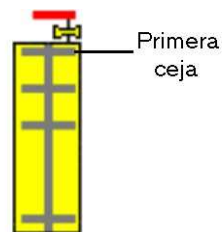


Figura 1.16 Medidor de Caudal<sup>16</sup>

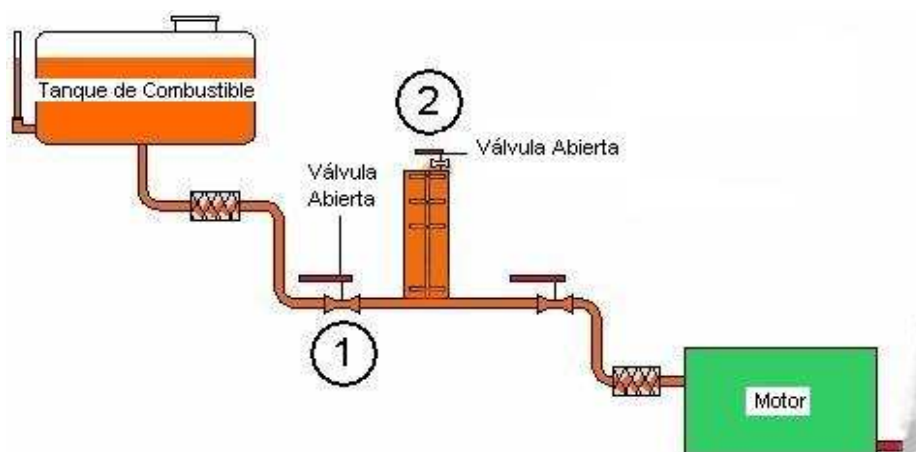


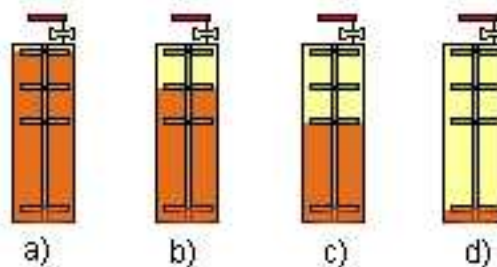
Figura 1.17 Recuperación de Nivel<sup>16</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

Medición de caudal: La válvula 1 cerrada, 2 abierta

Para medir el caudal del combustible se cierra la válvula 1 impidiendo el paso del combustible desde el tanque principal. Instantáneamente la válvula 2 se abre y el motor empezará a consumir el combustible desde el medidor del caudal.

Toma de datos en el sistema de combustible: Cuando el motor empieza a consumir el combustible desde el medidor, se debe tomar el tiempo (dato 1) que se demora en consumirse determinado volumen entre ceja y ceja, estando este medidor graduado entre ellas. La graduación difiere en unidades entre el motor diesel y gasolina del Laboratorio de Termodinámica de Ingeniería Mecánica como se indica en el de la figura 1.18.



Combustible	Medidas				Unidades
	a)	b)	c)	d)	
Diesel	0	50	100	200	cm <sup>3</sup>
Gasolina	0	1/32	1/16	1/8	pintas

Figura 1.18. Graduación del medidor de caudal<sup>16</sup>

Observaciones: Hay que tener precauciones en el manejo de las válvulas, entre estas, las más importantes son:

1. La tercera válvula jamás debe estar cerrada. Si por algún motivo se cierra la válvula, el combustible no pasa y aire entra al motor y deja de funcionar hasta que se purgue este.
2. Si durante la medición del caudal se consume todo el combustible del medidor y la válvula 1 no se abre nuevamente, aire ingresa al motor con las mismas consecuencias que el punto 1.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

3. Si durante la medición del caudal se cierran las válvulas 1 y 2 la consecuencia es la misma que en los dos puntos anteriores.
4. Si en la recuperación de nivel, la válvula 2 se mantiene abierta por mucho tiempo el combustible puede empezar a regarse por la parte superior del medidor.
5. Las unidades del medidor tanto en gasolina como diesel son diferentes; en el motor diesel el medidor se encuentra en centímetros cúbicos, mientras que en el de gasolina se encuentra en pintas. Esto es muy importante tener en cuenta para cálculos posteriores.

### 1.5.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los dos primeros sistemas son idénticos en el motor de gasolina y diesel. Pero ahora en los dos siguientes sistemas se hablará por separado según el motor.

**Motor Diesel:** La refrigeración en el motor diesel del banco de pruebas se da por agua. El sistema se puede ver en la figura 1.19:

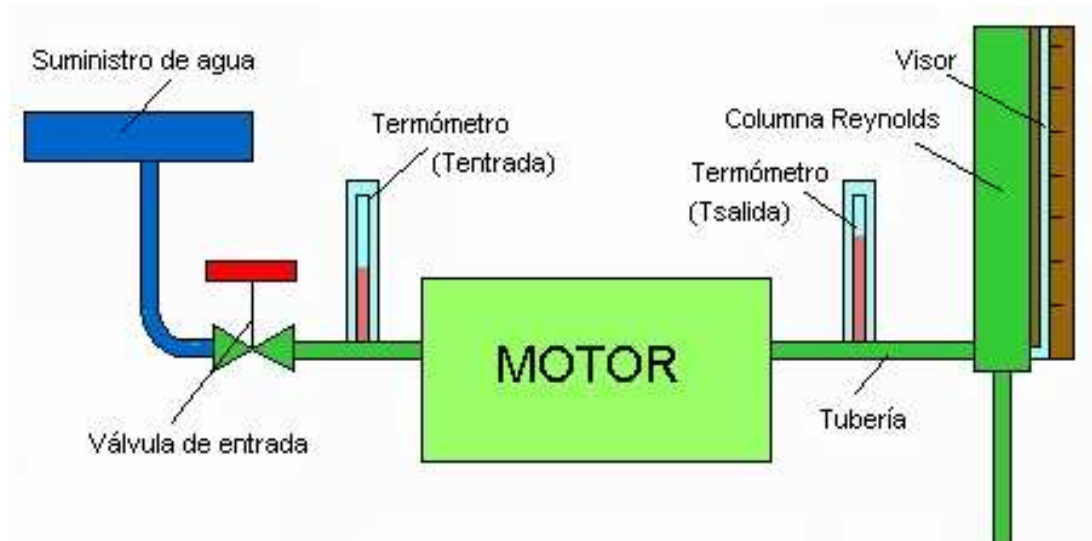


Figura 1.19 Sistema de Refrigeración<sup>16</sup>

Como su nombre lo indica el sistema de refrigeración tiene como objetivo principal la refrigeración del motor; y el objetivo de las mediciones es determinar el flujo de agua que refrigera al motor.

Desde el suministro principal llega el agua a la tubería de entrada pasa al motor y sale al desagüe.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

Durante el trayecto se encuentra:

- La válvula de entrada: Esta válvula permite controlar el flujo de agua que ingresa al motor. Es importante que esta válvula se encuentre abierta durante toda la práctica.
- Los termómetros: La temperatura del agua es medida tanto a la entrada como a la salida del motor.
- Columna Reynolds: Antes de que el agua regrese al suministro pasa por un medidor, conocido como columna Reynolds, que mide el flujo de agua.

La columna Reynolds es un tubo vertical conectado directamente al flujo de agua que sale del motor. Cuando el agua pasa por este tubo, el flujo tiende a equilibrarse y el agua sube por el tubo hasta cierta altura.

Con la ayuda de un visor colocado junto al tubo se puede medir la altura de la columna Reynolds.

Toma de datos en el sistema de refrigeración: En el sistema, los datos a tomarse son:

- La temperatura tanto a la entrada (dato 5) como a la salida (dato 6) se realiza con termómetros de mercurio
- La altura de la columna (dato 7) se controla con la válvula de entrada por lo tanto es recomendable tener una altura mayor a 2 pulgadas

**Motor de Gasolina:** Este motor en el banco de pruebas se caracteriza por tener la refrigeración por aire. Un conjunto de aletas rodean la culata del motor como se muestra en la figura 1.20.

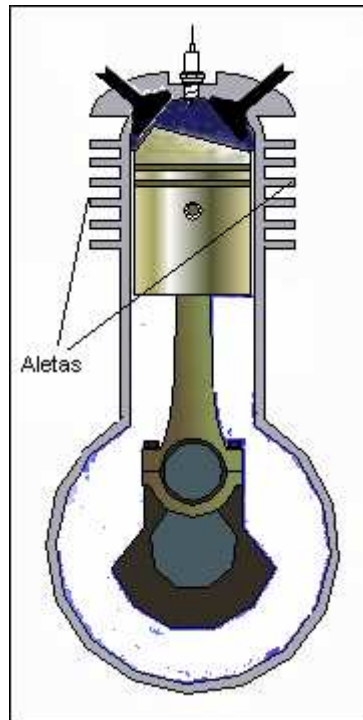


Figura 1.20 Sistema de Refrigeración del Motor de Gasolina<sup>16</sup>

En esta ocasión en el sistema de refrigeración no se hará ninguna medición.

Observaciones:

La válvula de entrada del agua debe estar siempre abierta, incluso antes de encender el motor.

#### 1.5.4 SISTEMA DE AIRE

El sistema de aire consta de los elementos que se muestran en la figura 1.21.

En el tiempo de admisión, el motor genera un vacío, lo que obliga a que ingrese aire nuevo por el agujero de diámetro calibrado situado en la caja de aire. Por lo tanto la presión fuera de la caja será mayor que la presión dentro de esta. Siendo la presión externa simplemente la atmosférica (figura 1.22).

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

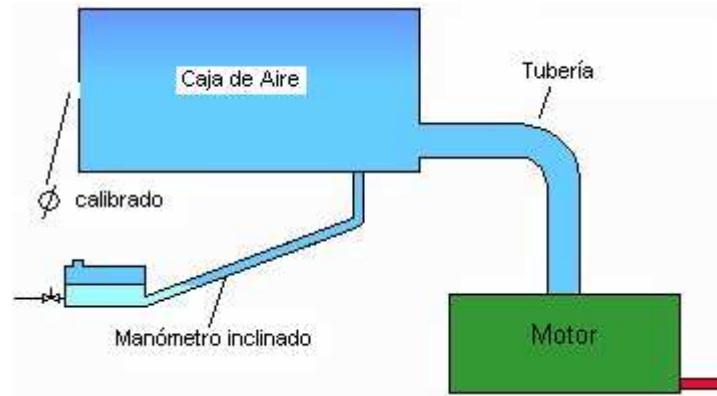


Figura 1.21 Sistema de Aire<sup>16</sup>

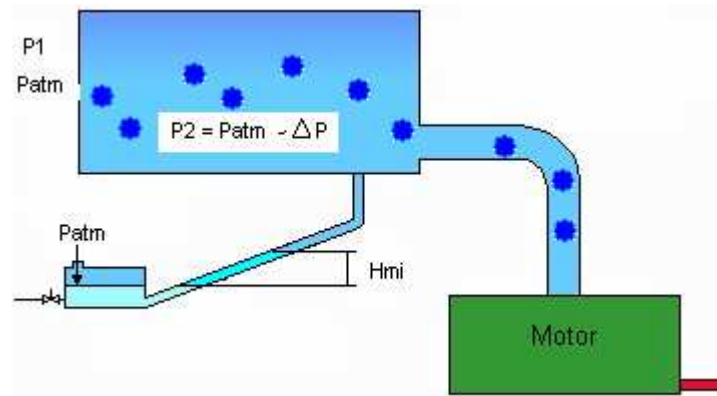


Figura 1.22 Principio de funcionamiento de la caja de aire<sup>16</sup>

$$P1 = Patm \quad (1.13)$$

$$P2 = Patm - \Delta P \quad (1.14)$$

$$P1 > P2 \quad (1.15)$$

Como resultado del análisis anterior, el aire que ingresa por la caja sigue la manguera, ingresa al motor, participa en la combustión y sale por el tubo de escape convertido en gases de combustión. Debido al gradiente de presión el aire es obligado a moverse, al igual que el que se encuentra en la manguera del

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

EC<sup>(1.13)</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

EC<sup>(1.14)</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

EC<sup>(1.15)</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

manómetro. Por lo tanto el agua del manómetro tiende a subir, generando una diferencia de altura.

En la tabla 1.3 se establece como esta altura junto con el diámetro del orificio, ayudarán a establecer el flujo de aire durante la combustión.

Toma de datos en el sistema de aire: En este sistema los datos a tomarse son:

- La altura del manómetro inclinado (dato 2): La diferencia de presiones genera una diferencia de alturas en el manómetro inclinado que se lee en forma ampliada (figura 1.23). Las divisiones del manómetro corresponden a la altura de la diferencia de presiones en pulgadas. Por lo tanto la medida que se toma en el manómetro inclinado corresponde a una medida vertical.

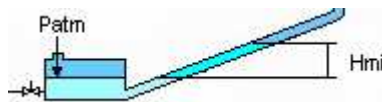


Figura 1.23 Altura del manómetro inclinado<sup>16</sup>

- La temperatura de entrada de aire (dato 3): La temperatura del aire a la entrada se tomará con un termómetro de mercurio, en una zona cercana al ingreso del aire.
- La temperatura a la salida de los gases de combustión (dato 4): Esta temperatura se tomará justo a la salida del múltiple de escape con la ayuda de una termocupla.

## 1.6. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica consiste de dos partes, una experimental donde se toman los datos, y un cálculo posterior, donde esos datos se utilizan para obtener diferentes resultados para analizar.

### 1.6.1 CÓMO SE UTILIZA EL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas, como se mencionó anteriormente, se utiliza para obtener las curvas características y el balance de energía del motor.

En esta sección se explicará detenidamente cómo se realiza la práctica.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

Antes de empezar la práctica se debe estar seguro que los conocimientos previos están entendidos.

Las prácticas de motores son dos: una con el motor diesel y otra con el motor de gasolina.

Cada práctica se divide en dos partes, en la primera se dispondrá el acelerador en una posición fija, mientras las revoluciones irán variando a medida que se utilice el freno, es decir se obtendrá los resultados para curvas de velocidad.

En la segunda parte las revoluciones del motor se mantienen fijas con ayuda del freno mientras que el acelerador varía su posición, por lo tanto se obtendrán curvas de carga.

En la primera y segunda parte de la práctica se tomarán los datos para el balance de energía.

Teniendo en claro lo que se quiere medir se inicia la práctica.

### **Pasos para realizar la práctica del motor Diesel**

1. Leer detenidamente la hoja de datos que se entrega en el laboratorio de Termodinámica (ver anexo A, Registro LT-R-5.4-09).
2. Llenar todos los datos previos: especificaciones del combustible, condiciones ambientales y observaciones.
3. Verificar que todos los elementos externos al motor que se necesitan estén disponibles:
  - La bomba que entrega el agua para la refrigeración del motor debe estar encendida.
  - La termocupla de los gases de escape debe estar conectada al medidor.
  - Los cables de la batería deben estar conectados, en buenas condiciones y bien sujetos
  - El personal que realiza la práctica debe estar adecuadamente equipado (casco, orejeras, mandil, etc)
  - El nivel de combustible y de aceite sea el adecuado
4. Se abre el paso del agua para la refrigeración del motor, se controla el caudal con la válvula de entrada para la columna Reynolds.



5. Se enciende el motor (ver Anexo A). Es posible que se necesite la ayuda de la bujía de calentamiento que se encuentra a la entrada del múltiple de admisión e incluso se puede utilizar éter.

6. Cuando el motor ya esté encendido es importante controlar el acelerador para no forzar al motor. Por lo cual este debe ser ubicado a un tercio de su máxima posición. El motor debe tener tiempo para estabilizarse.

7. Si todos los elementos funcionan adecuadamente se procede a realizar la primera parte de la práctica.

- El acelerador permanecerá constante, mientras que las revoluciones se irán controlando con el freno hidráulico. Los valores de las revoluciones, el número de datos dependen del rango que se quiera medir, del combustible y tiempo que se asignen a la práctica. Estos pueden estar entre 1000 - 2500 rpm y el número de mediciones de 5 o 6. Pero no son valores estrictos.
- Después de ajustar al motor a las primeras revoluciones seleccionadas se lo deja estabilizar entre 3 a 5 min., por lo menos.
- Cuando se estabilizado se procede a tomar los siguientes datos
  - a) Fuerza: Esta se lee del dinamómetro y es muy importante recordar alinear la señal con el tope para mantener el brazo perpendicular a la fuerza
  - b) Brazo: Distancia desde el eje hasta el dinamómetro
  - c) RPM: Se leen en el tacómetro.
  - d) Temperaturas
    - de agua: a la entrada y salida
    - de aire: a la entrada y a la salida (termocupla)
  - e) Flujos
    - de agua: la altura en la columna Reynolds
    - de aire: el diámetro del orificio de la caja de aire y la altura del manómetro inclinado
    - del combustible: el tiempo que se demora en consumirse 50 centímetros cúbicos en el medidor.

Estos datos se deben tomar para cada condición del motor, tomando en cuenta que el motor siempre debe tener tiempo para estabilizarse.

8. Se coloca las revoluciones en una posición fija (este valor no es estricto, se recomienda entre 1200 a 1800 RPM).

- Se varía el acelerador, logrando que la fuerza en el dinamómetro haga un recorrido anti horario en n posiciones, pero siempre se controla que las revoluciones permanezcan constantes
- Se procederá igual que la primera parte tomando los mismos datos, salvo que en el casillero de las revoluciones el valor será constante

Las recomendaciones son las mismas para las dos partes.

9. Cuando todas las mediciones han sido realizadas, el motor se apaga

10. Se cierra el sistema de refrigeración y se apaga la bomba (ver anexo A)

### **Pasos para realizar la práctica del motor de Gasolina**

1. Leer detenidamente la hoja de datos que se entrega en el laboratorio de Termodinámica.

2. Llenar todos los datos previos: especificaciones del combustible, condiciones ambientales y observaciones.

3. Verificar que todos los elementos externos al motor, que se necesitan, estén disponibles:

- El motor de encendido este en buenas condiciones.
- El personal que realiza la práctica debe estar adecuadamente equipada (casco, orejeras, mandil, etc).
- El nivel de combustible y de aceite deben ser revisados.

4. Se enciende el motor eléctrico.

5. Cuando el motor-generator, ya está encendido, el motor de combustión interna se enciende y el primero pasará a realizar la tarea de generador.

6. Hay que controlar el acelerador para no forzar al motor. Por lo cual este debe ser ubicado a un tercio de su máxima posición. El motor debe tener tiempo para estabilizarse.

7. Si todos los elementos funcionan adecuadamente se procede a realizar la primera parte de la práctica.

- El acelerador permanecerá constante, mientras que las revoluciones se irán controlando con las resistencias. Los valores de las revoluciones y el número de datos dependen de que rango se quiera medir y del combustible

y tiempo que se asignen a la práctica. Estos pueden estar entre 1000 - 2000 rpm y el número de mediciones de 6 o 7. Pero no son valores estrictos

- Después de ajustar al motor a las primeras revoluciones seleccionadas se debe dejar estabilizar al motor de 3 a 5 min. por lo menos
- Cuando se ha estabilizado el motor se procede a tomar los siguientes datos

f) Fuerza: Esta se lee del dinamómetro y es muy importante recordar alinear la señal con el tope para mantener el brazo perpendicular a la fuerza.

g) RPM: Se leen en el tacómetro.

h) Flujos:

de aire: el diámetro del orificio de la caja de aire y la altura del manómetro inclinado

del combustible: el tiempo que se demora en consumirse 50 centímetros cúbicos en el medidor.

h) Voltaje y amperaje del generador.

Estos datos se deben tomar para cada condición del motor, tomando en cuenta que el motor siempre debe tener tiempo para estabilizarse.

8. Se coloca las revoluciones en una posición fija (este valor no es estricto, se recomienda entre 600 -1000 RPM).

- Se varía el acelerador y la carga, logrando que la fuerza en el dinamómetro haga un recorrido anti horario en n posiciones, pero siempre se controla que las revoluciones permanezcan constantes.
- Se procederá igual que la primera parte tomando los mismos datos, salvo que en el casillero de las revoluciones el valor será constante.

Las recomendaciones son las mismas para las dos partes.

9. Cuando todas las mediciones han sido realizadas, el motor se apaga (ver anexo A).

### 1.6.2 COMO SE RELACIONAN LOS DATOS OBTENIDOS EN LAS PRÁCTICAS CON LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN AL MOTOR.

Un ejemplo de los datos obtenidos en una práctica de motor diesel con acelerador en una posición fija se muestra a continuación (tabla 1.2). Con estos datos y las relaciones respectivas se puede obtener tanto el balance como las curvas.

Tabla 1.2 Ejemplo de los datos obtenidos en la práctica (motor Diesel)

No.	Freno		Agua			Aire		Gases de Escape	Combustible
	F [lbf]	RPM	Te [F]	Ts [F]	H <sub>CR</sub> [pulg]	Te [F]	H <sub>mi</sub> [pulg]	Ts [C]	t <sub>50 cm<sup>3</sup></sub> [s]
	dato 8	dato 9	dato 5	dato 6	dato 7	dato 3	dato 2	dato 4	dato 1
1	3.4	2500	59	95	4	64	3.7	188	77
2	9	2325	59	97	3.9	64	3.3	205	73
3	18	2050	59	99	3.8	64	2.6	259	64
4	28.2	1825	59	101	3.7	64	2.2	323	55
5	36	1600	59	104	3.6	64	1.5	370	54
6	41	1200	59	105	3.5	64	0.8	453	52

De la tabla 1.2 se tiene:

F = fuerza [lbf]

RPM = velocidad a la que gira el motor

Te<sub>agua</sub> = Temperatura de entrada del agua [F]

Ts<sub>agua</sub> = Temperatura de salida del agua [F]

H<sub>CR</sub> = Altura de la columna Reynolds [pulg]

Te<sub>aire</sub> = Temperatura de entrada del agua [F]

H<sub>mi</sub> = Altura del manómetro inclinado [pulg]

Ts = Temperatura de los gases de escape [C]

t<sub>50 cm<sup>3</sup></sub> = tiempo que se demora en consumirse 50 cm<sup>3</sup> de combustible [s]

Datos y constantes adicionales:

*Combustible*

**Diesel**

Poder calórico, Pc = 18932 [Btu/lbm]

Densidad, d = 0.842 [gr/cm<sup>3</sup>]

**Gasolina**

Poder calórico, Pc = 19100 [Btu/lbm]<sup>aa</sup>

Densidad, d = 0.75 [gr/cm<sup>3</sup>]

<sup>aa</sup> El valor de todas las constantes, ha excepción de los calores específicos, han sido tomadas de la Tesis: Guía de Prácticas de Laboratorio de Termodinámica, Julio, 1986.

*Aire*

Presión Atmosférica en Quito  $H = 540$  [mmHg]

*Gases de escape*

Calor específico del aire,  $Cp_{\text{Gases}} = 0.25$  [Btu/ lbm \*R] (ver anexo C)

*Agua*

Calor específico del H<sub>2</sub>O,  $Cp_{\text{H}_2\text{O}} = 1$  [Btu/ lbm \*R] (ver anexo C)

*Banco de pruebas***Motor Diesel**

Brazo  $b = 1.18$  [pie]

Diámetro del orificio de la caja de aire  $d_i = 1.3745$  [pulg]

Volumen  $V = 50$  [cm<sup>3</sup>] \*

\*El volumen puede variar dependiendo de la referencia que se tome en el medidor de caudal (50, 100, 200 cm<sup>3</sup>)

**Motor de Gasolina**

Brazo  $b = 1.$  [pie]

Diámetro del orificio de la caja de aire  $d_i = 0.684$  [pulg]

Volumen  $V = 1/32$  [pinta] \*

\*El volumen puede variar dependiendo de la referencia que se tome en el medidor de caudal (1/32, 1/16, 1/8 pinta)

Tabla 1.3 Expresiones, equivalencias y simbología utilizada en la práctica

Concepto	Fórmula	Unidades	Significado	Equivalencias
Torque ( $\tau$ )	$F \times b$	[lbf.pie]	F = fuerza [lbf] b = brazo [pie]	
Potencia al freno (Pf)	$\tau \times \omega$ ó $2 \pi \cdot \tau \cdot \omega / (60 \cdot 550)$	[lbf.pie · rpm] [HP]	$\tau$ = torque [lbf.pie] $\omega$ = velocidad angular [rpm]	$2 \pi \text{ rad} = 1 \text{ rpm}$ 1 min = 60 s 1 HP = 550 lbf.pie / s *
Consumo de combustible (cc)	$\rho \cdot v \cdot (454 / t)$	[lbm/s]	$\rho$ = densidad del combustible [gr/cm <sup>3</sup> ] v = volumen (50 cm <sup>3**</sup> ) [cm <sup>3</sup> ] t = tiempo <sub>50</sub> [s]	1 lbm = 454 gr *
Consumo específico de combustible (c.e.c)	$c.c \cdot 3600 / Pf$	[lbm/h/HP]	c.c = consumo de combustible [lbm/s] Pf = potencia al freno [HP]	1 hora = 3600 s
Potencia teórica (Pte)	$Pc \cdot c.c / 0,7068$	[HP]	Pc = poder calórico del comb [Btu/lbm] c.c = consumo de combustible [lbm/s]	1 HP = 0.7068 Btu/s *
Eficiencia total ( $\eta_t$ )	$Pf \cdot 100 / Qa$	[%]		
Calor Rechazado				
Refrigeración <sup>a</sup> ( $Q_{r_{\text{agua}}}$ )	$m_{\text{agua}} \cdot Cp_{\text{agua}} \cdot \Delta T / 42.41$	[HP]	$m_{\text{agua}}$ = flujo del agua [lbm/min] $Cp_{\text{agua}}$ = calor específico del agua <sup>b</sup> [Btu/lbm · R] $\Delta T$ = Tsalida del agua – Tentrada del agua [F]	1 HP = 42.41 Btu/ min*
Flujo de agua ( $m_{\text{agua}}$ )	$8.8817 \cdot H_{CR}^{0.5562}$	[lbm/min]	$H_{CR}$ = altura del manómetro inclinado [plg]	
Gases de escape <sup>c</sup> ( $Q_{r_{\text{gases}}}$ )	$m_{\text{total}} \cdot Cp_{\text{aire}} \cdot \Delta T / 42.41$	[HP]	$m_{\text{total}}$ = flujo total de la mezcla [lbm/min] $Cp_{\text{aire}}$ = calor específico del aire <sup>d</sup> [Btu/lbm · R] $\Delta T$ = Tsalida de los gases – Tentrada del aire [F]	1 HP = 42.41 Btu/ min*
Flujo total de la mezcla ( $m_{\text{total}}$ )	$m_{\text{aire}} + m_{\text{combustible}}$	[lbm/min]	$m_{\text{aire}}$ = flujo del aire [lbm/min] $m_{\text{combustible}}$ = flujo de combustible [lbm/min]	
Flujo del aire ( $m_{\text{aire}}$ )	$3.079 \cdot di^2 \cdot \sqrt{(H_{mi} \cdot H / T)}$	[lbm/min]	di = diámetro de la placa orificio [plg] $H_{mi}$ = altura del manómetro inclinado [plg] H = presión atmosférica del lugar [plg Hg] T = temperatura ambiente [K]	
Flujo de combustible ( $m_{\text{combustible}}$ )	$c.c \cdot 60$	[lbm/min]	c.c = consumo de combustible [lbm/s]	1 min = 60 s

\* Equivalencias utilizadas.

<sup>a</sup> El rechazo de calor por refrigeración solo se calcula en el motor diesel

<sup>b</sup> El calor específico del agua se ha tomado como un valor constante ya que en el rango de las temperaturas de la refrigeración este se mantiene casi constante.

<sup>c</sup> El rechazo de calor por gases de escape solo se calcula en el motor diesel.

<sup>d</sup> En lugar del calor específico de la mezcla se ha tomado como valor constante el calor específico del aire, y propiamente del nitrógeno debido a que en la mezcla quien predomina es el aire y en la composición del aire el que predomina es el nitrógeno. El calor específico a presión constante, a una temperatura de 400 F es  $C_{pN_2} = 0.251 \text{ Btu} / \text{lbm R}$ . La temperatura también se ha tomado como la media entre la temperatura de entrada del aire y la temperatura de salida de los gases de combustión. Una vez más se ha tomado una temperatura promedio, porque el objetivo de la práctica no es aprender a calcular el Cp de ningún elemento o compuesto, por lo tanto se puede utilizar un valor referencial.

Si se quiere mucha más precisión es posible calcular el Cp de la mezcla, pero para estas prácticas un valor aproximado es suficiente, ya que si se utiliza un valor más ajustado este no influenciaría en los resultados (ver anexo C).

### 1.6.3 RESULTADOS QUE SE OBTIENEN

- Diagrama Sankey (Calor añadido, Potencia al freno, Calor Rechazado: Refrigeración y Gases de combustión, otros)
- Curvas Características de velocidad
  - el torque ( $T$ ) vs. RPM
  - potencia al freno ( $P_f$ ) vs. RPM
  - eficiencia ( $\eta$ ) vs. RPM
  - consumo específico de combustible (c.e.c) vs RPM.
- Curvas Características de carga
  - consumo específico de combustible (c.e.c) vs. Potencia al freno ( $P_f$ )
  - consumo de combustible vs. Potencia al freno ( $P_f$ )
  - eficiencia ( $\eta$ ) vs. Potencia al freno ( $P_f$ )
- Relación aire – combustible

## **CAPITULO II**

### **DESARROLLO DEL PROGRAMA**

Hoy en día la tecnología avanza tan rápido que es imposible ir en contra de ella. Pero por qué ir en contra, cuando al trabajar con ésta se logra resultados asombrosos no solo por los alcances sino por la velocidad en conseguirlos.

La tecnología apunta a todos los flancos incluidas las universidades, en especial los laboratorios. Por estas razones crear un programa, que le permita al estudiante visualizar virtualmente varios conceptos de forma ordenada, dinámica y comprensible, está totalmente justificado.

No se intenta con este programa hacer de menos el contenido de los libros. Al contrario toda la información de este programa ha sido obtenida de una u otra manera de ellos. Este enfoca al estudiante en un tema específico y trata que la información llegue de una forma más directa. El programa no pretende reemplazar a los libros, sino tiene como objetivo ser un instrumento que ayude a complementar los conocimientos obtenidos.

En la actualidad existen varias universidades a nivel internacional que utilizan este tipo de ayudas para realizar prácticas en los laboratorios. Los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional tienen suficiente nivel no solo para utilizar este tipo de instrumentos sino también para crearlos.

#### **2.1 VISION DEL RECONOCIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS**

La idea de un programa didáctico, para las prácticas del Laboratorio de Termodinámica, nació a consecuencia de los buenos resultados obtenidos por programas didácticos previos, creados por estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica.

El uso de un programa como ayuda en la realización de las prácticas en cualquier laboratorio tiene muchas ventajas, entre las cuales se puede anotar:

- El estudiante no tendrá un horario fijo, ni un límite de tiempo para revisar esta ayuda; por lo tanto el número de oportunidades para comprender la práctica aumentará.



- Si el estudiante por algún motivo no puede asistir al reconocimiento puede utilizar este programa como guía.
- Si el estudiante durante el reconocimiento real de las prácticas tiene alguna duda, el material puede ayudar a aclarar y profundizar los conocimientos.
- El programa permitirá que el estudiante obtenga los resultados de la práctica de una forma rápida, clara y objetiva.
- Si por algún motivo los equipos del Laboratorio de Termodinámica no pudieran ser utilizados (daños, falta de insumos, etc) para las prácticas el estudiante tendrá una guía que llene ese vacío.

### 2.1.1 DECISION DE LOS TEMAS

En el Laboratorio de Termodinámica se realizan cada semestre seis prácticas, que son:

1. Temperatura
2. Calibración de Manómetros
3. Motor Diesel
4. Motor de Gasolina
5. Compresores
6. Ciclo Rankine

De estas seis prácticas se decidió enfocar el programa hacia la tercera y cuarta, si bien no se abarca todas las prácticas lo importante es que el material sea bueno y confiable.

### 2.1.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para establecer la información que debería llevar el programa se tomó en cuenta cuatro fuentes importantes:

1. Bibliografía de libros de Termodinámica, Motores

Toda esta información se encuentra recopilada en el Capítulo I de este trabajo.

2. Objetivos de las prácticas

*Objetivo de la práctica motor diesel*<sup>11</sup>

- Estudiar el funcionamiento de un motor de combustión interna que opera según el ciclo Diesel.

---

<sup>11</sup> MOLINA, SALAZAR, Tesis Guía de Prácticas de Laboratorio de Termodinámica, 1986

- Realizar un estudio del ciclo Diesel ideal en base a los procesos que en él ocurren.
- Obtener de parámetros de funcionamiento de un motor diesel en un banco de pruebas.
- Determinar balances energéticos y construir curvas características del motor.

*Objetivo de la práctica motor gasolina <sup>11</sup>*

- Analizar el ciclo ideal de funcionamiento de los motores de gasolina.
- Reconocimiento de los motores de combustión interna que operan con un ciclo de "Otto".
- Realizar los balances energéticos y determinar los parámetros de operación de los motores.
- Construir las curvas características de funcionamiento y analizar el comportamiento del motor.

3. Recomendaciones del equipo del Laboratorio de Termodinámica

En el Laboratorio de Termodinámica y en el Laboratorio de Fluidos en total trabajan cuatro ingenieros, todos tienen un conocimiento amplio y una gran experiencia en la materia, por lo cual se tuvo la colaboración de un equipo muy representativo.

4. Experiencia práctica en el laboratorio

Es muy importante que la persona encargada de diseñar un programa no solo sepa utilizar un paquete computacional, sino que conozca los temas y la forma como la información debe llegar al alumno. Por lo tanto la autora utilizó la experiencia adquirida en reconocimientos reales con cada uno de los profesores del Laboratorio de Termo-fluidos.

## **2.2 CONCEPTOS \_ DEFINICIONES**

La enseñanza de cualquier tema educativo se basa en una serie de conceptos propios del tema en estudio, y si bien los conceptos no cambian, la forma como son enseñados tiene un sin número de opciones.

En un programa didáctico es importante tener en cuenta ciertos puntos:

---

<sup>11</sup> MOLINA, SALAZAR, Tesis Guía de Prácticas de Laboratorio de Termodinámica, 1986

- a) Tener claro el concepto a enseñar
- b) Tener presente la diferencia entre enseñar frente a frente y enseñar virtualmente
- c) Los gráficos e imágenes ayudan, siempre y cuando, estén claros
- d) La mecánica y termodinámica se comprenden mejor de manera visual
- e) Todas las personas comprenden de forma diferente
- f) No todas las personas que utilizarán el programa tendrán los conocimientos previos que este necesita

Antes de crear cualquier animación o visualización, para enseñar una serie de conceptos, es importante ubicar un concepto claro total del tema para luego analizarlo en forma particular y luego ir abriendo este.

El tema del programa lo constituye el reconocimiento de las prácticas de motor diesel y motor gasolina del Laboratorio de Termodinámica. La palabra clave en este tema es: **MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**, y toda la información que el programa genere están estrictamente ligada a esta palabra.

El alcance que tenga el programa estará limitado por los objetivos que la práctica este puntualizando.

Si se puede ir más allá de la información requerida se debe tener cuidado en no caer en demasiada información, consiguiendo que el alumno se confunda, en lugar de que aprenda.

A continuación se presentan algunas formas de considerar el concepto de Motores de Combustión Interna.

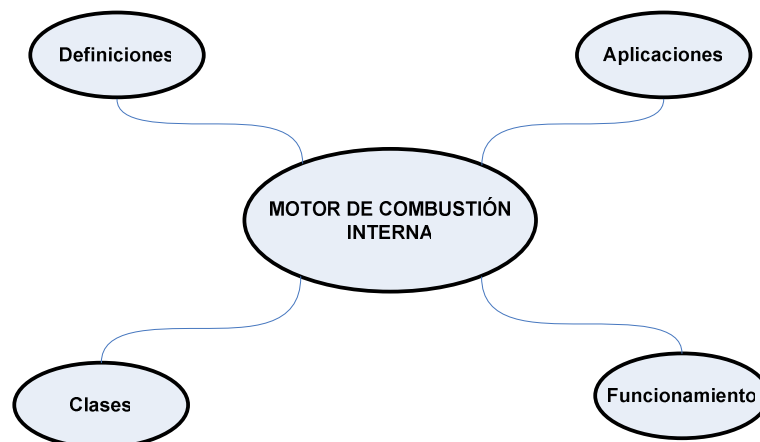


Figura 2.1 Lluvia de Ideas No.1<sup>16</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

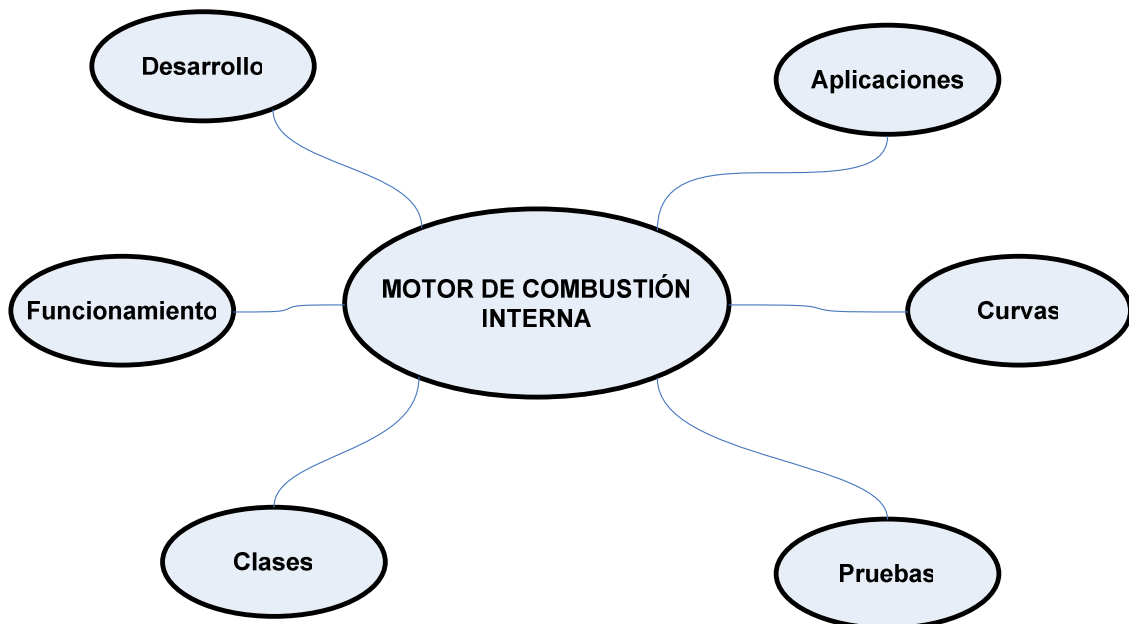


Figura 2.2 Lluvia de Ideas No.2<sup>16</sup>

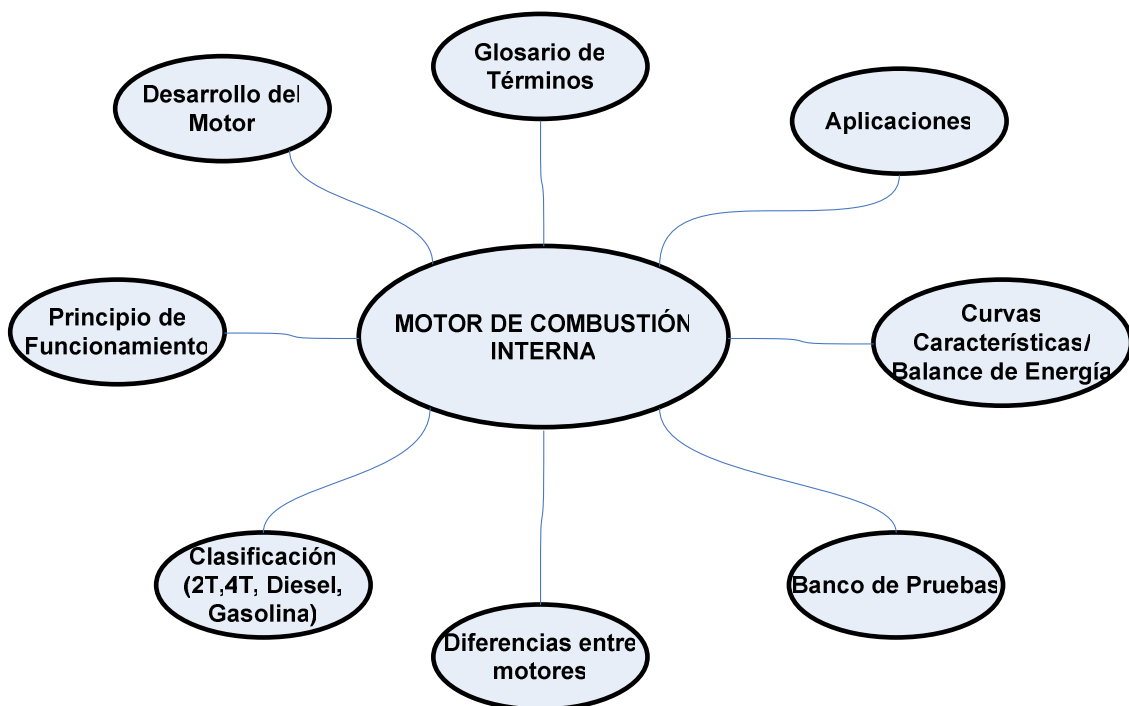


Figura 2.3 Lluvia de Ideas No.3<sup>16</sup>

De estos tres ejemplos la figura 2.3 es la que mejor representa una idea completa de todos los objetivos señalados para la práctica del Laboratorio.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

La idea de la lluvia de ideas No.3 es la base para relacionar los conocimientos termodinámicos con la computadora.

## 2.3 RECURSOS

Cuando se enseña en un aula y el alumno no entiende, el profesor puede buscar un nuevo recurso de enseñanza. En la enseñanza virtual no. El recurso utilizado debe ser el indicado.

A continuación se anotan los más utilizados en el programa didáctico.

### 2.3.1 SECUENCIA DE IMÁGENES

La secuencia de imágenes consiste en colocar sobre un mismo cuadro varias imágenes una a continuación de otra en un orden específico.

Con este recurso se logran diversos resultados, como son:

*Secuencia de imágenes tipo fotos:* Las imágenes que se presentan son totalmente diferentes unas de otras y sirven para dar una idea muy elemental de cualquier concepto, ver figura 2.4.

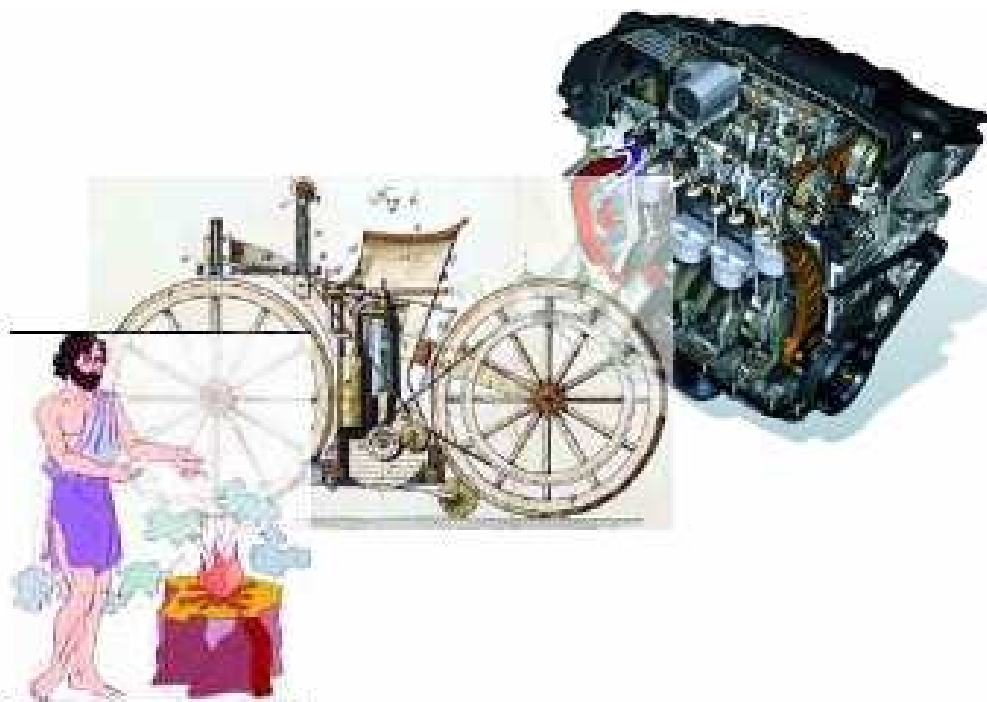


Figura 2.4 Secuencia de Imágenes tipo foto<sup>16</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

Este tipo de secuencia puede o no tener un orden específico. El tamaño, ancho e incluso la posición del cuadro puede cambiar.

#### *Aplicación*

Este tipo de herramienta se utiliza principalmente en: la *introducción* y *clasificación de motores*. Este recurso simplemente busca que el usuario tenga una lluvia de ideas sobre el tema.

*Secuencia de imágenes tipo video:* En esta secuencia las imágenes difieren unas de otras en ciertos rasgos de forma muy leve ya que se utilizan para generar movimientos. Cuando la velocidad con la que se presentan estas imágenes es elevada, y los cambios en los rasgos son leves, el ojo humano no percibe que se trata de diferentes cuadros sino de un video.

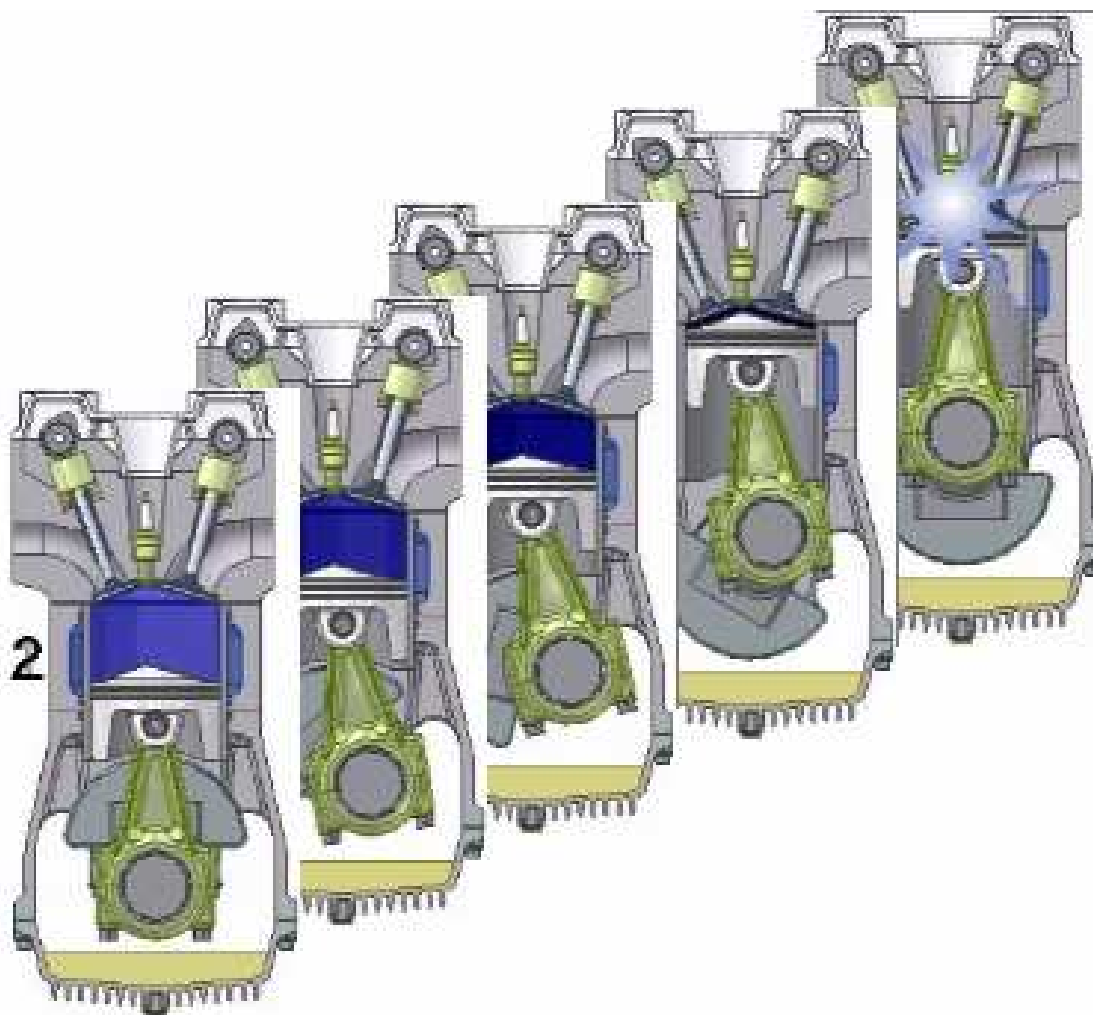


Figura 2.5 Secuencia de imágenes tipo video<sup>13</sup>

<sup>13</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

Es importante que los cambios sean lo más leves posible para que el cambio sea suave y continuo y el resultado sea el deseado, como se puede ver en la figura 2.5. El tamaño del cuadro siempre será el mismo.

El número de imágenes es muy importante tener en cuenta, ya que estas ocupan gran cantidad de memoria. Este tipo de secuencia se utiliza en animaciones donde al repetirse un número determinado de imágenes una y otra vez expresan un concepto claramente, por ejemplo: *ciclos de un motor, movimiento continuo, incluso movimiento en 3 dimensiones*.

Este tipo de secuencias son utilizadas principalmente en:

- **Banco de pruebas 3D:** Para dar a conocer el banco de pruebas en conjunto se utilizan varios juegos de fotografías que permiten girar alrededor de este como si se tratara de una filmación. En este caso se utiliza un desplazador horizontal y vertical con lo cual el usuario es quien determina el tiempo de la secuencia.

Esta herramienta es muy útil cuando el concepto no se encuentra en un mismo plano y los detalles son importantes, ver figura 2.6.



Figura 2.6 Banco de Pruebas del Laboratorio de Termodinámica visto en 3D<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

- **Movimiento del motor:** El motor de combustión interna sea de gasolina o diesel, de dos o de cuatro tiempos genera un ciclo, por lo tanto, con la ayuda de 10 o 12 fotos dispuesta en forma ordenada y con cambios pequeños, se logra obtener una animación de cualquier ciclo.

*Secuencia tipo video continuo:* Para esta animación se necesita de dos a tres imágenes del mismo objeto. La secuencia de tipo continuo se utiliza para señalar que algún objeto sigue un camino de forma continua; por ejemplo: cuando se enciende el motor diesel, el combustible, todo el tiempo está viajando por las tuberías hacia el motor. Al aire que ingresa al motor le ocurre lo mismo, todo el tiempo está en circulación.

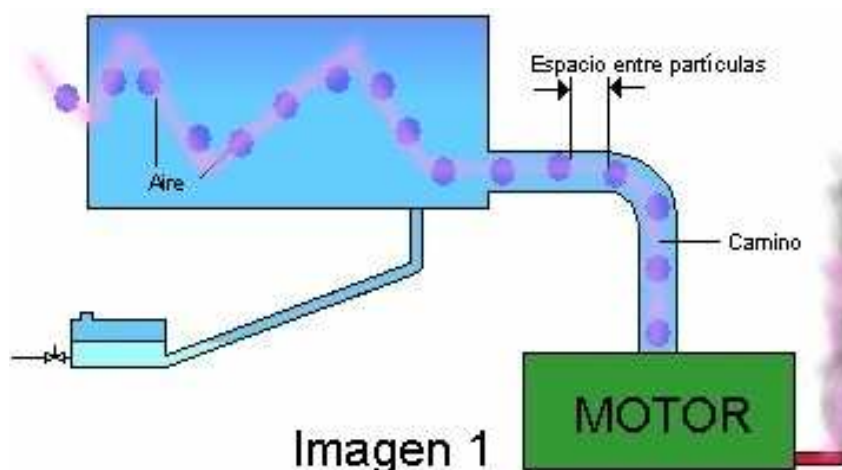


Figura 2.7 Secuencia tipo video continuo: Imagen1.<sup>16</sup>

Para crear este efecto se utiliza como base una imagen 1 donde se ubican varias partículas que representa el fluido como se puede ver en la figura 2.7. Todo el camino que recorre el fluido está representado por partículas, las cuales se encuentran separadas unas de otras. Este espacio que queda entre ellas será ocupado por una nueva serie de partículas que se ubican en una imagen 2 (figura 2.8). Si en un mismo cuadro, se pasa la imagen 1 y la imagen 2 alternadamente, se visualiza que las partículas de aire logran entrar por el tanque, pasar la tubería, ingresar al motor y salir por el tubo de escape.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita



Para este efecto se puede utilizar tan solo dos imágenes. Si se utilizan más de dos y si se tiene cuidado en los espacios (simétricos) se logra mayor nitidez en el resultado.

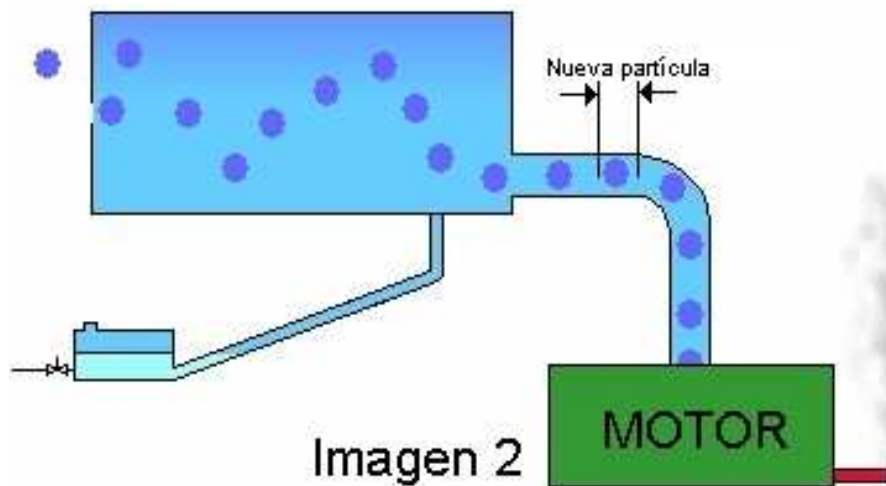


Figura 2.8 Secuencia tipo video continuo: Imagen 2<sup>16</sup>

Otra forma de generar este tipo de animaciones, es utilizar un programa específico de animaciones como por ejemplo Flash. Este programa tiene la ventaja que las animaciones pueden ser más elaboradas y con mejores acabados, pero tiene la desventaja que, para visualizar cualquier animación con estos programas, la computadora debe tener instalado este programa o partes de este. Por lo tanto a la hora de decidir se debe considerar lo que es más conveniente.

### 2.3.2 IMAGEN POSTERIOR

Con la secuencia de imágenes se ha engañado al ojo humano una vez, con la **imagen posterior** se vuelve a incurrir en el engaño.

La imagen posterior consiste en: dos imágenes superpuestas. La *imagen de adelante* (figura 2.9 a) será la que visualice el usuario, esta debe ser perfecta. La *imagen posterior* (figura 2.9 b) será la misma, pero los colores utilizados para esta, deben estar muy bien marcados. Esto ayuda a que la computadora pueda leer estos colores y dar cierta información cuando los lee.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

### Aplicación

Esta herramienta es ampliamente utilizada casi en todo el programa especialmente en los gráficos donde se visualizan varios conceptos a la vez por ejemplo en: las partes principales del motor, las partes de los sistemas de banco de pruebas, el banco de pruebas en 3D, el motor en 3D.

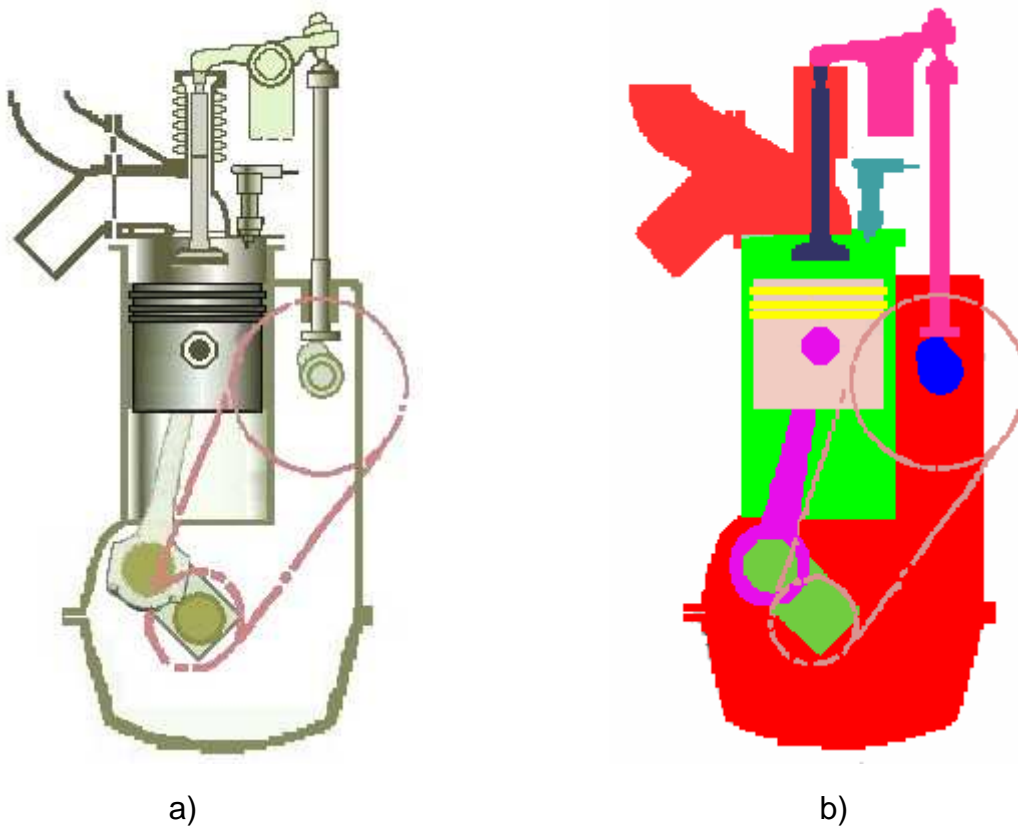


Figura 2.9 a) Imagen delantera de las partes principales del motor. b) Imagen posterior<sup>16</sup>

En el caso de las partes, ya sea del banco o del motor, detrás de la imagen que el usuario observa hay otra imagen con colores que definen áreas específicas. Cuando se barre estas áreas con el ratón, inmediatamente sobre estas, se obtiene cierta información; y al retirar el ratón la información desaparece.

Para obtener este mismo resultado se podría pensar en una sola imagen. Pero existen algunas características de la imagen que deben ser tomadas en cuenta, como son:

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

**Color:** La computadora trabaja con tres colores específicos: rojo, verde y azul, y cada uno tiene un rango de 0 a 255. Es decir que pueden formar entre estos tres colores un total de 16777216 combinaciones de colores.

Si la computadora puede leer cada uno de estos, el área que se desea marcar debe estar bien definida, por lo tanto, la imagen perderá no solo el atractivo sino la información.

**Tamaño:** Como consecuencia del color, la imagen debe tener un formato que guarde los colores originales sin distorsionarlos. Generalmente el formato jpg distorsiona los colores pero disminuye el tamaño de archivo. Otra opción es guardar el archivo en formato bmp. Si bien el formato aumenta el tamaño, los colores no se distorsionan.

Nota: Si las áreas definidas no son muy numerosas (<16) se puede utilizar un formato bmp con resolución de 16 colores, esto ayuda a guardar el color y disminuir el tamaño del archivo.

### 2.3.3. ECUACIONES

Si se desea que un objeto se desplace por algún camino, se puede utilizar una curva que describa dicho camino y para obtener la curva se debe generar primero una ecuación. Por lo tanto para crear un **camino** se puede recurrir a una **ecuación**.

La generación de un camino no es complicada, basta con seguir los siguientes pasos:

1. Determinar la curva que genera el camino, por ejemplo: una recta, un círculo, una recta inclinada, una parábola, etc
2. Obtener la expresión matemática de dicha curva, por ejemplo:

$$y = bx + a \quad \text{Recta}$$

$$y = cx^2 + bx + a \quad \text{Parábola}$$

$$x = r \cos(\theta); y = r \sin(\theta) \quad \text{Círculo}$$

3. Determinar el valor de las constantes (a, b, c, r) y el rango de la curva (x,θ)
4. Reemplazar los valores de las constantes y el rango mediante un lazo o un contador.
5. Obtener los puntos de las coordenadas (X, Y)
6. Graficar la curva con las coordenadas obtenidas

Las aplicaciones en este programa se enfocan principalmente en:

- Un objeto o una imagen que siguen un camino
- Graficar curvas o diagramas
- Aumentar o reducir el tamaño de una imagen
- Degradar un color

*Aplicaciones:*

— **Ciclos Diesel u Otto** (figura 2.10): Para representar los ciclos en los diagramas P-v y T-s de los ciclos ideales de los motores, se utilizó ecuaciones de segundo orden, para representar los cambios de estado de la mezcla durante el ciclo.

Simplemente, se debe reemplazar el valor de X en la ecuación y se obtendrá una Y. El par ordenado (X, Y) determinan la posición donde se grafica el punto. Si se utiliza un rango de X se obtendrá una gráfica.

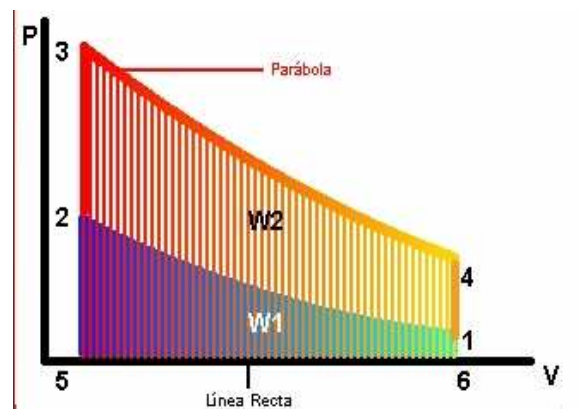


Figura 2.10 Diagrama P-v del ciclo Otto<sup>12</sup>

— **Curvas características** (figura 2.11): Utilizan el mismo principio que en los ciclos simplemente que en las curvas, el usuario determina el rango del gráfico.

— **Diagrama Sankey** (figura 2.12): Para obtener el Diagrama Sankey, se utiliza una serie de ecuaciones propias de termodinámica para el balance de energía. Al obtener lo que entra frente a lo que sale se puede obtener una grafica que indique los porcentajes de los flujos de calor, potencia, pérdidas, etc.

<sup>12</sup> GZ- MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

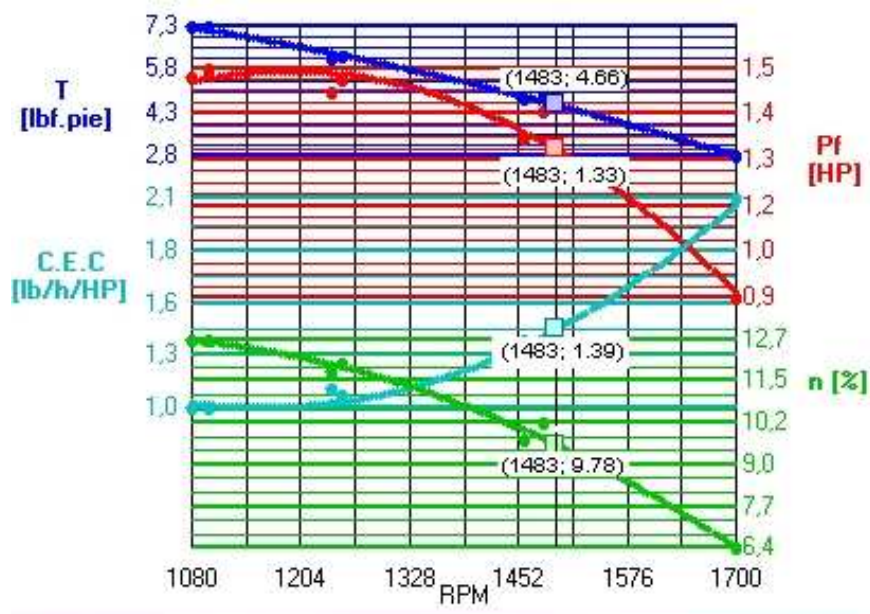


Figura 2.11 Curvas Características de velocidad del motor Gasolina<sup>12</sup>



Figura 2.12 Diagrama Sankey<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ- MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

- **Sistema de Combustible** (figura 2.13): Para simular que el medidor de caudal se llena o vacía se utilizan dos imágenes superpuestas. La imagen posterior se encuentra llena de combustible y la imagen delantera vacía. Si se utiliza una ecuación que permita aumentar o disminuir el alto de la imagen delantera se obtiene el vaciado o llenado del combustible respectivamente.

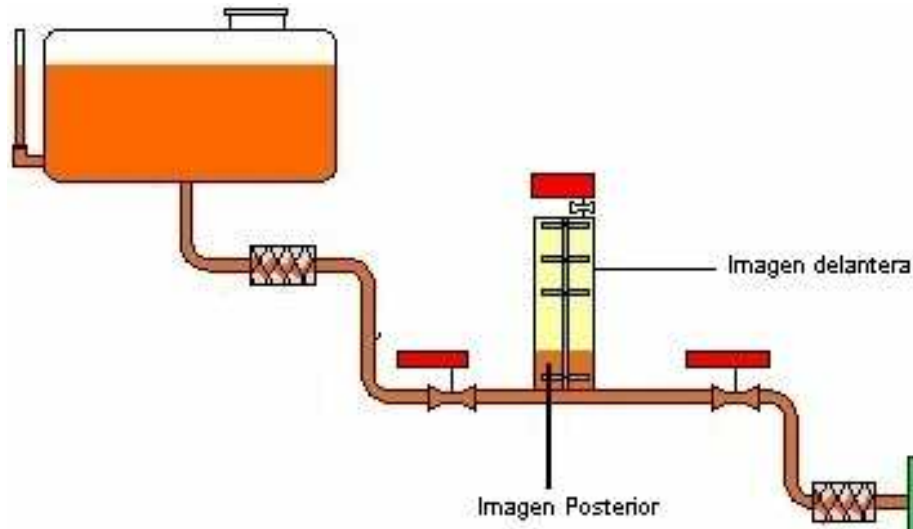


Figura 2.13 Sistema de combustible (Imagen posterior y delantera)<sup>16</sup>

- **Color de fondo de las ventanas** (figura 2.14): Para generar la imagen de fondo se utiliza una ecuación que permite hacer un degradado de rojo a negro. Otro ejemplo se puede ver en la figura 2.10 donde el degradado ayuda a visualizar mejor la compresión y expansión del fluido.



Figura 2.14 Fondo de las ventanas del programa<sup>12</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita, 2007

<sup>12</sup> GZ- MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### 2.3.4. SONIDO

El sonido es un recurso que se puede utilizar conjuntamente con cualquier animación anterior. El sonido es una herramienta que ayuda a enfatizar cualquier conocimiento. Se utiliza cuando las animaciones no pueden dar una idea total.

Es importante tener en cuenta que los archivos de sonido también ocupan gran espacio por lo que es importante hacer pruebas en diferentes formatos.

Como resultado de pruebas, para el caso de las animaciones, el sonido está grabado en formato wav (PCM 8.000KHz, 16 bit, Mono 15 kb/s). Este formato ocupa poco espacio y la nitidez es buena.

### 2.3.5. MATRICES

La matriz es un recurso que se utiliza cuando se necesita tener un número considerable de datos a disposición y en un orden determinado.

Un ejemplo práctico de la aplicación de la matriz lo constituye la obtención de los datos para graficar las curvas características.

Los datos obtenidos en el banco de pruebas se ingresan ordenadamente formando una matriz  $(n, m)$ . Con estos datos se puede realizar cualquier tipo de operación: suma, resta, multiplicación, etc; y la computadora guardará de forma ordenada tanto los datos como los resultados.

Con este mismo principio se calcula la regresión y se grafica las curvas. Lo único importante es dominar las matrices matemáticamente.

Otras aplicaciones de la matriz se tiene en:

- Evaluación: En esta ventana la matriz es un poco diferente ya que los datos no son números sino expresiones de texto (preguntas, respuestas, opciones de respuesta).

Las preguntas forman una matriz  $A (n)$  donde  $n$  corresponde al número de preguntas, las opciones de respuesta formarán una matriz  $B (n, m)$  ; donde  $m$  corresponde al número de opciones y finalmente las respuestas formarán una matriz  $C (n)$ .

Si al azar se obtiene una pregunta de la matriz  $A$ , por ejemplo  $n = 3$ , entonces automáticamente se obtendrá de la matriz  $C$  el elemento  $n = 3$  que corresponde a las respuesta y en la matriz  $B$  los elementos  $(3, m)$ . El número

de elementos dependerá del número de opciones de respuesta que tenga la pregunta.

- **Glosario:** Al igual que en la evaluación el glosario utiliza una matriz de texto. Aquí existe una matriz por cada letra.

## 2.3.6 GENERACIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS

### 2.3.6.1. Información Básica

Antes de generar cualquier tipo de curvas es importante tener en cuenta ciertas herramientas que ayuden a su generación, como son:

- a. **Objetivos:** Conocer lo que se está buscando ayuda mucho más que adivinar lo que se quiere. Es necesario que quien diseñe, conozca como se ven las curvas, que fenómeno representan, como se analizan, que conozca en que rangos trabajan, las unidades que se utilizan, el equipo utilizado en la práctica, que quiere obtener.

- b. **Datos Relacionados:** Los datos relacionados en la representación gráfica de un fenómeno se obtienen de dos formas:

- a. **Directa:** Cuando los datos que se utilizan en la gráfica son los mismos que se han tomado en la práctica.

- b. **Indirecta:** Cuando los datos que se utilizan en la gráfica son el resultado de un cálculo previo, con la ayuda de una relación matemática.

Si los datos son indirectos se debe tener en cuenta:

Las relaciones: Las fórmulas o expresiones utilizadas deben pertenecer a una fuente confiable.

Las unidades: Debe existir coherencia de unidades, un error en este punto podría causar resultados fuera de la realidad.

- c. **Conocimientos matemáticos:** A más de los conocimientos teóricos de las curvas es importante, tener los conocimientos matemáticos enfocados a la generación de curvas.

- d. **Conocimientos en programación:** Finalmente cuando la teoría y la matemática se junta solamente se necesita una última herramienta, un programa de computación que permita agilizar cualquier proceso de cálculo.



### 2.3.6.2. *Recopilación de Datos*

Los datos utilizados, en la generación de las curvas, proceden de las prácticas realizadas en el Laboratorio de Termodinámica en los últimos 2 años.

El Laboratorio de Termodinámica trabaja con 6 o 7 grupos cada semestre, por lo tanto en 2 años se tendrá una base de datos de por lo menos 24 grupos.

Los registros de todos los datos que se generan en las prácticas, cada semestre son archivados por el personal del Laboratorio.

Por lo tanto los datos recopilados son los suficientes y tienen una procedencia confiable.

### 2.3.6.3. *Generación de las curvas características*

Con la información básica y los datos experimentales se procede a generar las curvas considerando algunos puntos importantes como:

- Las curvas características pueden ser del motor diesel o del motor de gasolina
- Las curvas características pueden ser de velocidad y de carga
- Las curvas características deben presentarse preferentemente en una misma gráfica
- Las curvas características tienden a una ecuación de segundo grado (parábola)
- Los datos obtenidos en la práctica son indirectos
- Las unidades a utilizar pertenecen al sistema Inglés.
- Se toman los datos una sola vez para 6 o 7 estados de funcionamiento del motor
- Las constantes utilizadas están totalmente justificadas
- Las curvas de velocidad son de: Torque, Potencia al freno, Consumo específico de combustible, Eficiencia Total vs. RPM; mientras que las curvas de carga son de: Torque, Consumo de combustible y Eficiencia Total vs. Pf.

A continuación se detalla cómo se generan las curvas características de velocidad para el motor diesel y el cálculo para obtener la curva torque vs. RPM.

1. Se selecciona una muestra de los datos obtenidos en la práctica. Para visualizar mejor se utilizará los datos de la tabla 1.2, que son necesarios para calcular las curvas características (ver tabla 2.1).

Tabla 2.1 Datos necesarios para calcular las curvas características de velocidad del motor Diesel

No.	Freno		Combustible
	F [lbf]	RPM	$t_{50\text{ cm}^3}$ [s]
	<b>dato 8</b>	<b>dato 9</b>	<b>dato 1</b>
1	3.4	2500	77
2	9	2325	73
3	18	2050	64
4	28.2	1825	55
5	36	1600	54
6	41	1200	52

2. Con la ayuda de las relaciones termodinámicas (ver tabla 2.2.y 2.3.) se calcula los resultados necesarios para la generación por ejemplo:

- Torque ( $\tau$ )
- Potencia efectiva (Pf)
- Consumo específico de combustible (c.e.c)
- Eficiencia total del motor ( $\eta_t$ )

Tabla 2.2 Relaciones termodinámicas para el cálculo de las curvas características

Concepto	Fórmula	Unidades	Significado
Torque ( $\tau$ )	$F \times b$	[lbf.pie]	F = fuerza [lbf] b = brazo [pie]
Potencia al freno (Pf)	$\tau \times \omega$ ó $2 \pi \cdot \tau \cdot \omega / (60 \cdot 550)$	[lbf.pie · rpm] [HP]	$\tau$ = torque [lbf.pie] $\omega$ = velocidad angular [rpm]
Consumo de combustible (cc)	$\rho \cdot v / (454 \cdot t)$	[lbm/s]	$\rho$ = densidad del combustible [gr/cm <sup>3</sup> ] $v$ = volumen (50 cm <sup>3</sup> ) [cm <sup>3</sup> ] $t$ = tiempo <sub>50</sub> [s]
Consumo específico de combustible (c.e.c)	$c.c \cdot 3600 / Pf$	[lbm/h/HP]	c.c = consumo de combustible [lbm/s] Pf = potencia al freno [HP]
Potencia teórica (Pte)	$Pc \cdot c.c / 0,7068$	[HP]	Pc = poder calórico del comb [Btu/lbm] c.c = consumo de combustible [lbm/s]
Eficiencia total ( $\eta_t$ )	$Pf \cdot 100 / Pte$	[%]	

Tabla 2.3 Constantes utilizadas en el cálculo de las curvas características

Constante	Valor
brazo b [pie]	1.18
densidad $\rho$ [gr/cm <sup>3</sup> ]	0.842
Poder calórico Pc [Btu/lbm]	18963

3. Estos resultados son guardados en una matriz (n, m), donde n representa el número de resultados (n = 0, 1, 2,3) y m representa el número de datos, en este caso son 6 datos (m = 0, 1, 2, 3, 4,5). Por ejemplo el elemento (3,2) de la matriz corresponde a la eficiencia total (n<sub>t</sub>) del tercer dato tomado.
4. Con los resultados obtenidos se procede a calcular la regresión cuadrática. Para esto se tomará en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$yc = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \quad (2.1)$$

$$\Sigma y = na_0 + a_1 \Sigma x + a_2 \Sigma x^2 \quad (2.2)$$

$$\Sigma xy = a_0 \Sigma x + a_1 \Sigma x^2 + a_2 \Sigma x^3 \quad (2.3)$$

$$\Sigma x^2 y = a_0 \Sigma x^2 + a_1 \Sigma x^3 + a_2 \Sigma x^4 \quad (2.4)$$

De estas ecuaciones se deduce que primero se debe obtener la sumatoria de:  $\Sigma x$ ,  $\Sigma y$ ,  $\Sigma xy$ ,  $\Sigma x^2 y$ ,  $\Sigma x^2$ ,  $\Sigma x^3$ ,  $\Sigma x^4$ . Además para verificar que la aproximación a una curva cuadrática está justificada se toma en cuenta también la expresión:

$$R = \sqrt{1 - (\Sigma(y - yc)^2) / \Sigma(y - ym)^2} \quad (2.5)$$

donde ym corresponde al promedio de los valores de y

La tabla 2.4 muestra los resultados obtenidos para la regresión del Torque.

Tabla 2.4 Resultados para la regresión del Torque

F (lbf)	b (pie)	x (rpm)	y T (lbf.pie)	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	xy	x <sup>2</sup> y
3,4	1,18	2500	4,012	6250000	1,5625E+10	3,9063E+13	10030	25075000
9	1,18	2325	10,62	5405625	1,2568E+10	2,9221E+13	24691,5	57407737,5
18	1,18	2050	21,24	4202500	8615125000	1,7661E+13	43542	89261100
28,2	1,18	1825	33,276	3330625	6078390625	1,1093E+13	60728,7	110829878
36	1,18	1600	42,48	2560000	4096000000	6,5536E+12	67968	108748800
41	1,18	1200	48,38	1440000	1728000000	2,0736E+12	58056	69667200
	$\Sigma =$	11500	160,008	23188750	4,8711E+10	1,0566E+14	265016,2	460989715

EC<sup>(2.1)</sup> APUNTES, Ingeniería del Proyecto, 2005

EC<sup>(2.2)</sup> APUNTES, Ingeniería del Proyecto, 2005

EC<sup>(2.3)</sup> APUNTES, Ingeniería del Proyecto, 2005

EC<sup>(2.4)</sup> APUNTES, Ingeniería del Proyecto, 2005

EC<sup>(2.5)</sup> APUNTES, Ingeniería del Proyecto, 2005

$R = 0.98$ , por lo tanto si se ajusta a una ecuación cuadrática

Con los resultados de la tabla 2.4 se obtiene las constantes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  de las ecuaciones (2), (3), (4) respectivamente.

Para este ejemplo se obtiene:

Tabla 2.5 Valores de las constantes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$

Constante	Valor
$a_0$	-1E-05
$a_1$	0.0138
$a_2$	52.329

Los valores de la tabla 2.5 se reemplazan en la ecuación (1) y se obtiene una ecuación cuadrática para torque vs. RPM, como lo muestra la ecuación (7).

$$y_c = -1E-05 + 0.0138 x + 52.329 x^2 \quad (2.6)$$

$$\tau = -1E-05 + 0.0138 \text{ RPM} + 52.329 \text{ RPM}^2 \quad (2.7)$$

Para los otros conceptos (potencia, consumo y eficiencia) se procede de igual manera, y por lo tanto se obtienen las ecuaciones para:

- Torque vs RPM
- Potencia vs RPM
- Consumo específico de combustible vs RPM
- Eficiencia total vs RPM

5. Se reemplaza los valores del rango obtenido de las RPM ( 1200 a 2500 RPM), en la práctica, generando puntos cuyas coordenadas son  $(X, Y) = (\text{RPM}, \tau)$
6. Con estos valores se grafica finalmente las curvas tomando en cuenta que las cuatro van en una misma gráfica con sus unidades respectivas. La figura 2.15 se muestra el resultado obtenido

---

EC<sup>(2.6)</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

EC<sup>(2.7)</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita

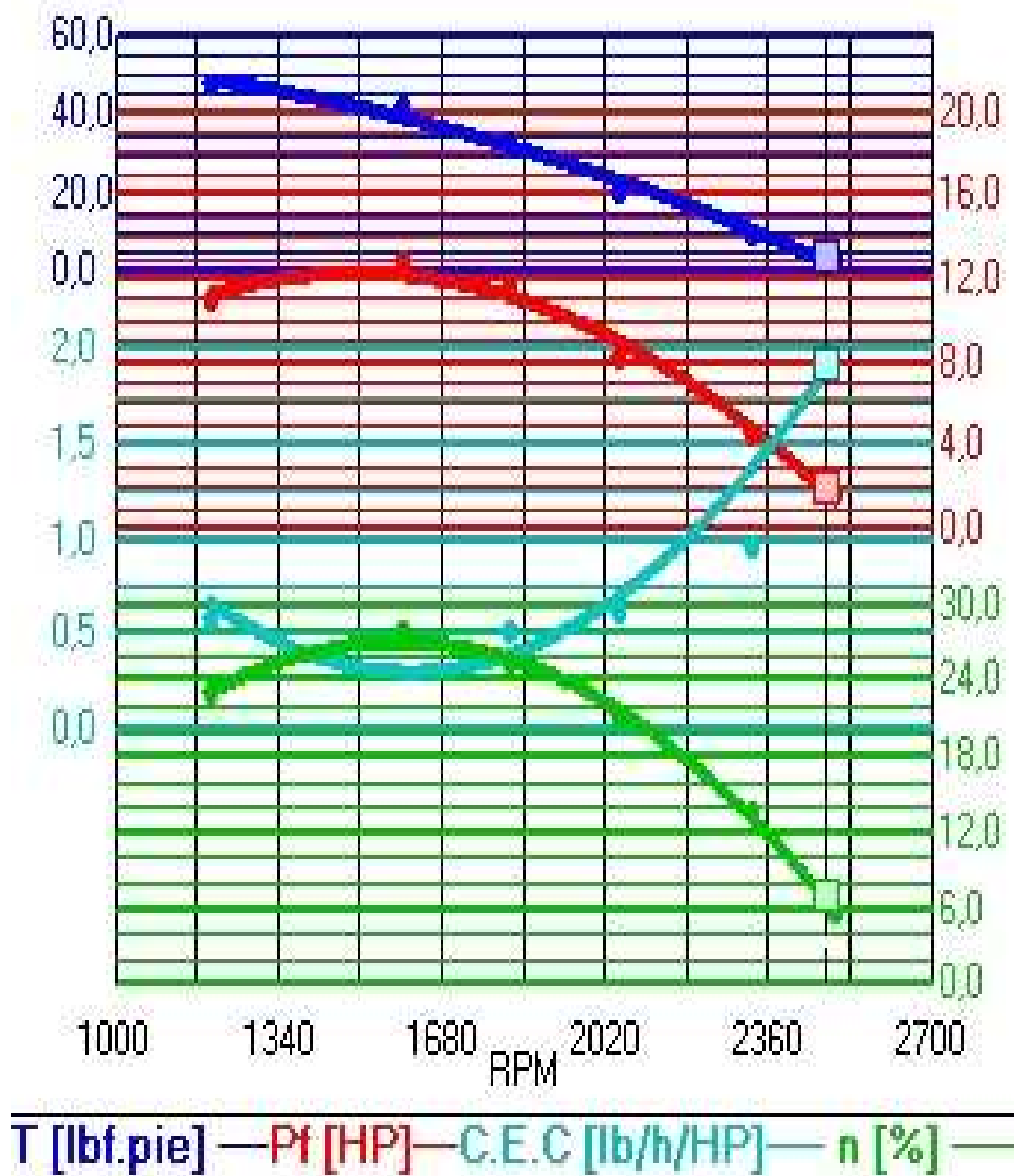


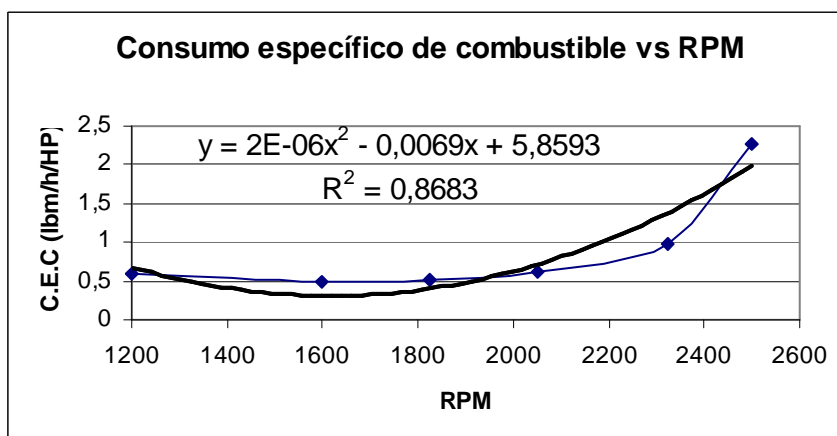
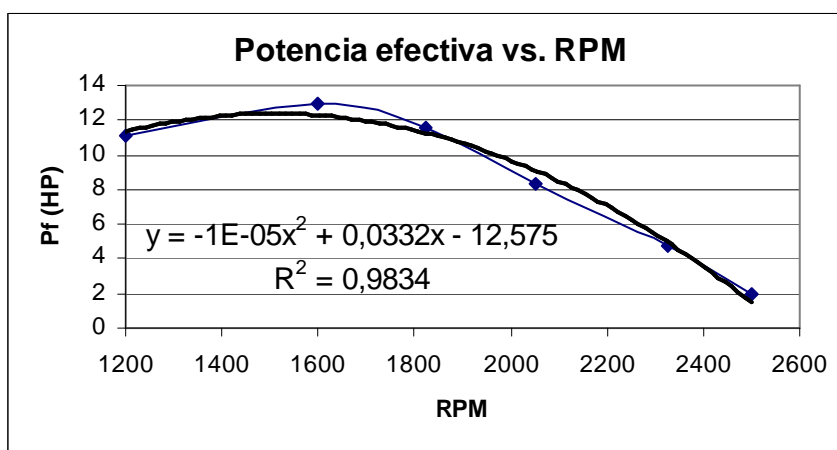
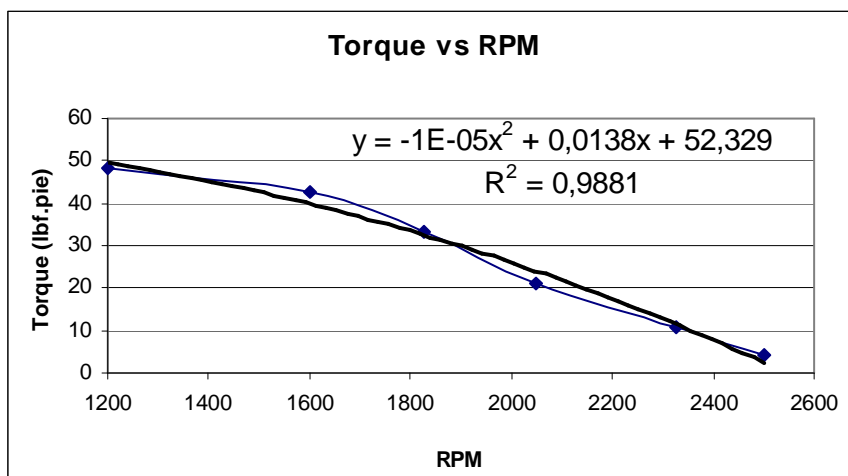
Figura 2. 15 Curvas características de velocidad del motor Diesel del Laboratorio de Termodinámica<sup>12</sup>

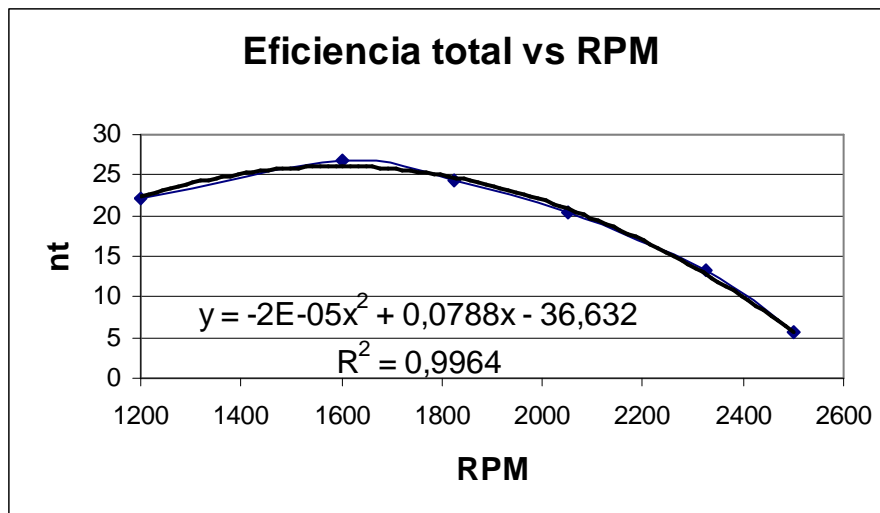
#### 2.3.6.4. Calculando en Excel

Es importante que los resultados obtenidos se comparen con algún otro método con el fin de señalar si los resultados son correctos o no. Con la ayuda del

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

programa Excel se obtiene las curvas para las cuatro gráficas. A continuación se presentan las gráficas obtenidas en Excel con los mismos datos (figura 2.16):





d)

Figura 2.16 Curvas características de velocidad del motor Diesel obtenidas en Excel a) T vs RPM, b) Pf vs RPM, c) C.E.C vs RPM, d)  $\eta_t$  vs RPM<sup>16</sup>

#### 2.3.6.5. Comparación entre Excel y el nuevo programa

Al comparara las curvas características generadas tanto en Excel como en el nuevo programa se puede señalar las siguientes características:

- La ecuación cuadrática encontrada para la gráfica torque vs RPM tiene las mismas constantes.
- Las gráficas en los dos programas son idénticas
- El valor de R tiende a 1 en todas las curvas por lo tanto todas tienden a ser cuadráticas.

Al obtener este programa que permita calcular directamente las curvas se presentan algunas ventajas:

- El usuario solo debe introducir los datos necesarios.
- Las cuatro curvas se encuentran en una sola gráfica, ayudando de esta manera a la interpretación de resultados.
- Los cálculos disminuyen, optimizando de esta forma el tiempo.
- Las gráficas no tiene errores, por lo tanto las interpretaciones serán más exactas y los conocimientos se pueden aclarar de mejor manera.

Las curvas generadas por el nuevo programa también se compararon con los resultados de los informes presentados por los alumnos. Pero se pueden obtener

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita, 2007

una comparación efectiva debido a que las gráficas de los estudiantes todavía tienen gran cantidad de errores tanto gráficos como matemáticos, los cuales impiden considerarlos como fuente de comparación.

#### 2.3.6.6. Diagrama Sankey \_ Balance de Energía

La obtención del diagrama Sankey es un poco más fácil, ya que este se grafica solo para el punto que presenta mayor potencia. Por lo tanto es un cálculo matemático sencillo donde se utilizan las expresiones de la tabla 1.3

Algunas consideraciones en la obtención de este diagrama son:

1. El diagrama Sankey es un diagrama no una curva
2. El diagrama Sankey se obtiene para el punto de mayor potencia
3. En el diagrama Sankey se busca: calor añadido, potencia al freno y calor rechazado.
4. En el diagrama Sankey los cálculos son secuenciales

De la gráfica obtenida (figura 2.15) en el programa se puede ver que el punto que tiene mayor potencia es a 1600 RPM ( figura 2.17), por lo tanto, es este el dato que se considera para obtener el diagrama Sankey.

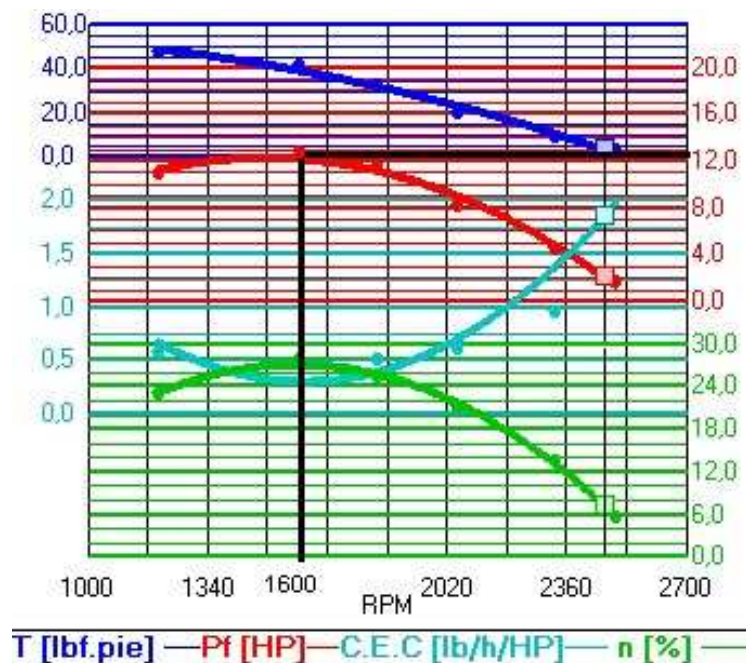


Figura 2.17 Punto máximo de potencia (1600 RPM, 12.94 HP)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



Los datos necesarios para calcular el diagrama Sankey se presentan a continuación en las tablas 2.6, 2.7.

Tabla 2.6 Datos necesarios para calcular el Diagrama Sankey

No.	Freno		Agua			Aire		Gases de Escape	Combustible
	F [lbf]	RPM	Te [F]	Ts [F]	H <sub>CR</sub> [pulg]	Te [F]	H <sub>mi</sub> [pulg]	Ts [C]	t <sub>50 cm<sup>3</sup></sub> [s]
	dato 8	dato 9	dato 5	dato 6	dato 7	dato 3	dato 2	dato 4	dato 1
5	36	1600	59	104	3.6	64	1.5	370	54

Tabla 2.7 Constantes utilizadas en el cálculo del Diagrama Sankey

Constante	Valor
brazo b [pie]	1.18
densidad $\rho$ [gr/cm <sup>3</sup> ]	0.842
Poder calórico Pc [Btu/lbm]	18963
Presión Atmosférica en Quito H [mmHg]	540
Calor específico del aire, Cp <sub>Gases</sub> [Btu/ lbm *R]	0.25
Calor específico del H <sub>2</sub> O, Cp <sub>H<sub>2</sub>O</sub> [Btu/ lbm *R]	1
Diámetro del orificio de la caja de aire di [pulg]	1.3745

Con las expresiones de la tabla 1.3 se obtiene los resultados en la tabla 2.8:

Tabla 2.8 Resultados para graficar el Diagrama Sankey

<b>BALANCE DE ENERGÍA</b>		
Potencia teórica P <sub>te</sub>	46,07 [HP]	100 %
Potencia al freno P <sub>f</sub>	12,94 [HP]	28,09 %
Pérdidas por Refrigeración P <sub>r</sub>	19,08 [HP]	41,4 %
Pérdidas por Gases de combustión P <sub>g</sub>	7,56 [HP]	16,4 %
Pérdidas por Fricción, ruidos, otros	6,5 [HP]	14,11 %
<b>TOTAL</b>		<b>100 %</b>
<b>EFICIENCIA TOTAL</b>		<b>28,09 %</b>
<b>OTROS</b>		
Caudal de combustible	0,93 [cm <sup>3</sup> /s]	
Flujo de combustible	0,1 [lbm/min]	
Flujo de agua	17,98 [lbm/min]	
Flujo de aire	1,92 [lbm/min]	
Flujo total = Flujo del aire + Flujo de combustible	2,02 [lbm/min]	

Con estos resultados se gráfica el Diagrama Sankey como se observa en la figura 2.18.



Figura 2.18 Diagrama Sankey para el motor Diesel en el punto (1600 RPM, 12.94 HP)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

## CAPITULO III

### ENTORNO DEL PROGRAMA

#### 3.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

La estructura del programa se encuentra basada en los conocimientos necesarios para el reconocimiento de la práctica de motores diesel y gasolina del Laboratorio de Termodinámica y se ilustra en la figura 3.1. La estructura del programa se halla dividida en seis *secciones principales*.

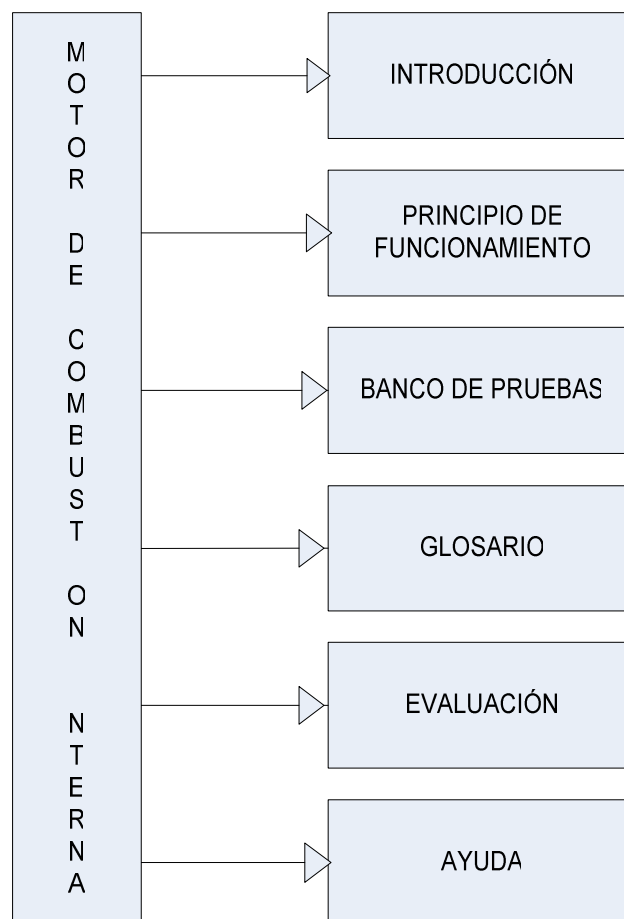


Figura 3.1 Esquema de la Estructura del Programa<sup>16</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita, 2007

Algunas secciones principales presentan *secciones secundarias* que permiten puntualizar los temas en estudio, la figura 3.2 muestra todas las secciones principales y secundarias.

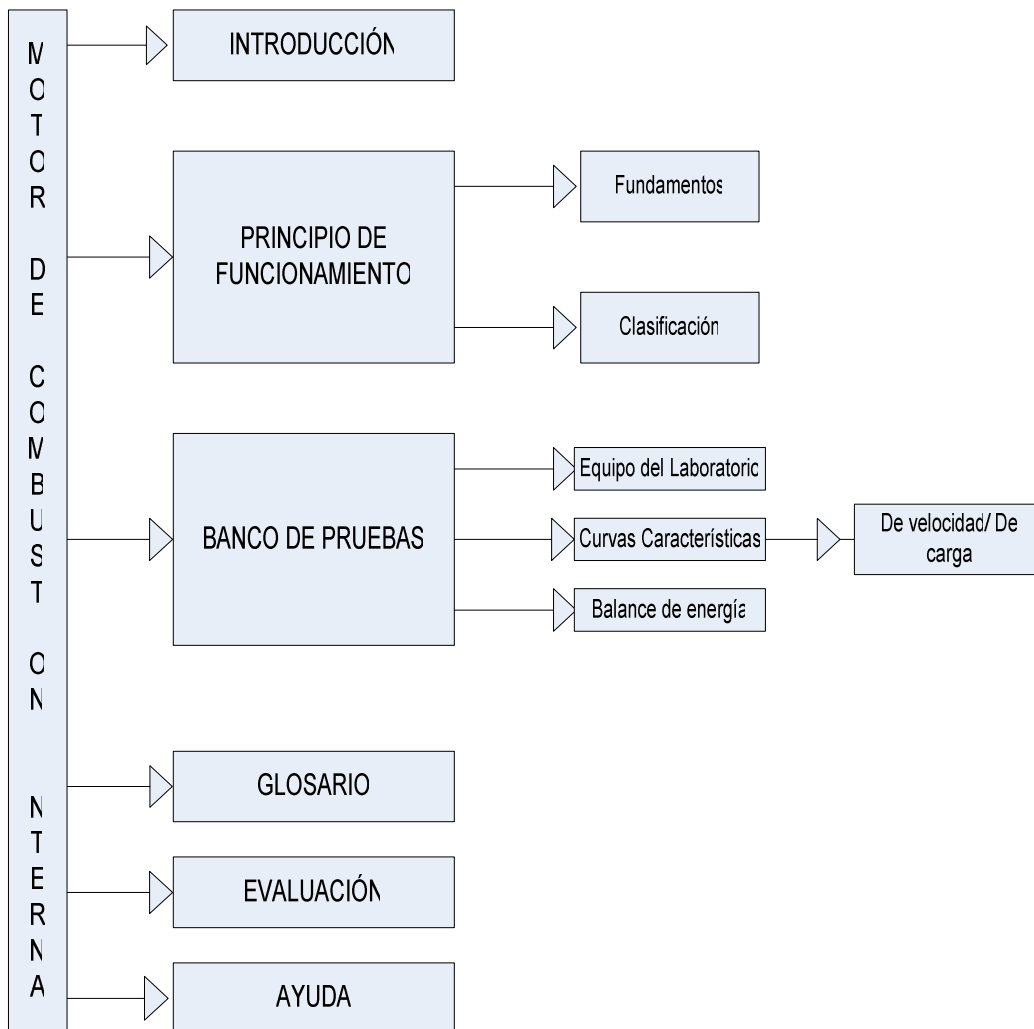


Figura 3.2 Secciones principales y secundarias<sup>16</sup>

En el programa cada sección principal y sus secciones secundarias se encuentran entrelazadas unas con otras mediante un Menú General, ver figura3.3. Esto permite que todas las secciones estén disponibles todo el tiempo.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita, 2007

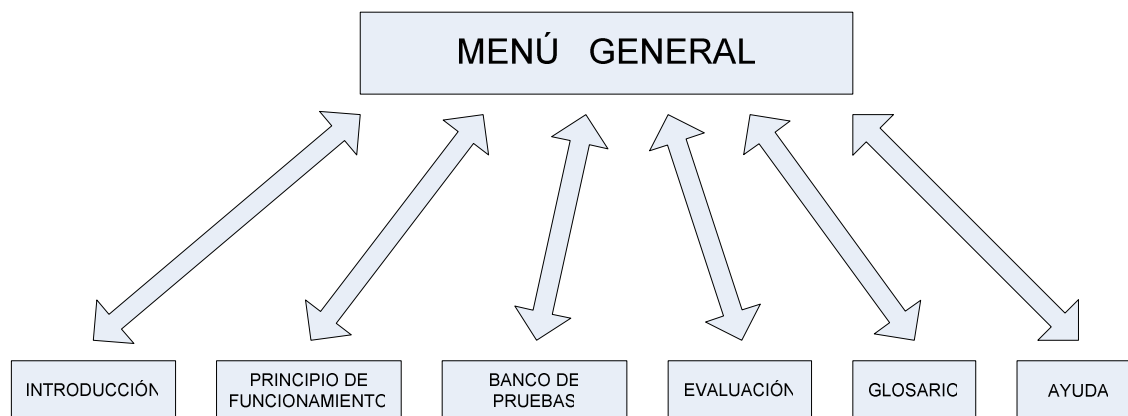


Figura 3.3 Lazos entre las secciones<sup>16</sup>

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA

El programa presenta las siguientes características propias de este:

- El programa es desarrollado en su totalidad en Visual Basic versión 6.0.
- Después de ser instalado en el computador no necesita tener ningún otro programa abierto.
- Trabaja en su totalidad solo, excepto cuando se quiera imprimir cualquier curva característica, se necesita una impresora.
- Todos los cálculos lo realiza el programa incluso las regresiones.

### 3.3 VENTANAS DEL PROGRAMA

El programa consta de una *ventana principal*, (ver figura 3.4) en la cual se ubica el único Menú General, dentro de este cada sección principal o secundaria presenta una *ventana secundaria* (ver figura 3.5). La ventana principal acoge a las ventanas secundarias y solo puede tener una abierta a la vez, por lo tanto al abrir una nueva ventana secundaria otra se cerrará.

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita, 2007

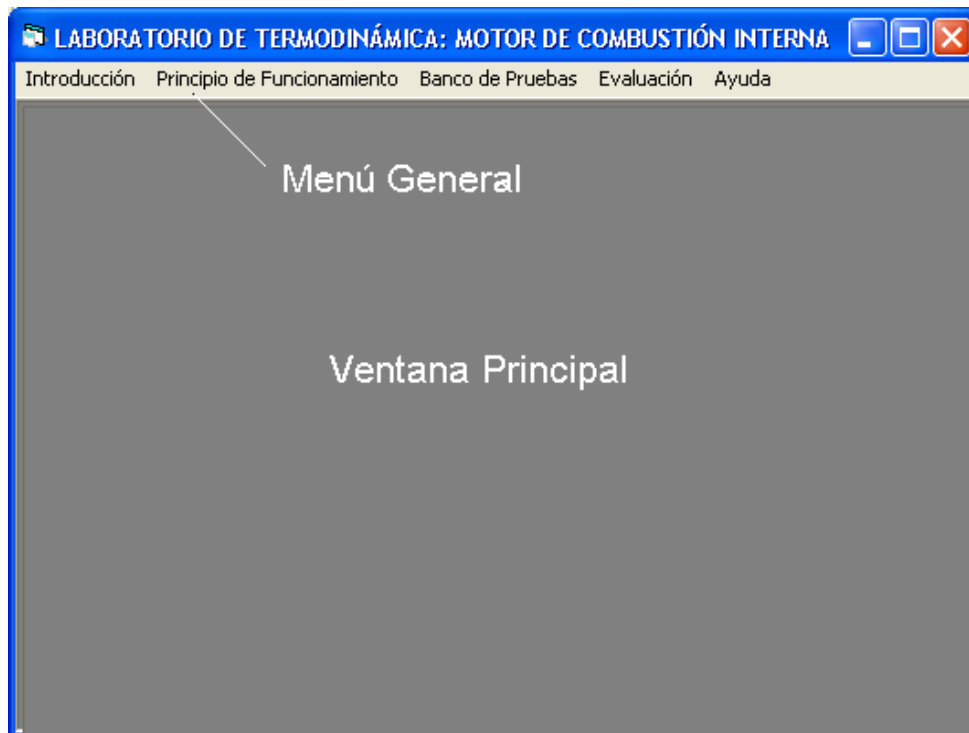


Figura 3.4 Menú general del Programa. Ventana Principal<sup>12</sup>



Figura 3.5 Una ventana secundaria abierta dentro de la ventana principal<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

Todas las ventanas secundarias tienen un tamaño definido, el cual se puede agrandar solo desde la esquina superior derecha. Por su parte, la ventana principal, puede tomar cualquier tamaño con la ayuda del cursor sobre sus bordes o por la esquina superior derecha.

Hay dos formas de cerrar las ventanas secundarias:

1. Abriendo otra ventana secundaria
2. Cerrando la ventana desde la esquina superior derecha.

Desde la esquina superior derecha de la ventana principal se cierra todo el programa.

### 3.3.1. CONFIGURACIÓN DE LAS VENTANAS

*Ventana Principal:* Esta ventana consta de las siguientes partes (figura 3.6):

- a) Barra de título: En esta barra se ubica de lado izquierdo el nombre del programa: “Laboratorio de Termodinámica”, y de lado derecho se encuentran los botones que permiten minimizar, maximizar y cerrar.
- b) Menú General: En esta barra se encuentran reunidas todas las ventanas secundarias, a las cuales se tiene acceso en todo momento, si se abre cualquier ventana el menú general continua intacto.
- c) Espacio para la ventana secundaria: Esta parte es la más grande de la ventana principal y es el lugar donde se aloja la ventana secundaria.

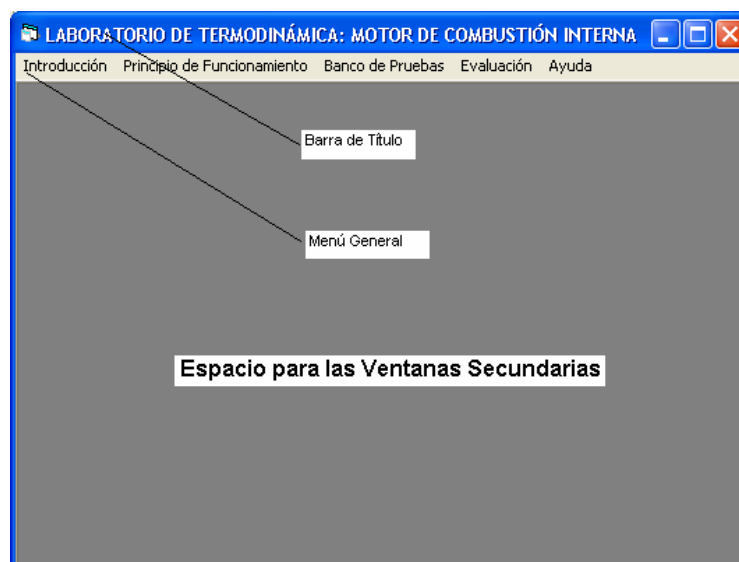


Figura 3.6 Zonas de la Ventana Principal<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

**Ventanas Secundarias:** Estas ventanas constan de las siguientes partes (figura 3.7):

- Barra de título:** En esta barra se informa que ventana se encuentra abierta y al igual que en la ventana principal existe los botones para minimizar, maximizar y cerrar. Con estos botones solo se puede controlar la ventana secundaria. Si se minimiza, maximiza o cierra cualquier ventana secundaria el programa continúa abierto.
- Zona superior:** En esta zona se encuentra una especie de **pantalla** sobre la cual se ejecutarán: las animaciones del programa, las gráficas de las curvas características y el balance de energía. No existen botones, casilleros, textos, etc que se puedan manipular; solamente el ratón puede desplazarse para dar alguna información sobre los gráficos.
- Zona inferior:** Es la zona, desde donde se controla todas las animaciones o gráficas y consta de un **fichero**, el cual está formado por dos o más **solapas**. Estas solapas permiten que el tema específico de cada ventana se pueda puntualizar aún más.

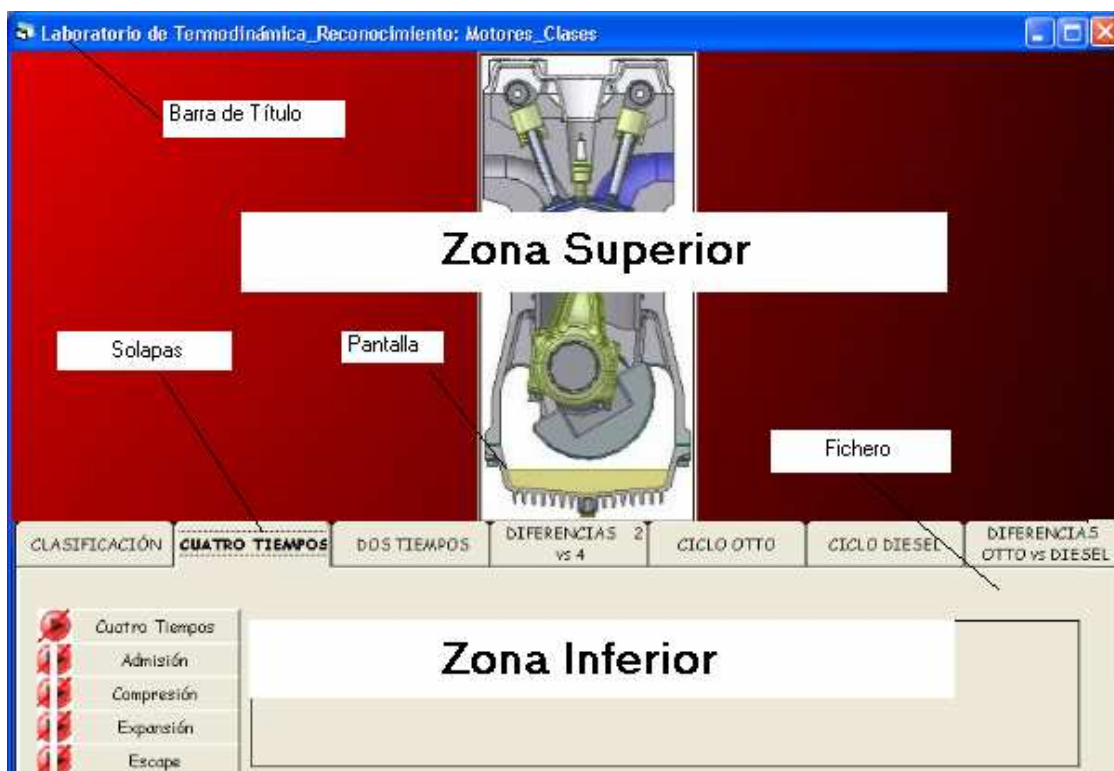


Figura 3.7 Zonas de las Ventanas Secundarias (Ventana Motores)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



### 3.3.2. FICHERO

El fichero es una carpeta que mediante solapas divide al tema de la ventana secundaria en temas aún más específicos. Al pulsar sobre una solapa esta muestra la información referente al tema seleccionado.

Dentro de cada fichero se encuentran dos tipos de objetos:

- Los controles: Estos manejan el programa casi en su totalidad y son controlados por el usuario.
- Cuadros de información: Son cuadros donde se despliega la información que guarda cada control, como se indica en la figura 3.8.

Figura 3.8 Cuadros de información y controles del Fichero<sup>12</sup>

#### 3.3.2.1 Controles

Los controles son todos los objetos que se puede manipular con un evento simple del ratón como: pulsar sobre el ratón, escribir un texto, etc. Después de que se manipule estos objetos siempre aparecerá una animación, resultado gráfico o algún tipo de información.

Algunos de estos controles están dispuestos de forma que sean pulsados en un orden lógico y que antes de pulsar otro control se permita terminar la animación en curso o algún cálculo.

A continuación se describen las características de cada tipo de control.

**Botones de control:** Se caracterizan por su relieve. Sobre estos siempre existe una palabra clave que permite conocer que tipo de información se presentará al pulsarlos, como los que se muestran en la figura 3.9.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

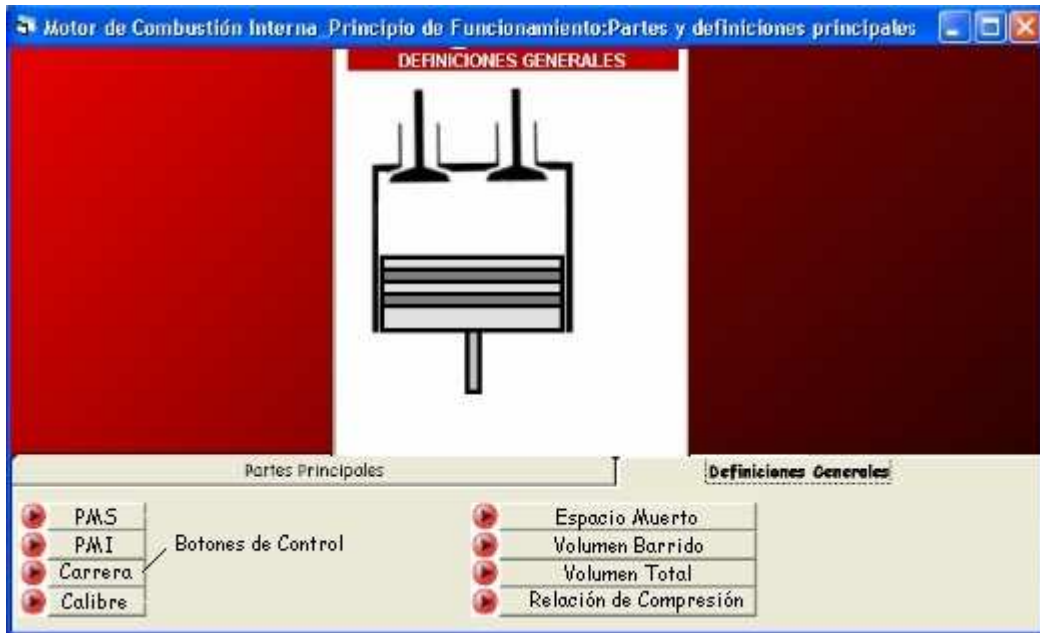


Figura 3.9 Fichero de Introducción<sup>12</sup>

Los botones de control tienen un orden específico en su posición dentro de cada solapa, para que la información se transmita de forma ordenada. Este orden puede ir de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Si se oprimen estos botones en cualquier orden, la información es coherente e independiente, pero no será ordenada.

El botón de control está formado de dos partes: la una es un símbolo gráfico que se encuentra a la izquierda, este gráfico identifica el tipo de animación y a la derecha un gráfico o palabra que orienta sobre el concepto o acción que aparecerá (ver figura 3.10).


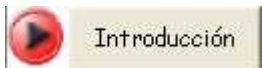






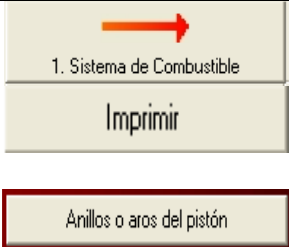








Figura 3.10 Esquema de un botón de control<sup>12</sup>

Existen algunas tipos de botones según la animación e información que presentan, a continuación se presenta una tabla que permite ubicarlos totalmente.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

Tabla 3.1 Clases de botones de control.

Símbolo	Nombre	Resultado obtenido	Características	Observaciones	Ejemplo
	ACCS	Animación completa, con sonido	En el botón puede ir una palabra o un gráfico	Cada vez que se pulse sobre el control la animación empezará nuevamente	
	APCS	Animación parcial de una animación completa con sonido	En el botón puede ir una palabra o un gráfico	Siempre que exista un control de este tipo habrá otro de animación completa	
	ACSS	Animación completa, sin sonido	En el botón puede ir una palabra o un gráfico	Cada vez que se pulse sobre el control la animación empezará nuevamente	
	APSS	Animación parcial de una animación completa sin sonido	En el botón puede ir una palabra o un gráfico	Siempre que exista un control de este tipo habrá otro de animación completa	
	AD	Acción determinada sin símbolo	No tiene símbolo a la izquierda, puede ir con un gráfico o con palabras	Ejecuta una operación muy específica como: imprimir, cancelar, cambiar de solapa, etc.	
	A1	Preguntas de la evaluación	Es un sobre que guarda las preguntas de la evaluación. El símbolo y el botón son uno mismo	Cuando se pulsa sobre este botón la imagen cambia para indicar que ya ha sido abierto el sobre	
	A2	Acción determinada con símbolo	Despliega un texto o una fotografía. El símbolo y el botón son uno mismo.		
	A3	Acción determinada con símbolo	Oculta un texto o una fotografía. El símbolo y el botón son uno mismo.		

**Casilleros:** Este tipo de controles se encuentran en las curvas características y en el balance de energía, se distinguen de los demás, porque tienen un color blanco de fondo y se los manipula al ingresar un número. Tienen la característica de que cada vez que se cambia su valor, cambia el resultado, por lo tanto no se necesita de otro evento del ratón para obtener los resultados.

Los casilleros están formados de las siguientes partes, (figura 3.11):

- *Nombre:* Indica que dato se coloca en el casillero.
- *Símbolo:* Indica como se representa la información en la fórmula.
- *Casillero:* Lugar donde se coloca el valor
- *Unidades:* Indica en que unidades debe ingresar el valor.

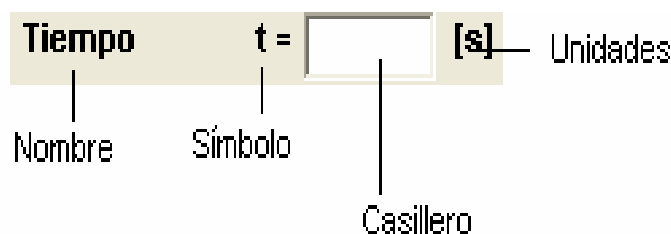


Figura 3.11 Esquema de los casilleros<sup>12</sup>

**Lista:** En este tipo de control el usuario no debe escribir ninguna información solo debe seleccionar una opción de la lista que se despliega.

Las listas están formadas de las siguientes partes, (figura 3.12):

- *Nombre:* Indica que dato se está seleccionando
- *Símbolo:* Indica como se representa la información en la fórmula
- *Lista:* Indica todas las posibilidades que se puede elegir
- *Unidades:* Indica en que unidades se encuentran los valores de la lista

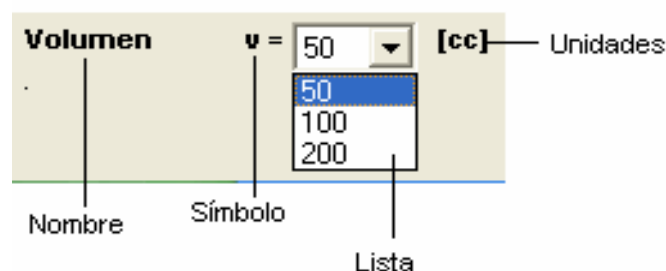


Figura 3.12 Esquema de una lista<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

**Desplazadores:** Se encuentran en las curvas características y para utilizarlos simplemente se debe desplazar el ratón sobre estos (figura 3.13).

Estos desplazadores sirven para amplificar o reducir las gráficas de las curvas características.

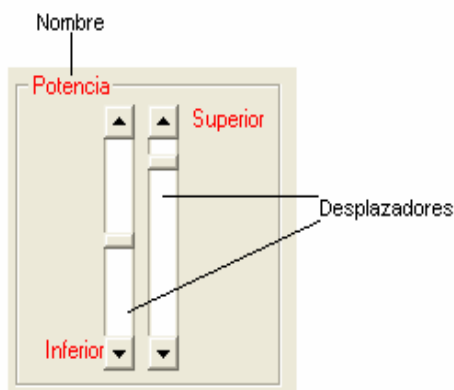


Figura 3.13 Esquema de un desplazador<sup>12</sup>

**Seleccionadores:** Estos controles permiten seleccionar una opción de entre varias (figura 3.14), para ejecutar dicha selección simplemente se debe pulsar sobre la opción deseada. Los seleccionadores se caracterizan porque solo se puede escoger una sola opción a la vez. Por ejemplo la figura 3.14 tiene dos opciones (opción 1 y opción 2), y solamente la opción 2 está seleccionada. Si por algún motivo se selecciona la opción 1 automáticamente la opción 2 queda liberada.

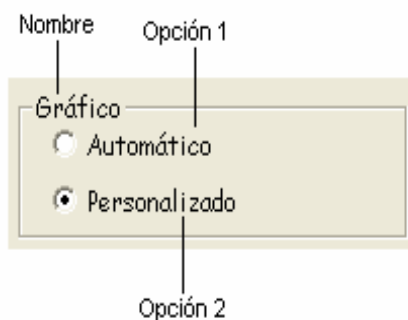


Figura 3.14 Esquema de un seleccionador<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### ***Pantalla del fichero:***

La pantalla de fichero es un cuadro, que se utiliza para presentar animaciones de los sistemas del Banco de Pruebas, este objeto se caracteriza porque es un control y a la vez un cuadro de información.

La información que se despliega sobre esta pantalla no solo es textual sino también gráfica, los detalles son muy importantes en especial los movimientos ya que con ellos se pretende simular como funciona el Banco de Pruebas.

Los eventos que se utiliza para controlar las animaciones en esta pantalla se presenta en el apartado 3.6.

En la figura 3.15 se puede apreciar como se ve esta pantalla del fichero.

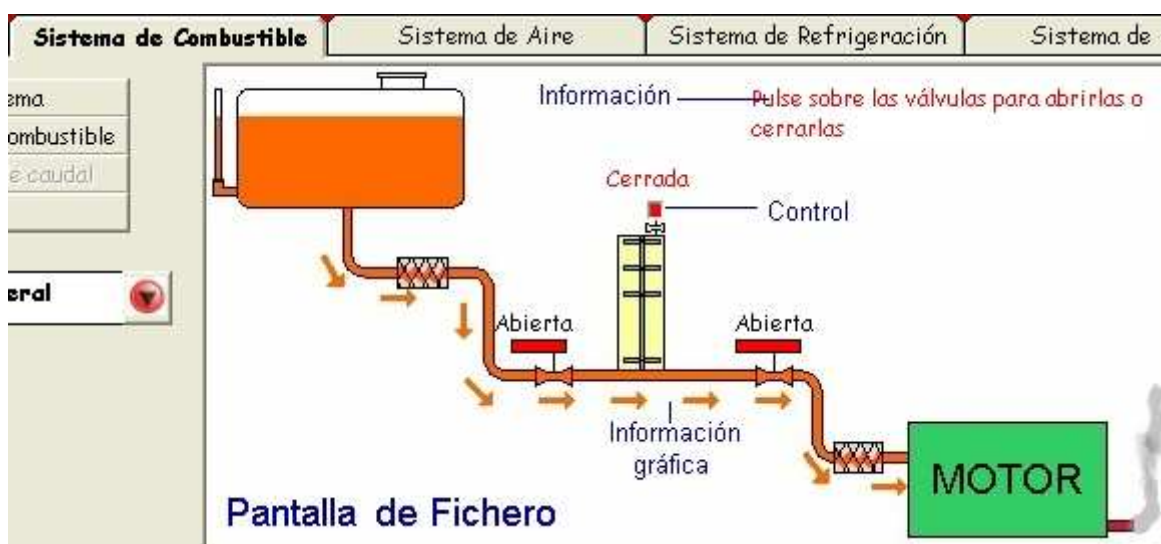


Figura 3.15 Esquema de la Pantalla de fichero<sup>12</sup>

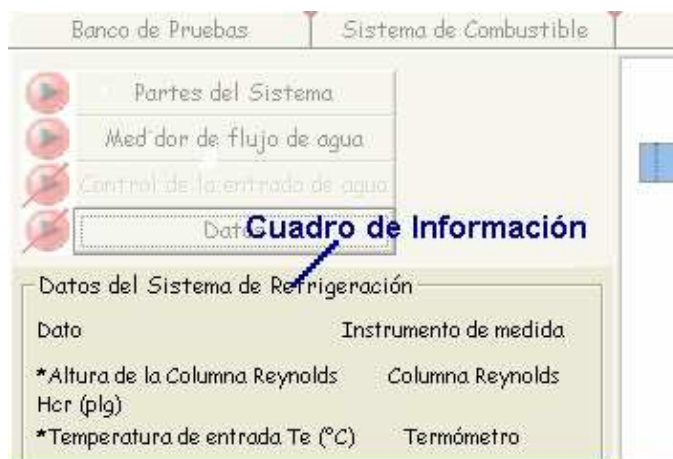
#### ***3.3.2.2 Cuadros de información***

Los cuadros de información son objetos que se han dispuesto para desplegar algún tipo de información sea en forma de texto o numérica. Se caracterizan porque no presentan relieve, su fondo es opaco y no se puede manipular la información que se encuentra en estos.

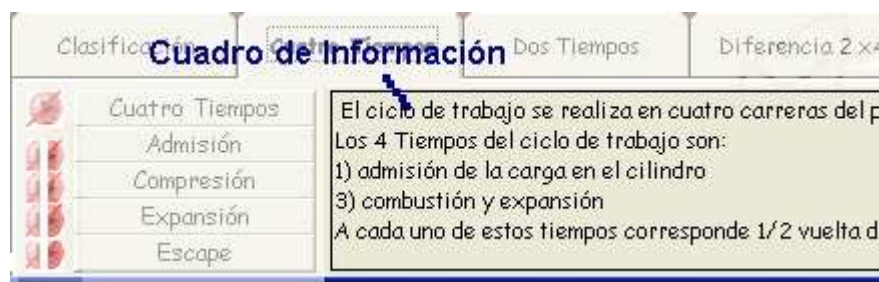
Estos cuadros pueden ya estar presentes o aparecer cuando se opera algún control.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

La información que presentan estos cuadros siempre es complementaria a alguna animación o cálculo. A continuación se presentan algunos ejemplos del uso de estos.



a)



b)

Figura 3.16 a) y b) Ejemplos de aplicación de los cuadros de información<sup>12</sup>

### 3.3.3. PANTALLA

La pantalla es una imagen que se encuentra en la zona superior de las ventanas secundarias (figura 3.15). En esta pantalla se mostrarán la gran mayoría de animaciones, por lo tanto en esta área no se presentará ningún tipo de control.

Lo único que el usuario puede realizar es el evento de desplazarse sobre los dibujos o gráficas que se presentan, cuando esto ocurre cierta información aparece junto a la pantalla y desaparece en el momento que se deja de desplazar sobre esta. Un ejemplo se da en la ventana de *las partes principales del motor*. Cuando termina la animación, si el ratón se desplaza sobre la pantalla, entonces aparecen imágenes a la izquierda de esta con información extra de cada parte, como se puede ver en la figuras 3.17 y 3.18.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



Figura 3.17 Pantalla de la zona superior (Partes principales del motor)<sup>12</sup>

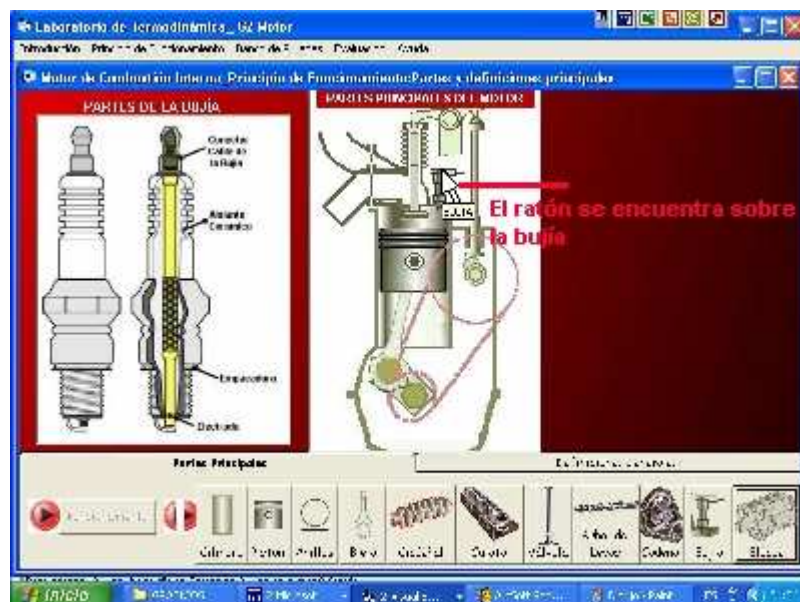


Figura 3.18 Información extra (el ratón se encuentra sobre la bujía)<sup>12</sup>

### 3.3.4. VENTANAS ESPECIALES

Existen ciertas ventanas que no se ajustan a la configuración de la mayoría. Estas presentan ciertas variaciones en su aspecto por lo que se denominan ventanas especiales y son:

**Introducción:** Consta de una sola zona. No existe zona superior o inferior. Solo tiene un botón de control que inicia la animación. En el centro de la ventana existe una pantalla donde aparecen imágenes que indican el desarrollo del motor de

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



combustión interna (figura 3.19). A su alrededor van apareciendo los rostros de los personajes más importantes que desarrollaron el motor de combustión interna. Sobre sus fotografías se puede desplazar el ratón. Este evento permite conocer más sobre estos científicos.

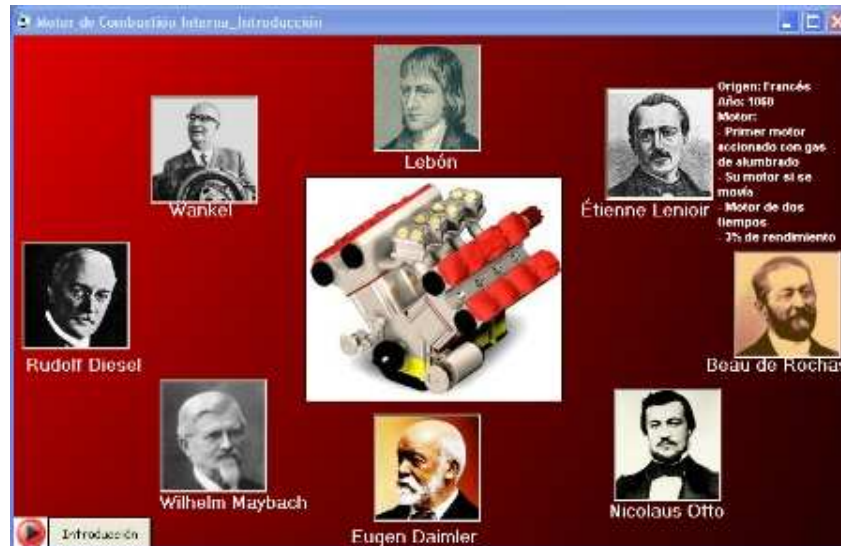


Figura 3.19 Ventana especial: Introducción<sup>12</sup>

**Evaluación:** Esta ventana si tiene zona superior e inferior. En la zona inferior tiene también un fichero. La diferencia radica en que el usuario si tiene acceso a botones de control para seleccionar la pregunta (figura 3.20).



Figura 3.20 Ventana especial: Evaluación<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

**Glosario:** Esta ventana es totalmente diferente a las demás. Se diferencia en:

- Su tamaño es casi seis veces menor que el resto de ventanas
- No tiene zonas
- Cuando se abre la ventana, esta aparece en la parte inferior derecha de la pantalla.
- No puede minimizarse solo se abre y se cierra
- La información resultante se obtiene en una segunda ventana de ayuda.

La figura 3.21 muestra las diferencias de esta ventana.

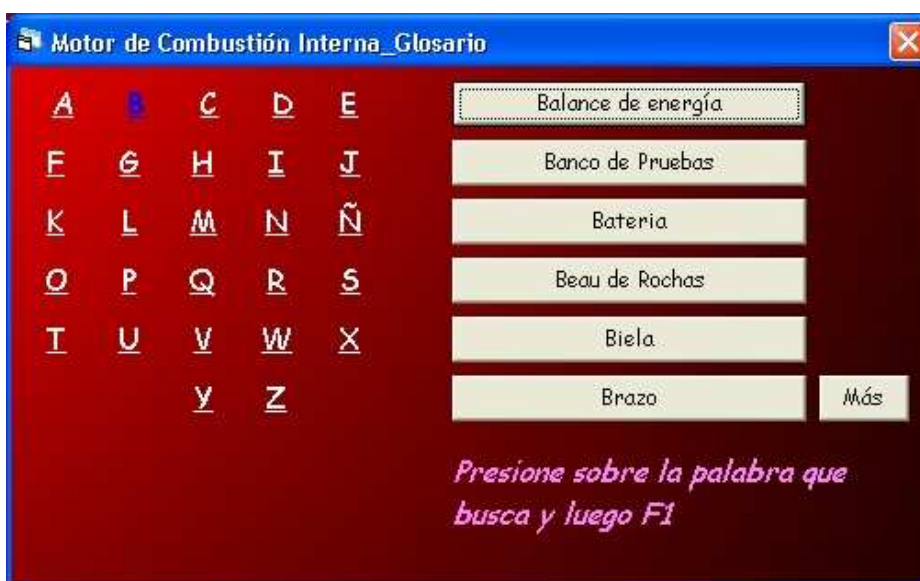


Figura 3.21 Ventana especial: Glosario<sup>12</sup>

**Carátula:** La carátula es la primera ventana que se tiene cuando se inicia el programa. Su única finalidad es servir para alojar a todas las ventanas secundarias en una sola (figura 3.22).

Cuando se inicia el programa, aparece en la parte central el logo del programa. Si se pulsa sobre cualquier parte de la ventana este desaparece y se tiene una ventana vacía. Si se quiere abrir una ventana secundaria simplemente se debe seleccionar el tema en el Menú General.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



Figura 3.22 Ventana especial: Carátula<sup>12</sup>

### 3.4. EVENTOS DEL PROGRAMA

El programa se maneja con eventos sencillos, como son:

- Pulsar sobre los botones de control
- Escribir texto en los casilleros
- Seleccionar una opción de las listas
- Moverse sobre los desplazadores verticales

Una persona que tiene un manejo básico de computadora está acostumbrada a todos estos tipos de evento. Pero para algunas animaciones existen eventos poco usuales, estos se describen a continuación:

**Mouse move:** Este evento consiste en mover el ratón sobre un área de un objeto específico, por ejemplo un cuadro, una fotografía, una gráfica e incluso un botón. En el programa existe cierta información que se despliega cuando el ratón se mueve sobre algún objeto.

Los gráficos donde este evento se hace presente son:

Tabla 3.2 Gráficos donde el evento mouse move da información

Descripción del gráfico	Ubicación	Descripción de la información
Retratos de los científicos que desarrollaron el motor	Menú General: Introducción_ Zona superior	Información básica de la contribución de estos personajes

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

de combustión interna		sobre el desarrollo del motor de combustión interna
Partes principales del motor de combustión interna	Menú General: Funcionamiento _ Partes Principales_ Zona superior	Un gráfico que muestra detalladamente cada parte del motor. La información aparece cuando el motor está completo y de acuerdo sobre cual este el ratón.
Clasificación del motor de combustión interna	Menú General: Funcionamiento _ Clasificación_ Zona superior	Un gráfico donde se muestra cada motor de la clasificación. El evento solo se efectúa cuando la animación de la clasificación del motor no ha comenzado o ya ha terminado.
Flechas azules y verdes	Menú General: Banco de Pruebas _ Equipo del Laboratorio_ Zona superior	Cuando se desplaza por las flechas, las imágenes del banco de pruebas (flechas azules) van cambiando mostrando una imagen en tres dimensiones del banco. Las imágenes del motor (flechas verdes) muestran el motor más detalladamente
Imagen del Banco de pruebas	Menú General: Banco de Pruebas _ Equipo del Laboratorio_ Zona superior	Sobre la misma imagen del Banco de pruebas se despliega el nombre de cada elemento de este.
Imagen del Motor	Menú General: Banco de Pruebas _ Equipo del Laboratorio_ Zona superior	Sobre la misma imagen del Motor se despliega el nombre de cada elemento de este.
Imagen de los Sistemas del Banco de Pruebas	Menú General: Banco de Pruebas _ Equipo del Laboratorio_ Zona inferior (ficheros)	Sobre la misma imagen del Sistema se despliega el nombre de cada parte de la que esta compuesto
Gráfica de las Curvas Características	Menú General: Banco de Pruebas _ Curvas Características_ Curvas de velocidad /de carga_ Zona superior	Sobre la gráfica se puede conocer el valor de las componentes de cada punto de la curva, así como los puntos que generan la curva.
Letras del Glosario	Menú General: Ayuda _ Glosario	Las letras del Glosario cambian de color cuando el ratón se acerca, si se oprime cualquiera en la parte derecha se despliega una lista de las palabras con la letra inicial seleccionada.

***Pulsar y desplazarse sobre un gráfico:*** Estos son dos eventos propios en las animaciones para explicar los sistemas del banco de pruebas. En el fichero: Equipo del Laboratorio se encuentra, además de los botones de control, esquemas del Equipo del Laboratorio. En estos esquemas existen mensajes que orientan el modo de uso de válvulas, freno hidráulico, resistencias eléctricas y demás mecanismos que se manipulan realmente durante la práctica. Cada evento

que debe realizarse está debidamente explicado con la ayuda de avisos. Estos eventos son simples, como por ejemplo:

- Pulsar sobre una válvula para abrirla o cerrarla.
- Deslizarse sobre una flecha para abrir más una válvula.
- Pulsar el acelerador para cambiar las condiciones del motor, etc.

Estos eventos son relativamente fáciles, pero cuando el objeto que realiza la acción se encuentra dentro de un gráfico no suele ser tan fácil.

En la figura 3.23 se puede ver el ejemplo de pulsar sobre una válvula, en esta figura claramente se puede ver el mensaje con letras rojas, que indica cómo se debe proceder.

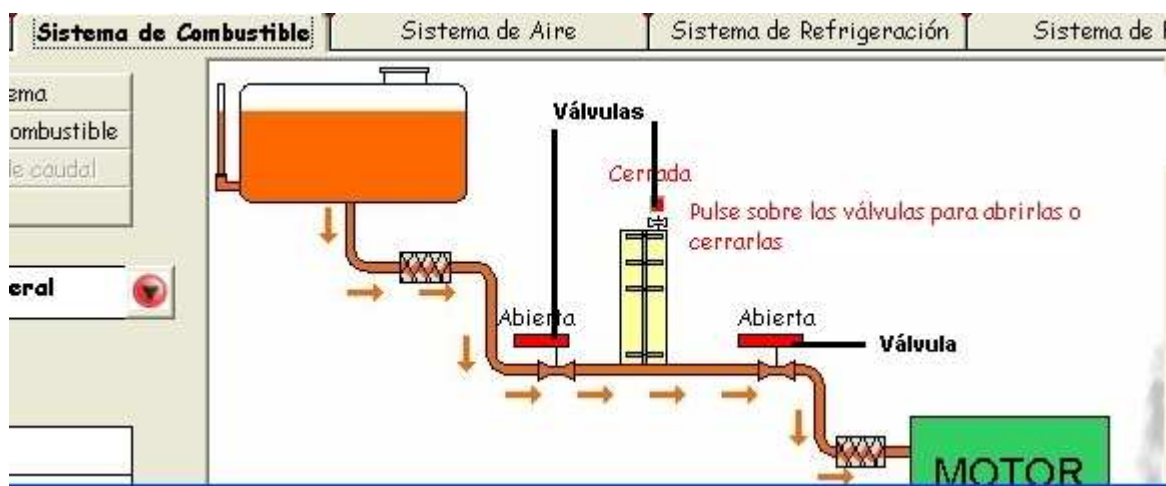


Figura 3.23. Demostración del evento: pulsar sobre un gráfico<sup>12</sup>

### ***Pulsar un botón y a continuación F1***

Este tipo de evento no es muy común, y se lo utiliza cuando se requiere ayuda sobre un objeto. Primero se debe pulsar sobre cualquier objeto sobre el cual se tenga duda, y a continuación se presiona la tecla F1 del teclado. En otra ventana aparece toda la información sobre el objeto seleccionado, su funcionamiento y sus limitaciones.

Este evento funciona de esta manera en todo el programa, a excepción del Glosario. En este al presionar F1 sobre los diferentes controles donde se encuentran el listado de palabras aparece una ventana con información exclusiva de la palabra seleccionada.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

La figura 3.24 muestra el resultado de este evento, en el glosario.

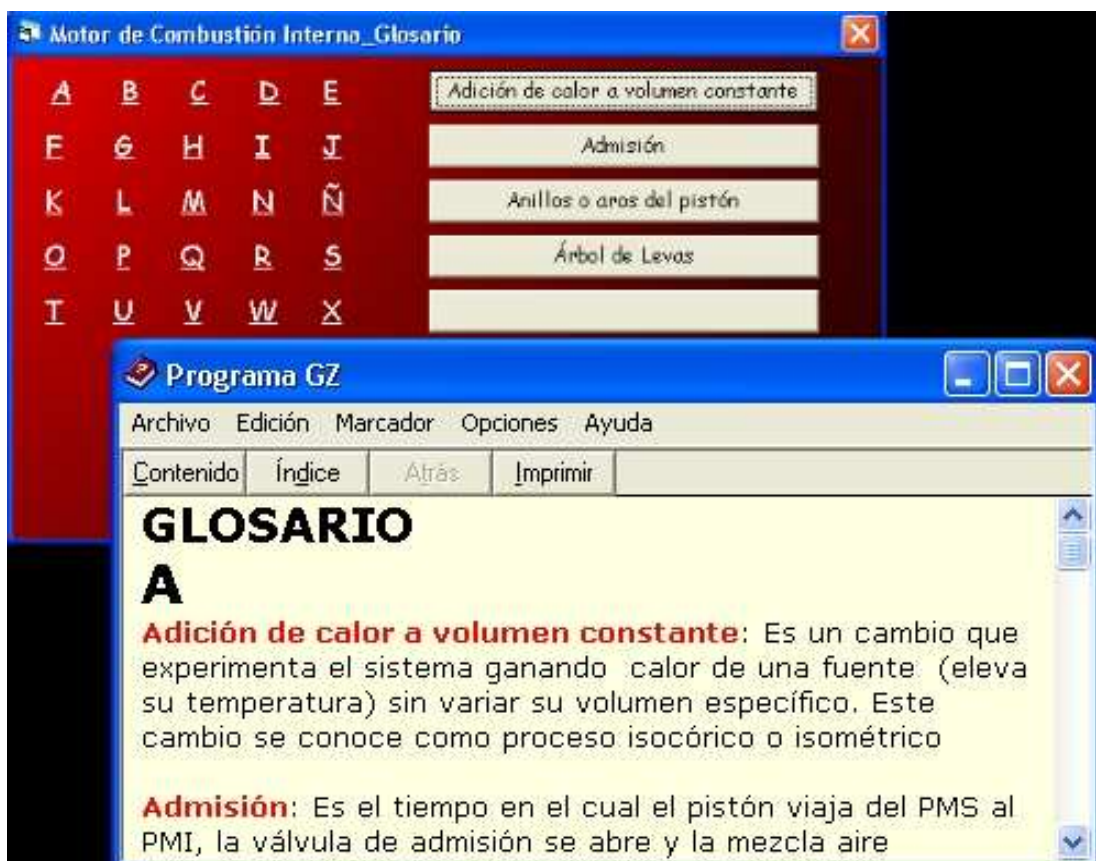


Figura 3.24 Demostración del evento Pulsar un botón y a continuación F1<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

## CAPITULO IV

### RECONOCIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS A TRAVÉS DEL PROGRAMA

En este capítulo se realizará un recorrido por todo el programa a fin de que se visualice desde la Introducción hasta Ayuda. Se empieza con la ventana Introducción y se sigue el orden del Menú General (figura 4.1). En este punto es importante mencionar que el nombre del programa será GZ- Motor, por lo tanto cuando se haga referencia a este calificativo, se estará hablando del programa en sí.

En cada ventana se puntualizan tres aspectos:

- a) Clases de controles
- b) Como se utilizan los controles
- c) Animaciones, gráficos, información, etc (para qué sirven, cómo se utilizan)
- d) Observaciones

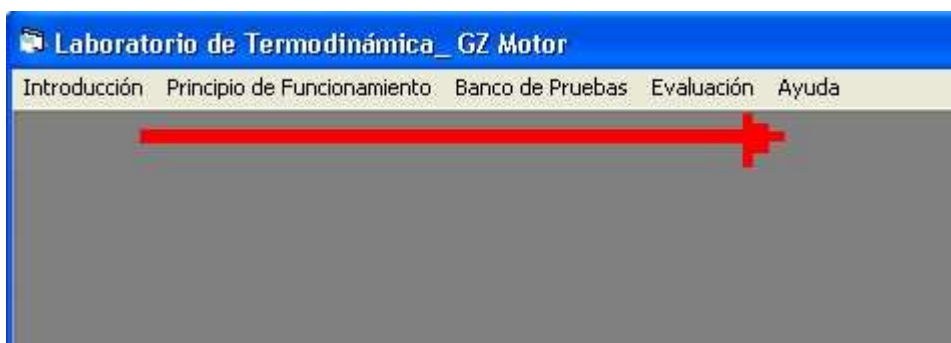


Figura 4.1 Secuencia que se sigue en el capítulo 4<sup>12</sup>

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

La introducción es la primera ventana que se encuentra en el Menú General. Tiene como objetivo presentar una breve introducción sobre el motor de combustión interna, desde sus inicios hasta el día de hoy. Es importante que sea

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

considerada como lo que es, una Introducción, por lo que no existen cálculos ni animaciones en las cuales se deba poner demasiado énfasis.

En esta ventana existe un *cuadro central* (ver figura 4.2), en el cual tiene lugar la animación: “Desarrollo del Motor de Combustión Interna”. Alrededor de este cuadro se presentan *imágenes* que tienen la característica de desplegar *información* cuando el ratón se desplaza sobre ellas.

En esta ventana no existe fichero. Existe un único botón de control, como se indica en la figura 4.2.

a) Controles

En esta ventana existe un botón de control de *animación completa con sonido* (ACCS)

b) Uso de los Controles

El uso del botón ACCS es muy fácil, simplemente se debe pulsar sobre este, para empezar la animación. Si ya no se desea continuar con esta se debe cerrar la ventana.

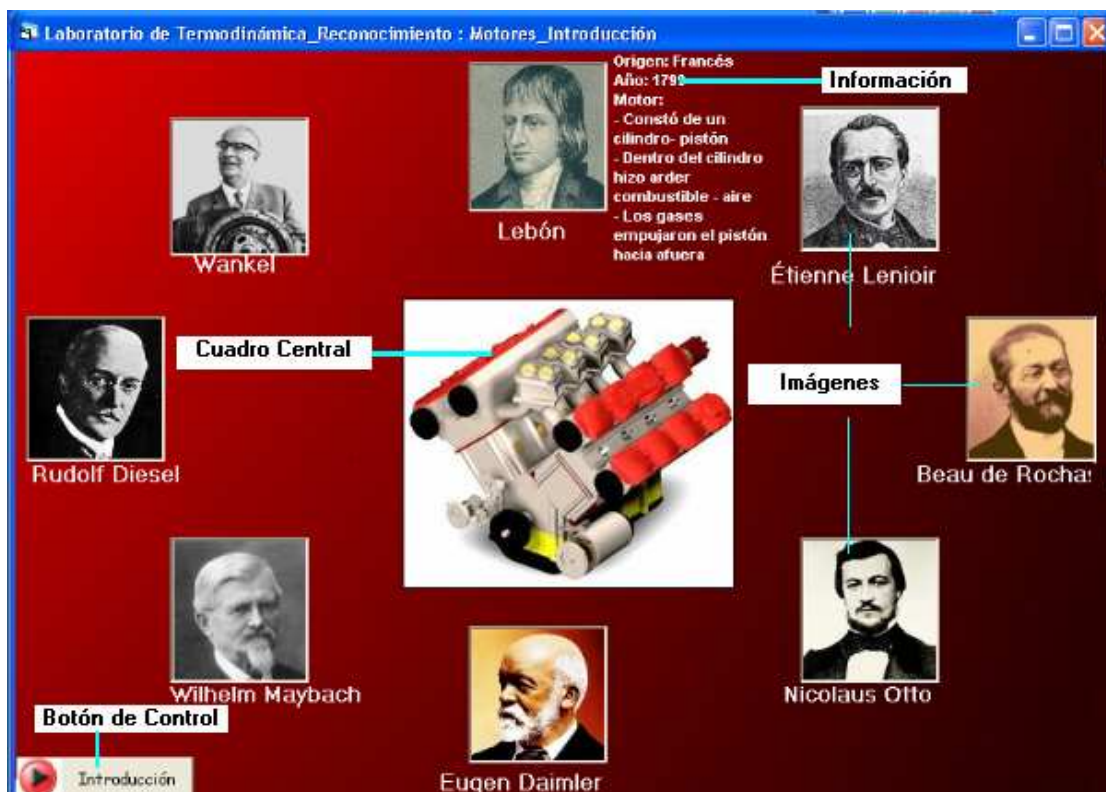


Figura 4.2 Esquema de la Ventana: Introducción<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



### c) Animaciones

Animación: “Desarrollo del Motor de Combustión Interna”

Cuando se pulsa sobre el único botón aparece, sobre el *cuadro central*, una serie de *imágenes* que muestran, desde los primeros inventos del hombre, hasta los grandes avances del motor de hoy. Estas imágenes van acorde a un archivo de sonido que las acompaña.

En medio de la animación, surgen un nuevo conjunto de *imágenes* que rodean el cuadro central. Estas imágenes salen de forma secuencial en sentido horario y corresponden a los personajes más importantes del desarrollo del motor de combustión interna.

## 4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El Principio de Funcionamiento es la segunda sección en el Menú General. Tiene como objetivo dar una visión clara y elemental de: las partes que conforman el motor de combustión interna, el principio de funcionamiento, la clasificación y ciertas definiciones propias del motor.

Como se ve el principio de funcionamiento abarca una serie de elementos que es mejor considerar por separado. Para esto se ha dividido la sección *Principio de Funcionamiento* en dos secciones secundarias: Partes principales y definiciones generales y Clasificación (figura 4.3).

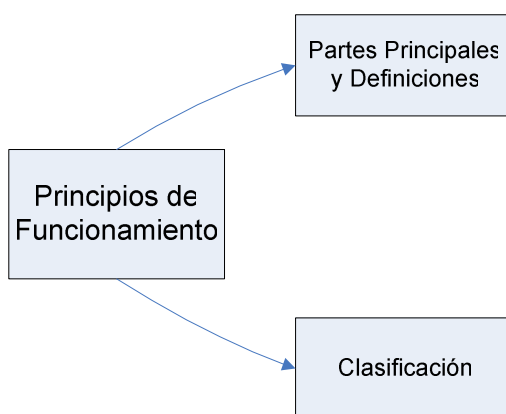


Figura 4.3 División de los Principios de Funcionamiento<sup>16</sup>

<sup>16</sup> ELABORADO POR: Gabriela Zurita, 2007

#### 4.2.1 PARTES PRINCIPALES Y DEFINICIONES GENERALES

En esta ventana el fichero tiene dos solapas (figura 4.4). La primera tiene explica las partes y el funcionamiento básico del motor de combustión interna y la segunda da las definiciones de los diferentes conceptos.

##### ***Partes Principales***

##### a) Controles

Los controles son: un botón de animación completa con sonido (ACCS) y once botones de animación parcial con sonido (APCS) (figura 4.5)



Figura 4.4 Solapas de la Ventana: Principio de Funcionamiento<sup>12</sup>

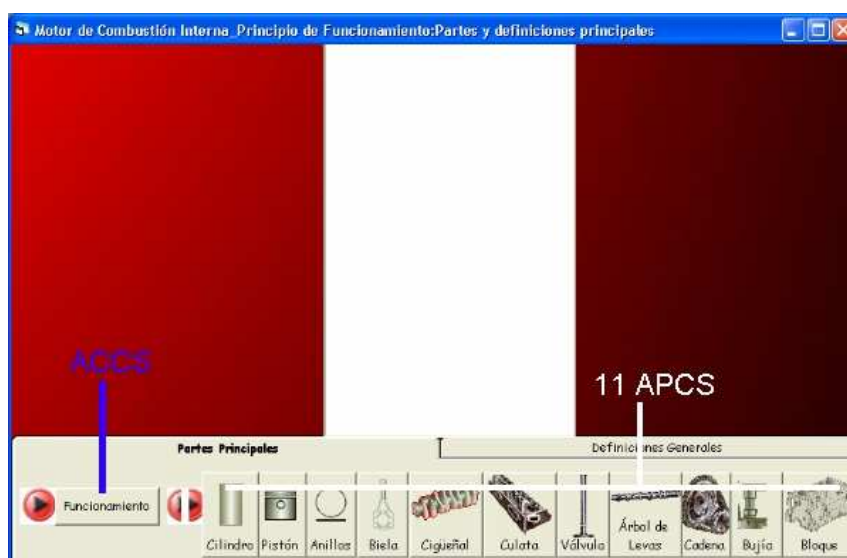


Figura 4.5 Controles de Partes Principales<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### b) Uso de los Controles

**ACCS:** Al pulsar sobre este botón se da inicio a la animación completa “Partes y funcionamiento básico del motor de combustión interna”. El botón permanece bloqueado, hasta que se pulse cualquiera de los once botones de animación parcial. Si el botón es nuevamente pulsado la animación se reinicia.

**APCS:** Estos botones presentan la misma animación anterior, por partes. Es decir se puede visualizar cualquier parte del motor, en cualquier momento.

El botón que sea pulsado automáticamente queda bloqueado, hasta que se pulse otro botón, sea de animación completa u otro de animación parcial.

### c) Animaciones

**Animación:** “Partes y funcionamiento básico del motor de combustión interna”

Cuando se da inicio a esta animación, una a una aparecen las partes principales del motor. Estas partes se mueven desde el extremo superior de cada botón de animación parcial hasta la **pantalla** (figura 4.6a).

Cada vez que llegan a esta pantalla, una imagen que representa su ubicación dentro del motor se hace presente (figura 4.6b). De manera que poco a poco se forme el motor de combustión interna (figura 4.6c).

Un archivo de sonido acompaña la animación gráfica, explicando de esta forma como las partes se interrelacionan y permiten el funcionamiento del motor.



a)



b)



c)

Figura 4.6 Ilustración de la animación “Partes y funcionamiento básico del motor de combustión interna”<sup>12</sup>

d) Observaciones

Cuando la animación completa finaliza, y el ratón se desplaza por las distintas partes del motor, aparecen figuras que detallan un poco más cada parte del motor (figura 4.7). Esto solo ocurre cuando se termina la animación completa; cuando se pulsa por partes, esta opción no se hace presente.

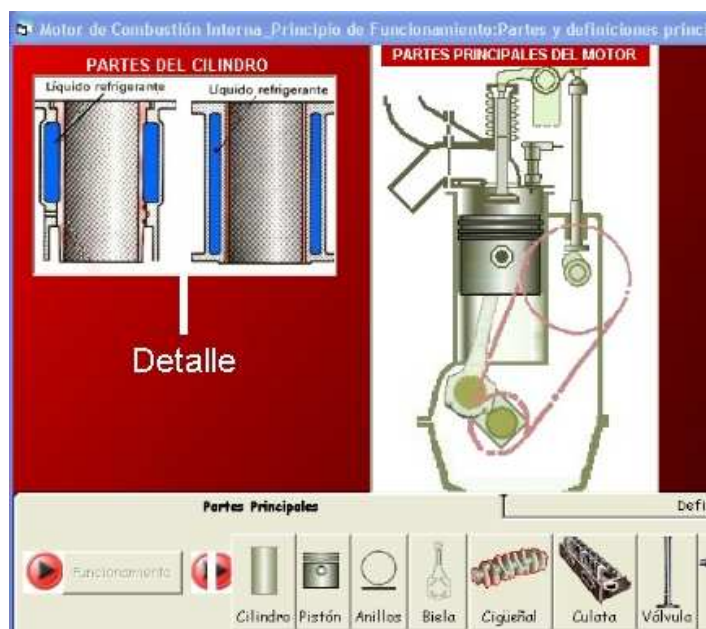


Figura 4.7Detalle de una parte del motor<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### ***Definiciones Generales***

#### a) Controles

En esta solapa existen ocho botones de control de animación completa con sonido (ACCS), (figura 4.8).

#### b) Uso de los Controles

ACCS: Cuando se pulsa un botón se inicia una animación relacionada al nombre del este, todos los demás quedan bloqueados, hasta que se termine la animación. Esta medida se toma porque durante las animaciones se va graficando y, si no se permite finalizar la animación, el resultado es un grafico con conceptos, líneas e ideas incompletas.

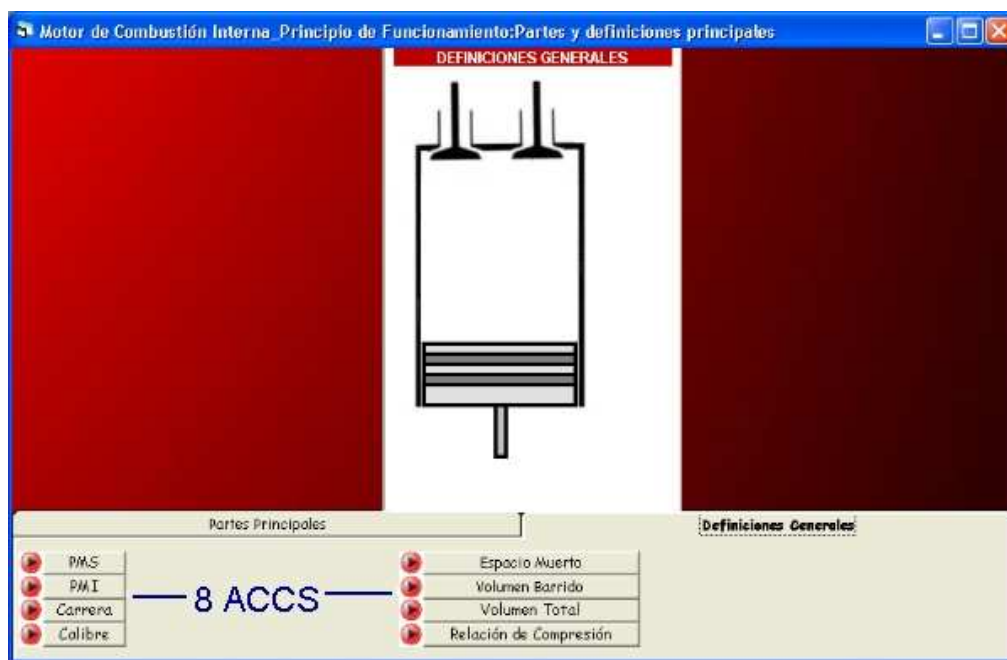


Figura 4.8 Controles de la solapa: Definiciones Generales<sup>12</sup>

#### c) Animación e información

Animación: "PMS"

Cuando se da inicio a esta animación en la pantalla un pistón se mueve dentro del cilindro desde la parte inferior hasta llegar al PMS (figura 4.9a). Mientras el pistón se va moviendo una línea horizontal se va graficando en la posición que se representa como PMS, cuando el motor alcanza la posición más alta, se escribe a lado derecho del pistón las siglas "PMS" (figura 4.9b) . La animación

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

va acompañada de un archivo de sonido y a la vez de un cuadro de información que se despliega al lado derecho de cada botón. En este cuadro se presenta la definición de este término.

El resto de animaciones es similar, el pistón se mueve para indicar un término determinado, la definición de este aparecerá tanto en cuadro de información como en un archivo de sonido.

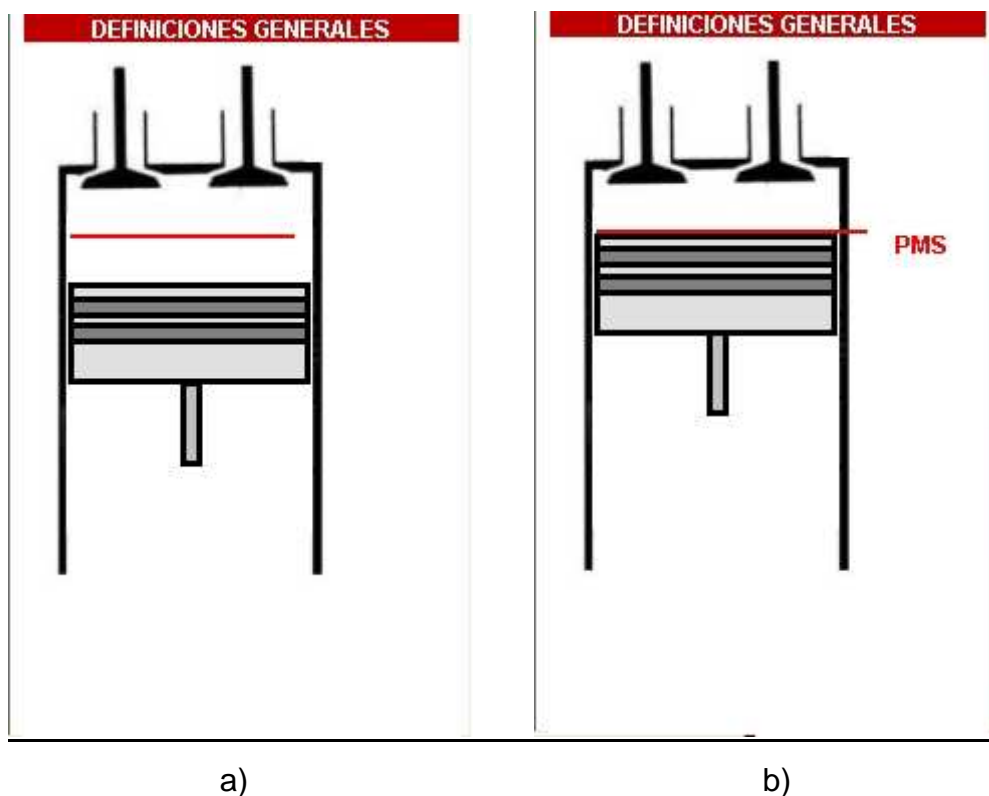


Figura 4.9 Ilustración de la animación “PMS”<sup>12</sup>

#### d) Observaciones

- Existen dos botones que a pesar de ser pulsados no bloquean al resto, estos son: Volumen total y Relación de compresión, ya que en estos los gráficos que aparecen durante la animación son independientes.
- Cuando se pulsa una y otra vez sobre el mismo botón, el audio de la animación se reinicia al igual que el movimiento del pistón, mas no así el gráfico.
- Cada vez que se cambia de solapa, cualquier animación que se este ejecutando se detiene de inmediato.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### 4.2.2 CLASIFICACIÓN

En esta ventana existe un fichero con siete solapas y estas ayudan a puntualizar la clasificación del motor de combustión interna de la siguiente manera (figura 4.10):

- Clasificación
- Motor de cuatro tiempos
- Motor de dos tiempos
- Diferencias entre los motores de dos y cuatro tiempos
- Motor de Gasolina\_ Ciclo Otto
- Motor Diesel \_ Ciclo Diesel
- Diferencias entre los motores Diesel y de Gasolina

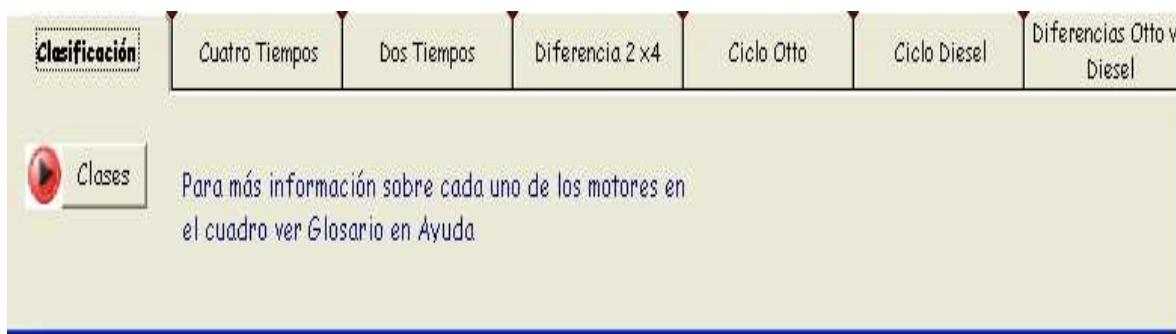


Figura 4.10 Solapas de la Ventana: Clasificación <sup>12</sup>

#### **Clasificación**

##### a) Controles

Existe un solo botón de control de animación completa con sonido (ACCS) (figura 4.10).

##### b) Uso de los Controles

ACCS: Cuando se pulsa sobre este botón la animación “Clasificación” comienza, el botón se bloquea hasta que termina esta.

##### c) Animaciones

Animación: “Clasificación”

Esta animación presenta mediante un archivo de audio, la clasificación del motor de combustión interna. Mientras esta se detalla, en la pantalla una

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

flecha indica cada clasificación sobre un mapa conceptual (figura 4.11); y en el extremo derecho de la pantalla aparecen gráficos de cada clase de motor que van acorde con el audio.

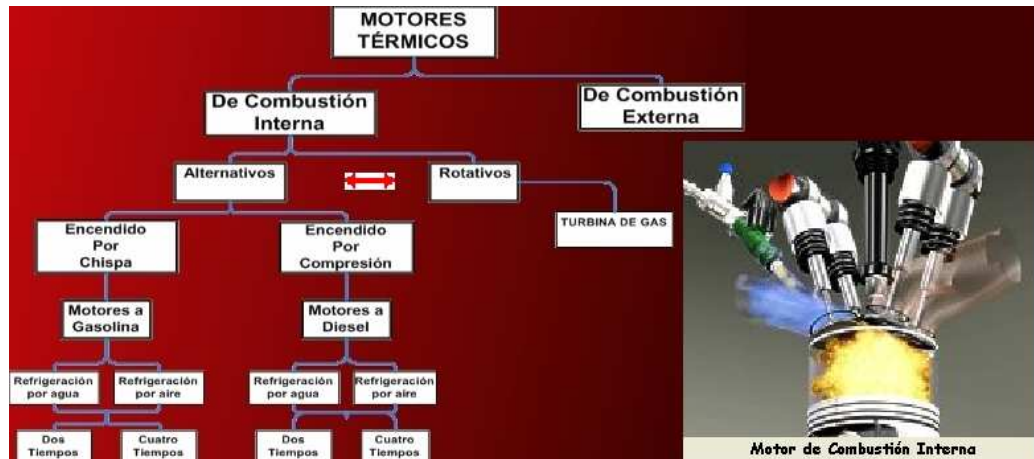


Figura 4.11 Ilustración de la animación “Clasificación”<sup>12</sup>

#### d) Observaciones

Antes y después de la animación, si se desplaza con el ratón sobre el mapa conceptual, un gráfico aparece para visualizar cada clase de motor.

#### ***Motor de cuatro tiempos***

##### a) Controles

Existen un botón de control de animación completa sin sonido (ACSS) y cuatro botones de control de animación parcial sin sonido (APSS) (figura 4.12).

Clasificación	<b>Cuatro Tiempos</b>	Dos Tiempos	Diferencia 2 x4	Ciclo Otto	Ciclo Diesel	Diferencias Otto y Diesel
<ul style="list-style-type: none"> <li> Cuatro Tiempos</li> <li> Admisión</li> <li> Compresión</li> <li> Expansión</li> <li> Escape</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* En esta carrera se produce la inflamación del combustible</li> <li>* Los gases quemados ejercen una gran presión sobre el pistón empujándolo hasta el P.M.I.</li> <li>* La fuerza que recibe el pistón es transmitida al cigüeñal el cual gira hasta recibir un nuevo impulso</li> <li>* Esta carrera se denomina de potencia por se la única que produce trabajo</li> <li>* Durante este tiempo las válvulas de admisión y escape están cerradas</li> </ul>					

Figura 4.12 Controles de la solapa: Cuatro Tiempos<sup>12</sup>

##### b) Uso de los Controles

**ACSS:** Con este botón se inicia la animación “Motor de cuatro tiempos”. Cada vez que se pulsa se inicia la animación, no tiene ninguna restricción.

**APSS:** Con estos botones se visualiza la animación anterior por tiempos, por lo tanto existen cuatro, y tampoco tienen ninguna restricción.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



### c) Animaciones

Animación: “Motor de cuatro tiempos”

Cuando se inicia esta animación, sobre la pantalla se visualiza un gráfico del motor de cuatro tiempos, realizando su ciclo de manera continua (figura 4.13).

Frente al botón que inicia la animación se presenta un cuadro de información sobre este tema.

Con los otros botones se controla la animación parcial, cada botón controla y presenta información sobre cada tiempo.

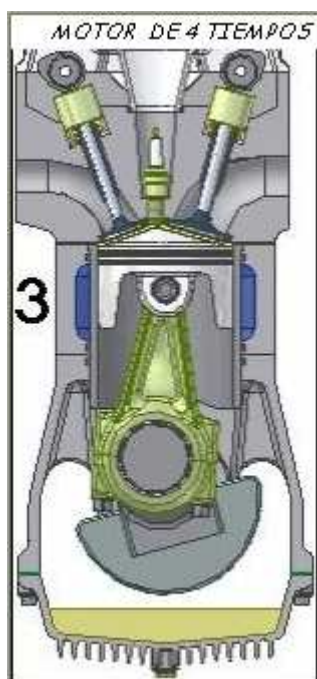


Figura 4.13 Ilustración de una parte de la animación “Motor de Cuatro tiempos”<sup>12</sup>

### ***Motor de dos tiempos***

#### a) Controles

En esta solapa existen los siguientes controles (figura 4.14):

- Un botón de control de animación completa sin sonido (ACSS)
- Dos botones de animación parcial sin sonido (APSS)
- Un botón de animación completa con sonido (ACCS)

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

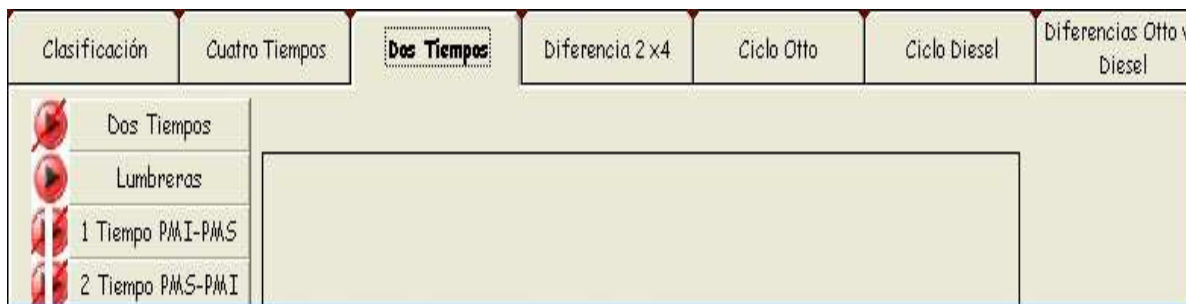


Figura 4.14 Controles de la solapa: Dos Tiempos<sup>12</sup>

b) Uso de los Controles

**ACSS:** Con este botón se inicia la animación “Motor de dos tiempos”. Cada vez que se pulsa se inicia la animación, no tiene ninguna restricción.

**APSS:** Con estos botones se visualiza la animación anterior por tiempos, por lo tanto existen dos, y tampoco tienen ninguna restricción.

**ACCS:** Con este botón se inicia la animación “Lumbreras”. Cada vez que se pulsa se inicia la animación, no tiene ninguna restricción.

c) Animaciones

Animación: “Motor de dos tiempos”

Cuando se inicia esta animación, sobre la pantalla se visualiza un gráfico del motor de dos tiempos, realizando su ciclo de manera continua (figura 4.15).

Frente al botón que inicia la animación se presenta un cuadro de información sobre este tema.

Con los otros botones se controla la animación parcial, cada botón controla y presenta información sobre cada tiempo.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

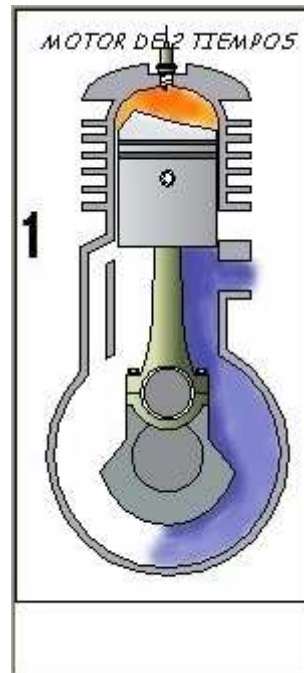


Figura 4.15 Ilustración de la animación “Motor de dos tiempos”<sup>12</sup>

Animación: “Lumbreras”

En esta animación el motor no se mueve, por el contrario un archivo de audio describe el tema de lumbreras en el motor de dos tiempos y letras que indican estas se desplazan hasta colocarse sobre el lugar que les corresponde. Lo que se describe en audio se encuentra en un cuadro de información en el fichero.

### ***Diferencias entre los motores de dos y cuatro tiempos***

#### a) Controles

Existen tres botones de control de animación completa sin sonido (ACSS), (figura 4.16)

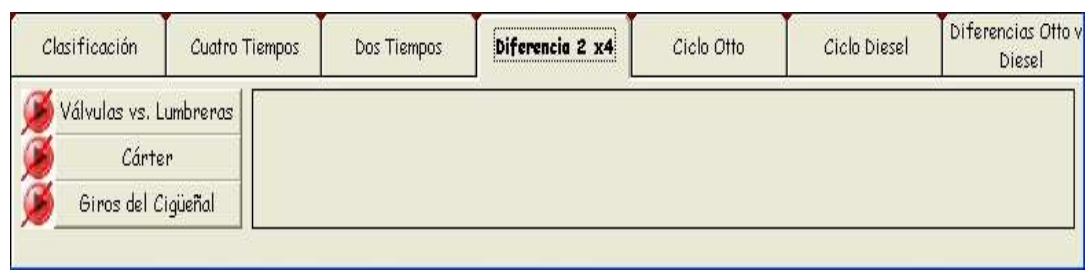


Figura 4.16 Controles de la solapa: Diferencias 2 x 4<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

b) Uso de los Controles

*Botones de animación completa sin sonido:* Al pulsar estos botones se inicia por cada uno, una animación de las “Diferencias 2 y 4 tiempos”. Son independientes y siempre se reinicia la animación.

c) Animaciones

En esta solapa existen tres animaciones, una por cada diferencia:

“Lumbreras vs Válvulas”

Varias flechas se mueven hacia los dos motores para señalar donde se ubica esta diferencia y la información sobre esto aparece en cuadro de información frente a el respectivo botón que controla esta animación. Los motores permanecen estáticos

“Cárter”

Esta animación tiene la misma base que en Lumbreras vs Válvulas.

“Giros de Cigüeñal”

Cuando se inicia esta animación los dos motores comienzan su movimiento, y una serie de recuadros indican alternadamente en que tiempo se encuentra cada motor, y la información se presenta en un cuadro (figura 4.17).

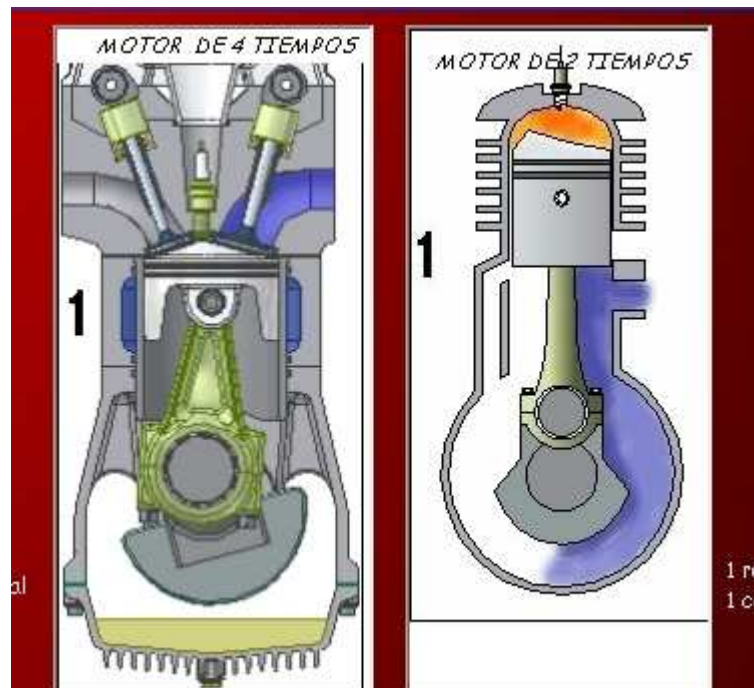


Figura 4.17 Ilustración de la animación: “Giros de Cigüeñal”<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

## ***Motor de Gasolina\_ Ciclo Otto***

### a) Controles

Existen cinco botones de control de animación completa sin sonido (ACSS), (figura 4.18).

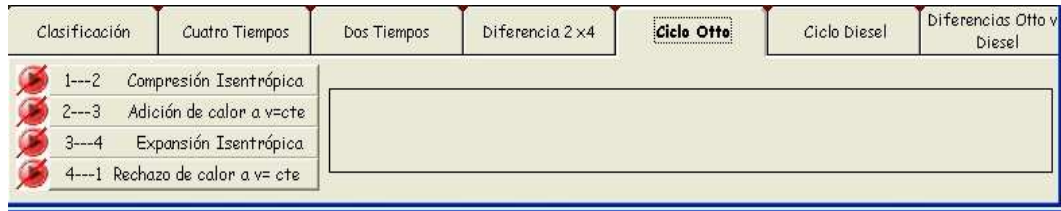


Figura 4.18 Controles de la solapa: Ciclo Otto<sup>12</sup>

### b) Uso de los Controles

ACSS: Estos botones están adecuados para ser pulsados de manera ordenada. Están colocados en forma vertical y solamente el primero se encuentra accesible. Cuando se pulsa sobre el primero, este se bloquea y el segundo se vuelve accesible. La importancia de la secuencia se debe a la animación. Ya que el principal objeto de esta es, indicar un ciclo, y si no se grafica en orden la idea no estará clara.

### c) Animaciones

#### Animación “Ciclo Otto”

Esta animación es diferente, al pulsar cada botón en orden, se va creando la animación. Cuando se pulsa sobre el segundo botón, en la pantalla, un pistón se desplaza dentro de un cilindro desde el PMI al PMS y sobre los diagramas P-v y T- s se dibuja este proceso (figura 4.19). Esta dinámica se repite para los otros tres botones. Siempre que se pulsa sobre cada uno aparece información sobre cada proceso.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

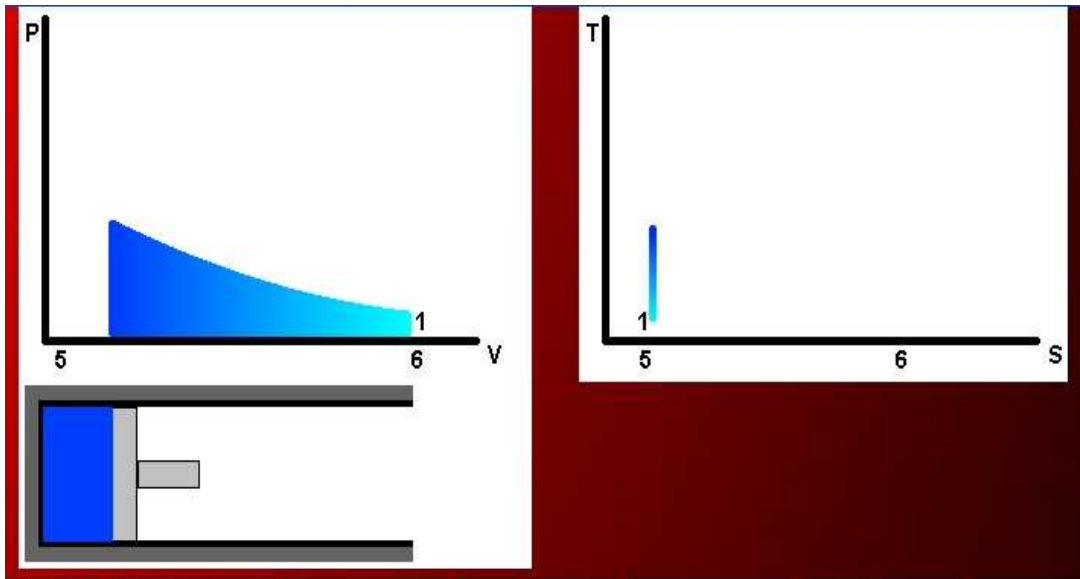


Figura 4.19 Ilustración de la animación: "Ciclo Otto"<sup>12</sup>

### ***Motor Diesel \_ Ciclo Diesel***

#### a) Controles

Existen cinco botones de control de animación completa sin sonido (ACSS).

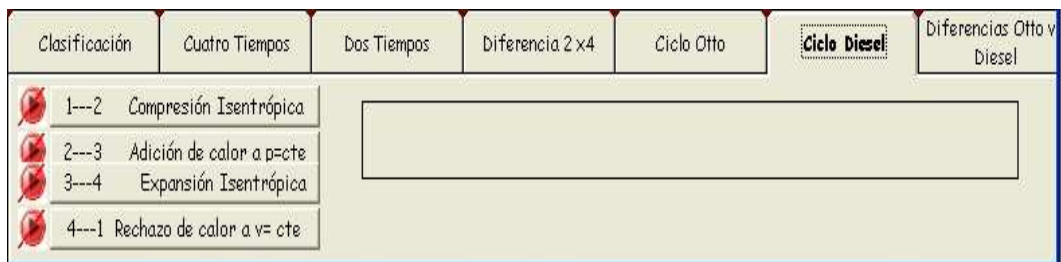


Figura 4.20 Controles de la solapa: Ciclo Diesel<sup>12</sup>

#### b) Uso de los Controles

ACSS: El sistema es idéntico al ciclo Otto.

#### c) Animaciones

Animación "Ciclo Diesel"

La animación es idéntica al Ciclo Otto.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### ***Diferencias entre los motores Diesel y de Gasolina***

#### a) Controles

Existen seis botones de control de animación completa sin sonido (ACSS), (figura 4.21).

#### b) Uso de los Controles

*Botones de control de animación completa sin audio:* Son independientes y cada vez que se pulsan inicia la animación que les corresponde.

#### c) Animaciones

“Diferencias Diesel y Gasolina”

Para cada botón la animación es similar. Dos cuadros con imágenes relacionadas a las diferencias se acercan desde los extremos de la ventana hasta encontrarse. Si se pulsa otro botón la animación es la misma simplemente cambian las imágenes.



Figura 4.21 Controles de la solapa: Diferencia Otto vs Diesel<sup>12</sup>

## **4.3 BANCO DE PRUEBAS**

El Banco de Pruebas abarca todo lo relacionado con las pruebas que se realizan a los motores Diesel y Gasolina en el Laboratorio de Termodinámica, por lo tanto para mayor comprensión este tema se ha dividido en tres partes:

- Equipo del Laboratorio
- Curvas características
- Balance de energía

### **4.3.1. EQUIPO DEL LABORATORIO**

El equipo de Laboratorio a su vez se divide en:

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

- Equipo Diesel
- Equipo Gasolina

El equipo del Laboratorio tanto para Diesel como para Gasolina es básicamente igual, ya que con los dos se tienen tanto curvas características como el balance de energía. Pero existen algunas diferencias que es muy importante tomar en cuenta ya que los datos deben ser tratados de manera diferente. A continuación se expone totalmente el equipo Diesel y en el equipo Gasolina solo se anotarán las diferencias, de manera que se pueda optimizar la información.

#### 4.3.1.1 Equipo Diesel

En esta ventana la zona superior trabaja independiente de la zona inferior, ya que ningún control que se encuentre en el fichero gobierna a la zona superior.

En la pantalla se encuentra dos cuadros (figura 4.22); el de la izquierda es un cuadro que presenta al banco de pruebas y el de la derecha al motor Diesel, ambos corresponden al equipo del Laboratorio de Termodinámica.

Además de los cuadros existen cuatro flechas dos azules y dos verdes, al desplazar el ratón sobre las flechas azules se puede observar al banco en tres dimensiones y con las verdes al motor, y si se desplaza sobre el cuadro, aparece junto al puntero, el nombre de las principales partes sea del banco o del motor.



Figura 4.22 Zona superior de la ventana Equipo de Laboratorio del Motor Diesel<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



En esta ventana existen cinco solapas, en la primera se encuentra una pequeña introducción escrita que habla acerca del banco de pruebas, y las otras cuatro se concentran en los sistemas del banco.

En esta ventana todas las animaciones tienen lugar en la pantalla del fichero, que se encuentra ubicada en el lado derecho de este.

### ***Banco de Pruebas***

En esta solapa existe un gráfico que muestra los sistemas que necesitan ser estudiados, para realizar la práctica.

Estos sistemas son:

- Sistema de Combustible
- Sistema de Aire
- Sistema de Refrigeración
- Sistema de Freno

#### a) Controles

Existen cuatro botones de control de acción determinada (AD), (figura 4.23)

#### b) Uso de los Controles

*AD*: Cada uno de estos representa los cuatro sistemas del banco de pruebas, y al pulsarlos la solapa cambia al sistema seleccionado.

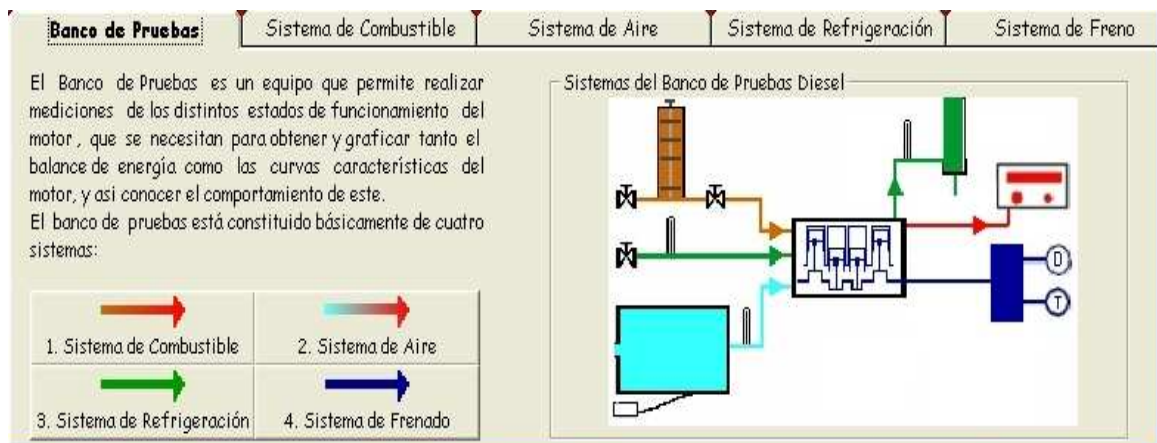


Figura 4.23 Controles de la solapa: Banco de Pruebas<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

c) Observaciones

No existe ninguna animación en esta solapa.

**Sistema de combustible**a) Controles

Existen cuatro controles, dos botones de control de animación completa con sonido (ACCS) y dos botones de control de animación completa sin sonido (ACSS).

b) Uso de los Controles

ACCS: Estos dan inicio a las animaciones “Partes del sistema” y “Medidor de Caudal”.

ACSS: Estos son diferentes de los dos anteriores. Uno de ellos da paso a una animación especial denominada “Control del medidor de caudal” y el otro despliega la información sobre que datos se recoge en este sistema.

Los cuatro botones son totalmente independientes y siempre que son pulsados reinician la información.

c) Animaciones e Información

“Partes del sistema”

Un archivo de sonido indica las partes del sistema y cómo funciona este. Poco a poco aparecen rótulos y flechas que señalan cada parte. Además una partícula indica como se desplaza el combustible hasta llegar al motor (figura 4.24).

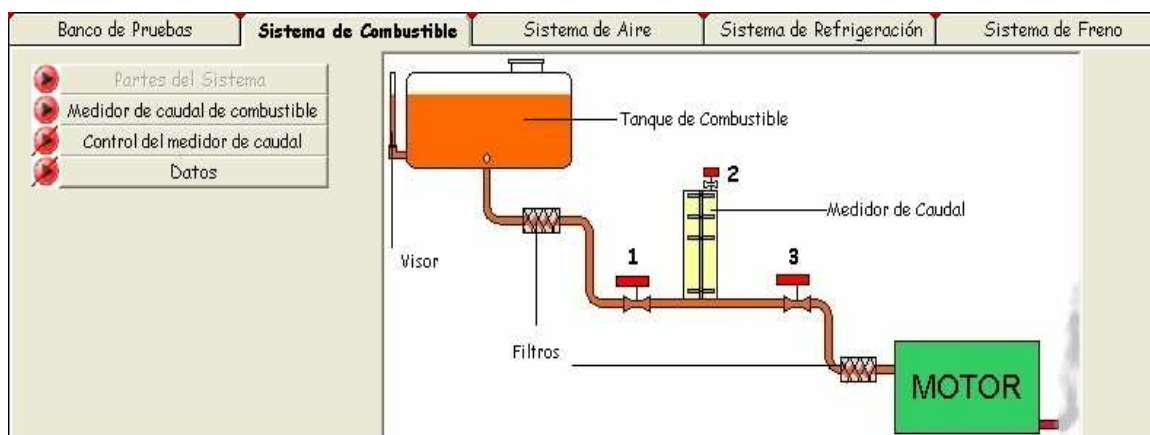


Figura 4.24 Ilustración de la animación: “Partes del sistema”

“Medidor de caudal”

Nuevamente un archivo de sonido indica específicamente cómo funciona el medidor de caudal y cómo se toman los datos.

“Control del medidor de caudal”

Esta animación es especial, porque, para que se genere, el usuario debe interactuar con la pantalla del fichero, de acuerdo a las indicaciones que se presentan en esta (figura 4.25).

Cada vez que se interactúa con la animación, información acerca de lo que esta sucediendo aparece en la parte izquierda de la solapa, incluso para el caso de que el usuario no utilice correctamente los controles, existe un archivo de sonido de advertencia.

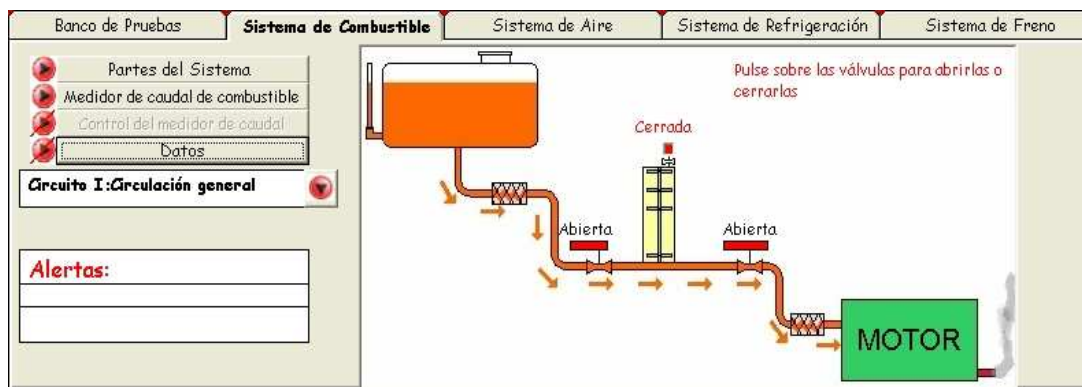


Figura 4.25 Ilustración de la animación: “Control del medidor de caudal”<sup>12</sup>

Información: “Datos”

Los datos aparecen cuando se pulsa este último botón y un cuadro con los datos e instrumentos que utiliza para la medición aparecen en el lado izquierdo de la solapa.

#### d) Observaciones

Los siguientes tres sistemas son muy similares a este primero, razón por la cual se añade un cuadro (tabla 4.1) que resume los cuatro puntos: controles, uso de controles, animaciones e información y observaciones de los cuatro sistemas. Si existe alguna notable diferencia se aclara en el cuadro y a continuación se presentan las figuras correspondientes a estos sistemas.

Tabla 4.1 Controles y animaciones de los sistemas del Banco de Pruebas

SISTEMAS	CONTROLES	USO DE CONTROLES	ANIMACIONES /INFORMACIÓN	OBSERVACIONES
COMBUSTIBLE	2 BOTONES DE CONTROL DE ANIMACIÓN COMPLETA CON SONIDO	LOS 4 BOTONES SON TOTALMENTE INDEPENDIENTES Y SIEMPRE QUE SON PULSADOS REINICIAN LA INFORMACIÓN	ANIMACIONES: "PARTES DEL SISTEMA"  "MEDIDOR DE CAUDAL"  "CONTROL DEL MEDIDOR DE CAUDAL"  INFORMACIÓN: DATOS	EL USUARIO DEBE ABRIR Y CERRAR VÁLVULAS PULSANDO SOBRE ESTAS
	2 BOTONES DE CONTROL DE ANIMACIÓN COMPLETA SIN SONIDO	SON PULSADOS REINICIAN LA INFORMACIÓN	ANIMACIONES: "PARTES DEL SISTEMA"  "MEDIDOR DE FLUJO DE AIRE"  "CONTROL DEL MANÓMETRO"  INFORMACIÓN: DATOS	EL USUARIO DEBE CAMBIAR DE POSICIÓN AL MOTOR DESPLAZÁNDO SE SOBRE UNA FLECHA
AIRE	IDÉNTICO QUE EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	IDÉNTICO QUE EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	ANIMACIONES: "PARTES DEL SISTEMA"  "MEDIDOR DEL SISTEMA"  "MEDIDOR DEL	EL USUARIO CONTROLAR EL INGRESO DE AGUA
REFRIGERACIÓN	IDÉNTICO QUE EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	IDÉNTICO QUE EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	ANIMACIONES: "PARTES DEL SISTEMA"  "MEDIDOR DEL	EL USUARIO CONTROLAR EL INGRESO DE AGUA

			<b>FLUJO DE AGUA”</b>	DESPLAZÁNDO SE SOBRE UNA FLECHA
			<b>“CONTROL DE LA ENTRADA DE AGUA”</b>	
			<b>INFORMACIÓN: DATOS</b>	
			<b>ANIMACIONES:</b>	
			<b>“PARTES DEL SISTEMA”</b>	EL USUARIO
			<b>“FRENO HIDRÁULICO”</b>	FRENA AL MOTOR DESLIZÁNDOSE
FRENO	IDÉNTICO QUE EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	IDÉNTICO QUE EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	<b>“CONTROL DEL FRENO HIDRÁULICO”</b>	SOBRE EL VOLANTE DEL FRENO
			<b>INFORMACIÓN: DATOS</b>	

#### 4.3.1.2 Equipo de Gasolina

El equipo de Gasolina es muy similar al de Diesel, pero existen diferencias muy importantes, las cuales son:

- Las imágenes que se presentan en la zona superior corresponden al banco de pruebas y al motor de gasolina del Laboratorio de Termodinámica.
- El sistema de refrigeración cambia ya que en el motor de gasolina la refrigeración se da por aire. Por lo que no existe ninguna animación simplemente existe un gráfico que indica la transferencia de calor a través de las aletas distribuidas en la culata.
- El sistema de freno tiene la misma función, pero trabaja diferente. Por lo tanto los gráficos y animaciones son diferentes, pero tiene los mismos botones y se comportan de la misma manera que el Diesel.

#### 4.3.2. CURVAS CARACTERÍSTICAS

En este punto las ventanas son diferentes a las que se han venido revisando hasta ahora, ya que no existen animaciones. El objetivo principal es graficar las curvas características del motor. Por lo tanto se hacen presentes a más de los botones de control, casilleros, seleccionadores, listas y desplazadores.

Del capítulo I, se conoce que existen curvas de velocidad y curvas de carga, por lo tanto existe una ventana para cada clase de curva. Pero en cualquiera de las dos se puede calcular curvas para el motor Diesel o Gasolina.

#### 4.3.2.1 Curvas características de velocidad

En la pantalla de esta ventana, en la zona superior, se encuentran dos cuadros, uno donde se gráfica las curvas características y otro para un diagrama Sankey simple (Potencia efectiva / Potencia teórica)(figura 4.26).

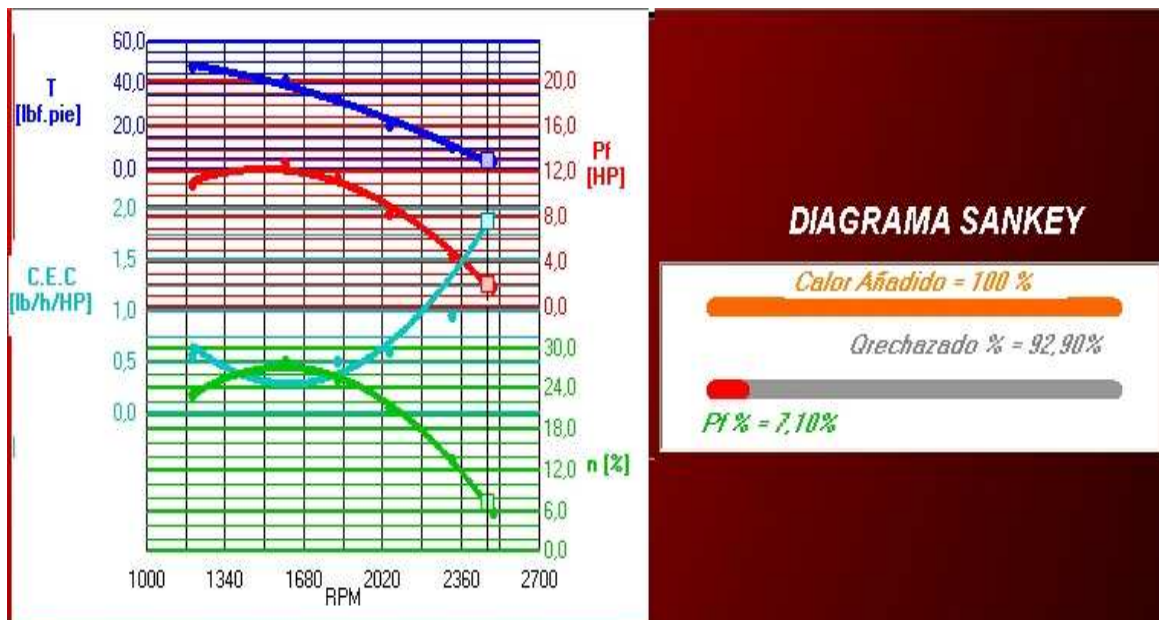


Figura 4.26 Zona Superior de la Ventana: Curvas de velocidad<sup>12</sup>

En la zona inferior se encuentra el fichero que tiene cinco solapas, que ayudan a graficar y modificar las curvas (figura 4.27). Estas solapas son:

- Curvas de velocidad
- Datos
- Escala
- Ejes

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

- Imprimir

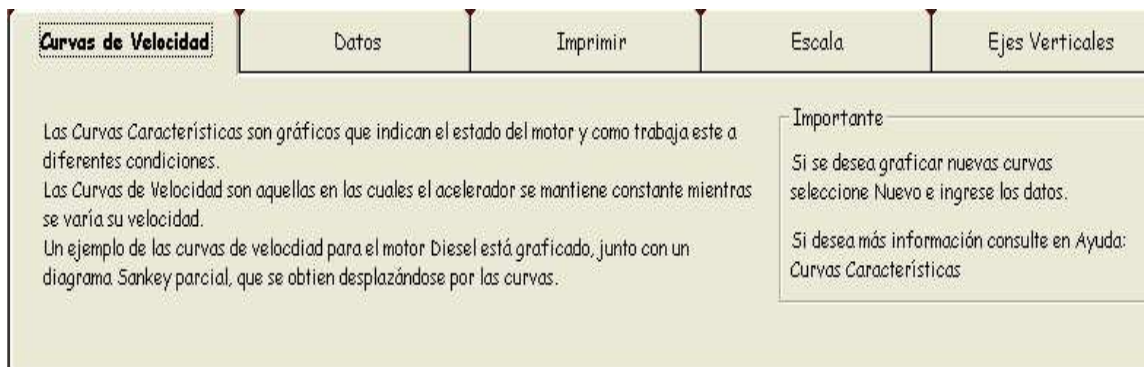


Figura 4.27 Solapas de la Ventana: Curvas de Velocidad<sup>12</sup>

#### a) Controles

En esta ventana existen los siguientes controles: botón de control, casilleros, desplazadores y seleccionadores.

#### b) Uso de los Controles

*Botón de control:* Estos realizan tareas específicas como son:

- Nueva Curva: Borra todos los datos que se presentan en los casilleros.
- Ejemplo: Devuelve todos los valores que se presentaron cuando se abre la ventana.
- Imprimir: Imprime el gráfico de las curvas características. La impresión es directa, se ajusta a una hoja tamaño A4.

*Casilleros:*

- Datos: En estos se colocan todos los datos necesarios para el cálculo de las curvas características (fuerza, RPM, tiempo), como se indica en la figura 4.28a. Para mayor comprensión y visualización, cuando se abre esta ventana ya existe un ejemplo de los datos en los diferentes casilleros.
- Escala: Se encuentran bloqueados. Para poder utilizarlos se debe escoger en los seleccionadores la opción personalizado (figura 4.28b). Se puede modificar los extremos de las RPM, Torque, Potencia, Consumo específico de combustible y eficiencia total.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

No.	Fuerza [lbf]	RPM	Tiempo [s] 50cc
1	3.4	2500	77
2	9	2325	73
3	18	2050	64
4	28.2	1825	55

No.	Fuerza [lbf]	RPM	Tiempo [s] 50cc
5	36	1600	54
6	41	1200	52
7			
8			

a)

b)

Figura 4.28 Controles para generar las curvas características <sup>12</sup>

**Lista:**

- Datos: En esta se escoge con cual combustible se trabaja (diesel, gasolina, otro). Esta lista esta bloqueada cuando se tiene presente el ejemplo. Para desbloquearla se necesita pulsar sobre el botón “Nueva Gráfica”.
- Escala: En esta se escoge que extremos se van a cambiar (Torque, Potencia, Consumo específico de combustible y eficiencia total)

**Seleccionadores:**

- Escala: Existen dos opciones: Automático y Personalizado. Si se escoge automático los valores mínimo y máximo se resetean de acuerdo al valor que tiene en memoria el programa. En la opción personalizada el usuario puede colocar cualquier valor.

**Desplazadores:**

- Ejes: Existen dos desplazadores por cada gráfica, uno controla el extremo superior y otro el inferior (figura 4.29). Estos controles son utilizados para amplificar o reducir la altura de las gráficas.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



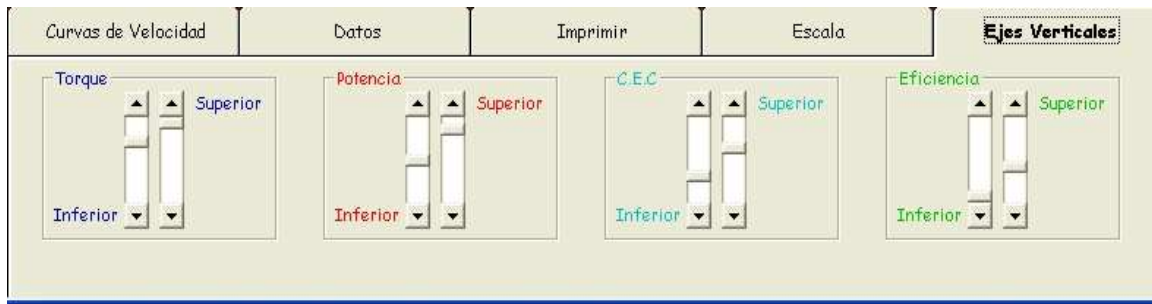
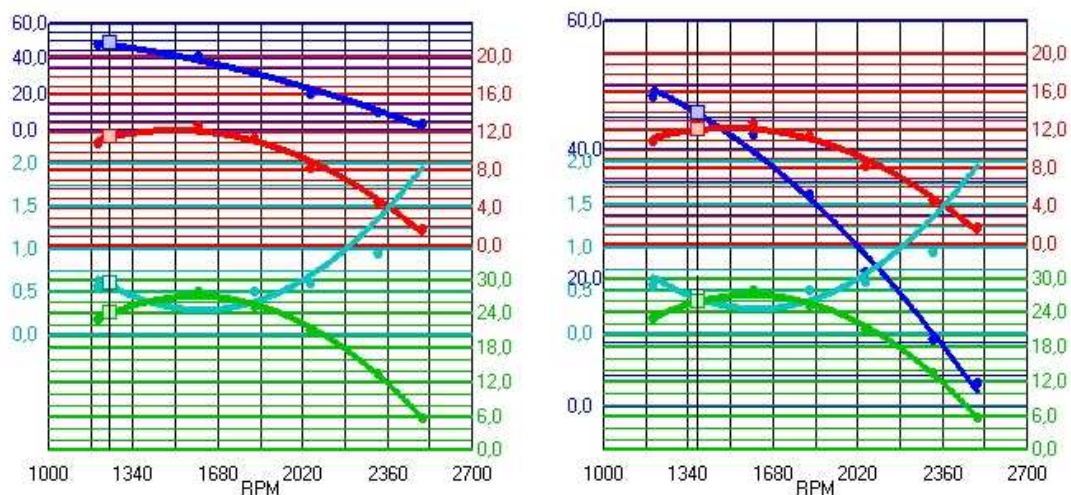


Figura 4.29 Desplazadores de las curvas características<sup>12</sup>

En la figura 4.30 se puede apreciar gráficamente como funcionan los desplazadores, en la figura 4.30a la gráfica de Torque vs RPM se encuentra ubicada en la cuarta parte superior de todo el gráfico, mientras que en la figura 4.29b, la curva se encuentra ampliada y ocupa casi la totalidad del gráfico.



a)

b)

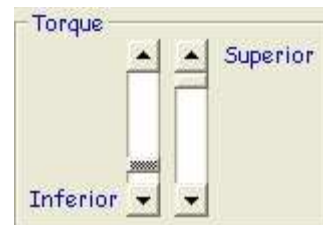
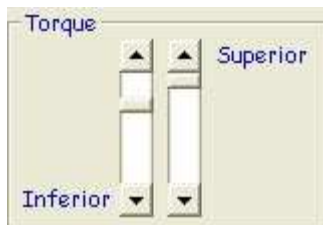


Figura 4.30 Funcionamiento de los desplazadores<sup>12</sup>

c) Gráficas

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

Para graficar las curvas características se deben seguir los siguientes pasos:

1. Pulsar sobre el botón “Nueva Gráfica”.
2. Escoger el tipo de combustible (al escoger el tipo de combustible automáticamente se cambian los valores de las constantes necesarias).
3. Llenar en los casilleros con todos los datos que se pide.

Con las tres primeras filas completamente llenas se obtiene ya el primer gráfico. La curva va cambiando a medida que se llena toda una fila. Cuando se termine de introducir los datos las curvas se encuentran listas. Conforme se va llenando los datos, el casillero inferior se desbloquea.

#### d) Observaciones

Para graficar las curvas se debe tener cuidado en el ingreso de los datos y la selección de la escala, a continuación (tabla 4.2) se detalla, los posibles errores, consecuencias y soluciones

Tabla 4.2 Errores y soluciones al graficar curvas características

Posible error	Consecuencia	Solución
Si se deja en blanco algún casillero de alguna fila que no sea la última	Se bloquean todos los casilleros de la columna a la cual pertenece dicho dato	Llenar el casillero
Si la fuerza es menor que 0, mayor que 50 lbf o cualquier texto que no sea numérico	Aparece un mensaje “La fuerza debe estar entre 0.1 y 50 lbf”	Colocar un valor entre 0.1 y 50 en el casillero.
Si en el casillero de RPM, tiempo se coloca valores negativos o texto que no sea numérico	Aparece un mensaje “El valor debe ser positivo”	Colocar un valor mayor a cero dentro del casillero
Si no se introduce más de dos datos	No aparece ninguna gráfica	Llenar completamente tres fila por lo menos con los datos
Si los límites de las RPM están fuera del rango de los datos	No se dibujará ninguna gráfica	Colocar en el límite inferior las RPM mínimas alcanzadas en la práctica, y en el límite superior las RPM máximas.

#### 4.3.2.2 *Curvas características de carga*

Los controles de esta ventana exactamente de la misma manera que la ventana de las curvas de velocidad. Simplemente hay que tener en cuenta que en el casillero de las RPM, solo se introduce un único valor y que en el eje X no se consideran RPM sino Potencia efectiva, por lo tanto solo son tres gráficas.

#### 4.3.3. BALANCE DE ENERGÍA

En el balance de energía existe una sola ventana. En esta existen, dentro del fichero cinco solapas (figura 4.31).

- Balance de energía
- Potencia teórica
- Potencia efectiva
- Pérdidas por Refrigeración
- Pérdidas por Gases de escape
- Diagrama Sankey



Figura 4.31 Solapa de la ventana Balance de energía<sup>12</sup>

### ***Balance de Energía***

#### a) Controles

Existe un botón de control de animación completa con sonido y una lista

#### b) Uso de los controles

*Botón de control de animación completa con sonido:* Da inicio a la animación “Balance de Energía”.

*Lista:* En esta se selecciona con que motor se trabajará (diesel, gasolina, otro).

#### c) Animación

Animación: “Balance de Energía”

En la solapa de Balance de Energía existe una pequeña introducción acústica y gráfica sobre el tema, en esta se puede ver un Diagrama Sankey básico.

### ***Potencia, Pérdidas y Diagrama Sankey***

#### a) Controles

En las demás solapas solo se utilizan casilleros para controlar el cálculo y una lista para seleccionar el volumen de combustible, por esta razón a continuación

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

(tabla 4.3) se describe, los datos que se colocan en cada casillero, las constantes que se encuentran en los cuadros de información y los resultados que se obtiene.

Tabla 4.3 Datos, constantes y resultados del fichero del balance de energía

Concepto	Datos (controles) c: casillero l: lista	Constantes	Resultados
Potencia teórica	Tiempo (c) Volumen (l)	Poder calórico Densidad	Potencia teórica
Potencia efectiva	Fuerza (c) RPM (c)	Brazo	Potencia efectiva
Pérdidas por Refrigeración	Altura de la columna Reynolds (c) Temperatura de entrada del agua (c) Temperatura de salida del agua (c)	Calor específico del agua	Flujo del agua Pérdidas por Refrigeración
Pérdidas por gases de escape	Altura del manómetro inclinado (c) Temperatura de entrada del aire (c) Temperatura de salida de los gases (c) Presión atmosférica (c)	Diámetro de la placa Calor específico del aire	Flujo del aire Flujo del combustible Flujo total Pérdidas por gases de escape

En la figura 4.32 se puede observar como se introducen los datos y el resultado del gráfico en la pantalla.

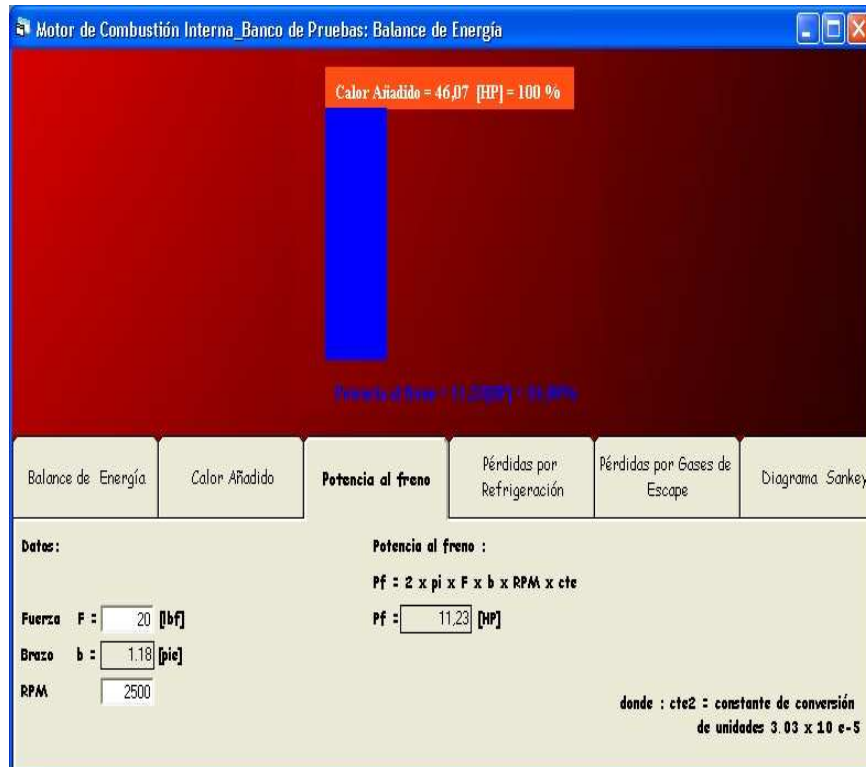


Figura 4.32 Ilustración de la obtención del Diagrama Sankey con el Programa<sup>12</sup>

b) Uso de los controles

Todos los casilleros de cada solapa deben ser llenados antes de continuar al siguiente concepto.

c) Gráfica del Diagrama Sankey

El Balance de Energía al igual que el Diagrama Sankey se obtiene a medida que se introducen los datos.

En la última solapa no se introduce ningún valor, simplemente al pulsar sobre esta aparece en la pantalla el Diagrama Sankey completo y el gráfico de un diagrama guía que permita determinar si los valores obtenidos se encuentran o no muy alejados de la realidad.

d) Observaciones

Si se calcula para el motor de gasolina la solapa de Pérdidas por Refrigeración estará bloqueada ya que este factor no se considera en el banco de pruebas del motor de Gasolina en el Laboratorio de Termodinámica.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

## 4.4 EVALUACIÓN

La evaluación es la culminación del programa, en esta ventana el usuario se enfrentará al reto de contestar veinte preguntas, sin límite de tiempo sobre los temas revisados en las ventanas anteriores.

En la zona superior de esta ventana existen veinte sobres (figura 4.33), los cuales se puede seleccionar y abrir en cualquier orden, pero cada uno tiene un valor y un tema específico.

En la zona inferior, en el fichero existen tres solapas

- Instrucciones
- Preguntas
- Puntaje

TRIVIA -MOTOR DE COMBUSTIÓN					
Tema de Pregunta	DEFINICIONES	FUNCIONAMIENTO	BANCO DE PRUEBAS	CURVAS CARACTERÍSTICAS	BALANCE DE ENERGÍA
10	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]
5	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]
3	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]
2	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]	[Sobre]

20 sobres

Figura 4.33 Zona superior de la ventana: Evaluación<sup>12</sup>

### **Instrucciones**

En esta solapa simplemente se encuentra las instrucciones y reglas del juego

### **Preguntas**

#### a) Controles

Existe un juego de tres seleccionadores (figura 4.34)

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

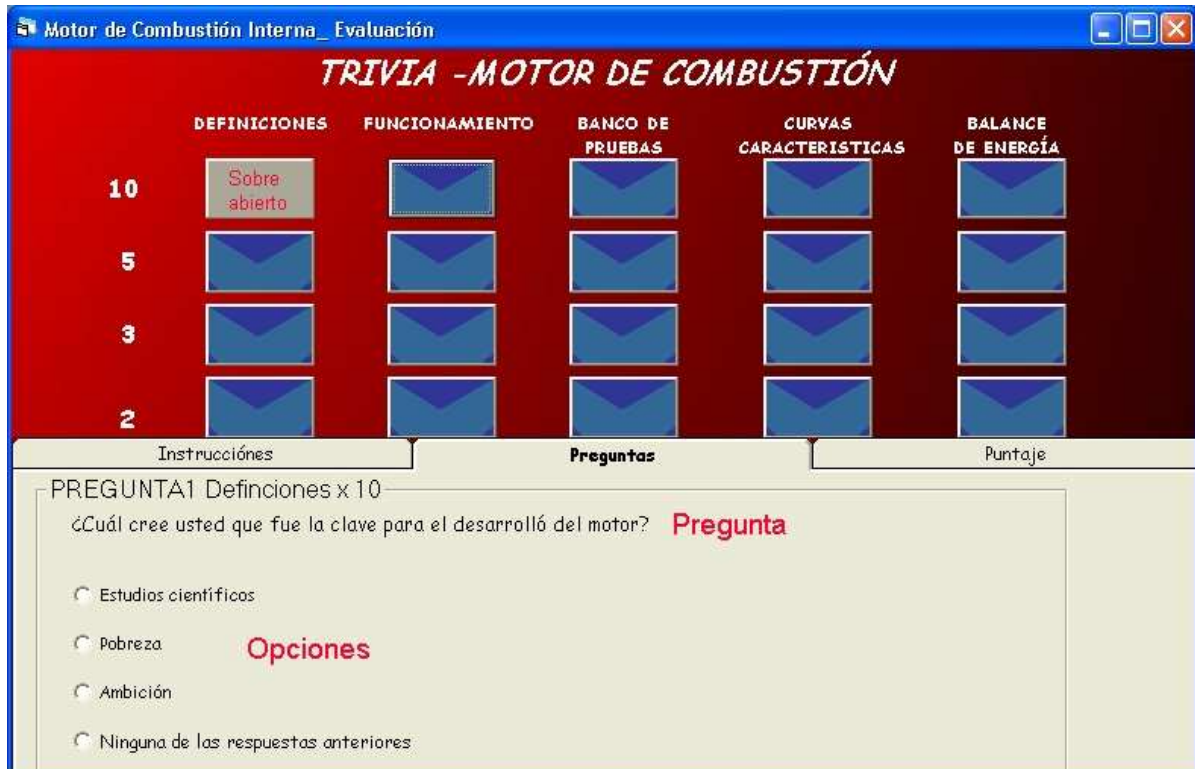


Figura 4.34 Esquema básico de la ventana: Evaluación<sup>12</sup>

b) Uso de los Controles

Seleccionadores: Con estos se escoge la respuesta de la pregunta, solo puede ser seleccionado uno a la vez, y cuando ya se ha marcado la respuesta, un letrero aparece para informar al jugador si su respuesta a sido “Correcta” o “Incorrecta” y el puntaje que ha alcanzado sobre 100.

c) Evaluación

Las instrucciones para jugar la TRIVIA – MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA son:

1. Pulsar sobre la solapa de Preguntas
2. Seleccionar cualquier sobre que desee
3. Contestar la preguntar

d) Observaciones

Si se pulsa sobre otra pregunta antes de contestar la anterior saldrá un mensaje que le recuerda que debe contestar la pregunta anterior antes de seleccionar otra. El puntaje aparece cuando el jugador a contestado todas las preguntas.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

### ***Puntaje***

#### a) Controles

Existen dos botones de control de acción determinada

#### b) Uso de los Controles

*Botón de control “Nuevo Juego”:* Con este botón todos los sobres se vuelven a cerrar y nuevas preguntas salen.

*Botón de control “Salir”:* Con este botón se cierra la ventana evaluación.

#### c) Evaluación

Cuando el jugador contesta la última pregunta, automáticamente sobresale Puntaje y aparece en el fichero el valor obtenido en el juego, además de una recomendación propia del puntaje logrado.

## **4.5 GLOSARIO**

El glosario es quizás la ventana más particular del programa, en esta se pretende dar a conocer el significado de los diferentes términos relacionados con el motor de combustión interna.

En esta ventana aparece todo el abecedario. Si se pulsa sobre alguna letra, aparecen las palabras que comiencen con esta, sobre seis botones de control, al lado derecho de la ventana.

Para poder visualizar cada definición se debe pulsar sobre cada botón y luego sobre la tecla F1, entonces aparece una nueva ventana, la ventana de ayuda.

Si con alguna letra empiezan más de seis palabras entonces aparece otro botón de control que permite visualizar el resto.

Una imagen que presenta esta ventana es la figura 3.19

## **4.6 AYUDA**

La ventana de ayuda aparece cada vez que se pulsa sobre algún control y a continuación F1 en el teclado. En esta aparece información sobre que animación, gráfico o resultado gobierna cada control y cuál es su limitación además existe tópicos que complementan al programa como son:

- Pasos para realizar la práctica
- Pasos para encender el motor



- Cómo graficar las curvas y el balance con la ayuda del programa

La figuras 4.35 y 4.36 muestran como se encuentra la ventana de ayuda dentro del programa.

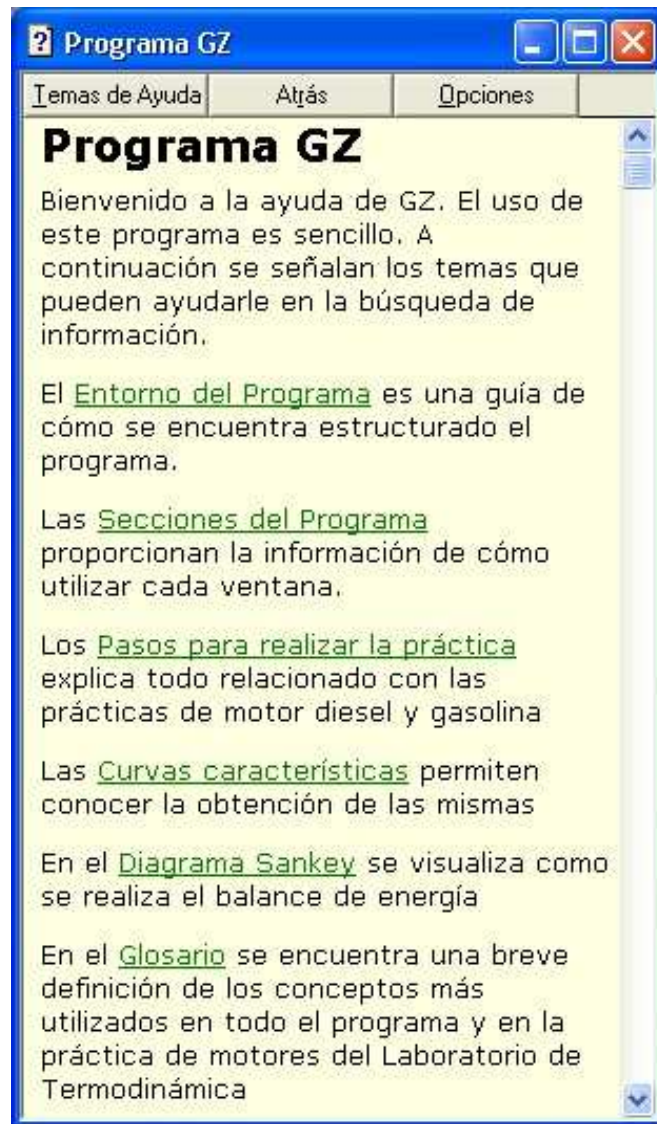


Figura 4.35. Ventana Principal de la ayuda del Programa<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

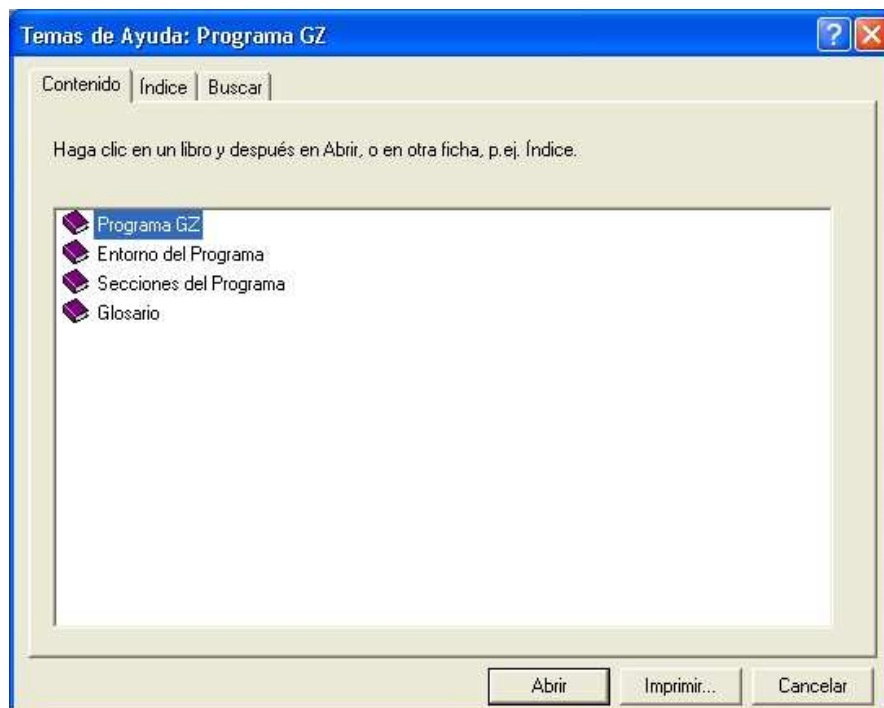


Figura 4.36 Temas de Ayuda del Programa GZ- motor<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el presente proyecto se puede concluir que:

- El software GZ – Motor presenta los diferentes conocimientos básicos que el estudiante de Ingeniería Mecánica necesita para realizar las prácticas de motores Diesel y Gasolina en el Laboratorio de Termodinámica.
- La principal herramienta del programa es la animación gráfica de los distintos conceptos que se maneja en estas prácticas. El usuario tiene el control sobre todas las animaciones, e incluso en algunas puede interactuar con botones que simulan los controles del Banco de Pruebas.  
Con esta característica, el estudiante, tiene la oportunidad de equivocarse, aprender de los errores y mejorar su habilidad de comprender como funcionan los equipos del Laboratorio, no una sino varias veces.
- La obtención de las curvas características y del balance de energía con este software optimizan el tiempo de cálculo, además mejoran el análisis de los resultados, ya que se caracterizan por su veracidad. Si se puede obtener de esta forma los resultados, al estudiante le parecerá más atractivo realizar una práctica, sin tediosos y extensos cálculos que muchas veces generan confusión y pérdida del interés en el tema.
- El programa GZ – motor es una herramienta que complementa la enseñanza en el Laboratorio de Termodinámica, para los estudiantes de Ingeniería Mecánica y puede extenderse a otros Laboratorios donde se trabaje con temas relacionados con el motor de combustión interna, sean estos Laboratorios didácticos o prácticos.

- En la realización de cualquier software, sea este didáctico o no, los conocimientos adquiridos en programación se consolidan y nuevas inquietudes y experiencias se hacen presente. Cuando se inició la creación de este software, los conocimientos que se pretendían extender eran en Visual Basic, estos objetivos no solo se lograron sino que se superaron ya que para la realización de las animaciones se utilizó programas gráficos compatibles con Visual Basic, que aportaron en gran medida el desarrollo de GZ – motor.
- En programación no existe límites en la creación de herramientas útiles para cualquier rama de la ingeniería, simplemente se debe tener cuidado en que la información llegue de forma directa y concreta, además que la visualización llame la atención y sobre todo, que los criterios y conceptos utilizados se encuentren correctamente sustentados.
- La utilización de software didácticos permiten que el estudiante vaya más allá de la teoría e incluso de la práctica, ya que lamentablemente la Escuela Politécnica Nacional no cuenta con un sistema de actualización de equipos en los Laboratorios, que permitan un desarrollo más a la par con el avance de la tecnología a nivel mundial.
- Al crear un programa que permita simular el comportamiento de cualquier objeto, la persona que diseña la simulación aprende mucho más. Cada detalle que se debe considerar, hace que el tema tratado se profundice de tal manera que el resultado sea lo más parecido a la realidad.
- Las imágenes ayudan mucho cuando se habla de animaciones, lo importante y a la vez difícil es encontrar la manera de colocarlas en la posición correcta, en el tiempo exacto. Si se logra esto es muy fácil engañar al ojo humano y obtener resultados que a simple vista pueden producir una gran incógnita.
- Haber estudiado ingeniería es una gran ventaja, y sobre todo si la especialidad es Mecánica, ya que el estudiante está formado de tal manera

que pueda visualizar una respuesta positiva frente a cualquier problema en forma rápida y sencilla. Además es capaz de explotar cualquier recurso por más pequeño que sea y generar un gran resultado.

- Los valores utilizados para el calor específico a presión constante, de los gases de escape y del agua, pueden ser estimados como constantes, ya que estos no varían significativamente el resultado del balance de energía en el rango de temperaturas que trabajan estos fluidos.

Al finalizar el presente proyecto se recomienda que:

- Al crear cualquier software y al presentarse problemas con múltiples soluciones, se debe valorar el costo – beneficio, que es lo que se sacrifica frente a lo que recibe, ya que la respuesta a estos inconvenientes pueden decidir el éxito o fracaso del mismo.
- La información que se utilicen en animaciones deben ser lo más concretas y no debe existir límites de herramientas útiles para su desarrollo, es importante tener en cuenta, la ayuda visual y la auditiva, ya que existen casos en que es más fácil indicar con palabras que con imágenes.
- Cuando se quiere obtener un programa que grafique una curva, cuyos resultados se analizan, es importante tener a mano otro mecanismo de comprobación para indicar que los resultados obtenidos son los correctos, ya que de nada serviría poder graficar curvas con excelentes acabados visuales, si los resultados matemáticos son incorrectos.
- Después de programar cualquier animación o mecanismo de cálculo, en el cual el usuario tome parte, se compruebe la obtención de respuestas correctas a través de otra persona ajena al programa, de tal manera que los errores del programa se muestren más fácilmente.

- Revisar el ejemplo que se presenta en el programa, en los cálculos de las curvas características, para tener una noción de los valores que encontrarán en la práctica.
- El estudiante revise el programa e interactúe con este, antes de la realización de la práctica. Si hubiese cualquier duda, se buscará la orientación del Jefe del Laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA


1. ÇENGEL, Yunus, BOLES, Michael, Termodinámica TOMO I, Editorial McGrawHill, Segunda edición, México 2001.
2. ÇENGEL, Yunus, BOLES, Michael, Termodinámica TOMO II, Editorial McGrawHill, Segunda edición, México 2001.
3. STUTTGART, Gerschler, Tecnología del automóvil TOMO 2, Editorial REVERTÉ, S.A, 20ª Edición, República Federal de Alemania, 1980.
4. STUTTGART, Gerschler, Tecnología del automóvil TOMO 1, Editorial REVERTÉ, S.A, 20ª Edición, República Federal de Alemania, 1980.
5. RODRIGUEZ, Norma, Tesis Elaboración de los procedimientos para la realización de prácticas del Laboratorio de Termodinámica del Departamento de Conversión y Usos de la Energía con base a la norma ISO/IEC 17025:2002, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Septiembre 2004.
6. CHAMORRO, GARCÍA, Creación de un software didáctico para bombeo electrosumergible en producción petrolera, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Enero del 2006.
7. RUEDA, Jesús, Mecánica & Electrónica Automotriz, Tomo 1, Editorial Diely, Colombia, 2003.
8. LÜTJEN D, ROSS J, SCHÜßLER, W, Dibujo técnico para la industria automovilística, segunda parte: el motor, República Federal de Alemania, 1986.
9. ALONSO, M, Técnica del Automóvil: Motores, Editorial Paraninfo, 10 edición, España 2000

10. MARTER, DH, Motores Térmicos, Editorial UTEHA, México, 1964.
11. MOLINA, SALAZAR, Tesis Guía de Prácticas de Laboratorio de Termodinámica, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Julio 1986, pp. 285 – 328.
12. ZURITA, Gabriela, PROGRAMA GZ-MOTOR, 2007
13. [www.autoenciclopedia.com](http://www.autoenciclopedia.com)
14. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
15. [www.km77.com](http://www.km77.com)



## **ANEXOS**

**ANEXO A: INSTRUCTIVO PARA PONER EN MARCHA Y  
PARAR LOS MOTORES DIESEL Y GASOLINA DEL  
LABORATORIO DE TERMODINÁMICA, Y REGISTRO DE  
DATOS**

	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 1 DE 3
	<b>INSTRUCTIVO DE PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR DIESEL</b> <b>LT-P-5.4-16</b>	REVISIÓN N° 00 ÚLTIMA REVISIÓN 16-12-2004

**OBJETIVO**

Definir una serie de operaciones para encender el motor diesel que asegure la seguridad personal y del equipo

**ALCANCE**

Este instructivo es aplicable al motor diesel Perkins utilizado en el Laboratorio de Termodinámica.

**DOCUMENTOS RELACIONADOS**

Procedimiento: LT-P-5.4-03: "Procedimiento para la Elaboración de Instructivos"

Procedimiento: LT-P-5.2-02: "Procedimiento de Entrenamiento del Personal"

Instructivo: LT-P-5.4-10: "Instructivo para Práctica Ciclo Diesel"

**DEFINICIONES**

**AUTORIDADES Y RESPONSABILIDADES**


- El Director de la Calidad controla toda la documentación relacionada con las actividades de prácticas de laboratorio y será el encargado de realizar cambios en caso de ser necesario
- El Jefe de Laboratorio y los Analistas trabajarán conjuntamente en la elaboración y aprobación de procedimientos e instructivos.
- Los Analistas están encargados de efectuar las actividades previas a la realización de las prácticas de laboratorio y ejecutar el presente procedimiento

**DESARROLLO**

1. Chequear el nivel de aceite en el motor
2. Verificar que exista suficiente combustible en el tanque, como mínimo 50%
3. Verificar que los terminales de la batería estén conectados
4. Verificar que no existan burbujas de aire en la tubería, en caso de existir debe drenarse o purgarse
5. Encender la bomba de agua
6. Abrir completamente la válvula A que permite el ingreso de agua al freno hidráulico (Fig 4)

Figura A. 1 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 1<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 2 DE 3
	<b>INSTRUCTIVO DE PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR DIESEL</b> <b>LT-P-5.4-16</b>	REVISIÓN N° 00
		ÚLTIMA REVISIÓN 16-12-2004

7. Abrir la válvula B para verificar que exista flujo de agua a través del freno hidráulico (Fig 4)
8. Verificar que el motor este sin carga por medio del volante del freno hidráulico (Fig 4)
9. Abrir las válvulas del paso del combustible y asegurarse de que circule por la tubería
10. Verificar que las válvulas 1 y 2 de paso del combustible estén abiertas y la 3 cerrada para evitar ingreso de aire (Fig 3)
11. Iniciar la circulación del refrigerante por las camisas del motor (Fig 4)
12. Verificar que la columna Reynolds indique 1 pulgada de agua
13. Iniciar la circulación de agua para el intercambiador de calor del aceite (Fig 2)
14. Rociar spray arrancador (éter) a la entrada de aire (Fig 4)
15. Verificar que la entrada de aire este conectada al múltiple de admisión del motor
16. Pulsar el botón de arranque del motor
17. Controlar el encendido mediante el acelerador
18. En caso de no encender repetir los pasos 14,16
19. Una vez encendido aumentar el nivel en la columna Reynolds a 8 pulgadas
20. Esperar 5 a 10 minutos para que el motor se estabilice



Fig 1. Motor Diesel

<b>ELABORADO POR:</b> ng. Norma Rodriguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
--	--	----------------------

Figura A. 2 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 2<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 3 DE 3
	<b>INSTRUCTIVO DE PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR DIESEL</b> <b>LT-P-5.4-16</b>	REVISIÓN N° 00
		ÚLTIMA REVISIÓN 16-12-2004



Fig 2. Intercambiador de calor para el aceite



Fig 3. Medidor de flujo de combustible

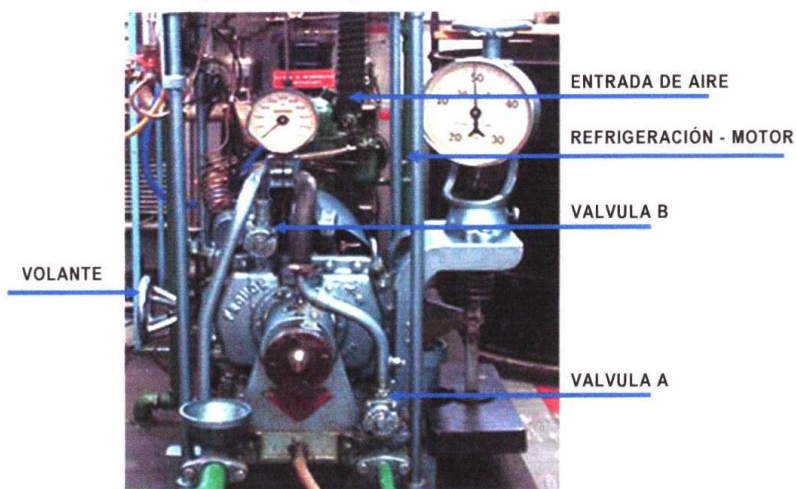


Fig 4. Banco de Pruebas

**REGISTROS**

Formato LT-F-0.0-00: "Formato de Documentos"

<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
---	--	----------------------

Figura A. 3 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 3<sup>5</sup><sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004


	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 1 DE 3
	<b>INSTRUCTIVO DE PARADA DEL MOTOR DIESEL</b> <b>LT-P-5.4-17</b>	REVISIÓN N° 00
		ÚLTIMA REVISIÓN 16-12-2004
<p><b>OBJETIVO</b></p> <p>Definir una serie de operaciones para apagar el motor diesel que garanticen la seguridad personal y del equipo</p> <p><b>ALCANCE</b></p> <p>Este instructivo es aplicable al motor diesel Perkins utilizado en el Laboratorio de Termodinámica.</p> <p><b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b></p> <p>Procedimiento: LT-P-5.4-03: "Procedimiento para la Elaboración de Instructivos"</p> <p>Procedimiento: LT-P-5.2-02: "Procedimiento de Entrenamiento del Personal"</p> <p>Instructivo: LT-P-5.4-10: "Instructivo para Práctica Ciclo Diesel"</p> <p><b>DEFINICIONES</b></p> <p><b>AUTORIDADES Y RESPONSABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Director de la Calidad controla toda la documentación relacionada con las actividades de prácticas de laboratorio y será el encargado de realizar cambios en caso de ser necesario</li> <li>- El Jefe de Laboratorio y los Analistas trabajarán conjuntamente en la elaboración y aprobación de procedimientos e instructivos.</li> <li>- Los Analistas están encargados de efectuar las actividades previas a la realización de las prácticas de laboratorio y ejecutar el presente procedimiento</li> </ul> <p><b>DESARROLLO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Descargar el motor mediante la válvula del freno hidráulico (Fig. 1)</li> <li>2. Disminuir paulatinamente la aceleración del motor (Fig. 2)</li> <li>3. Bajar la velocidad hasta 600 rpm</li> <li>4. Abrir la válvula de refrigeración hasta 4 plg en la columna Reynolds</li> <li>5. Halar el bloqueo de combustible en la bomba de inyección mediante la palanca de corte de combustible (Fig 2)</li> <li>6. Regresar la palanca de corte de combustible a su posición original cuando el motor se</li> </ol>		
<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>

Figura A. 4 Instructivo de Parada del motor Diesel, Parte 1<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA LABORATORIO DE TERMODINÁMICA	PÁGINA 3 DE 3
	INSTRUCTIVO DE PARADA DEL MOTOR DIESEL LT-P-5.4-17	REVISIÓN N° 00 ÚLTIMA REVISIÓN 16-12-2004



Fig 2. Motor Diesel



Fig 3. Intercambiador de calor para el aceite



Fig 4. Medidor de flujo de combustible

**REGISTROS**

Formato LT-F-0.0-00: "Formato de Documentos"

<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodriguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
---	--	----------------------

Figura A. 5 Instructivo de Parada del motor Diesel, Parte 3<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 2 DE 3
	<b>INSTRUCTIVO DE PARADA DEL MOTOR DIESEL</b> <b>LT-P-5.4-17</b>	REVISIÓN N° 00
		ÚLTIMA REVISIÓN 16-12-2004

apague

7. Cerrar las válvulas 1 y 2 del combustible (Fig 4)
8. Cerrar la válvula de paso del reservorio al tanque de combustible
9. Dejar circular el agua por lo menos 10 min. con objeto de enfriar el motor
10. Cerrar la válvula para refrigeración del motor y la válvula A de paso al freno hidráulico(Fig 1)
11. Cerrar la válvula para refrigeración del intercambiador de calor para el aceite (Fig 3)
12. Apagar la bomba

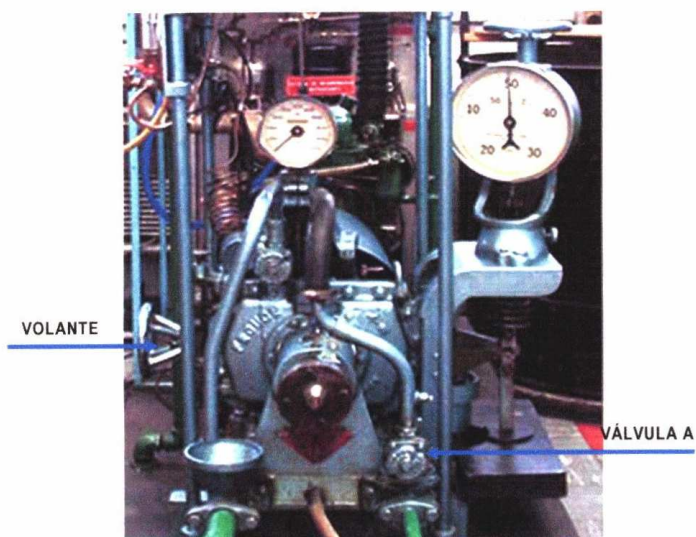


Fig 1. Freno hidráulico

<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
---	--	----------------------

Figura A. 6 Instructivo de Parada del motor Diesel, Parte 2<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004





	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 1 DE 2
	<b>INSTRUCTIVO DE PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR A GASOLINA</b> LT-I-5.4-18	REVISIÓN N° 00 ÚLTIMA REVISIÓN 20-12-2004
<p><b>OBJETIVO</b></p> <p>Definir una serie de operaciones que permita encender el motor de gasolina garantizando la seguridad personal y del equipo.</p> <p><b>ALCANCE</b></p> <p>Este instructivo es aplicable al motor a gasolina existente en el Laboratorio de Termodinámica.</p> <p><b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b></p> <p>Procedimiento: LT-P-5.4-03: "Procedimiento para la Elaboración de Instructivos"</p> <p>Procedimiento: LT-P-5.2-02: "Procedimiento de Entrenamiento del Personal"</p> <p>Instructivo: LT-P-5.4-11: "Instructivo para Práctica Ciclo Otto"</p> <p><b>DEFINICIONES</b></p> <p><b>AUTORIDADES Y RESPONSABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Director de la Calidad controla toda la documentación relacionada con las actividades de prácticas de laboratorio y será el encargado de realizar cambios en caso de ser necesario</li> <li>- El Jefe de Laboratorio y los Analistas trabajarán conjuntamente en la elaboración y aprobación de procedimientos e instructivos.</li> <li>- Los Analistas están encargados de efectuar las actividades previas a la realización de las prácticas de laboratorio y ejecutar el presente procedimiento</li> </ul> <p><b>DESARROLLO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chequear el nivel de aceite del motor</li> <li>2. Abrir las válvulas de combustible y asegurarse que circule por la tubería</li> <li>3. Chequear el motor de arranque (moto-generator)</li> <li>4. Verificar que el switch del moto-generator este en OFF (Fig 2)</li> <li>5. Verificar que el reóstato este en la posición MAX y el regulador de velocidad en MIN (Fig 2)</li> <li>6. Asegurarse que todos los switches de resistencias de carga estén en OFF (Fig 2)</li> <li>7. Encender el banco de rectificación</li> </ol>		
<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>

Figura A. 7 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 1<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA LABORATORIO DE TERMODINÁMICA	PÁGINA 2 DE 2
	INSTRUCTIVO DE PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR A GASOLINA LT-I-5.4-18	REVISIÓN N° 00 ÚLTIMA REVISIÓN 20-12-2004

8. Conectar el interruptor principal de alimentación de energía eléctrica (Fig 1) y energizar el sistema de control
9. Colocar el reóstato de campo en la posición MÁX y el switch de cambio (changeover switch) , de motor de arranque a generador, en la posición STAR
10. Con el acelerador regular hasta que se note que se realiza la combustión
11. Colocar el reóstato de campo en la posición MÍN y el interruptor de cambio en la posición RUN (Fig 2)
12. Colocar el switch de campo en la posición ON (Fig 2)
13. Regular mediante el acelerador para que no sobrepase las 2000 rpm
14. Esperar de 5 a 10 minutos para que el motor se estabilice

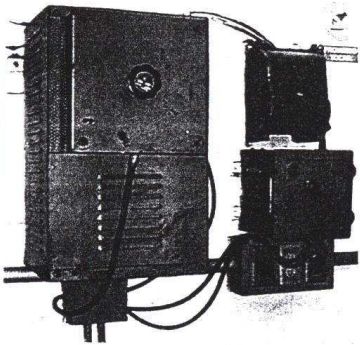


Fig. 1 Sistema de alimentación de corriente

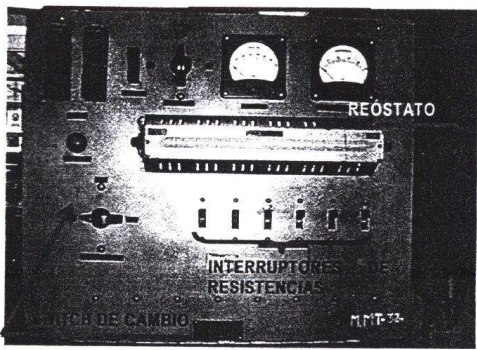


Fig. 2. Tablero de control

**REGISTROS**

ELABORADO POR: Ing. Norma Rodríguez	REVISADO POR: Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	APROBADO POR:
--	---	---------------

Figura A. 8 Instructivo de Puesta en marcha del motor Diesel, Parte 2<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004


	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	PÁGINA 1 DE 2
	<b>INSTRUCTIVO DE PARADA DEL MOTOR A GASOLINA</b> <b>LT-P-5.4-19</b>	REVISIÓN N° 00 ÚLTIMA REVISIÓN 20-12-2004
<p><b>OBJETIVO</b></p> <p>Definir una serie de operaciones para apagar el motor a gasolina que garanticen la seguridad personal y de los equipos</p> <p><b>ALCANCE</b></p> <p>Este instructivo es aplicable al motor a gasolina existente en el Laboratorio de Termodinámica.</p> <p><b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b></p> <p>Procedimiento: LT-P-5.4-03: "Procedimiento para la Elaboración de Instructivos"</p> <p>Procedimiento: LT-P-5.2-02: "Procedimiento de Entrenamiento del Personal"</p> <p>Instructivo: LT-P-5.4-11: "Instructivo para Práctica Ciclo Otto"</p> <p><b>DEFINICIONES</b></p> <p><b>AUTORIDADES Y RESPONSABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Director de la Calidad controla toda la documentación relacionada con las actividades de prácticas de laboratorio y será el encargado de realizar cambios en caso de ser necesario</li> <li>- El Jefe de Laboratorio y los Analistas trabajarán conjuntamente en la elaboración y aprobación de procedimientos e instructivos.</li> <li>- Los Analistas están encargados de efectuar las actividades previas a la realización de las prácticas de laboratorio y ejecutar el presente procedimiento</li> </ul> <p><b>DESARROLLO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Descargar el motor desactivando las resistencias mediante los interruptores (Fig. 2)</li> <li>2. Colocar el switch de campo en apagado (<i>posición vertical</i>) (Fig. 2)</li> <li>3. Disminuir la aceleración paulatinamente hasta apagar el motor</li> <li>4. Apagar el sistema de alimentación de corriente (Fig. 1)</li> <li>5. Apagar el banco de rectificación</li> </ol>		
<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>

Figura A. 9 Instructivo de Parada del motor Gasolina, Parte 1<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA LABORATORIO DE TERMODINÁMICA	PÁGINA 2 DE 2
	INSTRUCTIVO DE PARADA DEL MOTOR A GASOLINA LT-P-5.4-19	REVISIÓN N° 00 ÚLTIMA REVISIÓN 20-12-2004

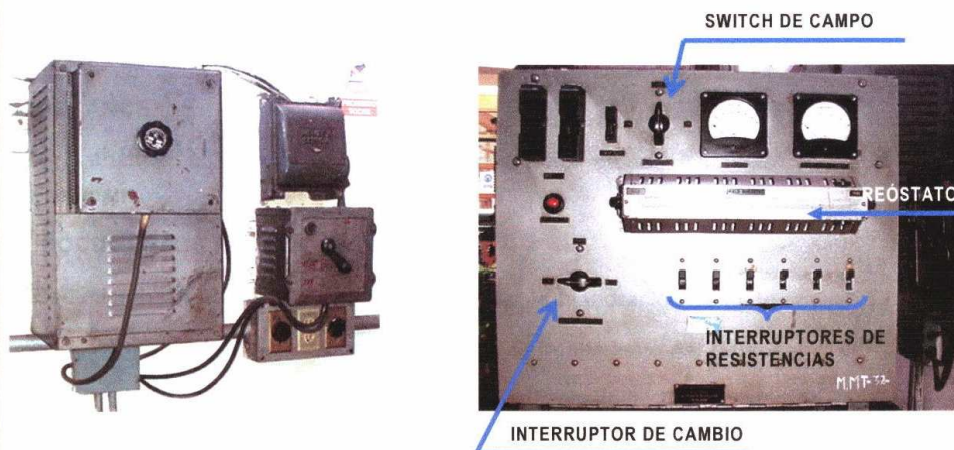


Fig. 1 Sistema de alimentación de corriente

Fig. 2. Tablero de control


### REGISTROS

Formato LT-F-0.0-00: "Formato de Documentos"

<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
---	--	----------------------

Figura A. 10 Instructivo de Parada del motor Gasolina, Parte 2<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	Página 1 de 1
	<b>REGISTRO DE DATOS CICLO DIESEL</b> <b>LT-R-5.4-08</b>	REVISIÓN N° 01 ÚLTIMA REVISIÓN 15-10-2004

<b>Formulario</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 5px 0;"> <b>No.04/02/0001</b> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 5px 0;">         Año/ ciclo /número       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <b>200.INFORMACIÓN DE GRUPO [ MARQUE CON UNA X ]</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid black;">1 Lu-07-OL</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black;">4 Lu-13-AS</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black;">7 Vi-07-OL</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">2 Lu-09-OL</td> <td style="border: 1px solid black;">5 Ma-09-AS</td> <td style="border: 1px solid black;">8 Vi-13-AS</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">3 Lu-11-OL</td> <td style="border: 1px solid black;">6 Mi-07-OL</td> <td style="border: 1px solid black;">9 Recuperación</td> </tr> </table> </div>	1 Lu-07-OL	4 Lu-13-AS	7 Vi-07-OL	2 Lu-09-OL	5 Ma-09-AS	8 Vi-13-AS	3 Lu-11-OL	6 Mi-07-OL	9 Recuperación	<b>ESPECIFICACIONES COMBUSTIBLE:</b> <b>Poder Calórico:</b> ..... <b>Densidad:</b> .....  <b>Observaciones:</b> ..... ..... .....
1 Lu-07-OL	4 Lu-13-AS	7 Vi-07-OL								
2 Lu-09-OL	5 Ma-09-AS	8 Vi-13-AS								
3 Lu-11-OL	6 Mi-07-OL	9 Recuperación								

**1. CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura bulbo seco	Tbs	[°F]/ [°C]
Temperatura bulbo húmedo	Tbh	[°F]/ [°C]
Humedad relativa	Ø	[%]
Presión atmosférica	Patm	[mmHg]/Psi

**2. ACELERACIÓN CONSTANTE**

No	Rev acumuladas	F [lbf]	ALINEACION [✓, X]	RPM	AGUA			GASES DE ESCAPE	COMBUSTIBLE	AIRE	
					Ti [°F]	Te [°C]	H <sub>CR</sub> [plg]	Ts [°C]	T <sub>50 cc</sub> [s]	Hmi [pulg]	Ø [cm]


**3. VELOCIDAD CONSTANTE**

No	Rev acumuladas	F [lbf]	ALINEACION [✓, X]	RPM	AGUA			GASES DE ESCAPE	COMBUSTIBLE	AIRE	
					Ti [°F]	Te [°C]	H <sub>CR</sub> [plg]	Ts [°C]	T <sub>50 cc</sub> [s]	Hmi [pulg]	Ø [cm]

<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
---	--	----------------------

 Figura A. 11 Registro de datos Ciclo Diesel<sup>5</sup>
<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

	<b>DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y USOS DE LA ENERGÍA</b> <b>LABORATORIO DE TERMODINÁMICA</b>	Página 1 de 1
	<b>REGISTRO DE DATOS DE LA PRÁCTICA CICLO OTTO</b> LT-R-5.4-09	REVISIÓN N° 01 ÚLTIMA REVISIÓN 15-10-2004

<p style="text-align: center;">Formulario</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>No.04/02/0001</b></p> <p style="text-align: center; margin: 0;">Año/ ciclo /número</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>200.INFORMACIÓN DE GRUPO [ MARQUE CON UNA X ]</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; padding: 2px;">1 Lu-07-OL</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; padding: 2px;">4 Lu-13-AS</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; padding: 2px;">7 Vi-07-OL</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2 Lu-09-OL</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5 Ma-09-AS</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8 Vi-13-AS</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3 Lu-11-OL</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6 Mi-07-OL</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">9 Recuperación</td> </tr> </table> </div>	1 Lu-07-OL	4 Lu-13-AS	7 Vi-07-OL	2 Lu-09-OL	5 Ma-09-AS	8 Vi-13-AS	3 Lu-11-OL	6 Mi-07-OL	9 Recuperación	<p><i>ESPECIFICACIONES COMBUSTIBLE:</i></p> <p><i>Poder Calórico:</i> .....</p> <p><i>Densidad:</i> .....</p>
1 Lu-07-OL	4 Lu-13-AS	7 Vi-07-OL								
2 Lu-09-OL	5 Ma-09-AS	8 Vi-13-AS								
3 Lu-11-OL	6 Mi-07-OL	9 Recuperación								

**1. CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura bulbo seco	Tbs	[°F]/ [°C]
Temperatura bulbo húmedo	Tbh	[°F]/ [°C]
Humedad relativa	Ø	[%]
Presión atmosférica	Patm	[mmHg]/Psi

**2.ACCELERACIÓN CONSTANTE**

No.	CARGA						F [lbf]	RPM	COMBUSTIBLE	AIRE		GENERADOR		RUIDO	
	1	2	3	4	5	6			T <sub>1/32PINTA</sub> [s]	Hmi [plg]	Ø [cm]	V [V]	I [A]	X [plg]	dB

**3. VELOCIDAD CONSTANTE**

No.	CARGA						F [lbf]	RPM	COMBUSTIBLE	AIRE		GENERADOR		RUIDO	
	1	2	3	4	5	6			T <sub>1/32PINTA</sub> [s]	Hmi [plg]	Ø [cm]	V [V]	I [A]	X [plg]	dB

<b>ELABORADO POR:</b> Ing. Norma Rodríguez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Adrián Peña Ing. César Ayabaca	<b>APROBADO POR:</b>
---	--	----------------------

Figura A. 11 Registro de datos Ciclo Otto<sup>5</sup>

<sup>5</sup> RODRIGUEZ Norma, 2004

**ANEXO B: CÁLCULO DE LAS CURVAS  
CARACTERÍSTICAS DE VELOCIDAD PARA EL MOTOR  
DE GASOLINA CON LA AYUDA DEL PROGRAMA GZ-  
MOTOR PASO A PASO**

### **Curvas características de velocidad del motor de gasolina**

Para obtener las curvas características de velocidad para el motor de gasolina se debe seguir los siguientes pasos:

1. Completar el Registro de datos de la Práctica Ciclo Otto LT –R-5.4-09 punto 3 que se entrega al iniciar la práctica, ver Registro al final de este anexo.
2. Con el programa “GZ- Motor“ abierto, abrir la ventana Curvas de Velocidad en el Banco de Pruebas: Curvas características del menú general
3. En la solapa del fichero denominada “Datos”, pulsar sobre “Nueva Gráfica” (ver figura B.1).
4. En la misma solapa seleccionar el motor, en este caso: Gasolina. Automáticamente los valores relacionados a este motor cambian (ver figura B.1).

Densidad,  $d = 0.75 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$

Brazo = 1 [pie]

Poder calórico = 19100 [Btu/lbm]

Además en la zona de los datos relacionados al comportamiento del motor cambian las unidades del volumen

Tiempo [s] para 1/32 [pinta]

5. Colocar los datos necesarios para calcular las curvas de velocidad

Fuerza [lbf]

RPM

Tiempo [s] para 1/32 [pinta]

Estos datos deben introducirse de forma horizontal, es decir que la primera medida debe ser llenada: fuerza, rpm y tiempo. De esta manera hasta terminar con el número de medidas.

En la figura B.1 se muestra los datos de la práctica “Ciclo Otto” realizada el 2005-11-22 para el motor de Gasolina



Curvas de Velocidad	Datos	Gráfico	Escala	Ejes Verticales																																				
<b>COMBUSTIBLE:</b> Gasolina	<b>CONSTANTES:</b> Densidad: 0.75 [gr/cc] Brazo: 1 [pie] Poder calórico: 19100 [Btu/lbm]	<b>DATOS:</b>																																						
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Fuerza [lbf]</th> <th>RPM</th> <th>Tiempo[s]/32pts</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.8</td><td>1700</td><td>47</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>1480</td><td>48</td></tr> <tr><td>3</td><td>6.3</td><td>1250</td><td>53</td></tr> <tr><td>4</td><td>4.8</td><td>1460</td><td>48</td></tr> <tr><td>5</td><td>7.3</td><td>1080</td><td>56</td></tr> <tr><td>6</td><td>6.2</td><td>1240</td><td>53</td></tr> <tr><td>7</td><td>7.3</td><td>1100</td><td>55</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	No.	Fuerza [lbf]	RPM	Tiempo[s]/32pts	1	2.8	1700	47	2	5	1480	48	3	6.3	1250	53	4	4.8	1460	48	5	7.3	1080	56	6	6.2	1240	53	7	7.3	1100	55	8			
No.	Fuerza [lbf]	RPM	Tiempo[s]/32pts																																					
1	2.8	1700	47																																					
2	5	1480	48																																					
3	6.3	1250	53																																					
4	4.8	1460	48																																					
5	7.3	1080	56																																					
6	6.2	1240	53																																					
7	7.3	1100	55																																					
8																																								

Figura B.1 Ejemplo de Datos para las curvas características de velocidad del motor de Gasolina<sup>12</sup>

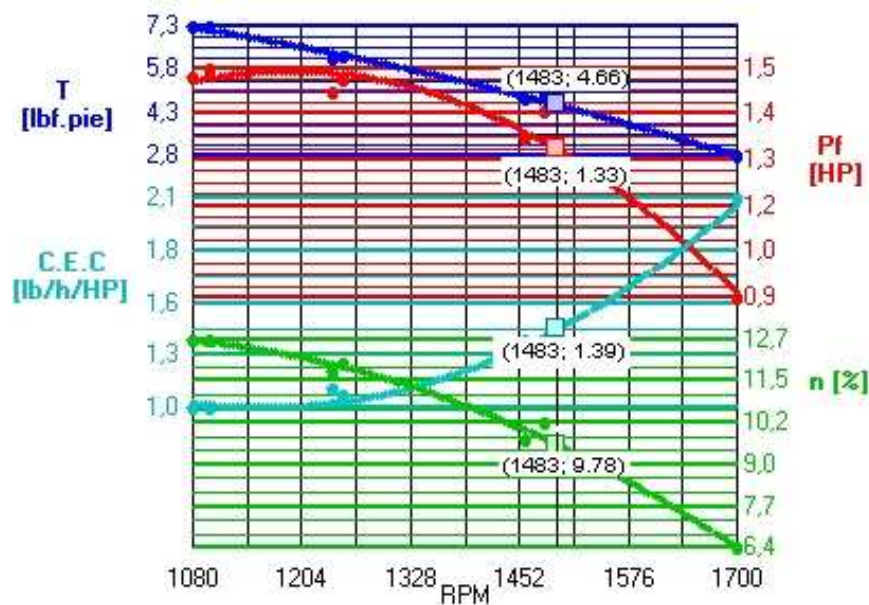


Figura B.2 Curvas características del motor de gasolina<sup>12</sup>

Observaciones:

- En la zona de la grafica (figura B.2), aparecen las curvas características de velocidad inmediatamente después de que se introduce la tercera fila completamente. Y a medida que se completa una fila más las curvas se actualizan.
- En la zona de datos, los casilleros no están disponibles todo el momento, sino que se van desbloqueando a medida que se ingresan los valores. Esta característica ayuda a que la colocación de los datos sea correcta.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

- Si por algún motivo se corrige un valor después de completada la fila automáticamente las curvas se actualizan.
- Los valores máximos de los ejes tanto de las RPM, como de Torque, Potencia al freno, Consumo específico de combustible y Eficiencia total corresponden a los máximos y mínimos valores encontrados en los cálculos, de manera que las gráficas se encuentren más centradas y ampliadas.
- Con los datos ingresados automáticamente aparece las curvas características y si se desplaza el ratón sobre las curvas se puede obtener un diagrama Sankey simple, en la parte derecha de la gráfica.

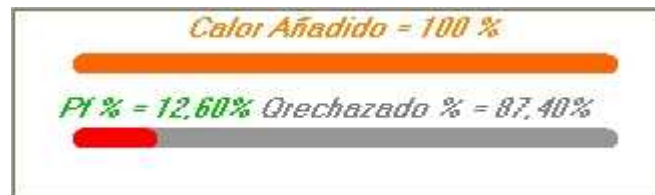


Figura B.3 Diagrama Sankey a 1483 RPM<sup>12</sup>

Este diagrama indica cuanto entra frente a cuanto sale, potencia vs pérdidas, en un punto determinado. En la figura B.3 se puede apreciar el Diagrama Sankey, correspondiente a 1920 RPM de la figura B.2.

- También sobre las curvas se puede obtener la información de cada punto:
  - T vs RPM
  - Pf vs RPM
  - c.e.c vs RPM
  - $\eta_t$  vs RPM
- Si por algún motivo se desea imprimir las curvas, se debe pasar a la solapa imprimir y pulsar sobre el botón IMPRIMIR, esta orden va directamente a la impresora y la grafica saldrá de acuerdo a como se encuentre configurada la impresora.

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

- En la solapa Escala, se puede cambiar manualmente los valores máximos y mínimos de las diferentes curvas.
- En la solapa Ejes, se puede ampliar o reducir el tamaño vertical de las curvas de manera independiente.

### **Curvas características de carga del motor de gasolina**

Para obtener estas curvas se debe seguir las mismas guías que para las curvas de velocidad, teniendo en cuenta ciertos puntos.

1. Completar el Registro de datos de la Práctica Ciclo Otto LT –R-5.4-09 punto 2 que se entrega al iniciar la práctica, ver Registro al final de este anexo.
2. Con el programa “GZ- Motor“ abierto, abrir la ventana Curvas de Carga en el Banco de Pruebas: Curvas características del menú general
3. En la solapa del fichero denominada “Datos”, pulsar sobre “Nueva Gráfica”.
4. En la misma solapa seleccionar el motor, en este caso: Gasolina. Automáticamente los valores relacionados a este motor cambian.

Densidad,  $d = 0.75 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$

Brazo = 1 [pie]

Poder calórico = 19100 [Btu/lbm]

Además en la zona de los datos relacionados al comportamiento del motor cambian las unidades del volumen

Tiempo [s] para 1/32 [pinta]

5. Colocar los datos necesarios para calcular las curvas de velocidad

RPM (un único valor)

Fuerza [lbf]

Tiempo [s] para 1/32 [pinta]

Los dos últimos datos deben introducirse de forma horizontal, es decir que la primera medida debe ser llenada: fuerza y tiempo. De esta manera se debe continuar hasta terminar con el número de medidas.

Observaciones:

- En la zona de la grafica, aparecen las curvas características de velocidad inmediatamente después de que se introduce la tercera fila completamente. Y a medida que se completa una fila más las curvas se actualizan.

- En la zona de datos, los casilleros no están disponibles todo el momento, sino que se van desbloqueando a medida que se ingresan los valores. Esta característica ayuda a que la colocación de los datos sea correcta.
- Si por algún motivo se corrige un valor después de completada la fila automáticamente las curvas se actualizan.
- Los valores máximos de los ejes tanto de Potencia al freno, como de Torque, Consumo de combustible y Eficiencia total corresponden a los máximos y mínimos valores encontrados en los cálculos, de manera que las gráficas se encuentren más centradas y ampliadas.
- Con los datos ingresados automáticamente aparece las curvas características y si se desplaza el ratón sobre las curvas se puede obtener un diagrama Sankey simple, en la parte derecha de la gráfica.

Este diagrama indica cuanto entra frente a cuanto sale, sea como potencia o como pérdidas.

También sobre las curvas se puede obtener la información de cada punto:

- c.c vs Pf
- c.e.c vs Pf
- $n_t$  vs Pf
- Si por algún motivo se desea imprimir las curvas, se debe pasar a la solapa imprimir y pulsar sobre el botón IMPRIMIR, esta orden va directamente a la impresora y la grafica saldrá de acuerdo a como se encuentre configurada la impresora.
- En la solapa Escala, se puede cambiar manualmente los valores máximos y mínimos de las diferentes curvas.
- En la solapa Ejes, se puede ampliar o reducir el tamaño vertical de las curvas de manera independiente.

**ANEXO C: JUSTIFICACIÓN DEL VALOR UTILIZADO  
PARA EL CALOR ESPECIFICO DEL AGUA Y LA MEZCLA  
AIRE – COMBUSTIBLE**

Durante el funcionamiento del motor, se desea calcular el flujo de calor que se pierde a causa de la refrigeración y los gases de escape.

Para los dos casos, la expresión que ayuda a calcular estos flujos es:

$$Q = m C_p \Delta T \quad (1)$$

Donde  $m$  = flujo del fluido (lbm/min)

$C_p$  = calor específico a presión constante (Btu/lbm.R)

$\Delta T$  = temperatura de salida – temperatura de entrada (F)

El flujo del fluido ( $m$ ) se calcula en base a los distintos parámetros obtenidos en los medidores de flujo del banco de pruebas, como son:

- Caudal de combustible: Medidor de caudal de combustible
- Flujo de aire: Caja de aire y manómetro inclinado
- Flujo de agua: Columna Reynolds

La variación de temperatura ( $\Delta T$ ), simplemente se obtiene midiendo:

- Temperatura de entrada del aire a la caja.
- Temperatura de salida de los gases de combustión
- Temperatura de entrada del agua de refrigeración
- Temperatura de salida del agua de refrigeración

### **Calor específico de los gases**

Lo que aún no está claro es el valor del Calor específico  $C_p$ , que se va a seleccionar para estos cálculos; ya que en el motor se juntan aire- combustible y se produce una reacción química con una mezcla de gases como resultado. Por lo tanto la composición inicial será muy diferente a la final. Esta característica hace que el valor del  $C_p$  no sea tan fácil de definirse a simple vista.

Dado este inconveniente, es necesario considerar ciertas suposiciones que en lugar de complicar más los cálculos ayuden en la obtención de dicho valor, sin alejarse demasiado de la realidad.

Las suposiciones que se tendrán en cuenta son:

1. Se definirá el calor específico a presión constante, y la temperatura estará definida por la media entre la temperatura de entrada y salida.

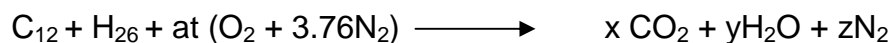
$$T_{Cp} = (T_{entrada} + T_{salida}) / 2 \quad (2)$$

2. Dado que en el Laboratorio de Termodinámica no se encuentra en funcionamiento el equipo Orsat, la composición final de la mezcla de gases se considera de la siguiente manera:
  - Para exceso de aire: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua
  - Para una falta de aire: nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor de agua.
3. La mezcla de gas no es reactiva
4. Se asume que la composición química del diesel y gasolina son:  $C_{12}H_{26}$  y  $C_8H_{18}$  respectivamente.

### Obtención del Cp de los gases para el Balance de Energía del motor diesel

Para la obtención del Cp se consideran los valores del ejemplo de los datos obtenidos en la práctica (motor diesel\_ tabla 1.2) en el capítulo 1, para el balance de energía.

1. Se calcula la relación aire- combustible del proceso de combustión teórico ( $AC_t$ )

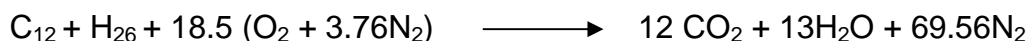


$$C: 12 = x$$

$$H: 26 = 2y \longrightarrow y = 13$$

$$O: 2 at = 2x + y \longrightarrow at = 18.5$$

De estos resultados se obtiene:



$$AC_t = 18.5 / 1 = 18.5$$

2. La relación de aire- combustible real ( $AC_r$ ) se obtiene de las expresiones de la tabla 1.3 y de los valores de la tabla 1.2 y el resultado se indica en la siguiente tabla:

Tabla C.1 Relación aire-combustible real del motor Diesel del Laboratorio de Termodinámica

No.	F [lbf]	RPM	$m_{\text{aire}}$ [lbm/min]	$m_{\text{comb}}$ [lbm/min]	$AC_r$
1	3.4	2500	3.01	0.072	41.8
2	9	2325	2.84	0.076	37.37
3	18	2050	2.52	0.087	28.97
4	28.2	1825	2.32	0.101	22.97
5	36	1600	1.92	0.103	18.64
6	41	1200	1.40	0.107	13.08

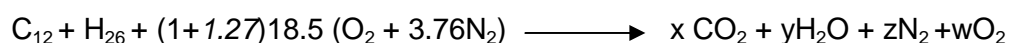
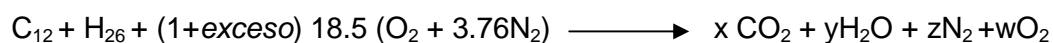
3. Con los resultados de la tabla C.1 se obtiene el exceso o deficiencia del aire\*

$$E/D = (AC_r/AC_t - 1) \quad (3)$$

Tabla C.2. Exceso y Falta de aire en la combustión del motor diesel

No.	$AC_t$	$AC_r$	Exceso	Falta
1	18.5	41.8	1,27	
2	18.5	37.37	1,02	
3	18.5	28.97	0,57	
4	18.5	22.97	0,241	
5	18.5	18.64	0,01	
6	18.5	13.08		0.3

4. Con estos resultados se obtiene la ecuación real del proceso de combustión, se presenta el ejemplo para la primera medida.



$$C: 12 = x$$

$$H: 13 = y$$

$$O: 2.27 (18.5)(2) = 2x + y + 2w = 2(12) + 13 + 2 w \longrightarrow w = 23.5$$

$$N_2: 2.27 (18.5) (3.76) = z \longrightarrow z = 157.9$$

Reemplazando los valores obtenidos:



5. Se calcula la masa de cada componente, la masa total ( $m_t$ ) y fracción de masa ( $fm$ ), de cada uno de los compuestos:

\* Siendo el motor de Diesel no se esperaría tener déficit de aire, ya que este motor se caracteriza por el exceso de aire, por lo tanto talvez exista algún elemento del motor que no funciona correctamente debido al tiempo de trabajo (inyectores, bomba de inyección, etc).



$$m = N \times M \quad (4)$$

donde M = masa molar del compuesto

N = número de moles

Con esto se obtiene:

$$m_{\text{CO}_2} = 12 \times 44 = 528 \text{ lbm}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 13 \times 18 = 234 \text{ lbm}$$

$$m_{\text{O}_2} = 23.5 \times 32 = 752 \text{ lbm}$$

$$m_{\text{N}_2} = 157.9 \times 28 = 4421.2 \text{ lbm}$$

$$m_t = 528 + 234 + 752 + 4421.2 = 5935.2 \text{ lbm}$$

$$fm_{\text{CO}_2} = 528 / 5935.2 = 0.089$$

$$fm_{\text{H}_2\text{O}} = 234 / 5935.2 = 0.039$$

$$fm_{\text{O}_2} = 752 / 5935.2 = 0.127$$

$$fm_{\text{N}_2} = 4421.2 / 5935.2 = 0.745$$

Teniendo las fracciones de masa, se puede calcular el Cp de la mezcla, mediante la expresión:

$$C_{p,m} = \sum fm_i C_{p,i} \quad (5)$$

6. Para encontrar el Cp,i se debe obtener la temperatura, con la ayuda de la ecuación 2 y considerando para este ejemplo:

- Temperatura de entrada\*\* = 64 F
- Temperatura de salida = 370 F

$$T_{Cp} = 370 + 64 / 2 = 217 \text{ F}$$

7. El Cp,i se encuentra interpolando el valor en la tabla A-2 E que se adjunta a continuación:

Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla C.3. Calor específico de los componentes de la mezcla a 217° F

Compuestos	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Cp (Btu/lbm.R) a 217 F	0.219	0.445	0.223	0.249

8. El Cp equivalente de la mezcla se obtiene utilizando la ecuación (5):

$$Cp = (0.089 \times 0.219)_{\text{CO}_2} + (0.039 \times 0.445)_{\text{H}_2\text{O}} + (0.127 \times 0.223)_{\text{O}_2} + (0.745 \times 0.249)_{\text{N}_2}$$

$$Cp = 0.251 \text{ Btu/lbm.R}$$

9. Si se calcula para los primeros 5 puntos de la tabla 1.2 se obtiene:

---

\*\* Estos datos se encuentran en la tabla 1.2

Tabla C.4. Número de moles de los componentes de la reacción de la combustión

No.	F [lbf]	RPM	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
			X	Y	W	Z
1	3.4	2500	12	13	23,3	157,17
2	9	2325	12	13	18,87	140,51
3	18	2050	12	13	10,47	108,93
4	28.2	1825	12	13	4,47	86,367
5	36	1600	12	13	0,14	70,086

Tabla C.5. Masa total y parcial de la mezcla

No.	Masa parcial (lbm)				Masa Total (lbm)
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
1	528	234	745,6	4400,704	5908,304
2	528	234	603,84	3934,3136	5300,1536
3	528	234	335,04	3049,9616	4147,0016
4	528	234	143,04	2418,2816	3323,3216
5	528	234	4,48	1962,4192	2728,8992

Tabla C.6. Fracción de masa de la mezcla

No.	fracción de masa (fm)			
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1	0,08937	0,03961	0,1262	0,74
2	0,09962	0,04415	0,11393	0,74
3	0,12732	0,05643	0,08079	0,74
4	0,15888	0,07041	0,04304	0,73
5	0,19348	0,08575	0,00164	0,72

Tabla C.7. Temperatura de entrada del aire y temperatura de salida de los gases de combustión

No.	Temperaturas		
	Te [F]	Tsal[F]	Tmedia [F]
1	64	370	217
2	64	401	232,5
3	64	498	281
4	64	613	338,5
5	64	698	381

Tabla C.8. Cp de cada componente de la mezcla y el Cp equivalente

No.	Cp [Btu/lbm*R]				Cpe [Btu/lbm*R]
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	

1	0,2190	0,4607	0,2230	0,2490	0,2514
2	0,2290	0,4632	0,2240	0,2493	0,2538
3	0,2296	0,4709	0,2254	0,2498	0,2573
4	0,2328	0,4804	0,2275	0,2503	0,2627
5	0,2371	0,4876	0,2290	0,2508	0,2684

**Observaciones:**

- El valor del Cp para la mezcla se encuentra, para el intervalo de temperaturas de 200 – 400 F, entre 0,251 – 0.268.
- El valor del Cp de la mezcla es muy cercano al Cp del N<sub>2</sub>, por lo tanto estos resultados se pueden extender tanto para la combustión incompleta y como para el motor de gasolina, ya que en ninguno de los dos casos existe algún factor que influya notablemente sobre el N<sub>2</sub>.
- Se puede utilizar un valor unificado del Cp de la mezcla y este será Cp=0.25 Btu/lbm.R, ya que al no varía tanto en su valor, no afectará notablemente los resultados del Balance de energía. Además se debe considerar que el presenta programa es didáctico por lo tanto la precisión de cálculo no es tan estricta.

**Calor específico del agua de refrigeración**

El calor específico a presión constante del agua para diferentes temperaturas se presenta en la siguiente tabla:

Tabla C.9 Calor específico del agua

Estado	Cp [Btu/(lbm.R)]
1 atm, 77°F (25°C)	0.998
1 atm, 212°F (100°C)	1.007

Los valores de la tabla muestran que el Cp del agua no varía considerablemente entre los 25 a 100 ° C. Además el rango de temperaturas del agua de refrigeración en los motores diesel y gasolina del Laboratorio de Termodinámica se encuentran entre los 30 y 60 °C, por lo tanto asumir un valor constante de Cp del agua en los cálculos del Balance de energía, no influye en gran medida en los resultados. Como consecuencia se determina que el Cp utilizado en el programa corresponde a: Cp<sub>agua</sub> = 1 Btu/lbm.R

**ANEXO D: CÁLCULO DEL BALANCE DE ENERGÍA Y  
GRAFICACIÓN DEL DIAGRAMA SANKEY PARA EL  
MOTOR GASOLINA CON LA AYUDA DEL PROGRAMA  
GZ-MOTOR PASO A PASO**

Para obtener el Balance de Energía del motor Gasolina con el programa “GZ-Motor” se debe seguir los siguientes pasos.

1. Completar el Registro de datos de la Práctica Ciclo Otto LT –R-5.4-09 punto 2, 3 que se entrega al iniciar la práctica, ver Registro al final del anexo B.

2. Con el programa “GZ- Motor“ abierto, abrir la ventana Balance de Energía en el Banco de Pruebas del menú general.

En la ventana existen cinco solapas. Para completar el Diagrama Sankey se debe ingresar los datos que pide cada solapa en orden. Si por alguna razón se pulsa sobre otra solapa sin llenar todos los datos de la anterior, el programa regresará hasta los datos que deben llenarse primero.

3. En la primera solapa se debe elegir que combustible se va a utilizar: en este caso Gasolina. Al elegir el combustible inmediatamente varias constantes se actualizan:

Poder calórico

Densidad

Brazo

4. El diagrama Sankey se grafica de un punto determinado, por lo tanto es aconsejable primero graficar las curvas características y visualizar cual punto es el que presenta mayor potencia. Para este ejemplo se utilizará los valores de una práctica de Gasolina realizada el 2005-11-22 de la primera parte, a 1980 RPM.

5. Se selecciona un punto:

- Volumen: 1/32 [pintas]
- Tiempo: 71 [s]
- Fuerza: 2.5 [lbf]
- RPM: 1980

En el caso del motor de gasolina el programa solo puede graficar la eficiencia frente a las pérdidas totales ya que el equipo no mide:

- Temperatura de entrada del aire y temperatura de salida de los gases. Por lo tanto no se pueden contabilizar el valor de pérdidas por gases.
- Pérdidas por refrigeración, debido a que el motor de gasolina tiene refrigeración por aire.

A medida que se introduce todos los valores en la parte superior de la ventana se gráfica los resultados (ver figura D.1).



Figura D.1 Diagrama Sankey correspondiente a 640 RPM, con aceleración constante<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

**ANEXO E: MANUAL DEL USUARIO PARA EL  
PROGRAMA “GZ\_MOTOR”**

**GZ\_MOTOR 1.0**  
**Laboratorio de Termodinámica**  
**Software Didáctico**

**Manual del Usuario**  
**Proyecto de Titulación de Ingeniería Mecánica**

Desarrollado por: María Gabriela Zurita Zaldumbide  
Teléfono: 2602650  
e\_mail:gzuritazald@hotmail.com

Dirigido por: Ing. Miguel Ortega  
Jefe del Laboratorio de Termodinámica  
Carrera de Ingeniería Mecánica

Escuela Politécnica Nacional  
Quito- Ecuador  
2007

Los derechos de propiedad intelectual corresponden a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



## Contenido

Contenido.....	<b>1</b>
Introducción .....	<b>1</b>
Requerimientos del Sistema de Instalación .....	2
¿Cómo usar este Manual?.....	2
¿Dónde obtener ayuda? .....	2
<b>1</b> Entorno del Programa .....	<b>2</b>
Menú General .....	3
Ventanas Generales .....	8
Ventanas Especiales .....	9
<b>2</b> Animaciones .....	<b>9</b>
Generalidades .....	9
Uso de los controles.....	10
Animaciones especiales .....	11
Información .....	11
<b>3</b> Curvas características y balance de energía.....	<b>13</b>
Control de los gráficos.....	13
Errores .....	13
<b>4</b> Evaluación, Glosario y Ayuda.....	<b>14</b>
Características de la evaluación.....	14
Glosario .....	15
Ayuda .....	16

## Introducción

El programa “GZ-Motor” es ideal para conocer el funcionamiento básico de un motor de combustión interna, enfocado principalmente al banco de pruebas del

motor diesel y gasolina. Con la ayuda de animaciones y gráficas el programa se convierte en una herramienta más al servicio del Laboratorio de Termodinámica de Ingeniería Mecánica.

### Requerimientos del Sistema de Instalación

Para usar el programa en una PC, su sistema debe cumplir los siguientes requisitos:

- ◆ Tener un sistema Windows XP
- ◆ Tener instalado el programa Windows media placer
- ◆ Resolución de pantalla de 800 x 600 píxeles
- ◆ Ordenador Pentium IV

Durante la instalación, los archivos autoejecutables ubican al programa en el disco C, en la carpeta archivos de Programa. Además crea un acceso rápido desde el menú inicio y en la lista Todos los programas

### ¿Cómo usar este Manual?

Este manual contiene la siguiente información

Capítulo 1 representa una guía de cómo se encuentra estructurado el programa.

Capítulo 2 proporciona las características de las animaciones en el programa

Capítulo 3 establece los detalles que se debe considerar en la obtención de curvas características y balance de energía

Capítulo 4 provee los detalles de la evaluación, glosario y ayuda del programa.

### ¿Dónde obtener ayuda?

Para obtener cualquier tipo de ayuda sobre problemas con el programa, se tiene la siguiente lista:

<b>Personal</b>	<b>Ubicación</b>
María Gabriela Zurita Zaldumbide	Teléfono 2602650
Ing. Miguel Ortega	Escuela Politécnica Nacional Teléfono: 2507144 ext 423 Laboratorio del Laboratorio de Termodinámica

## Entorno del Programa

El programa “GZ- Motor” está constituido visualmente por una ventana principal la cual contiene al menú general; y esquemáticamente está formada por:

- ◆ Animaciones

- ◆ Programa de cálculo de curvas características y balance de energía
- ◆ Evaluación, glosario y ayuda del programa

### Menú General

El menú General se encuentra ubicado en la ventana que se abre al iniciar el programa. Esta tiene el objetivo de alojar al resto de ventanas que aparecen conforme el usuario utiliza el menú general.

Las ventanas que se pueden acceder son (figura E.1):

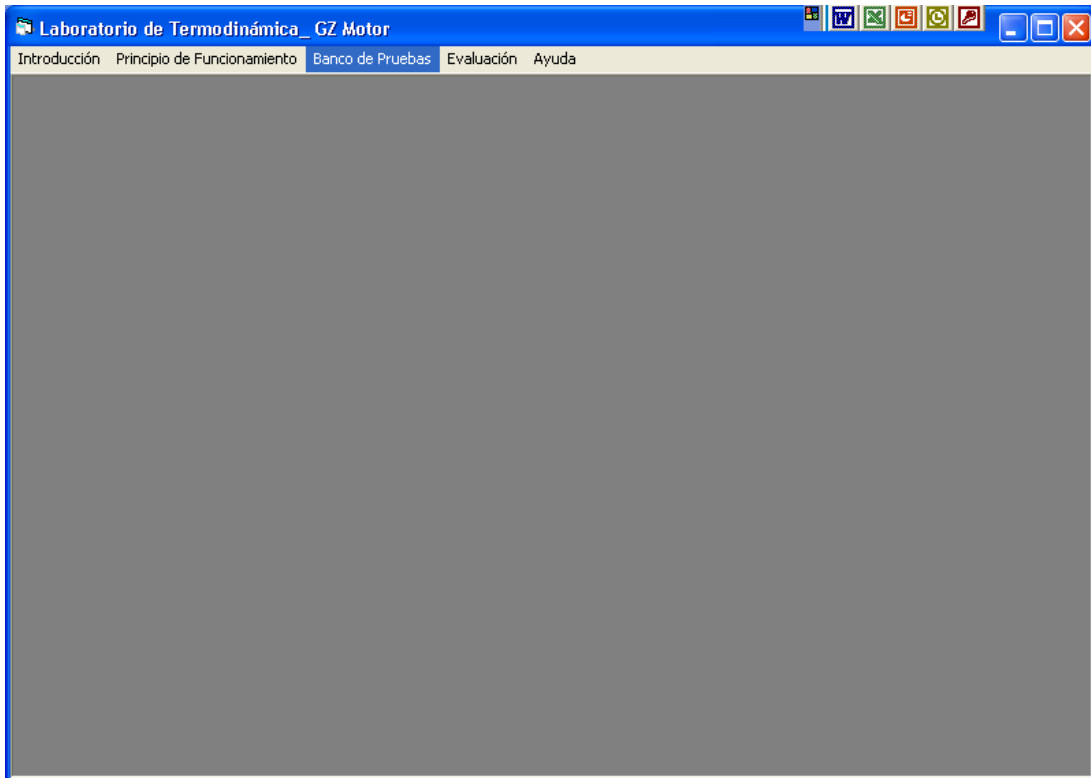
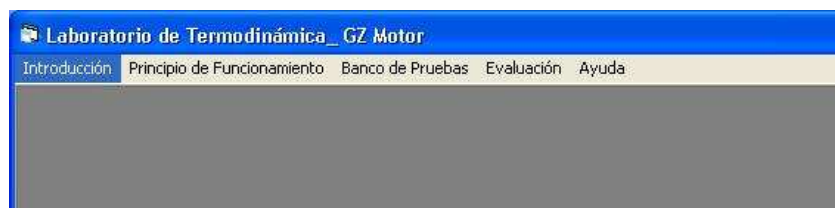


Figura E.1 Menú General del Programa<sup>12</sup>

- ◆ Introducción (figura E.2)



<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

Figura E.2 Introducción<sup>12</sup>

- ◆ Principios de Funcionamiento: Partes y definiciones principales (figura E.3)

Figura E.3 Partes y definiciones principales<sup>12</sup>

- ◆ Principios de Funcionamiento: Clasificación (figura E.4)

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

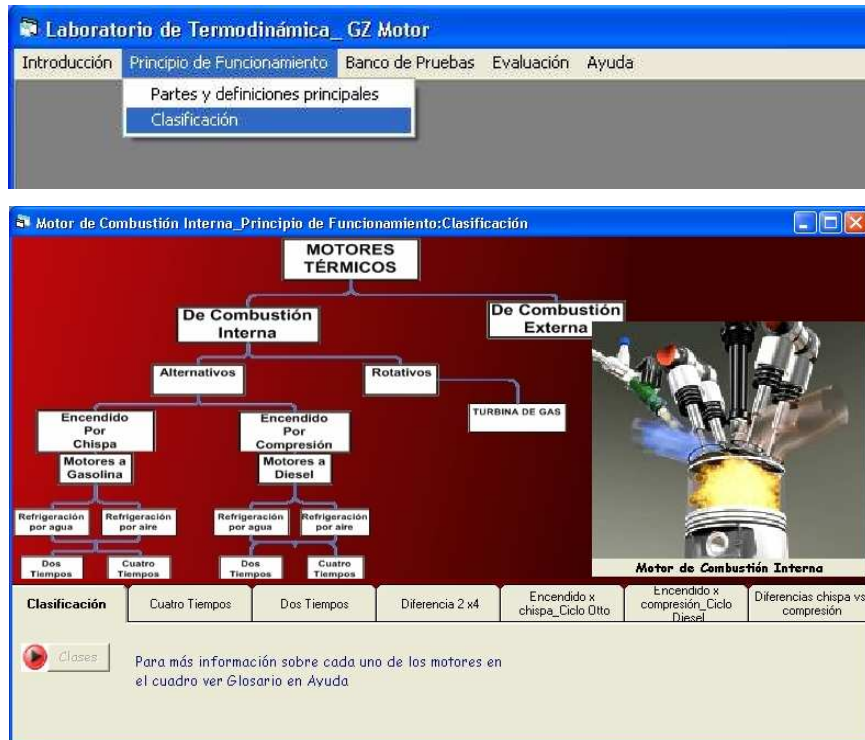


Figura E.4 Clasificación<sup>12</sup>

- ◆ Banco de Pruebas: Equipo del Laboratorio: Motor Diesel
- ◆ Banco de Pruebas: Equipo del Laboratorio: Motor Gasolina (figura E.5)

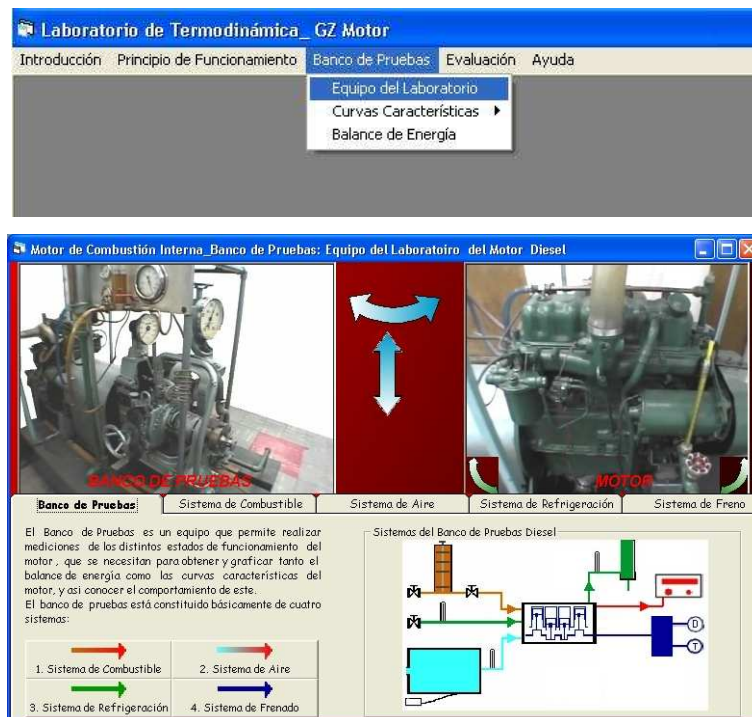


Figura E.5 Equipo del Laboratorio: Motor Diesel<sup>12</sup>

- ◆ Banco de Pruebas: Curvas características: Curvas de velocidad (figura E.6)
- ◆ Banco de Pruebas: Curvas características: Curvas de carga

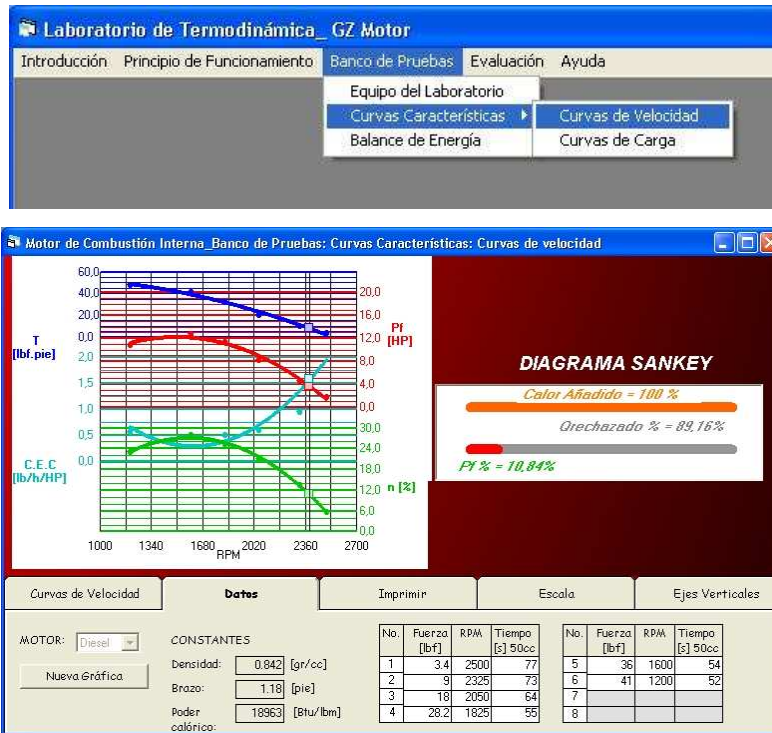
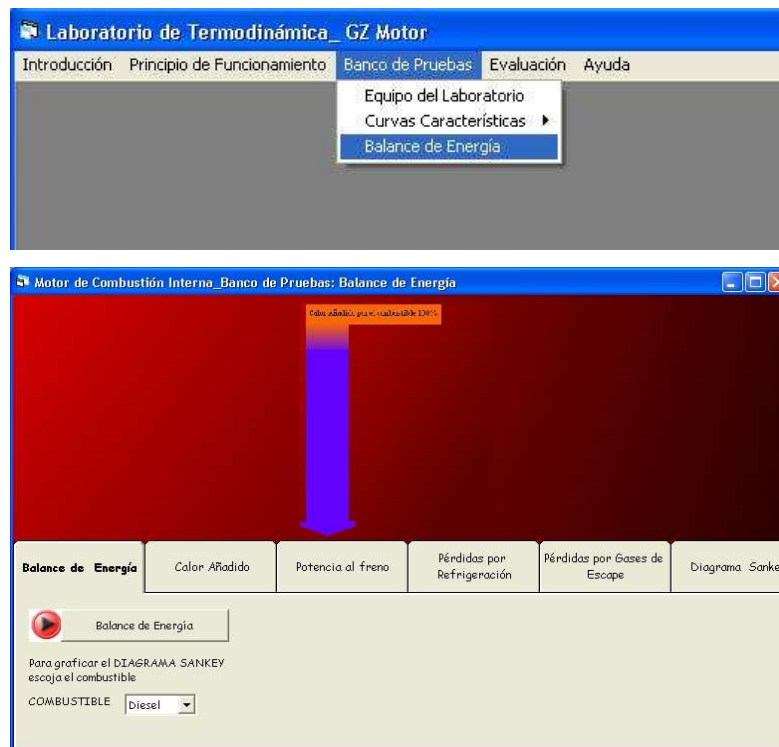


Figura E.6 Curvas características: Curvas de velocidad <sup>12</sup>

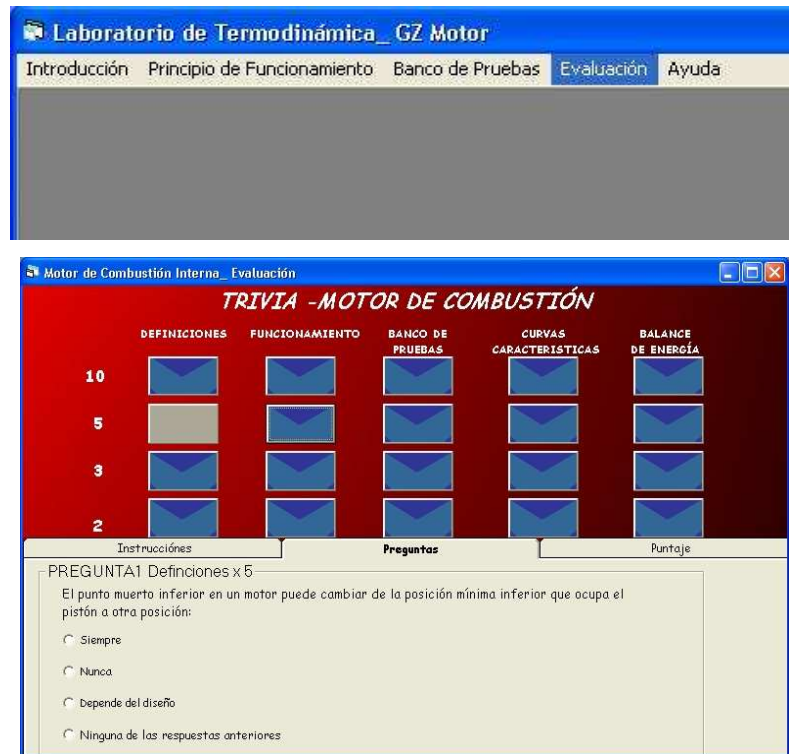
- ◆ Banco de Pruebas: Balance de Energía (figura E.7)



<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

Figura E.7 Balance de Energía <sup>12</sup>

- ◆ Evaluación (figura E.8)

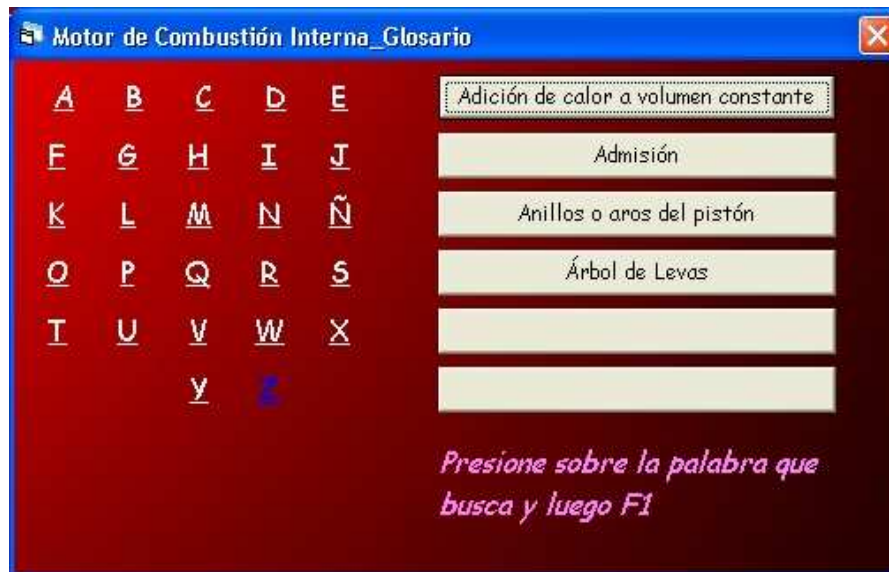
Figura E.8 Evaluación <sup>12</sup>

- ◆ Ayuda: Glosario (figura E.9)



<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007

Figura E.9 Glosario <sup>12</sup>

Todas estas ventanas son independientes, entre si; además solo una puede estar abierta a la vez y su tamaño no es alterable.

Por su disposición física se encuentra **ventanas generales** y **ventanas especiales**.

#### Ventanas Generales

Las ventanas Generales se caracterizan por tener dos zonas principales: superior e inferior.

En la zona superior el usuario no tiene acceso a ningún tipo de control (botones, casilleros, etc). Esta área es específica para animaciones, y gráficas, por lo tanto es importante enfocar la atención en estas.

En la zona inferior existe un fichero que según la ventana se encuentra subdividido en dos o más solapas, que centran aún más la información. Dentro de cada solapa existen controles que permiten controlar todo el programa sean animaciones o graficas. Estas ventanas son:

- ◆ Principios de Funcionamiento: Partes y definiciones principales
- ◆ Principios de Funcionamiento: Clasificación
- ◆ Banco de Pruebas: Equipo del Laboratorio: Motor Diesel
- ◆ Banco de Pruebas: Equipo del Laboratorio: Motor Gasolina

<sup>12</sup> GZ-MOTOR, ZURITA Gabriela, 2007



- ◆ Evaluación

### Ventanas Especiales

Las ventanas Especiales se caracterizan por no tener una sola zona, no existe un fichero y tanto las animaciones como los controles se encuentran juntos.

Las ventanas especiales son:

- ◆ Introducción
- ◆ Ayuda: Glosario

La introducción consta de un solo botón que al ser pulsado inicia la animación.

El glosario por su parte será explicado en el capítulo 4.

## **Animaciones**

### Generalidades

Las animaciones del programa tienen por objeto enseñar de forma clara un concepto o el mecanismo de uso de un equipo.

Las animaciones se encuentran en las siguientes ventanas:

- ◆ Introducción
- ◆ Principios de Funcionamiento: Partes y definiciones principales
- ◆ Principios de Funcionamiento: Clasificación
- ◆ Banco de Pruebas: Equipo del Laboratorio: Motor Diesel
- ◆ Banco de Pruebas: Equipo del Laboratorio: Motor Gasolina

En estas ventanas solo existen animaciones y se inician a voluntad del usuario; para lo cual se hacen presentes botones que identifican la animación que se va a exponer. La identificación puede ser a través de un gráfico o una palabra y el tipo de animación que se tiene pueden ser:

- ◆ Animación completa con sonido
- ◆ Parte de una animación completa con sonido
- ◆ Animación completa sin sonido
- ◆ Parte de una animación completa sin sonido

Para reconocer el tipo de animación, junto al botón se encuentra un símbolo que permite distinguir.

Las animaciones se caracterizan por:

- ◆ No se pueden adelantar ni retroceder
- ◆ En aquellas que tienen una extensión mayor a un minuto, existen botones que permiten visualizar la misma animación por partes.
- ◆ Al pulsar sobre otro botón, la animación previa se detiene y si se vuelve a pulsar sobre el botón la animación se reinicia.
- ◆ Las animaciones solo se controlan con los botones que se encuentran en los ficheros.
- ◆ Si se cambia de solapa o se cierra alguna ventana, automáticamente la animación se para.

### Uso de los controles

Para iniciar cualquier animación se pulsa sobre cada botón. Al pulsar el botón se puede tener los siguientes resultados:

- ◆ *El botón pulsado se bloquea mientras los demás están activos:* Esta acción se genera ya que la animación en curso necesita desarrollarse completamente para que la idea sea totalmente comprendida.

Para tener control nuevamente sobre el botón se debe pulsar sobre otro botón (en el caso de haber más botones) o esperar a que termine la animación (en el caso de existir un solo botón). Cuando la animación ha finalizado el botón se desbloquea.

- ◆ *El botón pulsado no se bloquea mientras los demás si son bloqueados:* Esta acción se genera cuando la animación gráfica algún concepto, por lo tanto es necesario que se termine de graficar el concepto antes de iniciar otra animación.

Si se pulsa nuevamente sobre el botón la animación se inicia y el gráfico nuevamente es dibujado.

Los demás botones son desbloqueados cuando ha finalizado la animación.

- ◆ *Al pulsar un botón este se bloquea al igual que los demás:* Esta acción ocurre cuando existe un orden específico de accionamiento de los botones. Generalmente en estas animaciones al pulsar un primer botón este se bloquea junto con el resto hasta terminar la animación. Después un segundo botón se desbloquea hasta terminar una secuencia.
- ◆ *Al pulsar un botón no se bloquea nada:* Esta acción se da cuando la animación es muy corta y la información es relativamente simple. Por lo tanto el usuario tiene el control todo el tiempo.

### Animaciones especiales

Las animaciones especiales se caracterizan en que el usuario controla la animación todo el tiempo. Estas animaciones se encuentran en la ventana del Banco de Pruebas: Equipo de Laboratorio.

En la zona superior se encuentra los bancos de pruebas y los motores de las prácticas del Laboratorio (Diesel y Gasolina), mediante flechas se pueden controlar las vistas del equipo, bordeando y girando alrededor de este.

En la zona inferior en el fichero, las animaciones correspondientes al: "Control de los medidores", están bajo el control del usuario y las indicaciones aparecen dentro del fichero en la zona blanca.

Estas animaciones son controladas todo el tiempo por el usuario, teniendo este que realizar eventos tales como:

- ◆ Desplazamiento del ratón sobre flechas, que representa el movimiento gradual de válvulas, volantes, etc.
- ◆ Pulsando sobre imágenes que representan la apertura de válvulas o conexión de resistencias.

### Información

El tipo de información que se entrega en el programa puede ser:

- ◆ Oral (sonido)
- ◆ Gráfica (animaciones)
- ◆ Escrita (recuadros con información)

La información oral y gráfica se encuentran juntas en las animaciones, mientras que la información escrita aparece cuando se pulsa un botón. Esta se puede encontrar tanto en la zona superior como en los ficheros. Esta información no es tan llamativa, pero si es importante, ya que muchas veces refuerza la información gráfica y oral.

## Curvas características y balance de energía

Las curvas características y el balance de energía son gráficas que se obtienen a partir de datos que el usuario ingresa.

### Datos

El usuario puede introducir los datos de dos formas:

- ◆ Mediante la selección de un elemento en determinadas listas por ejemplo: el tipo de combustible, el volumen de combustible y el parámetro (Torque, Potencia, etc).
- ◆ Mediante la introducción de valores en los casilleros de fondo blanco.
- ◆ En las curvas características al llenar las tres primeras filas de datos, el programa automáticamente grafica la información y a medida que completa otra fila actualiza la gráfica. (Siempre aparece un ejemplo de los valores, para limpiar los casilleros se debe pulsar en “Nueva Gráfica”)
- ◆ En el balance de energía a medida que se va llenando toda la información en cada solapa, aparece el diagrama Sankey en la parte superior.

### Control de los gráficos

Cuando ya se ha graficado las curvas características, estas se pueden controlar a partir de:

- ◆ Datos: Si se modifica cualquier dato automáticamente se actualiza la gráfica.
- ◆ Escala: Los límites superior e inferior de las curvas pueden ser definidas por el usuario, para esto necesita estar activada la función: Personalizado.
- ◆ Ejes: Las gráficas pueden ampliarse o reducirse mediante los controles que se encuentran en esta solapa.
- ◆ Imprimir: Al utilizar esta opción la grafica puede ser impresa en tamaño A4.

### Errores

Existen algunas acciones que el programa toma como error, cuando estos sucede aparece un mensaje en la pantalla que explica el error y la posible solución. Los posibles errores que pueden darse son:

Error	Consecuencia	Solución
Al llenar la fila de datos	Se bloquea la columna	Llenar el casillero

en las curvas características algún dato no se lleno	que tiene algún casillero sin valor	
El carácter introducido en los casilleros es: Cero o menor que cero Una letra Un símbolo	Un mensaje de texto que indica el intervalo en el que se debe introducir el valor	Aceptar el mensaje e introducir un nuevo valor
No llenar todos los valores de los casilleros en el balance de energía	El programa no permite continuar hacia otro ítem posterior	Colocar el valor respectivo en todos los casilleros

## **Evaluación, Glosario y Ayuda**

Características de la evaluación

La evaluación en el programa “GZ- Motor” esta enfocada a retar al usuario para demostrarse a si mismo cuanto ha aprendido con este.

La evaluación consiste en un juego donde el usuario debe seleccionar sobres, los cuales contienen una pregunta que se caracteriza por:

- ◆ Su valor (2,3,5, y 10 puntos)
- ◆ Su contenido (un tema específico: definiciones, banco de pruebas,etc)

Para poder jugar el usuario debe seguir las siguientes indicaciones y reglas:

Indicaciones:

1. Al abrir la ventana: Evaluación un nuevo juego se genera
2. En la zona superior aparecen 20 sobre, el usuario debe seleccionar uno y este automáticamente queda bloqueado
3. En el fichero aparecen cuatro opciones de respuesta, se debe seleccionar una única respuesta. Al hacerlo en la parte derecha del fichero aparece un aviso que indica si respondió correctamente la pregunta o no, además aparece el puntaje.
4. Cuando el usuario a contestado las veinte preguntas en la última solapa aparece el resultado y la opción de: Salir o Nuevo juego.

Reglas

1. El usuario no puede consultar en el programa la información de la pregunta durante el juego. Si por algún motivo se abre otra ventana el juego se pierde.
2. El usuario debe contestar todas las preguntas de lo contrario no podrá avanzar.

Observación

Existe un banco de 100 preguntas, que según el tema y el valor de la pregunta, salen de forma aleatoria. Además las opciones de respuesta nunca salen en el mismo orden, evitando de esta manera que el usuario memorice las respuestas.

Glosario

El glosario es una fuente de consulta de todos los términos relacionados con el tema de motor de combustión interna. Estos términos se encuentran un poco más especificados en esta ventana.

Para consultar se debe seleccionar la letra, de esta forma, aparece en la parte derecha una lista con las palabras que empiezan con dicha letra.

Para acceder se debe pulsar sobre la palabra y a continuación F1.

### Ayuda

La ayuda se hace presenta al pulsar sobre cualquier control del programa y a continuación F1 del teclado.