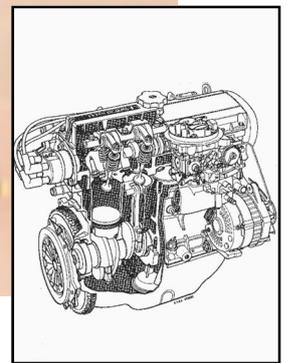
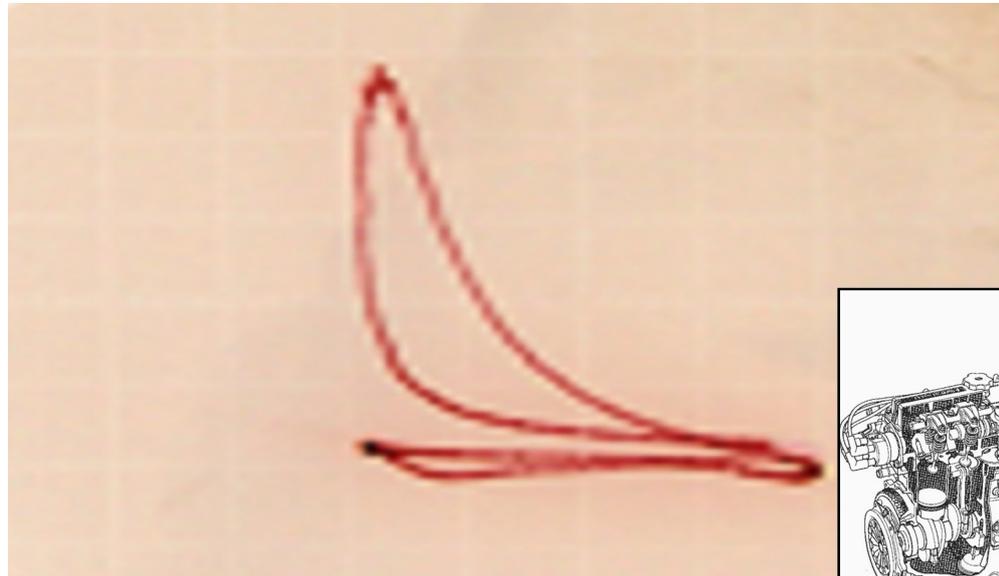




**Universidad de Salamanca**  
**E.T.S. de Ingeniería Industrial**



# **PUESTA A PUNTO DE UN MOTOR TÉRMICO ALTERNATIVO DE ENCENDIDO PROVOCADO Y VISUALIZACIÓN DEL CICLO INDICADO EN EL INTERIOR DEL CILINDRO**

Trabajo fin de carrera realizado por  
**Ángel Botón Muñoz**  
y  
**Enrique Martín Barrientos**

Para optar al título de Ingeniero Técnico Industrial

Tutor  
**Juan Ramón Muñoz Rico**

Béjar, julio de 2006

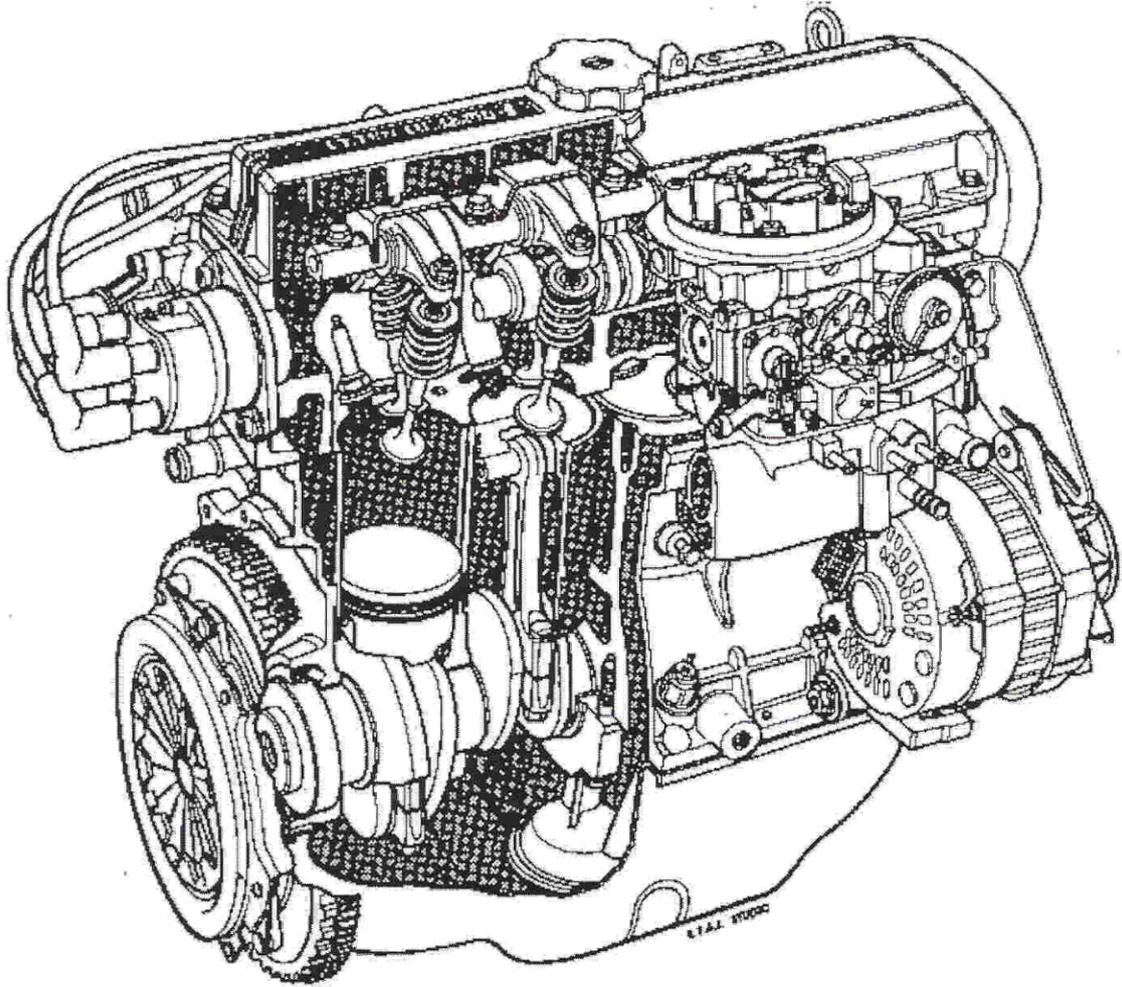
Juan Ramón Muñoz Rico, profesor del área de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Salamanca, adscrito a la E.T.S. de Ingeniería Industrial:

CERTIFICA que el presente trabajo de fin de carrera, titulado “Puesta a punto de un motor térmico alternativo de encendido provocado y visualización del ciclo indicado en el interior del cilindro”, ha sido realizado bajo su dirección, en la E.T.S. de Ingeniería Industrial de Béjar, por **Ángel Botón Muñoz**, para optar al título de ingeniero técnico industrial, especialidad mecánica (construcción de maquinaria), y **Enrique Martín Barrientos**, para optar al título de ingeniero técnico industrial, especialidad mecánica (estructuras e instalaciones)

Considerando dicho trabajo fin de carrera finalizado, autoriza su presentación y defensa.

Para que así conste, firma en Béjar a 10 de Julio de 2006.

Fdo: Juan Ramón Muñoz Rico



# **INDICE**

## **1.-INTRODUCCIÓN**

1.1.-Objeto	2
1.2.-Antecedentes	3
1.3.-Objetivos	4
1.4.-Presentación de la memoria	5

## **2.-CICLO OTTO**

2.1.-Introducción	7
2.2.-Características	7
2.3.-Motor Otto de cuatro tiempos	7
2.4.-Ciclos teórico y real.	10
2.4.1.-Ciclo Otto teórico	11
2.4.2.-Diferencias entre los ciclos teórico y real.	11
2.5.-Diagrama de presiones en función del ángulo de la manivela.	14

## **3.-REPARACIÓN Y PUESTA A PUNTO**

3.1.-Diario de reparación y puesta a punto.	17
3.1.1.-Tabla de horarios	17
3.1.2.-Trabajos realizados	18
3.1.3.-Incidencias reseñables	21
3.2.-Información y datos técnicos	23
3.2.1.-Datos de identificación y características técnicas del motor	23
3.2.2.-Datos técnicos del sensor de presión	29
3.3.-Detalles de aparatos y conexiones	30
3.4.-Previsualización de señales	34
3.5.-Sincronización de las señales	37
3.5.1.-Combustión en los motores de encendido por chispa.	37
3.5.2.-Método de sincronización	40

## **4.-VISUALIZACIÓN DEL CICLO**

4.1.-Visualización	42
4.2.-Valoración del ciclo visualizado	42

## **5.-METODO DE OBTENCION DE DIAGRAMAS P-V**

5.1.-Introducción	45
5.2.-Metodología	45
5.2.1.-Obtención de valores de presión	45
5.2.2.-Obtención de valores de volumen	46
5.2.2.1.-Caracterización de la posición en el plano mediante números complejos.	46
5.2.2.2.-Ecuación de cierre del mecanismo.	47
5.2.2.3.-Posición del pistón en función del Angulo $\theta_2$ .	48
5.2.2.4.-Volumen barrido por el pistón.	49
5.2.2.5.-Volumen total en función de $\theta_2$	50
5.2.2.6.- $V(\theta_2)$ para el motor E6J	51
5.3.-Construcción grafica del diagrama P-V	53

## **6.-GRAFICAS EN AutoCAD**

6.1.-Instantáneas obtenidas con el osciloscopio digital	55
6.2.-Construcciones graficas	59
6.3.-Curva de potencia indicada	67

## **7.-CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFIA**

# **1.-INTRODUCCIÓN**



## **1.1.- OBJETO.**

La presente memoria constituye el trabajo fin de carrera cuya realización contempla el plan de estudios de 1990 como requisito indispensable, una vez superada su defensa, para optar al título de Ingeniero Técnico Industrial.



## **1.2.-ANTECEDENTES.**

En el área de Ingeniería Mecánica ya se había planteado la posibilidad de contar con un indicador de ciclo para poder experimentar in-situ con un motor de 4 tiempos (Renault E6J 700) del que dispone la E.T.S. de Ingeniería Industrial de Béjar, visualizando su ciclo indicado.

El interés particular de contar con ese indicador de ciclo es el de poder observar como se comporta el motor respecto a diferentes variables como pueden ser régimen de giro, carga ,avance de encendido, etc.

Por otro lado, la intención de este proyecto no es dar una visión cuantitativa de los procesos termodinámicos (a pesar de que se hará una estimación aproximada de ciertos valores) sino ofrecer una visión cualitativa de los mismos, dotando así a la Escuela de una herramienta con la que poder seguir realizando estudios sobre ese tipo de motores.



### **1.3.-OBJETIVOS.**

El primer objetivo de este proyecto es la visualización del ciclo indicado de un motor endotérmico de ciclo Otto. Dicha visualización se hará mediante la composición de dos señales eléctricas representativas de la presión y el volumen en la pantalla de un osciloscopio.

El segundo objetivo es la valoración la visualización. Para ello será indispensable realizar anteriormente una reparación y puesta a punto del motor, búsqueda de información sobre los aparatos de medida y conexión de los mismos.

Posteriormente se procederá a la valoración de los datos obtenidos mediante la realización de las mediciones oportunas.



## **1.4-PRESENTACIÓN DE LA MEMORIA**

La memoria esta estructurada en siete bloques como se refleja en el indice, de los que explicaremos su contenido brevemente:

- El primer bloque corresponde a la introducción del proyecto.
- En el segundo bloque se dan los conceptos básicos y necesarios para entender el ciclo de potencia termodinámico de Otto para un motor endotérmico de cuatro tiempos. También se explica el funcionamiento del motor de cuatro tiempos y se describe en que consiste el diagrama indicador de estos motores.
- En el tercer bloque se explican los trabajos realizados para la reparación y puesta a punto del motor, se incluye la información y datos técnicos del motor y los aparatos de medida, así como el método utilizado para la correcta visualización del ciclo.
- El cuarto bloque comprende a la visualización y valoración de la misma.
- En el quinto se presenta la metodología seguida para la obtención de los datos usados en el proceso de muestreo necesario para la elaboración grafica de los diagramas P-V.
- En el sexto bloque se desarrolla todo el estudio grafico mediante AutoCAD.
- El séptimo bloque es un compendio de conclusiones obtenidas durante la realización del estudio.

## **2.-CICLO OTTO**



## **2.1.- INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se pretende introducir a la teoría termodinámica del motor endotérmico de ciclo Otto de cuatro tiempos. Para ello en el apartado 2.2. Características se describen las características generales del motor térmico, en el apartado 2.3. Motor Otto de cuatro tiempos se describe este ciclo termodinámico, en 2.4. Ciclos teóricos y reales se describe cada uno de los ciclos y sus diferencias, en 2.5. Diagrama de presiones en función del ángulo de la manivela se explica el diagrama obtenido y las características de este.

## **2.2.- CARACTERÍSTICAS**

Los motores térmicos son máquinas que tienen por objeto transformar la energía calorífica en energía mecánica directamente utilizable.

Sí la combustión del fluido operante (combustible) se verifica dentro de este, el motor es de combustión interna ó endotérmicos.

La energía calorífica puede provenir de diversas fuentes primarias, pero en el caso de los motores endotérmicos, es obtenida de la combustión de combustibles líquidos o, más raramente gaseosos. Se puede, por tanto, decir que los motores endotérmicos transforman en energía mecánica la energía química del combustible.

El ciclo Otto de cuatro tiempos, es un ciclo termodinámico. Este ciclo nos dará la presión ejercida sobre el pistón en cada momento, producida por la explosión de los gases dentro del cilindro, y por tanto, la fuerza externa aplicada sobre el pistón. Todo queda listo entonces para repetir el ciclo con otra carrera de admisión.

## **2.3.- MOTOR OTTO DE CUATRO TIEMPOS**

Nos centraremos en el motor monocilindrico. Este motor consta básicamente de:

Manivela (barra 2). Esta pieza en la practica se une rígidamente a un eje llamado cigüeñal y a los contrapesos necesarios que actúan como volantes de inercia y contrapesos para equilibrar el mecanismo. Todo esto forma una pieza que se denomina cigüeñal. Todo esto se puede observar en la figura 2.1 que pertenece al despiece completo de un cigüeñal.

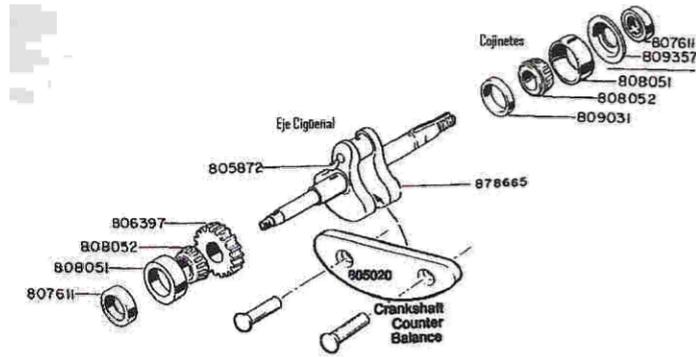


Fig.2.1 despiece de un cigüeñal

La biela (barra 3) es la pieza que enlaza la manivela (cigüeñal) con el pistón. Su forma suele ser más voluminosa en la parte donde se enlaza con la manivela y más delgada en la unión con el pistón. Se pueden ver distintas bielas en la figura 2.2.



Fig.2.2.Bielas

El pistón (barra 4) es la pieza encargada de transmitir la fuerza de la explosión de los gases al resto del mecanismo. Está encerrado en un cilindro y se utilizan unos aros o segmentos para la estanqueidad del sistema en el momento de la explosión. En la figura 2.3 se pueden observar pistones con sus respectivos segmentos.



Fig.2.3.pistones y segmentos

El motor Otto de cuatro tiempos requiere cuatro carreras completas del pistón para efectuar un ciclo. Una carrera (o tiempo) del pistón se define como su recorrido desde el PMS (punto muerto superior) hasta el PMI (punto muerto inferior) o viceversa. Por lo tanto, se tienen dos carreras por revolución (360°) del cigüeñal y se requieren así 720° de rotación de este eje para realizar el ciclo de cuatro tiempos.



Este motor requiere por lo menos dos válvulas por cilindro, una para la admisión y la otra para el escape de los gases y su forma se puede observar en la figura 2.4.



Fig.2.4. Válvulas

Para su análisis podemos empezar el ciclo en cualquier punto, ya que se repite cada dos revoluciones de la manivela.

La carrera de admisión empieza con el pistón en el PMS. Una mezcla de vapor de gasolina y aire es atraída al cilindro desde el sistema de combustible (carburador) en la medida que el pistón desciende al PMI, y aumenta así el espacio libre en el interior del cilindro y crea con ello una pequeña depresión, que induce la admisión por la válvula de entrada abierta. Obsérvese la figura 2.5

Durante la carrera de compresión, todas las válvulas están cerradas y la mezcla de gas es comprimida cuando el pistón va del PMI al PMS. Poco antes de llegar al PMS, se enciende la mezcla con una chispa eléctrica para originar la explosión del gas comprimido. La creciente presión de esa combustión y expansión de los gases empuja el pistón hacia abajo, desde el PMS hasta el PMI durante la carrera de fuerza o de potencia. La válvula de salida se abre y luego la carrera de escape del pistón, del PMI al PMS hace salir los gases producto de la combustión por la válvula de escape y a través del tubo de escape, al exterior.

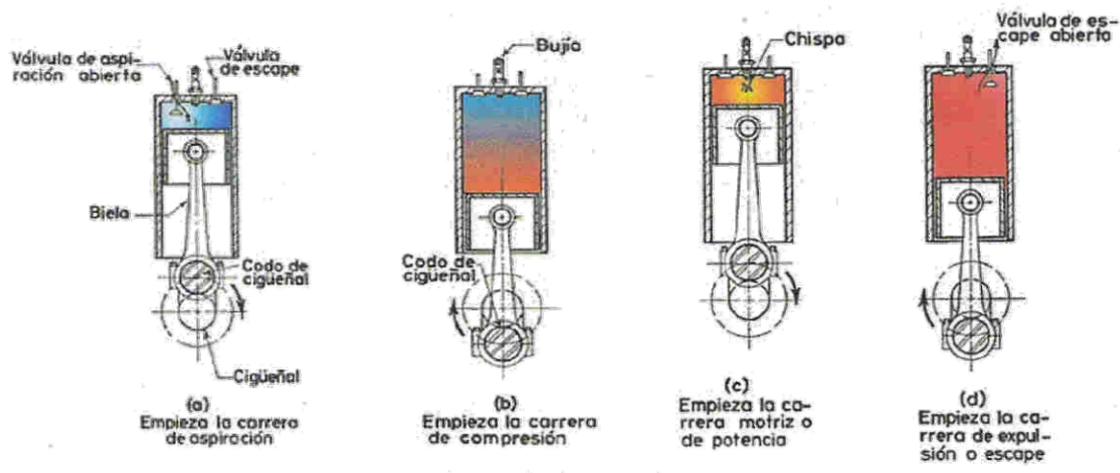


Fig.2.5. Tiempos del motor

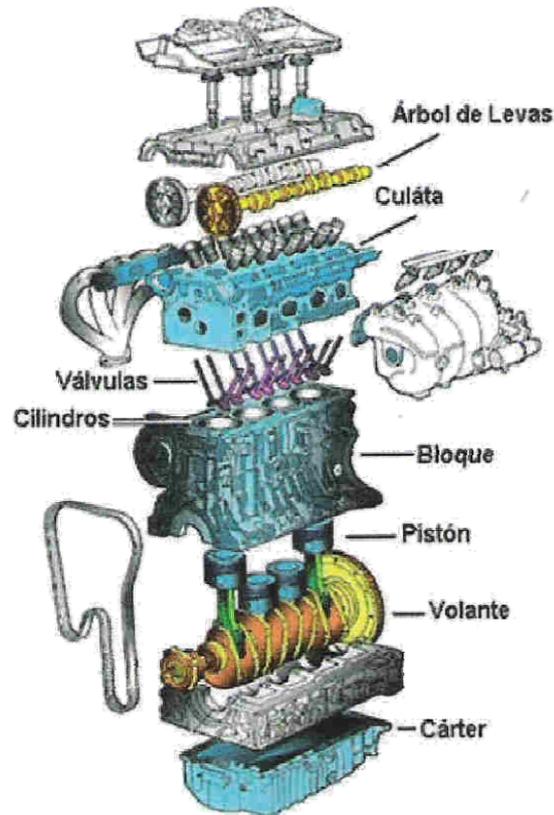


Fig.2.6.Despiece de un motor de 4 cilindros

## **2.4.- CICLOS TEÓRICO Y REAL**

El fluido operante, durante su paso por el motor, es sometido a una serie de transformaciones químicas y físicas que constituyen el ciclo del motor. El examen cuantitativo de estos fenómenos, teniendo en cuenta todas las numerosas variables, representa un problema muy complejo. Por ello, corrientemente se simplifica recurriendo a sucesivas aproximaciones teóricas, cada una de las cuales están basadas en diferentes suposiciones simplificadoras, que tienen una aproximación gradualmente creciente.

Para los ciclos teóricos, las aproximaciones comúnmente empleadas en orden de aproximación a las, condiciones reales son tres: ciclo ideal, ciclo de aire y ciclo aire-combustible.

En los ciclos ideales se supone que el fluido operante está constituido por aire y que éste se comporta como un gas perfecto. Por ello, los valores de los calores específicos se consideran constantes e iguales al del aire a las condiciones tipo de 15° de temperatura y 1 atmósfera de presión:

$$c_p = 1.0088 \text{ KJ/kg K}$$

$$c_v = 0.720 \text{ KJ/kg K}$$



De donde resulta el exponente  $k$ , denominado razón de calores específicos:

$$k = \frac{c_p}{c_v} = 1.4$$

Suponemos, además, que las fases de introducción y sustracción de calor tienen una duración bien determinada, dependiente del tipo de ciclo, y que en las otras fases no hay pérdidas de calor.

Es natural que, con estas hipótesis, los valores máximos de temperatura y presión, así como, en consecuencia, el trabajo y el rendimiento térmico calculados para el ciclo ideal, sean más elevados que los correspondientes a otros tipos de ciclo.

### **2.4.1.- CICLO OTTO TEÓRICO**

Estos ciclos teóricos se comparan en la práctica los ciclos reales, que se obtienen experimentalmente por medio de los indicadores, descritos en el apartado 2.5. Por esta razón, el ciclo real se llama también ciclo indicado.

El ciclo Otto teórico es el ciclo ideal del motor de encendido por chispa y las transformaciones termodinámicas que se verifican durante el ciclo, como puede observarse en la figura 2.7, son:

- 1 - 2. Adiabática e isentrópica (sin intercambio de calor con el exterior): compresión del fluido activo y el correspondiente trabajo realizado por el pistón.
- 2 - 3. A volumen constante: introducción instantánea del calor suministrado  $Q_1$
- 3 - 4. Adiabática: expansión y correspondiente trabajo producido por el fluido activo.
- 4 - 1. A volumen constante: sustracción instantánea del calor  $Q_2$ .

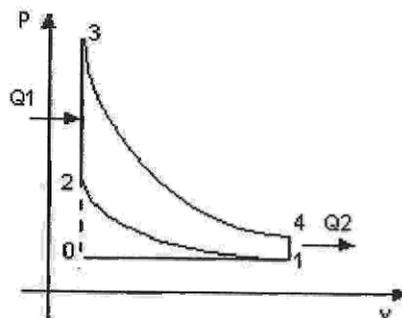


Fig.2.7.Ciclo teórico Otto

### **2.4.2.- DIFERENCIAS ENTRE LOS CICLOS TEÓRICO Y REAL**

Entre el ciclo indicado y el ciclo teórico correspondiente existen diferencias sustanciales tanto en la forma del diagrama como en los valores de temperaturas y presiones. La diferencia de forma consiste en un perfil distinto en las curvas de expansión y compresión, en la sustitución de los trazos curvos y el redondeamiento de los ángulos agudos.



Las causas de tales diferencias se fundan en las siguientes razones:

a) *Pérdidas de calor.* En el ciclo teórico son nulas, pero bastante sensibles, por el contrario, en el ciclo real. Como el cilindro está refrigerado para asegurar el funcionamiento del pistón, una cierta parte de calor del fluido se transmite a las paredes. Las líneas de compresión y expansión no son, por consiguiente, adiabáticas, sino politrópicas, con exponente, diferente de  $k$ . Como el fluido experimenta una pérdida de calor se tiene evidentemente: para la expansión,  $n > k$ , y para la compresión,  $n < k$ , siendo  $n$  la constante para un proceso politrópico ( $PV^n = cte$ ). Se produce, por tanto, una pérdida de trabajo útil.

b) *Combustión no instantánea.* En el ciclo teórico, se supone que la combustión se realiza a volumen constante. Es, por tanto, instantánea. En el ciclo real, por el contrario, la combustión dura un cierto tiempo. Si el encendido tuviese lugar justamente en el PMS, la combustión ocurriría mientras el pistón se aleja de dicho punto, y el valor de la presión sería inferior al previsto, con la correspondiente pérdida de trabajo. Por ello es necesario anticipar el encendido de forma que la combustión puede tener lugar, en su mayor parte, cuando el pistón se encuentra en la proximidad de PMS. Esto produce un redondeamiento de la línea teórica 2-3 de introducción del calor y, por tanto, una pérdida de trabajo útil. Pero esta pérdida resulta de cuantía bastante menor de la que se tendría sin adelantar el encendido.

c) *Tiempo de abertura de la válvula de escape.* En el ciclo teórico también habíamos supuesto que la sustracción de calor ocurría instantáneamente en el PMI. En el ciclo real la sustracción de calor tiene lugar en un tiempo relativamente largo. La válvula de escape tiene que abrirse con anticipación para dar tiempo a que una parte de los gases salgan del cilindro antes de que el pistón alcance el PMI de manera que su presión descienda cerca del valor de la presión exterior al comienzo de la carrera de expulsión. Este hecho provoca una pérdida de trabajo útil, pérdida que es, sin embargo menor que la que se tendría sin el adelanto de la abertura de la válvula de escape.

Las causas de las diferencias en los valores de la presión y temperatura máxima son:

a) Aumento de los calores específicos del fluido con la temperatura. Tanto el calor específico a presión constante  $c_p$  como el correspondiente a volumen constante  $c_v$  de un gas real, crecen con la temperatura, pero de forma que su diferencia permanece constante, es decir,  $c_p - c_v = R$ , por consiguiente, al aumentar la temperatura disminuye

el valor de la relación  $k = \frac{c_p}{c_v}$ . De lo cual se deduce que los valores de la presión y

temperatura máximas resultan siempre inferiores a las que se alcanzarían en el caso en que los calores específicos permanecieron constantes al variar la temperatura. Este hecho se toma en consideración también al trazar el ciclo teórico de aire, pero, en el caso real, los productos de la combustión tienen calores específicos mayores que el aire, y, por tanto, los valores de la presión y de la temperatura máxima son, en el ciclo real, inferiores a los correspondientes al ciclo teórico. Por esta razón, la superficie y el rendimiento térmico resultan disminuidos.



b) *Disociación en la combustión.* Los productos de la combustión son esencialmente  $CO_2$  y  $H_2O$ , además de otros compuestos. La disociación de estos productos es una reacción que se lleva a cabo con absorción de calor, la temperatura máxima alcanzable es menor y se pierde una cierta cantidad de trabajo. Pero, dado que la temperatura disminuye durante la expansión, se produce un retroceso en la reacción de disociación. En consecuencia, sobreviene en esta fase una parcial reasociación con desarrollo de calor. Desciende el valor del exponente de la politrópica de expansión -el cual debería ser mayor que  $k$  por las pérdidas de calor a través de las paredes del cilindro- y se aproxima al de la politrópica de compresión. Por ello, se consigue una parcial recuperación del trabajo antes perdido.

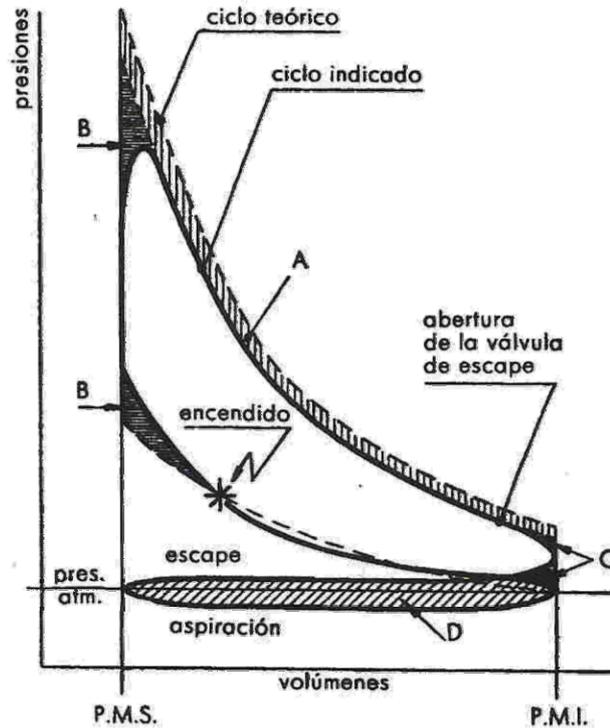


Fig.2.8.Diferencias entre ciclo teórico y real

El ciclo real presenta, por último, otra diferencia importante al compararlo con el ciclo teórico. Durante la carrera de aspiración, la presión en el cilindro es inferior a la que se tiene durante la carrera de escape. Salvo casos particulares, en la aspiración, la presión resulta inferior a la atmosférica, mientras que durante el escape es superior. Se crea, por tanto, en el diagrama indicado una superficie negativa (D, en la figura), que corresponde al trabajo perdido. El esfuerzo realizado por el motor para efectuar la aspiración y el escape se llama trabajo de bombeo y está, por lo general, comprendido en el trabajo perdido por rozamientos.



## 2.5.-DIAGRAMA DE PRESIONES EN FUNCION DEL ÁNGULO DE LA MANIVELA

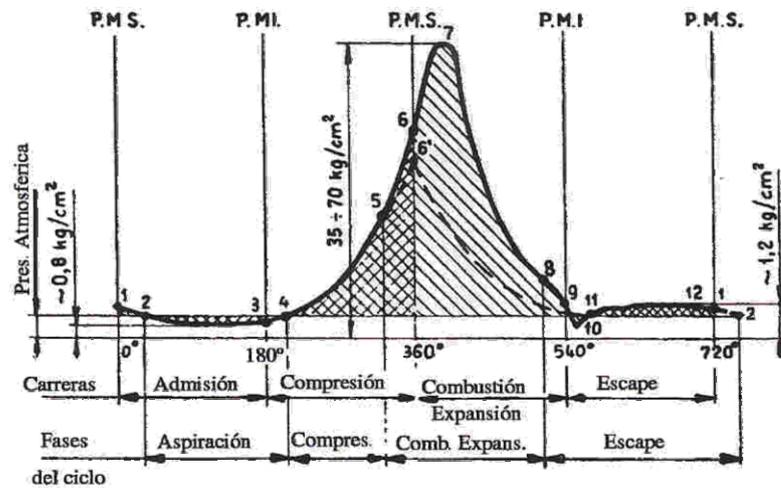


Fig.2.9.Presión vs Angulo

a) *Admisión*. Al comienzo de la carrera de aspiración, puntos 1-2 de la figura 2.9, el interior del cilindro se encuentra a una presión ligeramente superior a la atmosférica por no haber terminado todavía la fase de escape. Cuando el pistón se halla en el punto 2, en su carrera hacia el PMI, aspira cierta cantidad de aire o mezcla gaseosa a través de la válvula de aspiración, abierta oportunamente. Como ya hemos visto, durante casi toda esta fase existe una presión menor que la exterior, a causa de la resistencia que encuentra el gas en los conductos. Ello origina la llamada depresión en la aspiración, la cual resulta tanto más intensa cuanto mayor es la velocidad del gas, por la mayor resistencia que encuentra el gas en los conductos. Como es evidente, esta fase representa trabajo pasivo.

Cuando en el punto 3 el pistón inicia su carrera de retorno, el ambiente en el cilindro se encuentra todavía en depresión. Por este motivo, y a pesar del movimiento contrario del pistón, continúa la introducción del fluido hasta 4, punto donde se igualan la presión interna y la atmosférica. En este punto se debe cerrar la válvula de aspiración. Si el conducto de admisión es largo, se puede utilizar el efecto de inercia de la columna gaseosa, para continuar la admisión después del punto 4 retardando, para ello, el cierre de la válvula. En el punto 4 se inicia, pues, la verdadera compresión.

b) *Compresión*. La compresión de la carga se produce como consecuencia del movimiento del pistón en la fase 4-6. Teniendo en cuenta que la combustión requiere un cierto tiempo para realizarse, a fin de conseguir el mejor desarrollo de la fase útil se efectúa el encendido antes del PMS. El punto 6 nos da el valor máximo de la presión sin encendido.

c) *Combustión y expansión*. Con el encendido en el punto 5, un poco antes de terminar la fase de compresión se inicia la combustión, la cual origina una repentina elevación de temperatura y de presión que alcanza su valor máximo en el punto 7. La combustión finaliza cuando el pistón ha recorrido ya una parte de la carrera.



Terminada la combustión, sobreviene la expansión. El volumen aumenta y la presión experimenta un rápido descenso, ocasionada también, en parte, por la transmisión de calor a las paredes del cilindro. La expansión debería prolongarse cuanto fuera posible para aprovechar al máximo la fase útil, es decir, hasta la proximidad, del PMI, pero, en la práctica, para facilitar la expulsión de los gases, se interrumpe ésta con la abertura de la válvula de escape en el punto 8.

d) *Escape*. Los gases, que en el momento de la abertura de la válvula de escape se encuentran a presión superior a la atmosférica, se descargan con violencia al exterior, En este primer período de la fase, que discurre casi a volumen constante, la presión desciende con rapidez, y en el punto 9, cuando se inicia la carrera de escape, es poco superior a la atmosférica, con tendencia a descender aún más durante la primera parte de esta carrera. Puede ocurrir, si los conductos de escape son largos, que, por efecto de la inercia de la columna gaseosa, se produzca en 10 una intensa depresión. En 11 se inicia el segundo período de la fase: el pistón expulsa los gases que ocupan todavía el cilindro. Este período transcurre con presión ligeramente superior a la atmosférica por la resistencia que han de vencer los gases al atravesar la válvula y los conductos de escape, y representa, trabajo positivo. El pistón no puede expulsar todos los gases, porque una parte de ellos ocupa la cámara de combustión. En 1, al final de la carrera de escape, la presión tiene todavía un valor ligeramente superior a la atmosférica. Por tal motivo se prolonga la fase hasta el punto 2. Mientras tanto ha comenzado la abertura en 12 de la válvula de admisión, de tal suerte que en 2 se encuentra ya totalmente abierta, y ofrece en este punto la sección máxima de paso para la nueva fase de aspiración. Comienza así un nuevo ciclo, que se repetirá con regularidad. En la figura 2.9, la superficie rayada representa el trabajo útil, mientras que la señalada con rayado doble indica trabajo pasivo, y la línea de trazos, la presión cuando no hay combustión.

### **3.-REPARACIÓN Y** **PUESTA A PUNTO**



### **3.1.-DIARIO DE REPARACIÓN Y PUESTA A PUNTO**

En este apartado se pretende dejar constancia de los trabajos que han sido necesarios para la reparación y puesta a punto del motor, así como para la conexión de los aparatos de medida. Se estructura en tres subapartados, de la siguiente manera:

- Tabla de horarios. Los números de la primera columna hacen referencia a las actividades.
- Trabajos realizados en cada actividad.
- Incidencias reseñables en cada actividad.

#### **3.1.1.-TABLA DE HORARIOS**

Nº	Día	Mes	Año	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo (en horas)	Suma y sigue	Personas	Gasto €	Suma y sigue
1	17	5	2005	16:00	19:00	3,00	3,00	2		0,00
2	8	6	2005	18:22	18:28	0,10	3,10	2		0,00
3	21	6	2005	16:30	16:36	0,10	3,20	2		0,00
4	16	11	2005	16:30	18:15	1,75	4,95	2	5,5	5,50
5	17	11	2005	17:00	20:00	3,00	7,95	2	3	8,50
6	22	11	2005	17:00	18:30	1,50	9,45	2		8,50
7	23	11	2005	17:00	19:30	2,50	11,95	2		8,50
8	24	11	2005	12:00	14:20	2,33	14,28	2	2	10,50
9	28	11	2005	17:00	19:30	2,50	16,78	2		10,50
10	29	11	2005	17:00	19:30	2,50	19,28	2		10,50
11	5	12	2005	16:00	19:00	3,00	22,28	2	1	11,50
12	9	12	2005	17:00	20:30	3,50	25,78	2		11,50
13	13	12	2005	16:00	20:00	4,00	29,78	2	3	14,50
14	14	12	2005	16:00	20:00	4,00	33,78	2		14,50
15	20	12	2005	16:00	20:00	4,00	37,78	2	5	19,50
16	21	12	2005	16:00	20:00	4,00	41,78	2	3,2	22,70
17	11	1	2006	17:00	19:30	2,50	44,28	2		22,70
18	8	2	2006	17:00	19:00	2,00	46,28	2		22,70
19	10	2	2006	17:00	18:00	1,00	47,28	2		22,70
20	14	2	2006	17:00	18:00	1,00	48,28	2		22,70
21	24	2	2006	15:00	18:00	3,00	51,28	2		22,70
22	3	3	2006	9:00	12:00	3,00	54,28	2		22,70
23	6	3	2006	9:00	12:00	3,00	57,28	2		22,70
24	15	3	2006	17:00	18:00	1,00	58,28	2	5	27,70
25	22	3	2006	15:00	17:00	2,00	60,28	2		27,70
26	23	3	2006	17:00	20:00	3,00	63,28	2		27,70
27	24	3	2006	15:15	18:30	3,25	66,53	2		27,70
28	25	4	2006	18:00	20:00	2,00	68,53	3		27,70
29	26	4	2006	12:00	14:00	2,00	70,53	3	5	32,70



### **3.1.2.-TRABAJOS REALIZADOS**

1.-Revisión del tubo de escape. Limpieza circuito de refrigeración. Engrase del cableado (acelerador y starter).Vaciado y limpieza del deposito de gasolina .Comprobación de bujías, filtro de aire y nivel de aceite.

2.-Recogida de batería para su recarga

3.-Nueva batería, nuevo intento de recarga

4.-Se le echan 5€ de gasolina de 98 octanos, aplicación de cinta aislante (0,50€) en positivo abrasado, intento de arranque con nueva batería, revisión de niveles y rellenado. Se toma nota del contador de horas del motor 5 horas.

5.-Conexión de batería tras limpieza de sus bornes, revisión de fusibles, compra de 2m de manguito (3€) retorno del carburador al depósito y su instalación, intento de arranque exitoso: tras varios segundos arrancado el motor se cala búsqueda en Internet de un despiece general del carburador

6.-Intento de desmontar el carburador sin plano de despiece por no existir planos disponibles en Internet del modelo weber 32tldr 7d, similitudes con weber 32tldm

7.-Nuevo intento de desmontar, nueva búsqueda en internet, conseguimos destornillador grande, desbloqueo de tornillos, limpieza interna de residuos dentro del depósito de nivel constante y boya, soplado de chiclets,

8.-Nuevo desmonte de carburador, observamos una pequeña desviación de uno de los brazos del flotador, es enderezado, nuevo montaje sellado de caja del filtro con silicona (2€) alargamiento del escape para expulsar bien los humos por la ventana del laboratorio e intento de arranque.

9.-Desmontaje del cuadro de mandos, revisión ocular, sustitución de pilas termómetro, desenfundado de todo el cableado para reparar cortocircuitos

10.-Búsqueda de información sobre posibles causas, búsqueda de cableado apropiado, consulta en varias tiendas de Béjar sobre el precio de un cable que nos de garantías (recambios Béjar, Talleres Cuadrado,etc...)11€ +IVA/m, búsqueda en Internet de posibles antecedentes de esta avería

11.-Búsqueda de cableado apropiado en el desguace de materiales Revilla, tras examinar varios coches e intentar la extracción de dicho cable se descubre que son de similares características en cuanto a sección pero necesitamos una mayor distancia aproximadamente 2m,se decide buscar una manguera, encontramos de la distancia apropiada con 4 conductores de una sección un poco mayor a la que tenia nuestro motor, abrimos la manguera y preparamos un par de cables para su unión en paralelo, compramos 3 terminales para el amperímetro y alternador(1€euro),enfundamos en dos tramos pues hay que conectar el amperímetro en medio, comenzamos a colocar los terminales.



12.-Visita a talleres cuadrado, nos regala los terminales, los ponemos, desmontamos el cuadro de mandos, conectamos al amperímetro y al alternador y arrancamos de nuevo el motor y lo hacemos funcionar durante el tiempo suficiente para que coja temperatura, llega el momento problemático se conectan los ventiladores del radiador

13.-Se va un poco el manguito que va desde la bomba de la gasolina hasta el carburador, se compra uno y se sustituye, se compra un tensor de cables y un par de tuercas a la medida y se improvisa una nueva sujeción del cable de embrague problemático. Nuevo arranque hasta calentar todo el conjunto, se espera hasta que se recarga la batería tras el arranque de ventiladores, sellado de fuga en depósito sistema refrigeración, toma de medidas para nuevo soporte sensores 1ª y 2ª marchas.

14.-Toma de contacto con los aparatos de medida, primera vez en la vida en la que nos enfrentamos a un osciloscopio, búsqueda en Internet de posibles parecidos o similitudes con otros trabajos fin de carrera búsqueda de información acerca del sensor de presión, búsqueda del P.M.S. del pistón mas cercano al alternador y posterior marcado, arranque de motor y conexión del osciloscopio.

15.-Búsqueda Internet de proyectos similares, actualmente se utilizan sistemas de detección de posición fotoeléctrica, se pregunta en biblioteca por antiguo proyecto que uso estos aparatos, imposible encontrar información sobre aparatos, se seguirá buscando. Tareas de revisión sistemas de refrigeración, arranque para recarga de batería periódica. Se añaden 5€ de gasolina, se intenta acoplar el indicador de presión, encontramos mucha dificultad ante la imposibilidad de introducir una llave, bujía normal y bujía indicadora de distinta medida.

16.-Habrá que improvisar una llave y también que amolar para agrandar orificio de bujía, se intenta meter a mano todo lo posible pero al arrancar se observan fugas, imposibilidad pues de probar el indicador, se monta la bujía normal se conecta el osciloscopio, se arranca el motor y probamos osciloscopio solo con datos de posición(volumen) en el eje x. Hay que buscar una forma de sincronizar la onda que produce el alternador con el movimiento sinusoidal del pistón. Se intenta amolar el agujero por el que se introduce la llave de bujías con un minitaladro, trabajo de chinos demasiado material a rebajar. A pesar de que esta vez si hemos conseguido meter el indicador hasta el fondo no podemos apretarlo.

17.-Se compra un conjunto de piedras de amolar(5€)Se rebaja el orificio de la bujía lo justo para poder introducir cómodamente el sensor, va a ser imposible utilizar llave grande, posibilidad de abrir una vía en el escape. Se aprieta a mano todo lo posible y se termina con un ligero golpe con la punta del destornillador en el sentido de giro de apriete. Conectamos los aparatos y ya tenemos una señal del transductor de presión en el osciloscopio, si bien aun no sabemos que función realizan exactamente, es posible que dichos módulos sean tan solo un amplificador de señal y un acondicionador de señal para poder sincronizar con la señal proveniente del alternador. Se realiza una consulta vía email al fabricante acerca de toda la posible información, esperamos respuesta.

18.-Continua la búsqueda de información en Internet, encontramos información del sensor piezoeléctrico pero seguimos sin tener información de los aparatos, vamos a arrancar el motor y algún gracioso nos ha mangado la clavija de conexión de la regleta,



no podemos enchufar nada, se busca otra y se conecta todo, arrancamos el motor y se comprueba que el conducto de la bujía no este atascado, detectamos una señal con uno de los aparatos y en una de las entradas, se intenta averiguar si puede ser una señal de presión débil

19.-Es posible que sea ruido tiene que haber alguna interferencia pues no esta dentro del rango de frecuencias de la onda que buscamos, probamos otras entradas y no obtenemos ninguna señal distinta, posible conmutador estropeado, búsqueda de información en biblioteca

20.-Certificamos que no es la única interferencia que existe, y que obviamente no es la señal de presión ninguna de ellas,¿conexiones defectuosas?...la electrónica es lo que tiene

Probamos todo de nuevo, revisamos absolutamente todo lo que esta en nuestras manos, desesperados decidimos dejarlo para consultar a Juan Ramón

21.-Probamos todo de nuevo, revisamos absolutamente todo lo que esta en nuestras manos, desesperados decidimos dejarlo para consultar a Juan Ramón

22.-Prueba por enésima vez de distintas entradas y salidas obtenemos por primera vez la señal de presión, se estudia el modo de sincronizar la señal de presión con la del alternador, no ya el medio a utilizar sino en que momento se sincronizan las 2señales

23.-Madrugamos hoy, entre clase y clase de Juan Ramón nos hemos puesto a realizar conexiones y volvemos a tener señal, se la mostramos y nos comenta que hay que sincronizarla bien, tiene la apariencia de una onda de explosión pero parece tener demasiado bajón en el escape, probamos a variar la conexión flexible del alternador que nos da la posición del pistón pero no conseguimos que quede bien, además nos sale el ciclo invertido, bastara con cambiar la polaridad del alternador

24.-Se añade gasolina de nuevo, otros 5€ caramba como traga, arrancamos y volvemos a intentar sincronizar, no lo conseguimos pues nos queda cruzado parte del lazo, hay algo en el escape o en algún lado que impide que salga bien la señal, baja demasiado la presión en el escape,

25.-Se prueba en frío y la señal parece mas nítida, aun así seguimos sin poder sincronizar bien las dos señales, no ya porque no sepamos como hacerlo sino porque la señal de presión no debe ser la correcta ese bajón en el momento del escape nos desdibuja todo el ciclo...habrá que informarse mas aun

26.-Tarde de pruebas, comprobación de líquidos, por cierto necesitaríamos un deposito de liquido refrigerante nuevo pues tiene fugas a diario, la escuela no desembolsa nada pues es preferible rellenar de vez en cuando, cambiamos la batería por otra batería pues no es suficiente la carga para arrancar, tenemos otra menos mal que ya somos mas precavidos. Todo sigue igual



27.-Se nos avería el amplificador, ya no amplifica en ningún canal, comprobamos que hay señal pero sin amplificador imposible demasiado débil, habrá que buscar ayuda por nuestra cuenta, en fin alguien que pueda repararlo

28.-Acompañados de Álvaro. Subimos al laboratorio de electrónica a comprobar posibles fallos del amplificador, se detectan fallos en las clavijas de conexión (demasiada holgura y contacto débil o inexistente) la aguja que indica si la salida es correcta se traba, posible circuito integrado estropeado, la razón por la que se acude al laboratorio es para poder trabajar durante un tiempo apropiado con un generador de funciones, trataremos de conseguir que amplifique una señal que tenga mas o menos las mismas características

29.-Se añaden 5€ de gasolina y se realiza la conexión del amplificador pero fuera del cuadro de mandos para anular interferencias posibles de vibraciones y Perfecto, se sincroniza adecuadamente la señal y ya esta, por fin, esa es la señal.

### **3.1.3.-INCIDENCIAS RESEÑABLES**

1.-Ausencia de líquidos y obstrucciones en el tubo de escape. Circuito de refrigeración sucio: presencia de costras, óxidos y grumos. Gasolina sobrante en mal estado. Positivo de batería abrasado. Sensor-indicador de 2ª y 4ª marchas roto.

2.-Batería en mal estado, tras varias horas recargando imposible recargar..

3.-Tras nueve horas la batería seguía sin coger carga alguna

4.-Insuficiente carga en batería para arrancar, niveles del circuito de refrigeración bajos

5.-Goteo sensible de gasolina desde el carburador, posibles causas: atascamiento de la boya o el sistema de cierre. Tras comprobar que al desabastecer el carburador de combustible conseguíamos arrancar el motor una vez que el nivel de gasolina en el carburador tomaba un valor aceptable, se toma la decisión de desmontar el carburador, se necesita un plano de despiece.

6.-Tornillos de sujeción al tubo de admisión bloqueados

7.-No tenemos herramienta apropiada, 2 destornilladores estropeados por ser demasiado pequeños-débiles, seguimos teniendo problemas

8.-Arranca y por fin permanece estable, sin ratoneos, ni parones. Tras un rato arrancado empezamos a ver una pequeña cortina de humo procedente del alternador, posible causa: positivo del alternador a batería cortocircuitado, inmediatamente apagamos el motor.

9.-Hay muchos cables pegados, algunos están cortocircuitados, el cable que va desde el alternador a la batería se encuentra abrasado en todo su recorrido

10.-Decidimos buscar un cable nuevo y aislarlo enfundado aparte del resto del cableado



11.-Terminales estrechos pero por motivos de espacio han de ser así decidimos poner uno por cable así que necesitaremos comprar otros 3 terminales

12.-Al conectarse los dos ventiladores del radiador la corriente que circulaba por ese cable pasaba de 6.5 amperios a unos 26.5---30 amperios, posiblemente en el pasado no se considero que el radiador permanecería aislado de todo tipo de corriente de aire que lo refrigerara y no se pensó que esos ventiladores iban a estar mas tiempo encendidos de lo normal y al exigírsele a una batería pequeña una carga tan grande se hacia trabajar demasiado al alternador y al cable que abastecía tanto a la batería como a los ventiladores. Probamos a usar el motor utilizando varias marchas y hacerle trabajar a distintos regimenes y nos fallo el sistema de sujección del cable de embrague, este ya había sido visto como una fuente de problemas, se estudiara una posible solución

13.-Solucionadas fugas de gasolina, solucionado problema embrague, se observa un buen tacto, aun es posible una fuga parcial del sistema de refrigeración, se mantendrá en observación especialmente su deposito

14.-Vamos comprendiendo el funcionamiento del osciloscopio, hay que conseguir que la onda que aparece en el osciloscopio represente el desplazamiento del pistón, mas tarde introduciremos además la medición del sensor de presión para la obtención del ciclo completo, seria interesante obtener las relaciones existentes entre la presión en el interior del cilindro y la intensidad creada en el sensor, creemos que es un material piezoeléctrico, se buscara información. El indicador de tiempo del motor sobrepasa ya las 7 horas. Posiblemente haya que comprar más gasolina.

16.-Habrá que comprar una piedra de amolar apropiada a ese diámetro y utilizar un taladro de mayor potencia para no eternizarse y construirse una llave.

17.-Quien utilizo anteriormente estos aparatos también se encontró con estas dificultades, no hay más que observar las muescas que tiene la superficie de la tuerca de la bujía, síntoma de haber sido golpeada.

25.-Muy bueno el libro de Jovaj, unas cuantas horas se le han echado ya.

27.-El periodo vacacional el amplificador se lo llevo Álvaro...para echarle un vistazo de ahí el parón.

28.-Se cambia el circuito integrado, conseguimos que amplifique pero parece insuficiente, le dejamos el amplificador a Álvaro para que vuelva a echarle un vistazo en casa con tranquilidad y con ayuda de soporte informático

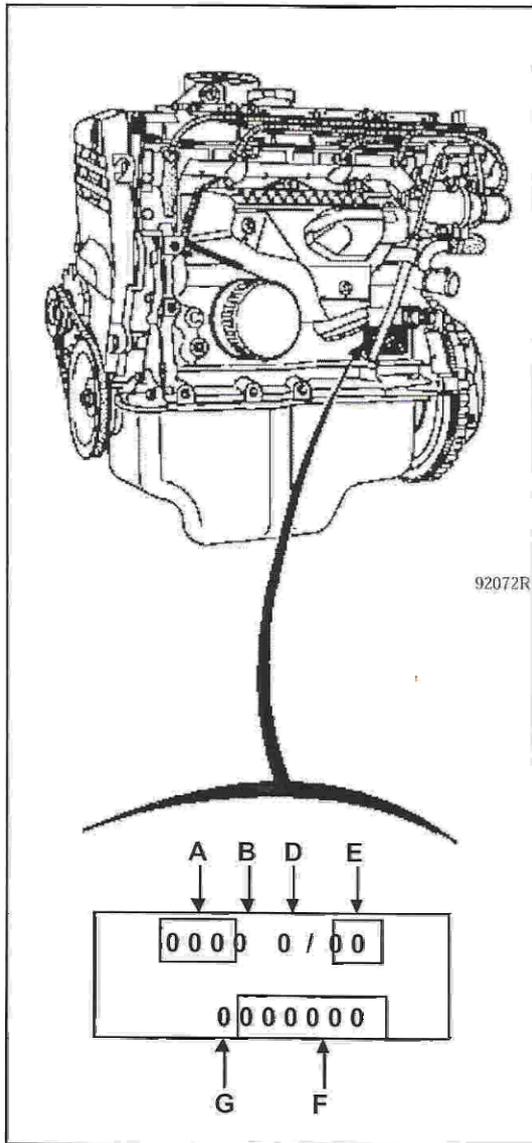
29.-Ya solo queda fotografiar ciclo para que quede constancia y realizar memoria.



## **3.2.-INFORMACIÓN Y DATOS TÉCNICOS**

### **3.2.1.-DATOS DE IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR**

La identificación se hace mediante una placa remachada en el bloque motor.



Contiene :

- En A : el tipo del motor.
- En B : la letra de homologación del motor.
- En D : la identidad de RENAULT.
- En E : el índice del motor.
- En F : el número de fabricación del motor.
- En G : la fábrica de montaje del motor.

LECTURA DE CHAPA DE IDENTIFICACIÓN DEL MOTOR EN ESTUDIO:

**E6J A 7/00**  
**000704**



## Motores Renault

- Incluye información completa de todos los modelos de motores Renault utilizados en los últimos 15-20 años.
- Descripción detallada de los tipos de motores.
- Información técnica como por ej. potencia y torque.
- Modelos de Renault en los que fueron usados

Nomenclatura				
Primera letra (Tipo de motor)	Segunda letra (Tipo de Tapa de Cilindros)	Tercera letra (Capacidad - Cilindrada)		
B	Block de fundición, árbol de levas lateral, cadena de distribución, tres bancadas	1	Carburador simple	A 0 - 800 B 801 - 900
C	<i>Motor Cleon</i> Block de fundición, árbol de levas lateral, cadena de distribución, cinco bancadas	2	Válvulas en fila Carburador o Inyección Monopunto	C 901 - 975 D 976 - 1050 E 1051 - 1125
D	Block de fundición, árbol de levas a la cabeza, correa dentada de distribución	3	Válvulas en fila Inyección mono o multipunto	F 1126 - 1200 G 1201 - 1275 H 1276 - 1350
E	<i>Motor Energy</i> Block de fundición, árbol de levas a la cabeza, correa dentada de distribución	4	16 válvulas Inyección multipunto	J 1351 - 1425 K 1 426 - 1500 L 1501 - 1575
F	Block de fundición, árbol de levas a la cabeza, correa dentada de distribución	5	Inyección directa de combustible IDE	M 1576 - 1650 N 1651 - 1750
J	Block de aluminio, árbol de levas a la cabeza, correa dentada de distribución	6	Carburador de doble boca	P 1 751 - 1850 Q 1851 - 1950
K	Block de aluminio, árbol de levas a la cabeza, correa dentada de distribución	7	Cámaras de combustión hemisféricas Inyección mono o multipunto	R 1951 - 2050 T 2051 - 2300
N	Motores Volvo 2.0 16V y 2.5 20V	8	Motor Diesel	U 2301 - 2500 V 2501 - 2700 W 2701 - 2900 X 2901 - 3000

Los motores están identificados por una pequeña placa metálica fijada en algún lugar del compartimiento del motor.

Motores Renault desde los 80 hasta la actualidad						
Código de Motor	capacidad [cm <sup>3</sup> ]	Válvulas	Tipo de Inyección	Potencia [Hp]	Torque [Nm]	Usado en
B1A	782	8V	carb	34	52	R4, R5
B1B	845	8V	carb	36	56	R4, R5
C1C	956	8V	carb	44	63	R4, R5
D7D	999	8V	MPI	55	85	Twingo, Clio B
D4D	999	16V	MPI	60	96	Twingo
C1E	1108	8V	carb	48	79	R5
E7F	1171	8V	SPI	55	83	Clio RC / RL / RN / Alizé
D7F	1149	8V	MPI	60	93	Twingo, Clio RC / RL / RN / Alizé
D4F	1149	16V	MPI	75	105	Twingo, Clio 2
C1G	1239	8V	carb	42	82	R5, Rapid, R19
C2G	1239	8V	carb	64	94	R5 TS
C3G	1239	8V	SPI	55	90	Twingo
C1J	1397	8V	carb	60	100	R5, R19
C1J-788	1397	8V	carb	115	165	R5, R9, R11 (Turbo)
C2J	1397	8V	carb	72	104	R5, R19
C3J	1390	8V	SPI	58	101	R5, R19



Puesta a punto de un motor térmico alternativo de encendido provocado y visualización del ciclo indicado en el interior del cilindro



E6J	1390	8V	carb	80		Clio, R19
E7J	1390	8V	SPI	75	107	Clio RL / RN / Baccara / S / Alizé, R19, Megane 1+ 2
K4J	1390	16V	MPI	98	127	Megane 2
C3L	1565	8V	SPI	75	131	Clio RL / RN / RT (Argentina)
A5L-727	1565	8V	carb	125	181	R18 Turbo, Fuego Turbo
K7M	1598	8V	MPI	75	130	Megane
K7M	1598	8V	MPI	90	137	Megane, Clio 2
K4M	1598	16V	MPI	107	148	Clio 2, Megane 2, Laguna 2
A2M	1647	8V	carb	73	123	R18 GTL, Fuego, R20
A6M	1647	8V	carb	96	125	R18 GTS, Fuego, R20
F2N	1721	8V	carb	87	132	R19
F3N-L740	1721	8V	SPI	73	127	R19, R21
F3N-L741	1721	8V	MPI	90	140	R19, R21
F7P	1764	16V	MPI	135	158	Clio 16V, R19
F3P	1794	8V	SPI	90	142	Clio S / RT / Baccara, R19, Laguna
F3P	1794	8V	MPI	110	160	Clio RSi, R19
F4P	1783	16V	MPI	120	165	Laguna 2
N7Q	1948	16V	MPI	140	182	Laguna, Safrane (Motor Volvo)
J5R	1998	8V	carb	80		Master
J6R	1995	8V	carb	109	123	R21, R25, Fuego
J7R-750	1995	8V	MPI	115	167	R21, R25
J7R-752	1995	8V	MPI	174	275	R21 Turbo
J7R-720	1995	12V	MPI	134	174	R21
F3R	1998	8V	MPI	115	168	Laguna, Megane, Espace
F6R	1998	8V	carb	110	163	R21, R25
F4R	1998	16V	MPI	139	188	Scenic, Espace
F5R	1998	16V	IDE	147	195	Megane 2
F7R	1998	16V	MPI	150	186	Clio Williams, Spider, Megane
F4R-370	1998	16V	MPI	174	200	Clio 2 Sport 2.0
J7T	2165	8V	MPI	107	170	R21, R25, Safrane, Espace
J7T-720	2165	12V	MPI	137	182	Safrane

Nota: Los motores Turbo no tienen un código específico.



Motor	Indice	Vehículo	Relación volumétrica	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Cilindrada (cm <sup>3</sup> )
E5F	710	B/C/S 572	9,25/1	75,8	64,9	1171
	716	B 57N				
E7F	700	B/C/S 57A 3/5 57F/L	9,25/1			
	704	B/C/S 57A	9,25/1			
	706	B/C/S 57R	8,8/1			
	708	B/C/S 57A 3/5 57G/R	9,5/1			
	730	B/C/L 53W	9,25/1			
	750	B/C 57S 3/5 57J	9,5/1			
E6J	700	B/C/L/S537	9,5/1			
	701	B/C/L 537	9,5/1			
	706	B/L 536	9,5/1			
	712	B/C 57B	9,5/1			
	713	B/C 573	9,5/1			
	718	B 57P	8,8/1			
	734	F 40A	9,5/1			
	738	F 40Y	8,8/1			
760	5 57B	9,5/1				
E7J	601	B/C 57B	9,5/1	75,8	77	1390
	624	B A0T				
	700	B/C/L 53A				
	706	B/C/L 53A				
	710	B/C 57B				
	711	B/C 57B				
	716	B/C 57B				
	718	B/C 57T				
	719	B/C 57T				
	720	F 40V				
	724	F 40U				
	726	F 40U				
	728	F 40D				
	742	B/C/L 535				
	745	B/C/L 53A				
	754	B/C 57Y				
	756	B/C 57J				
	757	B/C 57J				
764	B/J/L A0E					
770	F 40S					
771	F 40S					
773	F 40U					

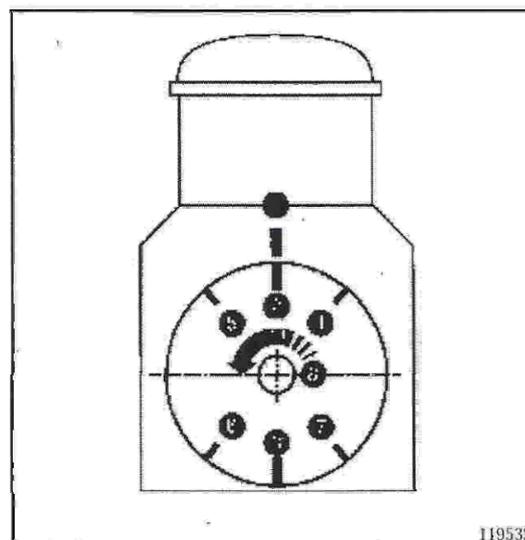


Diagrama de distribución : (no verificable)

	E5F 710 - 716 E7F 700 - 704 - 706 - 730 E7J 624 - 718 - 719 - 720	E6J 700 - 701 - 706 - 712 - 713 - 718 - 734 738 - 760 E7J 601 - 700 - 706 - 710 - 711 - 716 - 724 726 - 728 - 742 - 745 754 - 756 - 757 - 764 770 - 771 - 773	E7F 708 - 750
Retraso Apertura Admisión (RAA) *	- 2	- 6	- 4
Retraso Cierre Admisión (RCA)	39	43	30
Avance Apertura Escape (AAE)	48	44	40
Avance Cierre Escape (ACE) **	- 7	- 3	- 6

\* Al ser negativo el Retraso Apertura Admisión, la apertura de la válvula se encuentra después del PMS.

\*\* Al ser negativo el Avance Cierre Escape, el cierre de la válvula se encuentra por delante del PMS.



- 1 - Marca fija PMS en bloque motor
- 2 - Marca móvil volante motor PMS
- 3 - Marca móvil volante motor PMI
- 4 - Retraso Apertura Admisión (RAA)
- 5 - Avance Cierre Escape (ACE)
- 6 - Retraso Cierre Admisión (RCA)
- 7 - Avance Apertura Escape (AAE)
- 8 - Sentido de rotación del motor (lado volante motor)



Con estos datos se obtiene el siguiente diagrama de distribución:

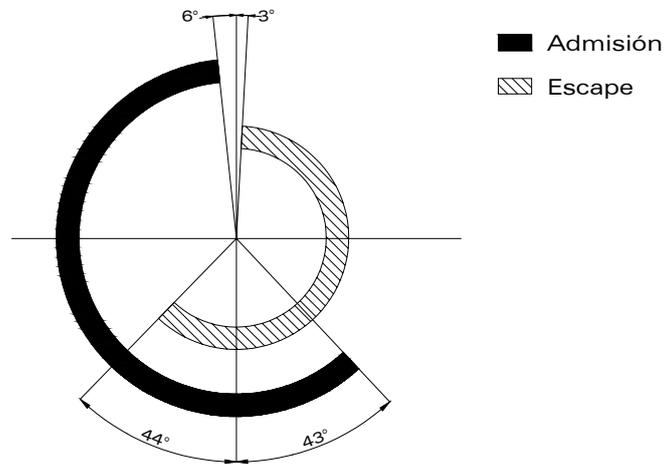


Diagrama de distribución del motor E6J 700

Quedando las fases definidas de la siguiente manera:

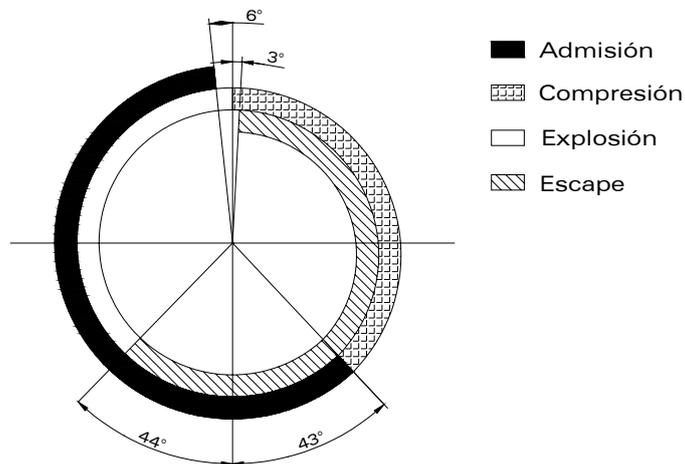
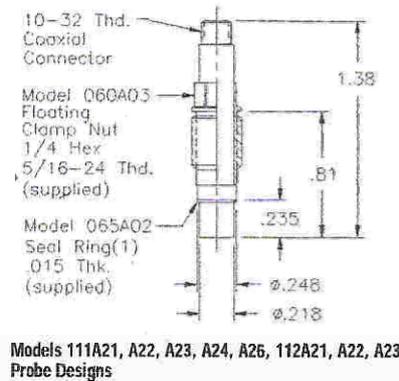


Diagrama de fases del motor E6J 700



### **3.2.2.-DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE PRESIÓN**

Para conseguir la señal de presión se utilizó un sensor piezoeléctrico de la marca PCB PIEZOTRONICS, INC., exactamente el modelo 111A24, cuyas características se detallan a continuación:



#### **Model 111A24**

General purpose IROT® pressure probe, 1000 psi, 3 mV/psi, 0,218” dia. diaphragm, accel. Comp.

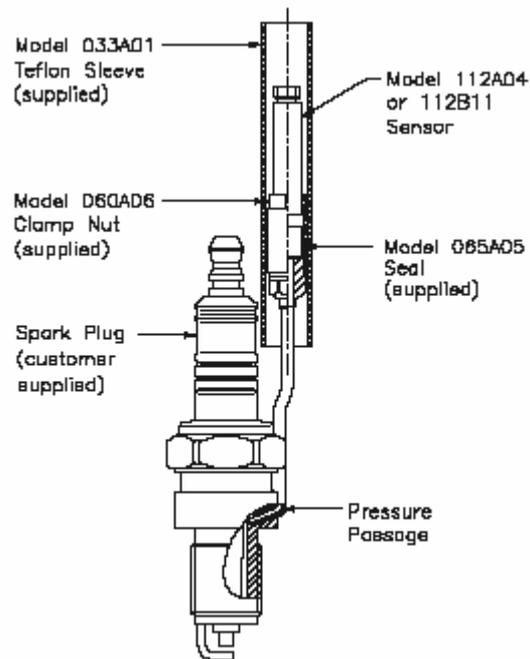
- Measurement Range: (for ± 3V output) 1000 psi (6895 kPa)
- Sensitivity: (± 0.5mV/psi) 3.0 mV/psi (0.435 mV/kPa)
- Low Frequency Response: (-5%) 0.005 Hz
- Resonant Frequency: >=400 kHz
- Electrical Connector: 10-32 Coaxial Jack
- Weight: 0.21 oz (6gm)



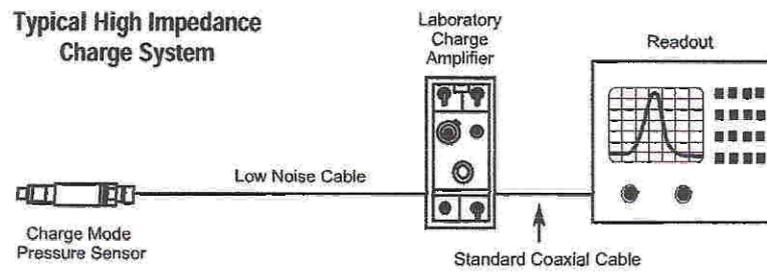
### **3.3.-DETALLES DE APARATOS Y CONEXIONES**



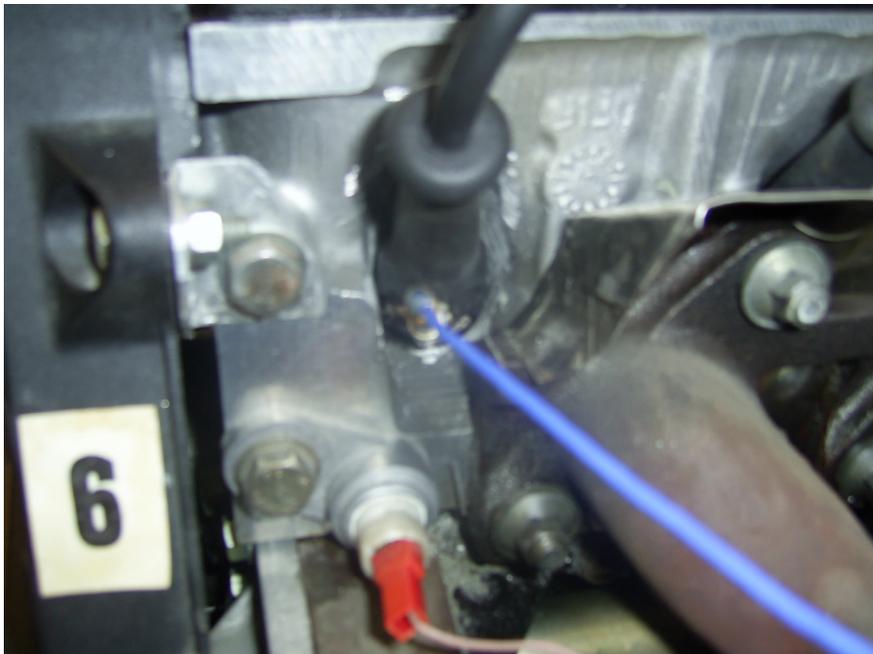
Motor y equipo de medición



Bujía-sensor



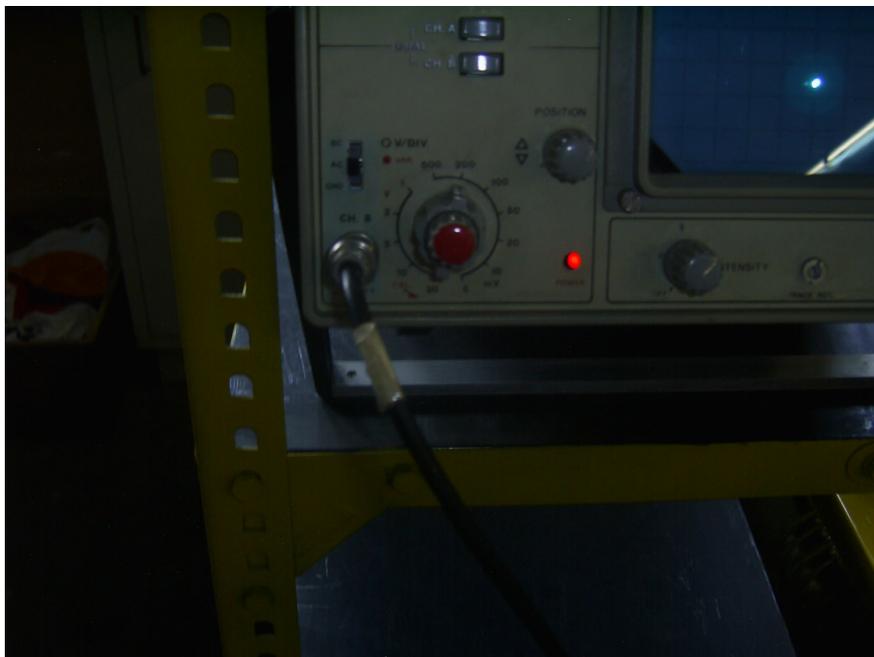
Conexión aparatos señal de presión



Sensor piezoeléctrico en la bujía



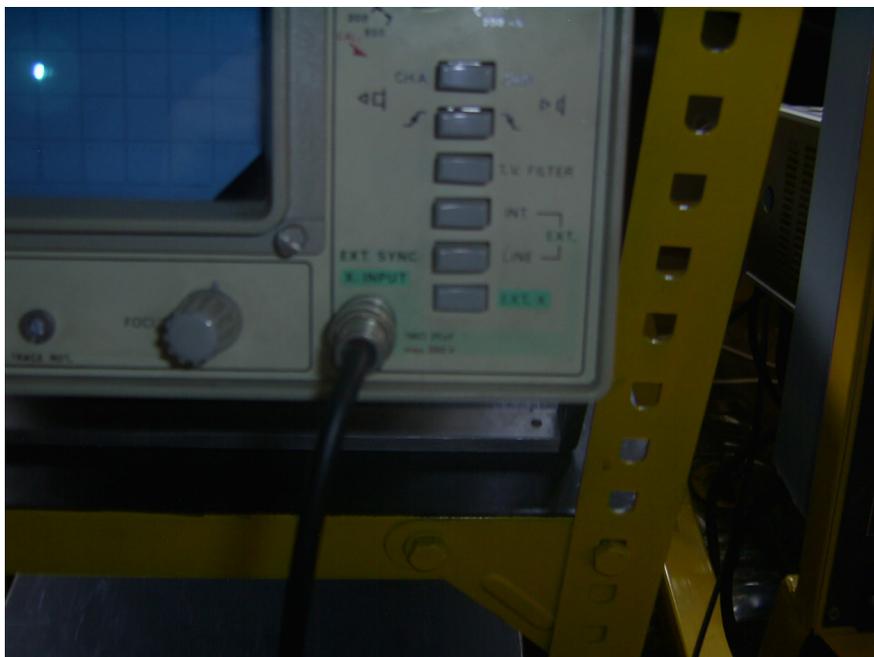
Detalle conexiones amplificador



Conexión entrada placas verticales



Alternador acoplado al cigüeñal



Conexión entrada placas horizontales



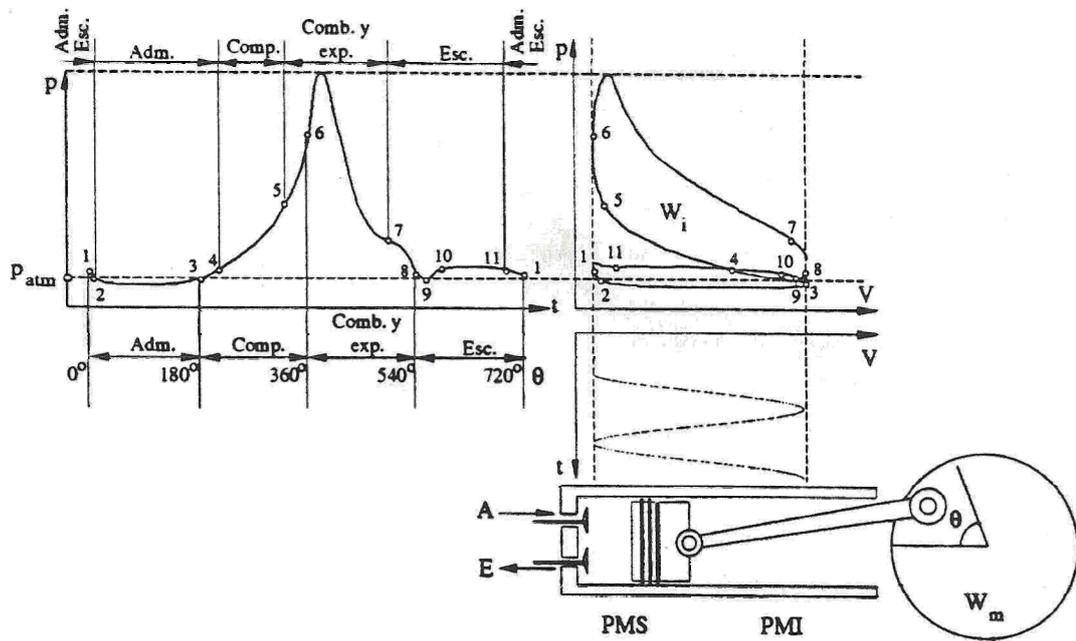
### 3.4.-PREVISUALIZACIÓN DE SEÑALES

Lo que se pretende es obtener la composición de un ciclo utilizando dos señales:

La primera de ellas es la de presión. Dicha señal es la amplificación de la señal emitida por el sensor piezoeléctrico.

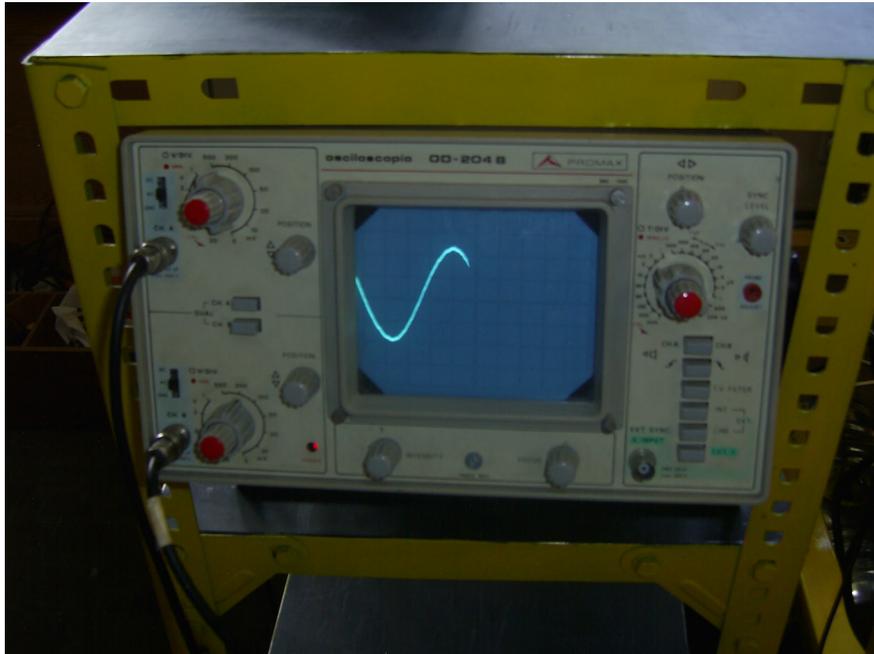
La segunda es la que ha de darnos la posición del pistón en cada momento. Para generar dicha señal se utiliza un alternador, que mientras este acoplado al cigüeñal, produce una onda que tiene la misma frecuencia que el giro del motor.

La composición de dichas señales se realiza mediante un osciloscopio, asignando cada señal a un eje distinto, de la manera que se detalla en la siguiente figura:

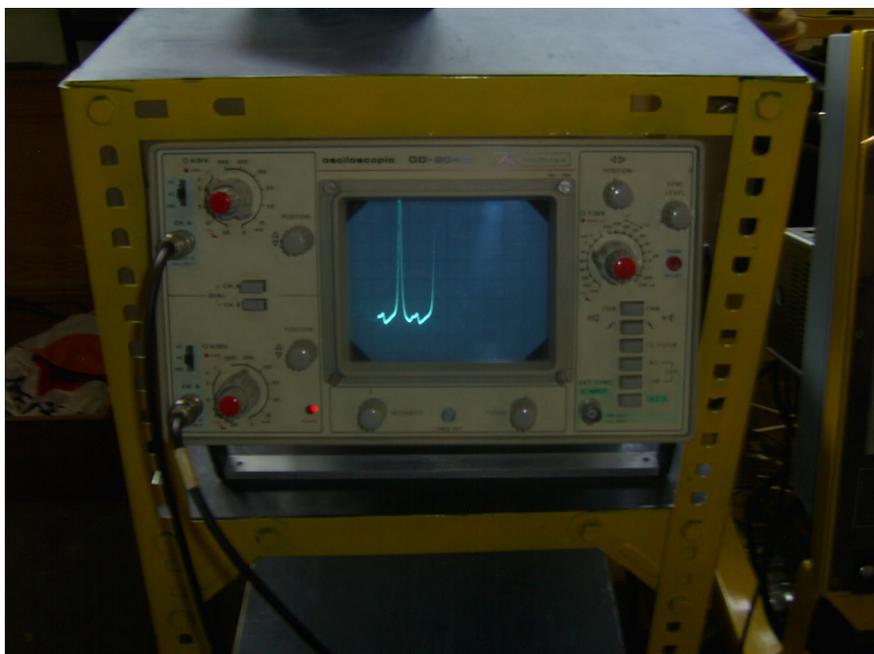




Una vez conectados todos los aparatos y visualizando cada señal en un canal del osciloscopio se obtienen la siguientes imágenes:



Señal del alternador



Señal de presión



Si se conecta la señal de posición para su visualización en el eje x se obtiene la siguiente composición:



Como se puede observar ambas señales no están sincronizadas.

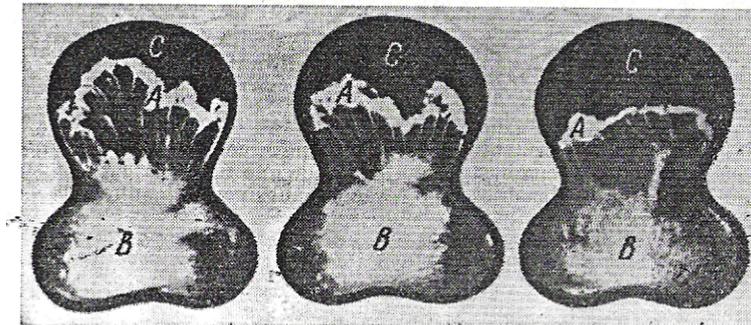


### **3.5.-SINCRONIZACIÓN DE LAS SEÑALES**

Para la comprensión del método utilizado en la sincronización de las dos señales (posición y presión) antes es necesario explicar el proceso de combustión en un motor de 4 tiempos de combustión interna (encendido por chispa)

#### **3.5.1.-COMBUSTIÓN EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA**

Siendo normal el proceso de funcionamiento de los motores de encendido por chispa, la mezcla de combustible evaporado, aire y gases residuales lo suficiente homogénea se enciende por la chispa eléctrica y se quema en el proceso de propagación a lo largo de toda la carga del frente de la llama turbulenta. Este proceso se puede dividir en tres fases: la I -llamada inicial, durante la cual un pequeño foco de combustión que surge en la zona de altas temperaturas entre los electrodos de la bujía (en la vena de la chispa la temperatura sobrepasa los 10 000 °C) progresivamente se transforma en un amplio frente de la llama turbulenta; la II -o fase principal- en la que ocurre la rápida propagación de la llama turbulenta a través de la mayor parte de la cámara de combustión, siendo prácticamente constante el volumen de esta última, puesto que el émbolo se encuentra cerca del P.M. S; la III -fase de combustión residual de la mezcla detrás del frente de la llama, en las capas cercanas a las paredes y en los huecos entre la culata y la cara del pistón, esta fase abarca parte de la carrera de expansión.

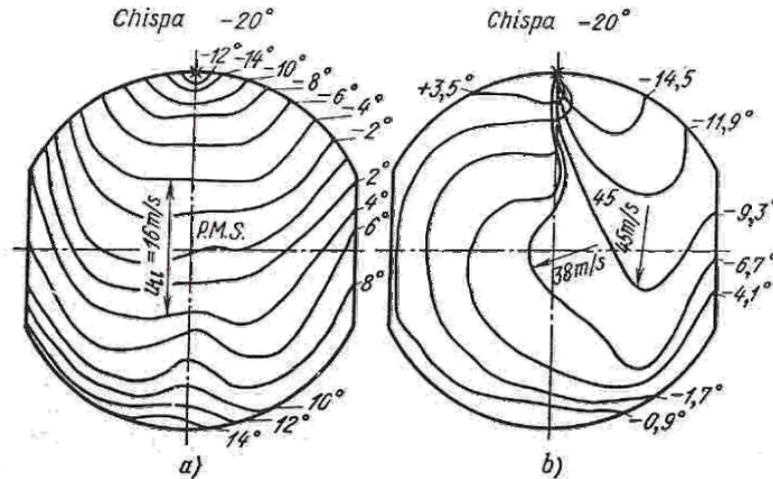


Carácter de la llama turbulenta en la cámara de combustión con válvulas laterales en un motor de carburador.

A-frente de llama; B-zona encendida; C-mezcla no quemada

Para tener una clara idea sobre el carácter de la propagación de la llama se muestran algunas fotografías tomadas durante una filmación a alta velocidad a través de una mirilla transparente (de cuarzo) (fig. superior) instalada en la culata.

En la fig. siguiente se ilustran los esquemas de propagación de la llama en un motor a gasolina al variar el carácter del movimiento turbulento de la mezcla de trabajo en la cámara de combustión. Conociendo los intervalos de tiempo entre las posiciones consecutivas del frente de la llama puede determinarse la velocidad de su propagación en cualquier sector. Al principio, mientras el foco de combustión es pequeño, la velocidad de la llama es relativamente baja, ya que sobre ella influyen solamente pulsaciones turbulentas de pequeñas dimensiones. En este período la velocidad de combustión preponderantemente se determina por las propiedades físico-químicas de la mezcla carburante.



Esquemas de las posiciones instantáneas consecutivas del frente de llama en la cámara de combustión de un motor que funciona con combustible ligero, a iguales intervalos de tiempo caracterizados por el ángulo  $\varphi$  de rotación del cigüeñal desde el P.M.S. ( $n = 600$  rpm;  $\alpha = 1$ ):

a - sin movimiento de torbellino orientado de la carga en el cilindro; b- con movimiento de torbellino orientado de la carga en el cilindro

A medida que crecen las dimensiones del foco inicial de la llama, con mayor grado se reflejará la acción positiva de las pulsaciones turbulentas mayores sobre la velocidad de combustión. En la fase principal la velocidad de propagación de la llama es aproximadamente proporcional a la intensidad que, a su vez, crece proporcionalmente con la frecuencia de rotación del cigüeñal. En consecuencia, la duración de la fase principal de la combustión, expresada en grados de rotación del cigüeñal, a igualdad de las demás condiciones, casi no depende del régimen de velocidad del motor.

En la fig. anterior se indican los valores medios de las velocidades visibles de propagación de la llama  $u_t$  en algunos sectores. Si la frecuencia de rotación es más elevada, estas velocidades considerablemente se incrementan y en los motores rápidos modernos a gasolina ellas alcanzan en la parte central de la cámara de combustión de 60 a 80 m/s.

Al acercarse el frente de llama a las paredes la velocidad de su propagación disminuye, lo que se explica por la menor intensidad de la turbulencia en las capas cercanas a dichas paredes. Cuando la llama alcanza las paredes en la mayor parte de la cámara, la velocidad de combustión decrece también como consecuencia de la disminución de la superficie del frente de la llama, pero la combustión, sin embargo, aquí no termina. Durante un tiempo aún suficientemente prolongado continúan los procesos de combustión residual en las capas cercanas a las paredes y detrás del frente de la llama turbulenta. La velocidad de la combustión residual, de la misma manera que el proceso en su fase inicial, en mayor medida depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla de trabajo que la velocidad en la fase principal.

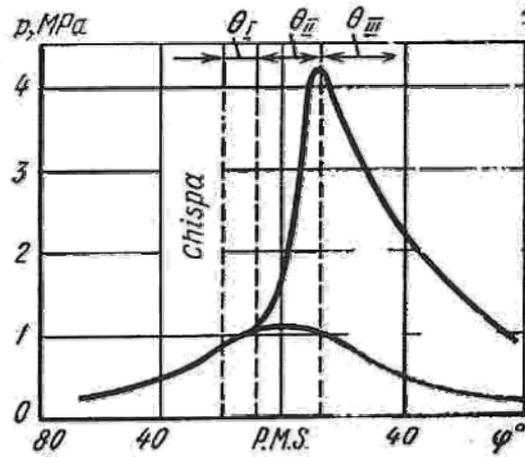


Diagrama indicado de un motor de carburador que corresponde al esquema de propagación de la llama (fig. anterior a)

Trazar límites bien definidos entre las diferentes fases del proceso de combustión en los motores no es posible, ya que el carácter y las velocidades de combustión varían gradualmente. Como instante de culminación de la primera fase de combustión y el comienzo de la fase principal en los motores de encendido por chispa, generalmente se adopta el «punto de separación» de la línea de combustión respecto a la línea de compresión en el diagrama indicado, es decir, el instante en que comienza el brusco incremento de la presión como resultado de la combustión. La fase inicial dura desde el instante en que salta la chispa entre los electrodos de la bujía hasta el «punto de separación». Por analogía con los motores Diesel a veces este lapso convencionalmente se denomina período de retraso de la inflamación, o período de inducción, lo que en principio no es cierto. Siendo el encendido por chispa, el retraso de la inflamación prácticamente no existe, cerca de los electrodos de la bujía inmediatamente surge el foco de combustión, pero hay un período, durante el cual el frente de la llama desde este foco se propaga en forma relativamente lenta y la fracción de mezcla quemada es todavía tan pequeña que el incremento de la presión en el diagrama indicado no se registra.

El límite de separación entre las fases principal y final de la combustión en los motores que funcionan con combustible ligero, convencionalmente, por lo general, se adopta el instante en que se alcanza la presión máxima en el diagrama indicado.

La efectividad del proceso de trabajo en el cilindro del motor se determina tanto por la plenitud total de la combustión, como por su velocidad, es decir, depende de la oportunidad con que se realiza el desprendimiento del calor, para asegurar una relación de expansión de los productos de combustión cercana a la relación de compresión geométrica.

***El trabajo máximo del ciclo, y por lo tanto las máximas potencia y economía del motor que funciona con combustible ligero, a igualdad de las demás condiciones, se logra organizando el proceso de combustión de tal manera que los puntos del comienzo y final de la fase principal estén aproximada y simétricamente dispuestos con respecto al P.M.S.***



Esto se puede obtener instalando en el lugar correspondiente el instante de la ignición. El ángulo, en grados de rotación del cigüeñal, desde el instante en que salta la chispa en la bujía hasta el P.M.S. se denomina *ángulo de avance al encendido*  $\phi_e$ .

El ángulo de avance al encendido debe ser tanto mayor, cuanto mayor sea la duración de la fase inicial de la combustión  $\theta_I$ , así como también cuanto más lentamente se desarrolle la combustión en la fase principal.

En los motores rápidos modernos de combustible ligero con relaciones de compresión  $\varepsilon = 8 \dots 9$ , la potencia máxima generalmente corresponde al instante cuando la máxima presión se alcanza a los  $12-15^\circ$  después del P.M.S.; además, la duración de la fase principal de la combustión es  $\theta_{II} = 25 \dots 30^\circ$ .

### **3.5.2.-MÉTODO DE SINCRONIZACIÓN**

***Así pues una buena sincronización se logra colocando el punto que representa el P.M.S. de la señal de posición de tal manera que los puntos del comienzo y final de la fase principal estén aproximada y simétricamente dispuestos con respecto al P.M.S***

Esto se logra variando la posición relativa de las espiras del alternador con respecto a la posición del cigüeñal provocando la variación del desfase entre las señales de presión y posición cuando las visualizamos en la pantalla del osciloscopio. Esto se consigue mediante un acople que permite el giro relativo entre el alternador y el cigüeñal(ver imagen siguiente)

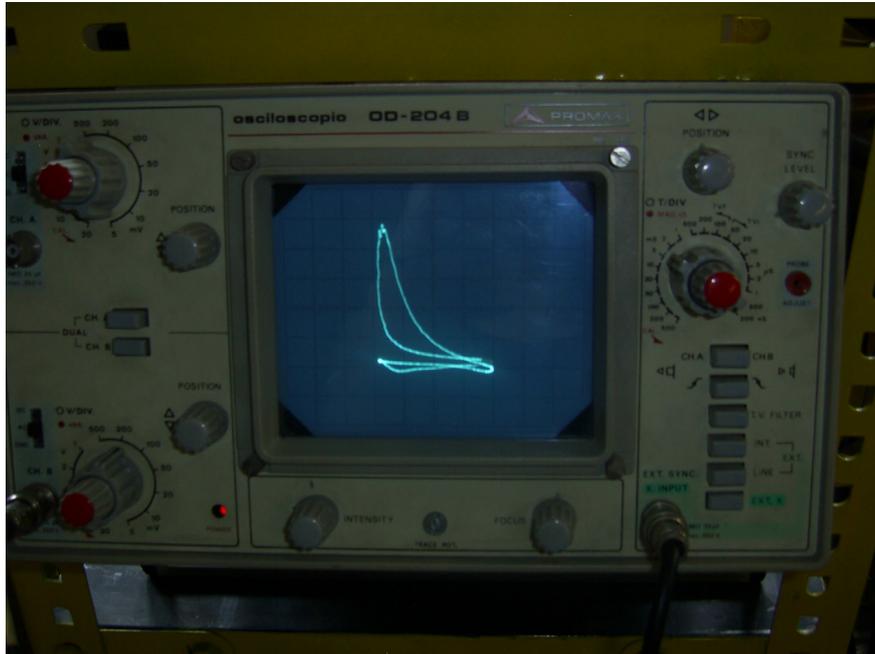


## **4.-VISUALIZACIÓN DEL** **CICLO**



## 4.1.-VISUALIZACIÓN

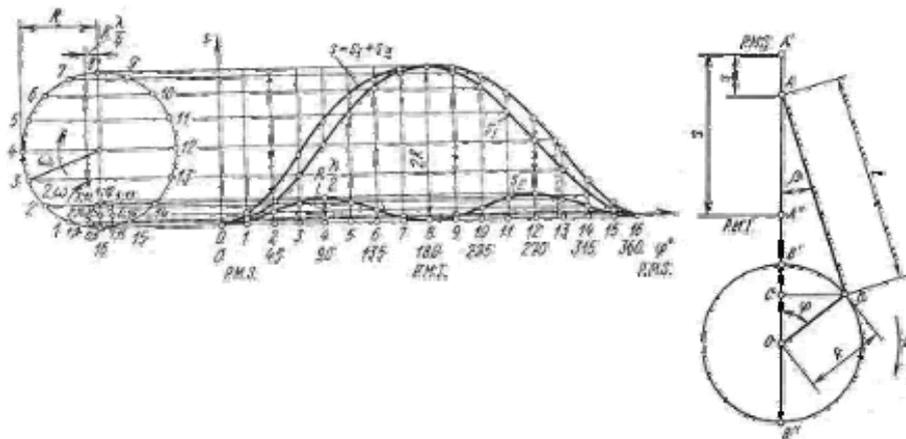
Tras la sincronización de las señales se obtienen la siguiente imagen:



## 4.2.-VALORACIÓN DEL CICLO VISUALIZADO

La valoración no puede ser cuantitativa puesto que no se pueden hacer mediciones directas sobre el, debido a:

- La inestabilidad de la imagen sobre la pantalla del osciloscopio.
- La variación de tensión en la señal procedente del alternador en función de la frecuencia de giro (imposibilidad de fijar una referencia para el volumen).
- El movimiento del pistón no es exactamente una función senoidal que dependa solo de una frecuencia de giro, sino la composición del movimiento del mecanismo biela-manivela, el cual depende de dos frecuencias de rotación:



Posición del pistón en función del ángulo



Sin embargo cualitativamente la visualización es perfectamente válida como herramienta para la comprensión de los procesos termodinámicos que se producen en el cilindro, siempre que se mantenga el motor a un régimen de giro tal que permita la visualización completa del ciclo dentro de la pantalla del osciloscopio.

Para poder hacer una valoración cuantitativa habría que corregir los tres puntos anteriores. A continuación se desarrolla un método que hace posible la toma de mediciones.

**5.-MÉTODO DE**  
**OBTENCION DE**  
**DIAGRAMAS P-V**



## **5.1.-INTRODUCCIÓN**

La utilización de sensores piezoeléctricos permite registrar grandes variaciones de presión en cortos intervalos de tiempo, pero para ello es necesario “congelar” un intervalo determinado a modo de instantánea.

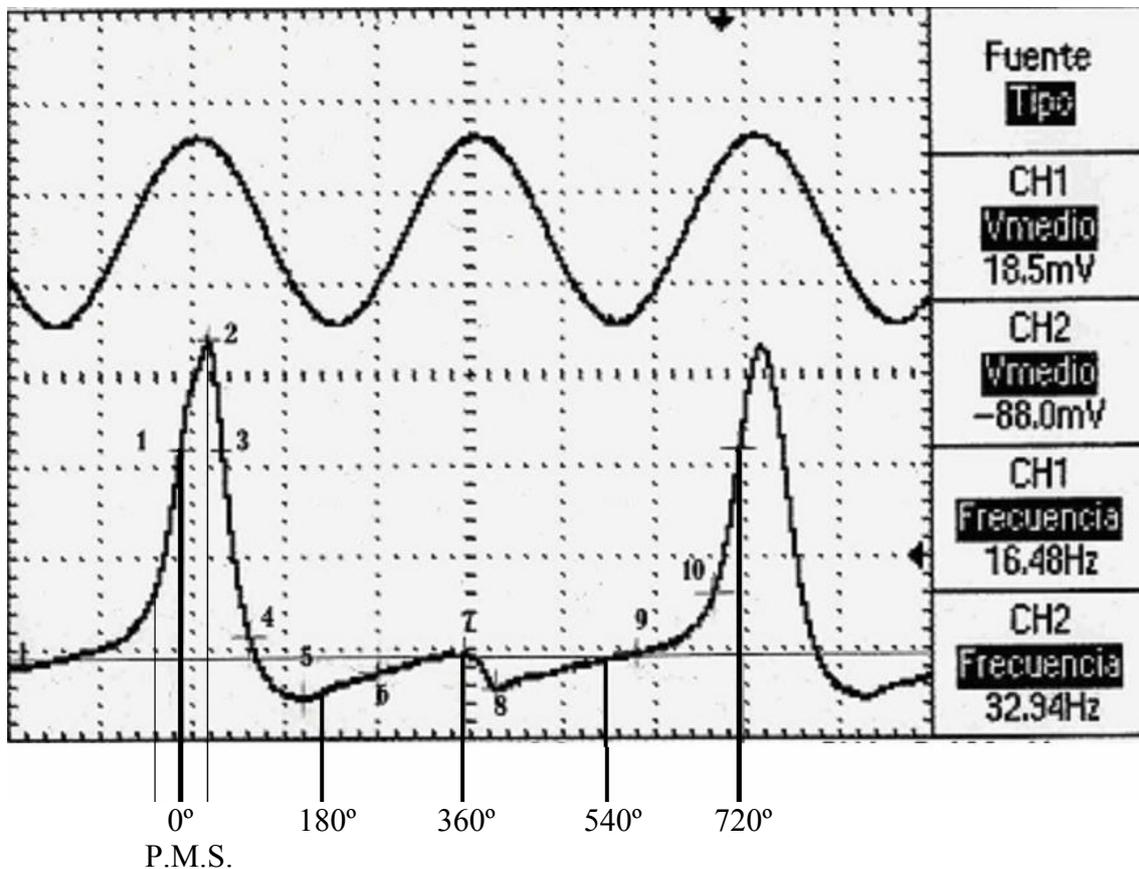
Los actuales osciloscopios digitales no sólo ofrecen esa posibilidad sino que además permiten imprimir dichas instantáneas. Estas impresiones posibilitan la toma de datos para la creación de una función que represente valores de la presión en función del ángulo de giro del cigüeñal.

Consiguiendo lo mismo con el volumen, es decir, creando otra función que represente el volumen en función del ángulo se puede llegar a realizar un diagrama P-V sin más que representar los valores de la presión en el eje Y y los del volumen en el eje X.

## **5.2.-METODOLOGÍA**

### **5.2.1.-OBTENCIÓN DE VALORES DE PRESIÓN**

Sobre una de las impresiones antes mencionadas se pueden tomar puntos siempre y cuando se conozcan los puntos inicial y final del ciclo, situando el P.M.S. tal y como se explicó en 3.5.1.





Conociendo la escala de tensiones del canal en el que se visualiza la señal procedente del piezoeléctrico y su correspondencia en presiones se puede obtener la presión de cada punto. Para los puntos anteriores:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	1,172	1,606	1,172	0,121	-0,23	-0,09	0,021	-0,16	0,028	0,322
$\theta$	0	24	48	83	156	252	360	408	583	684

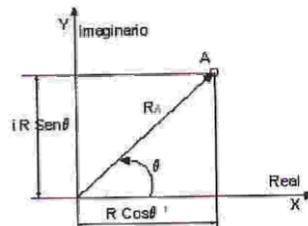
Presiones en Mpa

### 5.2.2.-OBTENCIÓN DE VALORES DE VOLUMEN

Para obtener el volumen es necesario antes conocer la posición del pistón en función del ángulo.

#### 5.2.2.1.-CARACTERIZACIÓN DE LA POSICIÓN EN EL PLANO MEDIANTE NUMEROS COMPLEJOS

Los vectores pueden representarse mediante números complejos de la siguiente forma:



Posición en el plano mediante números complejos

A la componente  $X = R_A \cos \theta$  se denomina parte real, y a la componente en  $Y = iR_A \sin \theta$ , parte imaginaria.

Una ventaja de utilizar esta notación de números complejos es la de poder utilizar la identidad de Euler.

$$e^{\pm j\theta} = \cos \theta \pm i \sin \theta$$

De esta forma cualquier vector referido a dos dimensiones se puede representar mediante:

$$R_A = X + Yi = R_A \cdot \cos \theta + iR_A \sin \theta = R_A (\cos \theta + i \sin \theta)$$



### 5.2.2.2.-ECUACIÓN DE CIERRE DEL MECANISMO

La ecuación de cierre es una expresión matemática (álgebra vectorial) muy importante porque es la base del estudio cinemática de un mecanismo (posición, velocidad y aceleración). Expresa el hecho de que el mecanismo forma un circuito cerrado y por tanto el polígono constituido por los vectores de diferencia de posición que pasan por las articulaciones y los eslabones sucesivos, debe mantenerse cerrado cuando el mecanismo se mueve. Las longitudes constantes de estos vectores aseguran que los centros de articulación permanezcan separados a distancias constantes, que es el requisito de los eslabones rígidos.

Las rotaciones relativas entre vectores sucesivos indican los movimientos dentro de las articulaciones de pasador, en tanto que la rotación de cada vector de diferencia de posición individual manifiesta el movimiento de rotación de un eslabón en particular. Por tanto, la forma de la ecuación de cierre del circuito depende del tipo de eslabonamiento de que se trate.

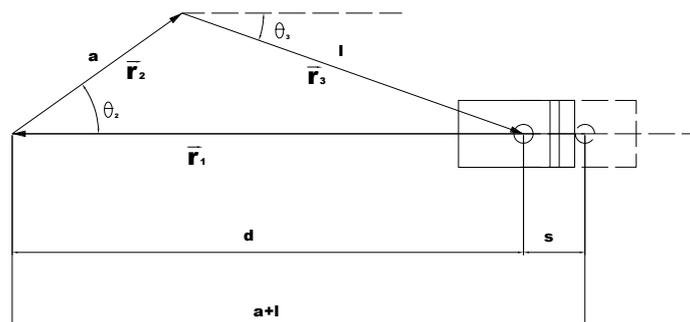
Para nuestro caso se ha elegido la siguiente ecuación de cierre:

$$\vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{R}_3 = 0$$

$\vec{R}_1$  = vector de posición del pistón en el eje x, variable en modulo

$\vec{R}_2$  = vector de la manivela

$\vec{R}_3$  = vector de la biela



Representación esquemática del mecanismo biela-manivela

La elección del sentido de los vectores es arbitraria pero una vez elegida una, es siempre fija para todo el resto del estudio del mecanismo.



Como hemos visto anteriormente un vector se puede escribir mediante su forma de número complejo o álgebra compleja. De modo que la ecuación de cierre antes descrita se puede expresar en forma compleja de la siguiente forma:

$$de^{i\theta_1} + ae^{i\theta_2} + le^{i\theta_3} = 0$$

Siendo  $a$ ,  $l$  y  $d$  los módulos o longitudes de los vectores  $\vec{R}_1$ ,  $\vec{R}_2$  y  $\vec{R}_3$  respectivamente.

### 5.2.2.3.-POSICIÓN DEL PISTÓN EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO $\theta_2$

Para calcular la posición del pistón en función del ángulo  $\theta_2$ , utilizaremos el álgebra compleja para expresar la ecuación de cierre y así poder despejar fácilmente la magnitud “d” que nos dará la posición del pistón para cualquier ángulo  $\theta_2$  de la manivela. Aplicando la identidad de Euler a:

$$de^{i\theta_1} + ae^{i\theta_2} + le^{i\theta_3} = 0$$

$$d(\cos\theta_1 + i\text{Sen}\theta_1) + a(\cos\theta_2 + i\text{Sen}\theta_2) + l(\cos\theta_3 + i\text{Sen}\theta_3) = 0$$

De donde separando en parte real e imaginaria:

$$d \cdot \cos\theta_1 + a \cdot \cos\theta_2 + l \cdot \cos\theta_3 = 0$$

$$d \cdot i\text{Sen}\theta_1 + a \cdot i\text{Sen}\theta_2 + l \cdot i\text{Sen}\theta_3 = 0$$

Sabiendo que  $\theta_1 = 180$  ya que el pistón solo se mueve sobre el eje X:

$$d = a \cdot \cos\theta_2 + l \cdot \cos\theta_3$$

$$a \cdot \text{Sen}\theta_2 = -l \cdot \text{Sen}\theta_3$$

De la parte imaginaria sacamos que el Angulo  $\theta_3$  en función de  $\theta_2$  vale:

$$\theta_3(\theta_2) = \text{Arcsen}\left(\frac{a}{-l} \cdot \text{sen}\theta_2\right)$$



Con esta ecuación y la parte real obtenemos la expresión que nos da la posición del pistón para cualquier Angulo  $\theta_2$  de la manivela:

$$d(\theta_2) = a \cdot \cos \theta_2 + l \cos \left( \operatorname{Arcsen} \left( \frac{a}{-l} \right) \operatorname{sen} \theta_2 \right)$$

#### 5.2.2.4.-VOLUMEN BARRIDO POR EL PISTÓN

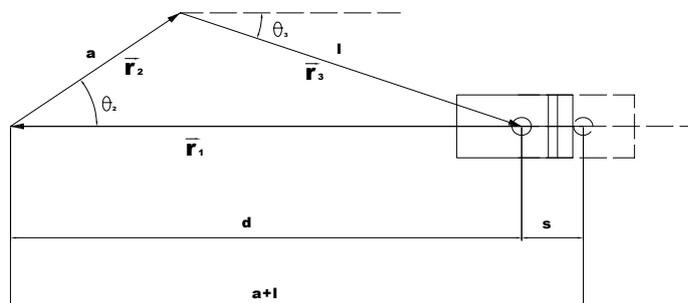
Una vez calculado el desplazamiento realizado por el pistón, calcular el volumen barrido no resulta difícil pues no hay más que multiplicar por la superficie de este y ya lo tendremos:

$$S_p = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} = \text{Superficie del pistón}$$

Ahora bien, el valor reflejado para  $\theta_2 = 0$  sitúa el pistón en lo más alto del recorrido, con lo que si deseamos saber el volumen barrido interesa más el valor de “s” o lo que es lo mismo:

$$s = (a + l) - d(\theta_2)$$

Véase la siguiente figura:





El volumen barrido será:

$$V_B = S_p \cdot s = \frac{\Pi D^2}{4} \cdot ((a+l) - d(\theta_2))$$

#### 5.2.2.5.-VOLUMEN TOTAL EN FUNCIÓN DE $\theta_2$

Cuando el pistón se encuentra en el PMS (punto muerto superior) aun sigue albergando una cierta cantidad de volumen, es el volumen de la cámara de combustión, mayor cuando menor sea relación de compresión del motor.

¿Qué es la relación de compresión?:

Se define la relación de compresión como el cociente entre el volumen que encierra el cilindro en el PMI (punto muerto inferior) y el encerrado cuando el pistón se encuentra en el PMS de donde se deduce la siguiente relación:

$$r_c = \frac{V_{PMI} + V_C}{V_C}$$

$V_T = V_{PMI} + V_C =$  volumen total

$V_{PMI} =$  volumen barrido cuando el pistón se encuentra en el PMI

$V_C =$  volumen de la cámara de combustión

Despejando en la anterior ecuación:

$$(r_c \cdot V_C) - V_C = V_{PMI}$$

O lo que es lo mismo:

$$(r_c - 1) \cdot V_C = V_{PMI}$$

Y por lo tanto:

$$V_C = \frac{V_{PMI}}{(r_c - 1)}$$



Con lo que ya podemos poner  $V = V(\theta_2)$

$$V(\theta_2) = V_B + V_C = \frac{\Pi D^2}{4} \cdot ((a+l) - d(\theta_2)) + \frac{V_{PMI}}{(r_c - 1)}$$

### 5.2.2.6.- $V(\theta_2)$ PARA EL MOTOR E6J

$$a = 38.5 \text{ mm}$$

$$l = 124 \text{ mm}$$

$$D = 75.8 \text{ mm (diámetro)}$$

$$C = 77 \text{ mm (carrera)}$$

$$V_{PMI} = \left( \Pi \cdot D^2 / 4 \right) \cdot C = 347,741 \text{ cm}^3$$

$$r_c = 9,5$$

$$V_{PMS} = V_c = 40,878 \text{ cm}^3$$

Con todos estos datos obtenemos un volumen en  $\text{cm}^3$  de:

$$V(\theta_2) = \frac{4512,615 \cdot \left( 162,5 - \left( 38,5 \cdot \text{Cos}(\theta_2) + 124 \cdot \text{Cos} \left( \text{Arcsen} \left( \frac{38,5}{-124} \cdot \text{Sen} \theta_2 \right) \right) \right) \right) + 40878}{1000}$$

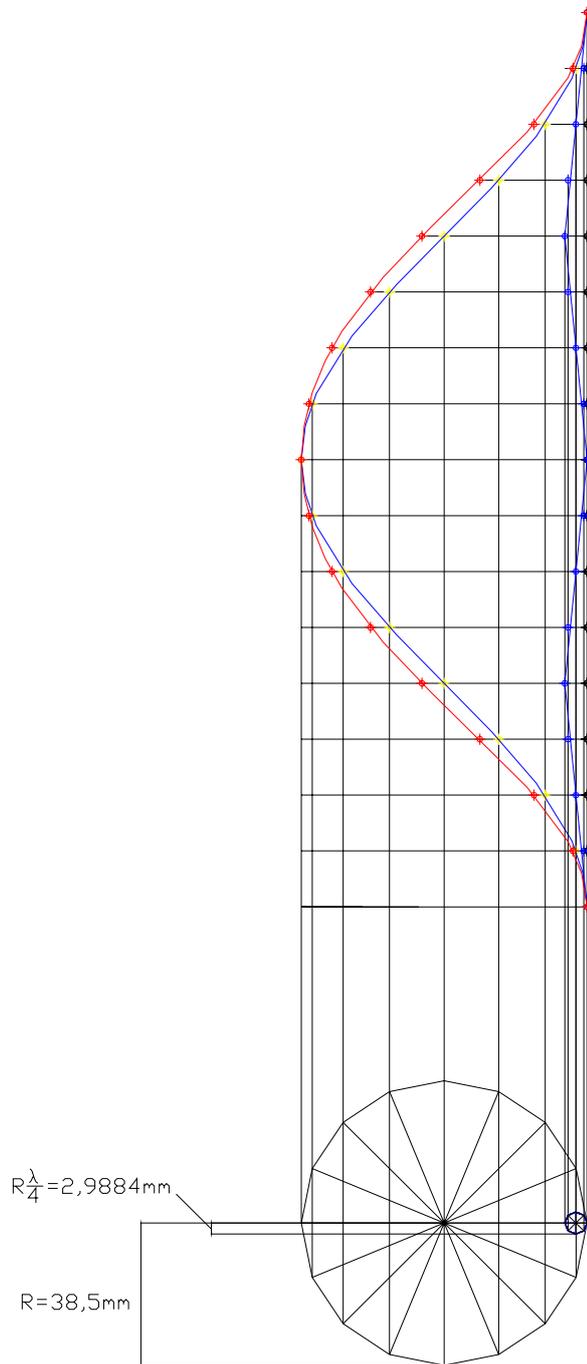
De donde se obtienen los siguientes valores para los puntos:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	40,878	60,4	113	221	378	293	40,878	113	354	83,5
$\theta$	0	24	48	83	156	252	360	408	583	684

Volúmenes en  $\text{cm}^3$



Con las medidas reales de nuestro motor también se puede construir gráficamente el desplazamiento del pistón:



Método gráfico de obtención de la posición del pistón.

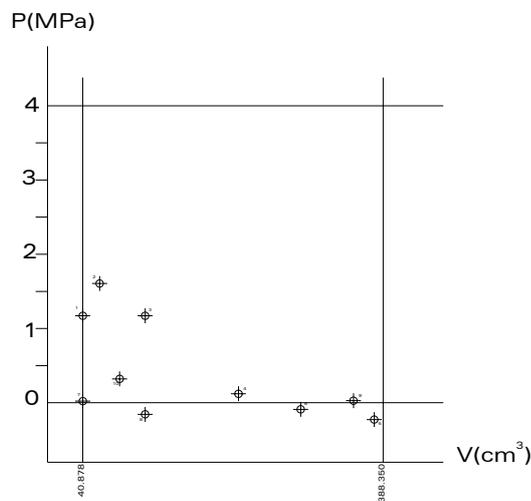


### **5.3.-CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DEL DIAGRAMA P-V**

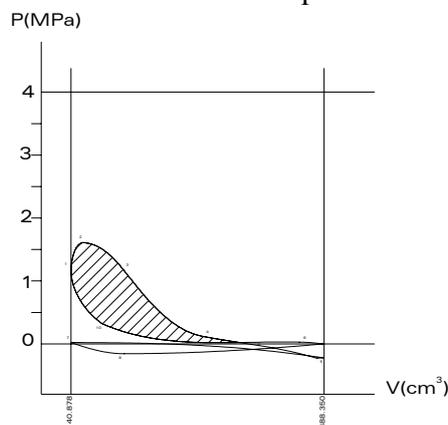
Usando el programa AutoCAD se pueden representar estos puntos en un diagrama P-V. Una vez decididas las dimensiones del diagrama solo hará falta escalar adecuadamente cada eje, para poder cuantificar las medidas de área. En nuestro caso los diagramas fueron realizados con las siguientes medidas y correspondencias:

La distancia entre punto muerto superior y punto muerto inferior es de 10mm, correspondiéndole así a cada milímetro un volumen de  $34,7471363 \text{ cm}^3$ .

Por su parte en el eje de presiones a cada milímetro le corresponden  $0,4 \text{ MPa}$ .



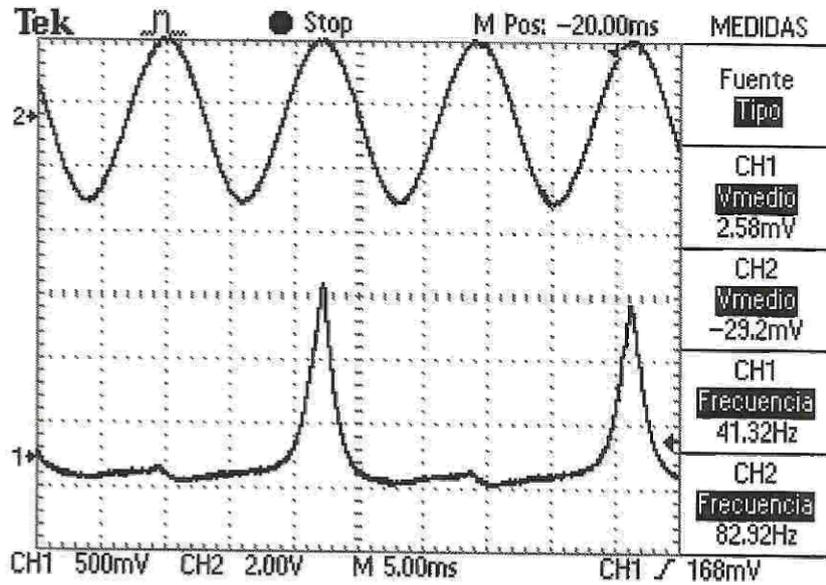
El comando “spline” de AutoCAD permite unir los puntos con la particularidad de que se pueden igualar las tangentes entre los intervalos a interpolar consiguiendo la continuidad en el ciclo dibujado. Este programa también permite calcular áreas. El área rayada en la figura siguiente representa el trabajo entregado en el ciclo indicado. Con la escala asignada a cada eje de coordenadas se obtiene la correspondencia superficie-trabajo. En nuestro caso un milímetro cuadrado equivale a  $13.89884 \text{ J}$ .



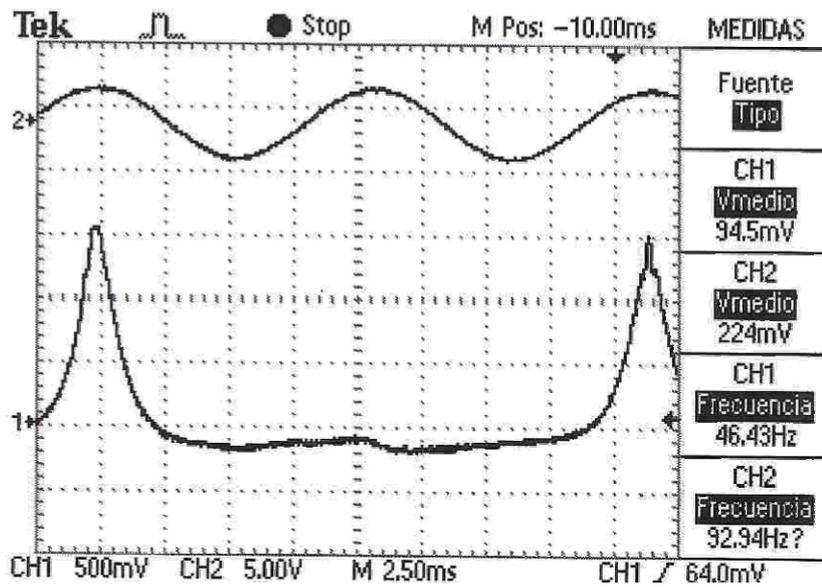
# **6.-GRÁFICAS EN** **AutoCAD**



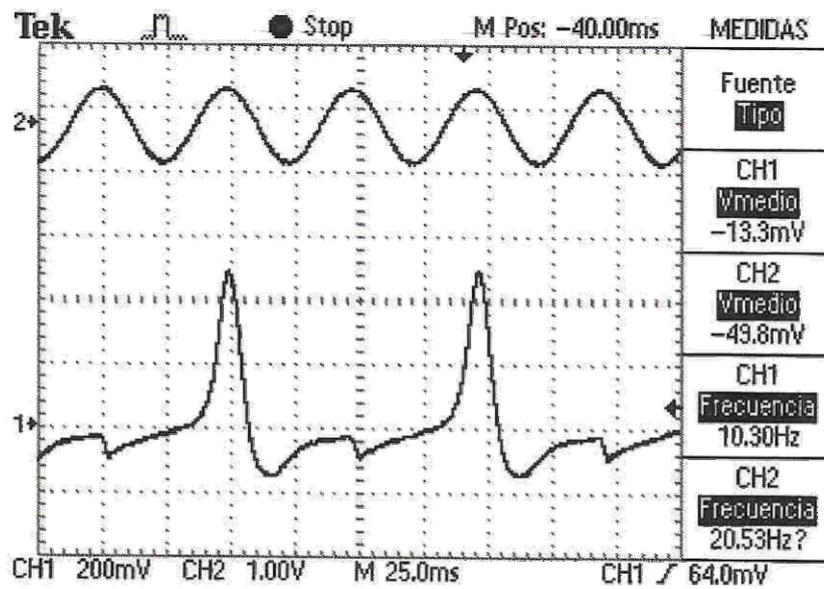
## 6.1.-INSTANTANEAS OBTENIDAS CON EL OSCILOSCOPIO DIGITAL



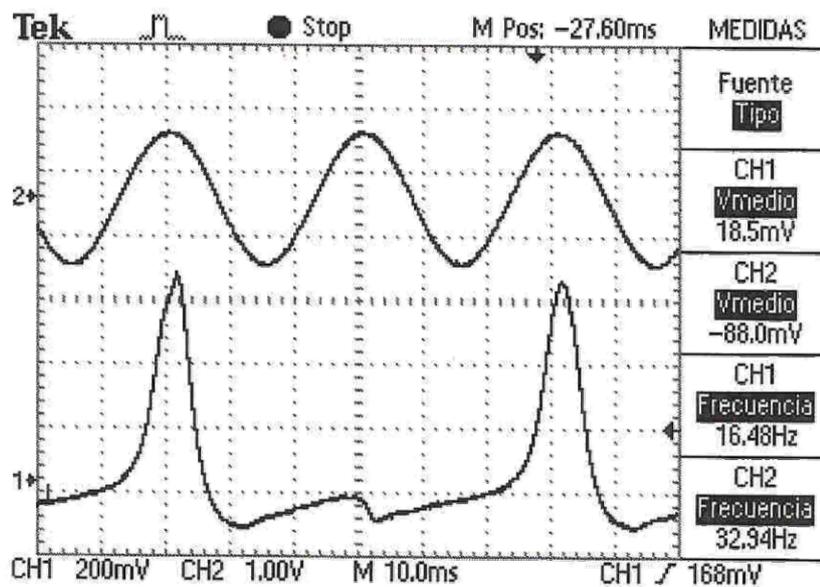
1232 RPM



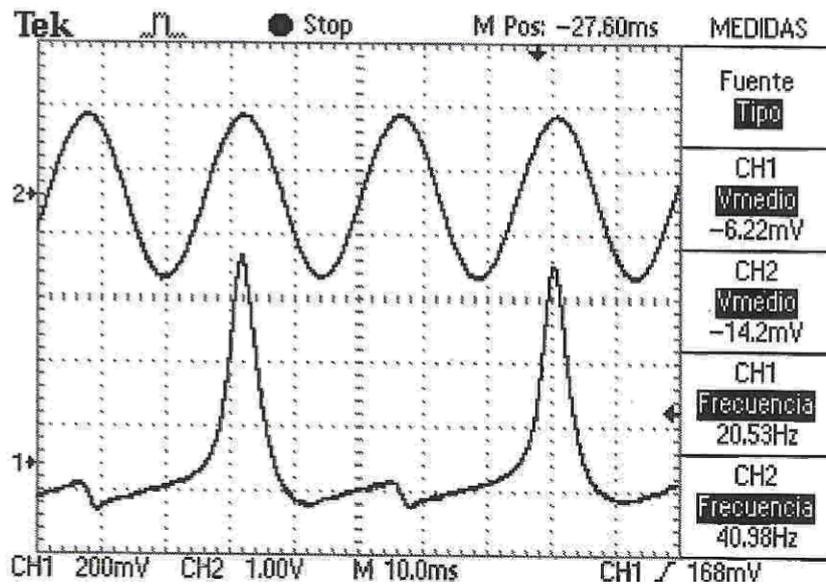
1976 RPM



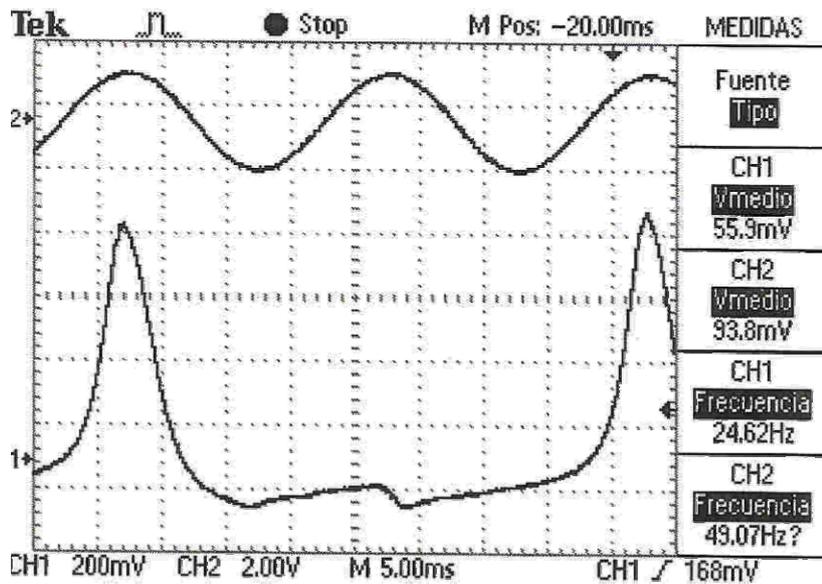
2459 RPM



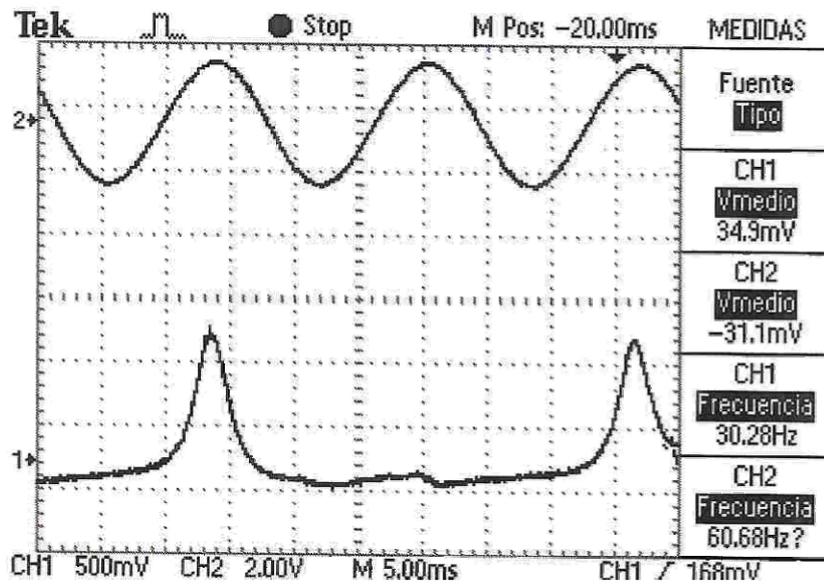
2944 RPM



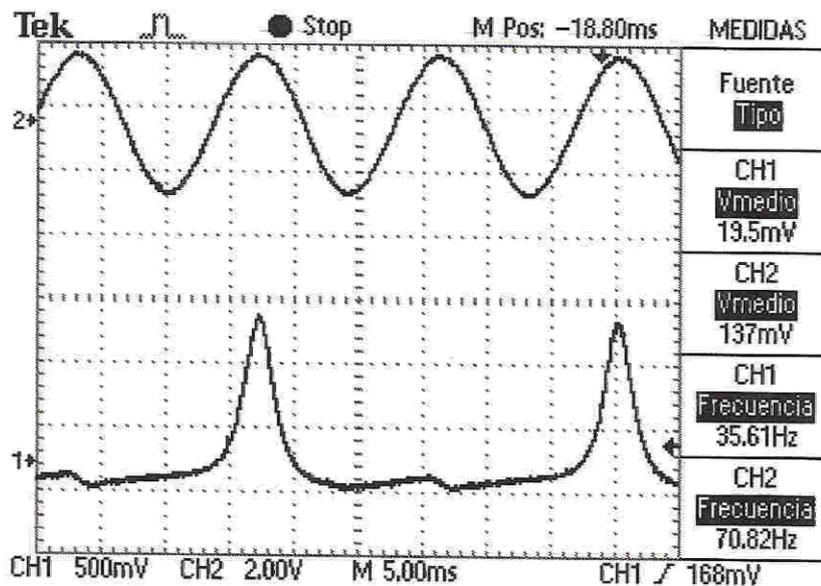
3641 RPM



4249 RPM



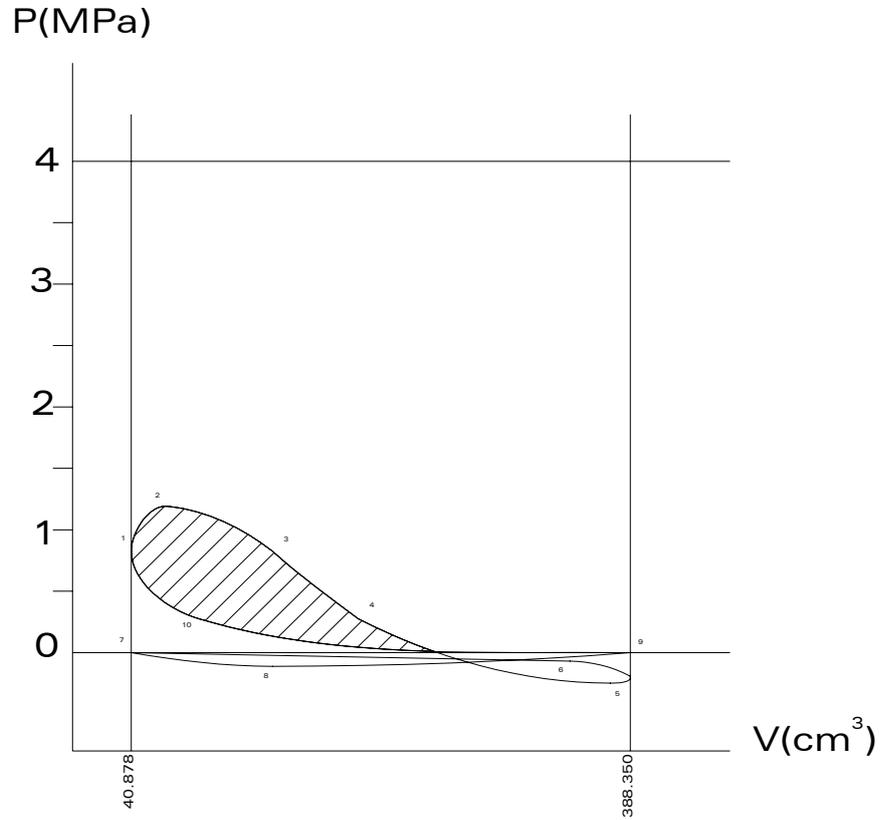
4975 RPM



5576 RPM

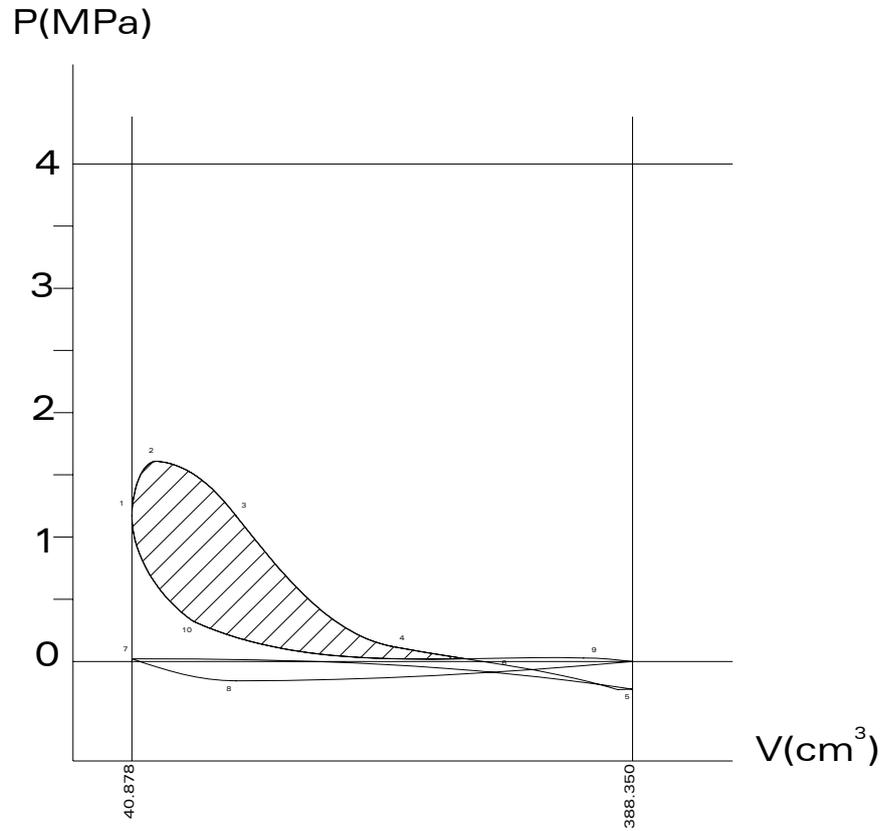


## 6.2.-CONSTRUCCIONES GRÁFICAS



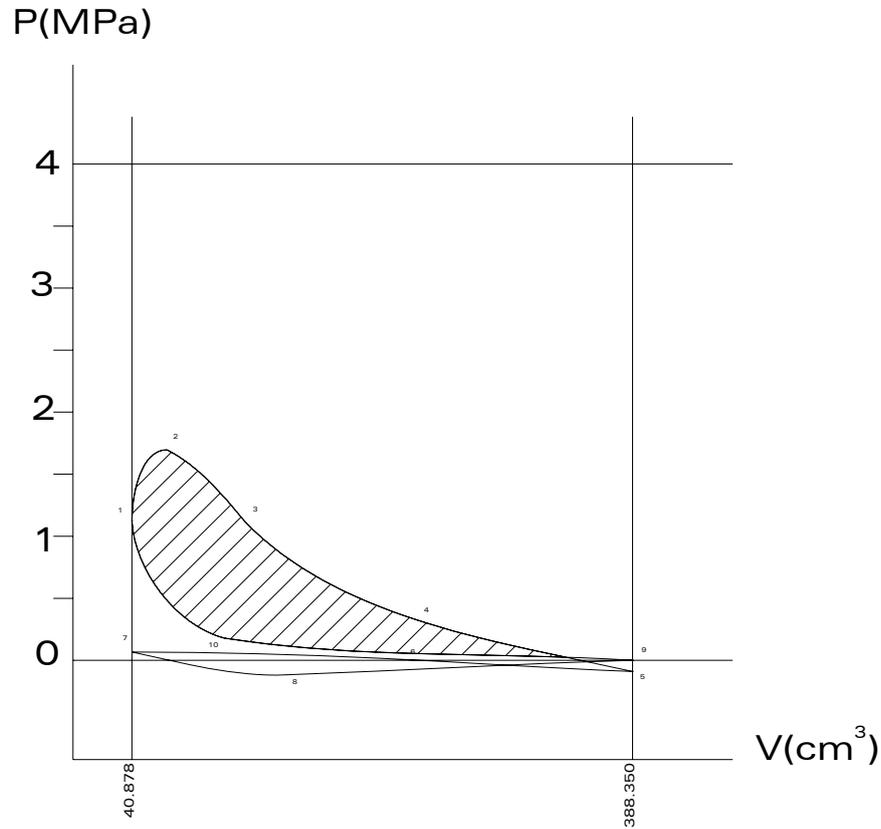
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	0,827	1,19	0,827	0,2758	-0,248	0,069	0	-0,11	0	0,2758
V	40,878	67,2	139	199	373,99	346	40,878	139	388,35	88
Áng.	0	28	57	76	152	228	360	417	540	682

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=7,7368\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=107,532\text{J}$   
 1232 r.p.m. (10,30 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=1,507 CV  
 POTENCIA MOTOR=6,027 CV



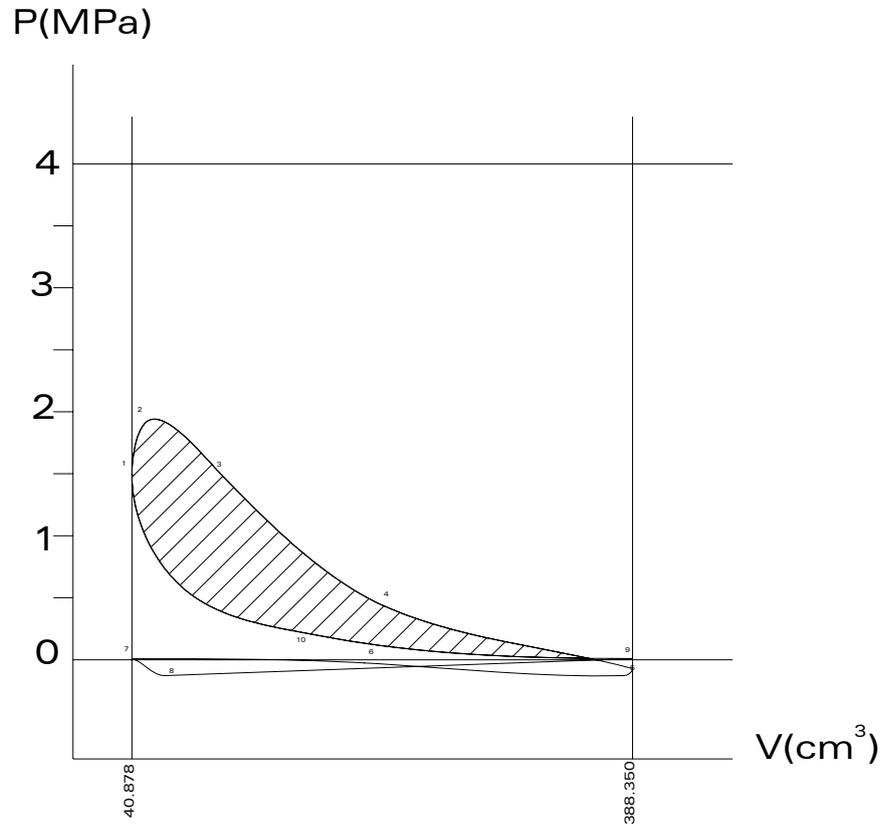
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	1,172	1,606	1,172	0,121	-0,227	-0,089	0,021	-0,156	0,028	0,322
V	40,878	60,4	113	221	378	293	40,878	113	354	83,5
Ang.	0	24	48	83	156	252	360	408	583	684

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=8,9474\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=124,358\text{J}$   
 1976 r.p.m. (16,48 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=2,788 CV  
 POTENCIA MOTOR=11,153 CV



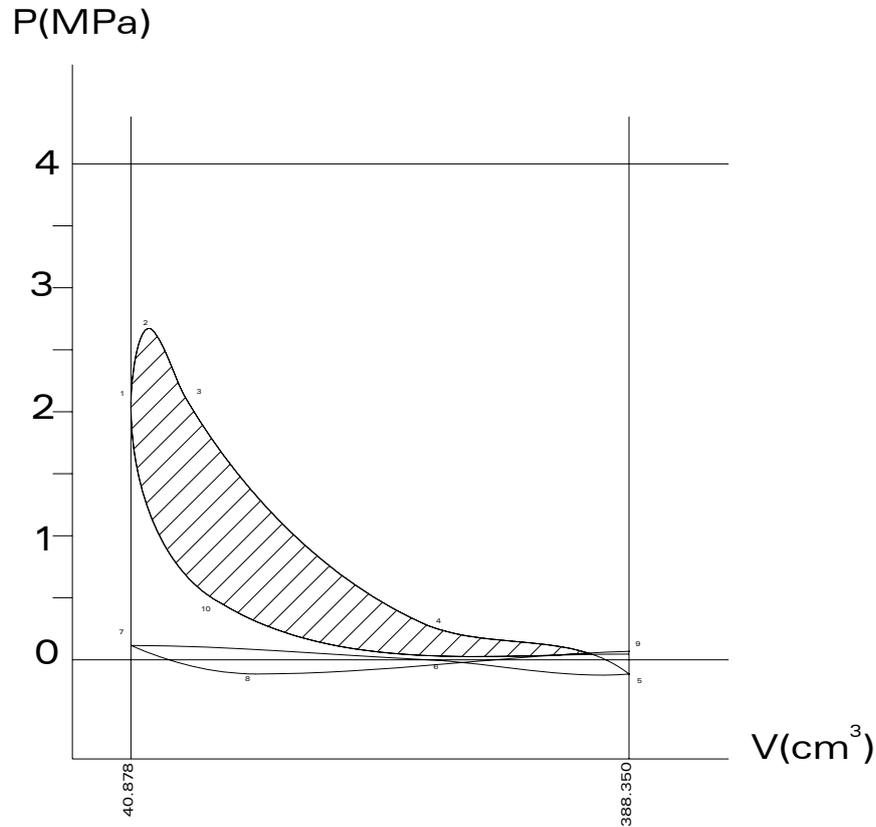
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	1,124	1,696	1,124	0,324	-0,089	0	0,068	-0,117	0	0,179
V	40,878	65,4	119	239	388,35	242,27	70,9	148	388,35	105
Áng.	0	27	50	89	180	270	360	420	540	675

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=11,8114\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=164,164\text{J}$   
 2459 r.p.m. (20,53 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=4,585 CV  
 POTENCIA MOTOR=18,341 CV



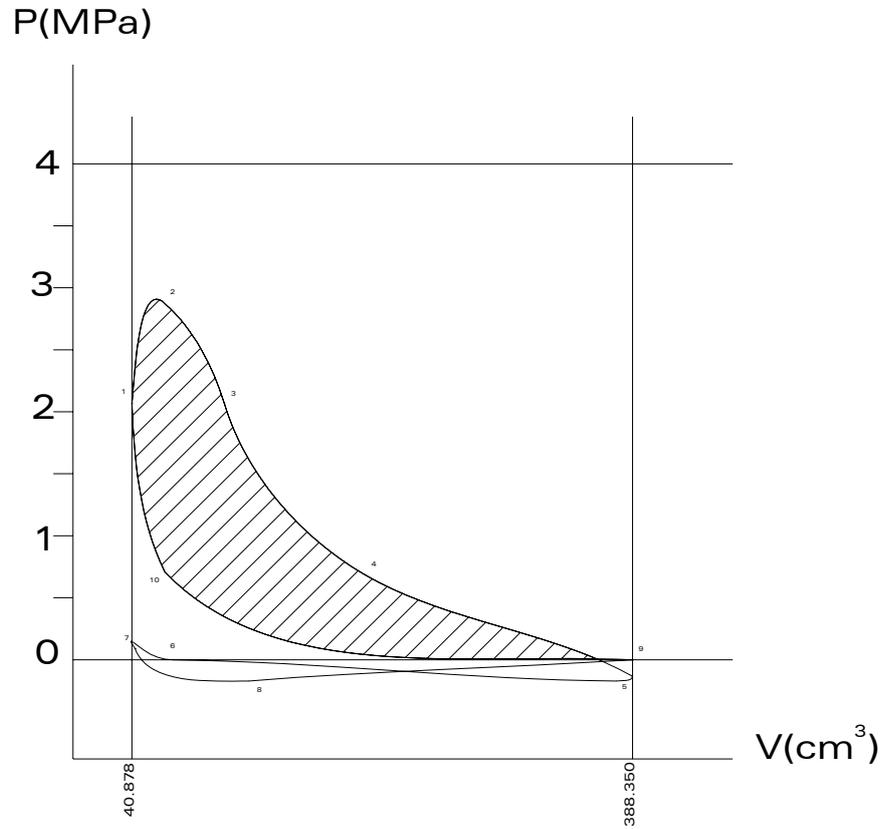
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	1,492	1,926	1,492	0,459	-0,125	-0,025	0,009	-0,125	0,004	0,203
V	40,878	52	103	211	382	202	40,878	63,7	375	167
Áng.	0	18	44	80	198	283	360	386	513	654

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=11,8114\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=164,164\text{J}$   
 2944 r.p.m. (24,62 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=5,498 CV  
 POTENCIA MOTOR=21,995 CV



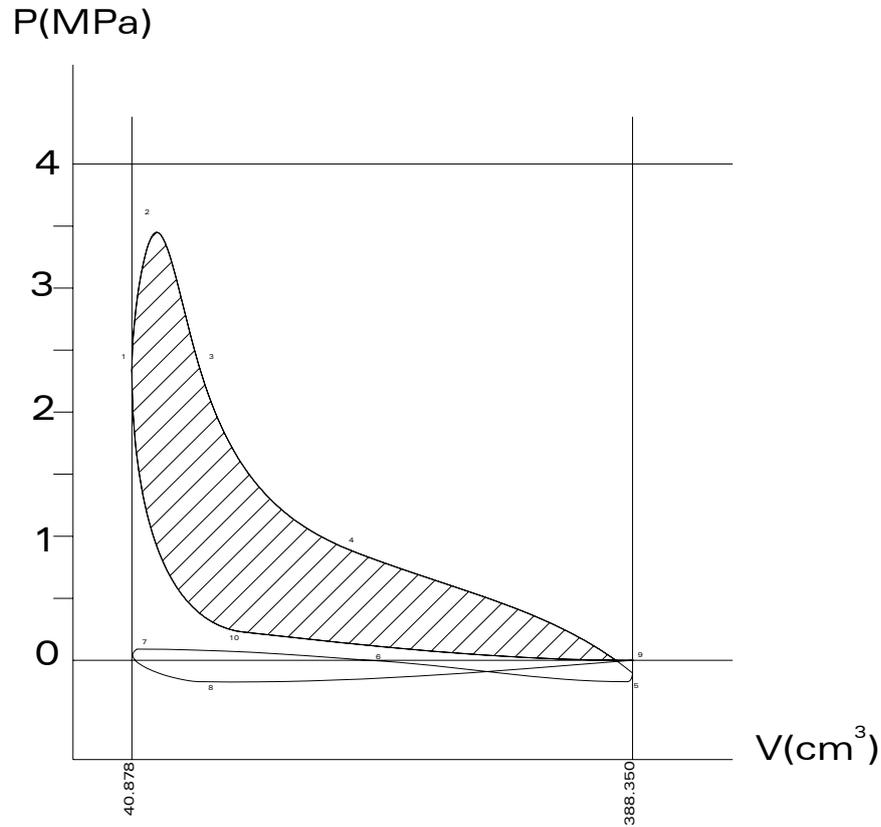
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	2,068	2,643	2,068	0,276	-0,115	0	0,115	-0,115	0,068	0,460
V	40,878	57,3	81,242	248	388,35	248	40,878	128	388,35	103
Áng.	0	22	35	92	180	268	360	413	540	676

$1\text{mm}^2 = 13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA} = 14,2021\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}} = 197,392\text{J}$   
 3641 r.p.m. (30,28 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA = 8,132 CV  
 POTENCIA MOTOR = 32,528 CV



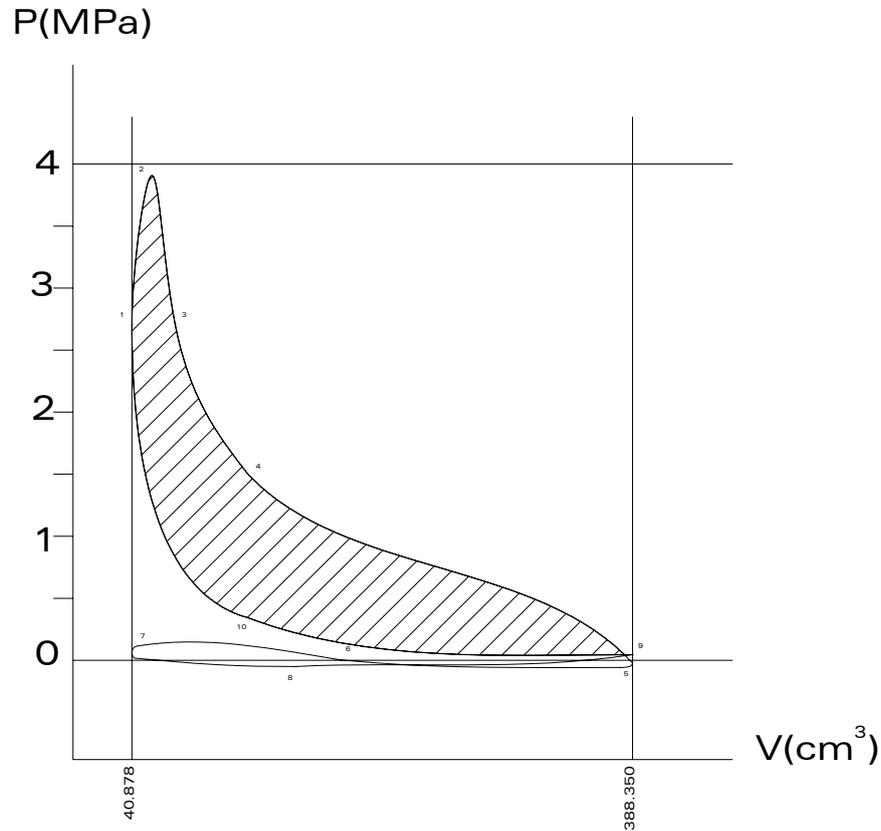
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	2,068	2,873	2,068	0,6895	-0,172	0	0,089	-0,172	0	0,710
V	40,878	63,7	105	202	377	62	43,1	122	388,35	63,7
Áng.	0	26	45	77	205	335	368	411	540	694

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=19,6699\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=273,388\text{J}$   
 4249 r.p.m. (35,61 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=13,245 CV  
 POTENCIA MOTOR=52,981 CV



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	2,351	3,447	2,351	0,919	-0,172	0	0,090	-0,172	0	0,227
V	40,878	57,3	88	186	385	205	44,3	90,381	388,35	119
Áng.	0	22	38	72	194	282	370	399	540	670

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=21,9515\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=305,100\text{J}$   
 4975 r.p.m. (41,32 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=17,152 CV  
 POTENCIA MOTOR=68,608 CV

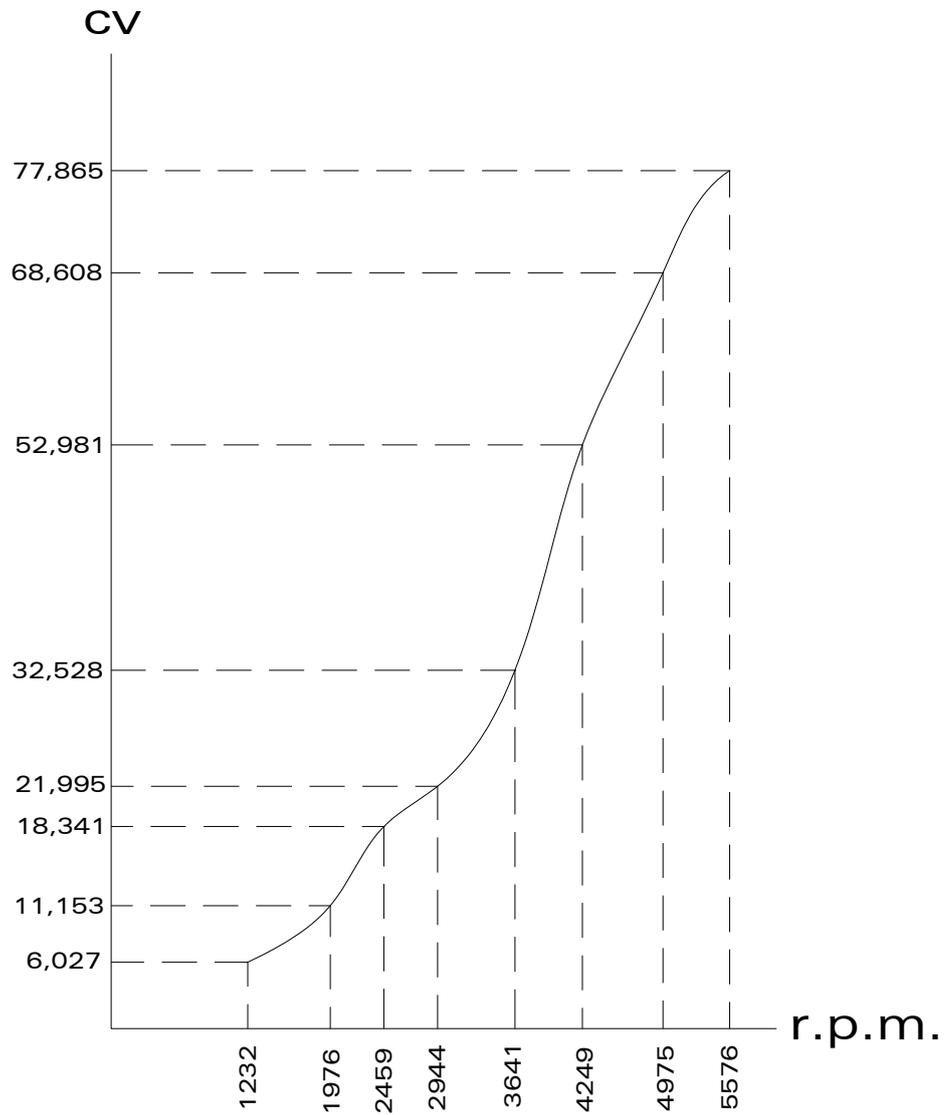


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	2,706	3,906	2,706	1,493	-0,058	0,003	0,114	0,05	0,045	0,341
V	40,878	54,5	70,9	122	379	186	44,3	154,486	388,35	122
Áng.	0	20	30	51	203	288	370	422	540	669

$1\text{mm}^2=13,89884\text{J}$   
 $\text{ÁREA}=22,1716\text{mm}^2$   
 $W_{\text{ciclo}}=308,159\text{J}$   
 5576 r.p.m. (46,43 Hz)  
 POTENCIA UNITARIA=19,466 CV  
 POTENCIA MOTOR=77,865 CV



### **6.3.-CURVA DE POTENCIA INDICADA**



Potencia indicada vs r.p.m.

## **7.-CONCLUSIONES**



## **-CONCLUSIONES**

Los objetivos de este proyecto, si los recordamos, eran básicamente el de conseguir la visualización del ciclo indicado en un motor térmico alternativo de encendido provocado y la posterior valoración del mismo.

Para ello previamente hubo que reparar y poner a punto el motor. Los resultados de esta fase fueron plenamente satisfactorios teniendo en cuenta las condiciones y medios disponibles (presupuesto nulo, falta de material, falta de herramienta apropiada).

La visualización también se consiguió con éxito. No obstante, y como ya se esperaba, su valoración fue positiva solo en términos cualitativos puesto que aunque permitía la apreciación de los distintos procesos termodinámicos en el interior del cilindro no permitía la toma de mediciones directas.

En el intento por salvar este escollo se buscaron soluciones hasta llegar a desarrollar un método gráfico de representación del ciclo que por fin permitía valoraciones cuantitativas. Si bien es necesario aclarar que dichas valoraciones se producen en las condiciones siguientes:

- Las mediciones de presión se hacen a mano y sobre una gráfica impresa en papel.
- El valor de los datos obtenidos será distinto al que se obtiene en un banco de potencia pues en este último las mediciones se hacen en condiciones de carga.

Sin embargo el desarrollo de este método es perfectamente válido para medir las consecuencias de futuras modificaciones sobre el motor, constituyendo así una herramienta de estudio para la comprensión de cómo distintas variables pueden afectar al comportamiento de este.

Por todo esto consideramos que los objetivos iniciales de este proyecto no solo se han alcanzado sino que han sido superados.

# **BIBLIOGRAFÍA**



## **-BIBLIOGRAFÍA**

- Motores de Automóvil, M.S:Jóvaj, Editorial Mir, 1982.
- Teoría de máquinas y mecanismos, Joseph Edward Shigley, John Joseph Uicker Jr. , 1995.
- Apuntes de termodinámica técnica y máquinas térmicas, Juan Ramón Muñoz Rico, editorial Revide, 1993.
- Análisis de mecanismos mediante diversas herramientas informáticas: motor de combustión interna, Ricardo Rodríguez Luis, Julio 2001
- Manual de reparación Renault-Motores de gasolina, Abril 1997.

**Ángel Botón Muñoz y Enrique Martín Barrientos** como autores del trabajo fin de carrera titulado **“Puesta a punto de un motor térmico alternativo de encendido provocado y visualización del ciclo indicado en el interior del cilindro”**, autorizan que la información y documentación contenida en esta memoria pueda ser utilizada para la realización de otros trabajos fin de carrera y otras actividades docentes.

Fdo: Ángel Botón Muñoz

Fdo: Enrique Martín Barrientos