

Cámaras de combustión y sistemas de distribución de la carga.

Año: 2001

Cátedra:
Maquinas Térmicas I

Trabajo practico N°:
1

Profesor:
Ing. Lorenzo, Héctor

Grupo N°:
5 (CECACOR)

<i>Integrantes:</i>	<i>L.U. N°:</i>
Aguilar, Manuel Alfredo	9537
Godoy, Alfredo Sebastián	8389
Gómez, Néstor Fabián	8283

Especialidad:
Electromecánica

Año de cursado:
3^{ero}

Plan de estudios:
1998 (nuevo)

Año:
2001

Indice temático:

Motores de encendido por compresión.	
Cámaras de combustión. Generalidades.....	pag. 4
Combustión. Definición.....	pag. 4
Combustión normal y combustión anormal.....	pag. 4
Relación de compresión.....	pag. 5
Encendido.....	pag. 5
Cámara de combustión.....	pag. 6
Clasificación de las cámaras.....	pag. 6
Con cámara de inyección directa.....	pag. 7
Con cámara arremolinadora.....	pag. 7
Con cámara de combustión con deposito de aire.....	pag. 8
Con antecámara de combustión.....	pag. 9
Comparación entre las diversas cámaras.....	pag. 10
Motores de encendido por chispa.	
Cámaras de combustión. Generalidades.....	pag. 13
Combustión en los motores de encendido por chispa.....	pag. 14
Forma de la cámara de combustión.....	pag. 15
Principales alteraciones de la combustión	
normal en los motores de encendido por chispa.....	pag. 15
La detonación es mala porque.....	pag. 15
La detonación surge debido a.....	pag. 16
La detonación se puede impedir con.....	pag. 16
Autoencendido prematuro.....	pag. 16
Autoencendido por compresión	
estando el sistema de encendido desconectado.....	pag. 16
Tipos de cámara de combustión. Cámara de combustión hemisférica.....	pag. 16
Cámara de tina.....	pag. 17
Cámara en forma de cuña.....	pag. 18
Cámara de expulsión.....	pag. 18
Cámara situada en la cabeza del pistón.....	pag. 19
Bibliografía consultada.....	pag. 20

En el disco adjunto:

Se adjuntan mas diagramas de cámaras de combustión en motores de encendido por compresión y por chispa.

También se encuentran las planillas de calculo que describen los ciclo de Carnot, Diesel, Beau des Rochas–Otto, Sabathe ó SemiDiesel ó Mixto y Joule ó Brayton.

Además se encuentra en la planilla de calculo “otto.xls”, en la hoja “comparación”, una comparación entre el ciclo Beau des Rochas–Otto y uno Diesel que tienen mismo punto de inicio y llegan a igual presión y temperatura máxima.

Motores de encendido por compresión.

Cámaras de combustión.

Generalidades.

La mezcla de combustible y aire debería quemar en forma uniforme y progresiva, puesto que una detonación violenta de la mezcla provoca un estado de marcha desigual, el llamado "picado diesel". Para lograr la combustión correcta, el combustible y el aire deben mezclarse adecuadamente. En los motores en que ese combustible se inyecta directamente a la cámara de combustión, se obtiene una mezcla más eficaz creando una turbulencia en el aire del interior del cilindro a medida que se comprime. Esto suele hacerse perfilando la cabeza del embolo de forma que obligue al movimiento del aire durante su compresión.

En otros tipos de motor hay unas cámaras de turbulencia o cámaras de precombustión para mejorarla. Una cámara de turbulencia es una pequeña cámara esférica, situada encima o a un lado de la cámara principal de combustión y conectada con ella por una lumbrera. Cuando se comprime el aire del cilindro se obliga a que una parte del mismo pase a esa cámara de turbulencia, donde se crea un efecto de torbellino debido a su forma. El combustible es inyectado en esta cámara, donde se produce una combustión preliminar que fuerza a la mezcla a salir hacia la cámara principal, donde se completa su combustión.

La cámara de precombustión, en la que se inyecta el combustible, esta unida a la cámara principal mediante una serie de estrechos pasos; parte de la mezcla de esta primera cámara de inflama y expansiona, forzando a la restante mezcla, no encendida, através de los pasos de conexión, hasta la cámara principal, donde llegan como una fina pulverización que arde de modo uniforme.

Combustión.

Definición:

Se denomina combustión al fenómeno que tiene lugar al explotar el gas combustible que se halla en el interior del cilindro.

La combustión se produce en el tiempo de expansión, o sea en el tercer tiempo del ciclo del motor.

Combustión normal y combustión anormal.

La combustión empieza cuando el combustible se inflama debido a la compresión existente en el interior del cilindro.

Al producirse el encendido, el combustible pulverizado procedente del inyector se calienta con el aire comprimido y se mezcla con el. La combustión se extiende a toda la mezcla y la presión en el interior del cilindro aumenta. Esto es lo que se llama combustión normal, pues el encendido se produce en instante previsto.

Combustión anormal, por el contrario, es la que, al no proceder del chorro de combustible del inyector, no se realiza en el instante previsto.

Las causas pueden ser un contacto de superficie o el autoencendido.

En el primer caso se produce, la mayoría de las veces, un calentamiento excesivo de la válvula de escape, lo que produce pérdida de potencia, funcionamiento ruidoso e irregularidades en la marcha, así como el encendido de residuos de la mezcla que no han sido expulsados en el tiempo de escape.

Esta anormalidad se evita mejorando la refrigeración del motor y procurando que no se formen depósitos carbonosos.

En cuanto a la combustión anormal por autoencendido, se da al producirse la "detonación" o combustión espontánea de la mezcla que queda en la cámara. Esto repercute en el sistema de refrigeración, ya que este no puede eliminar todo el calor producido, lo que causa calentamientos excesivos.

Relación de compresión.

En el motor Diesel la relación de compresión es mucho más elevada que en el motor de gasolina, pues se comprime el aire, de modo que se elimina el peligro de autoencendido, al no comprimirse el combustible.

En un gráfico se puede observar que el rendimiento del motor mejora a medida que aumenta la relación de compresión. Sin embargo, a partir del grado de compresión 15 el aumento del rendimiento es menor y la curva se hace mas plana.

Esto provoca presiones muy fuertes en interior del cilindro, lo que exige un motor más robusto y, en consecuencia, mas pesado y más caro.

Por lo tanto, en motores medianos o grandes de menos de 750 rpm, la relación de compresión debe oscilar entre 12 y 14, y en motores pequeños entre 14 y 22.

Encendido.

¿Cómo se enciende la mezcla en el motor Diesel?

Se distinguen claramente tres fases de encendido.

Fase 1-2: Retardo de encendido (el combustible se calienta pero el calor producido no es suficiente para aumentar la presión).

Fase 2-3: La presión se eleva fuertemente (debido a la rápida combustión del combustible inyectado).

Fase 3-4: Combustión lenta del combustible todavía no quemado.

Aunque con estas tres fases concluye el proceso de encendido, el rendimiento, máximo no puede alcanzarse debido a que el aire y el combustible no se mezclan totalmente.

Entre los factores que intervienen en la combustión el principal es la velocidad de combustión de la mezcla, que depende:

- a) De la temperatura: si es alta, la velocidad de combustión será mayor.
- b) De la forma de la cámara de combustión.
- c) Del grado de turbulencia.
- d) De la presión de la mezcla: cuanto mayor sea, mayor es la proporción de la llama.

Un segundo factor es la pulverización del combustible: a mayor pulverización se obtendrá mayor rendimiento.

Cámara de combustión.

La cámara de combustión es fundamental en el funcionamiento del motor. El inyector introduce en ella el combustible pulverizado, el cual se mezcla con el aire; de ahí que la forma de la cámara de combustión deba facilitar esta mezcla del combustible con el aire. Tanto la mezcla como la combustión deben realizarse en un tiempo mínimo lo más cercano posible al punto muerto superior.

Clasificación de las cámaras.

Según el tipo de cámara de combustión los motores Diesel pueden clasificarse como sigue:

- a) Con cámara de inyección directa.
- b) Con cámara arremolinadora.
- c) Con cámara de combustión con depósito de aire.

d) Con antecámara de combustión.

Veamos sus principales características.

a) Con cámara de inyección directa.

El combustible se inyecta directamente en el cilindro. La culata cierra el cilindro con una superficie plana, mientras que el inyector esta situado en el centro.

El inconveniente principal de este tipo de motor radica en que el aire esta poco agitado, siendo el inyector el responsable exclusivo de la mezcla, por lo que su fabricación ha de ser muy perfecta, y por lo tanto costosa.

En estas condiciones, y para aprovechar al máximo la combustión, es conveniente que la cámara adopte la forma del chorro de combustible, o a la inversa.

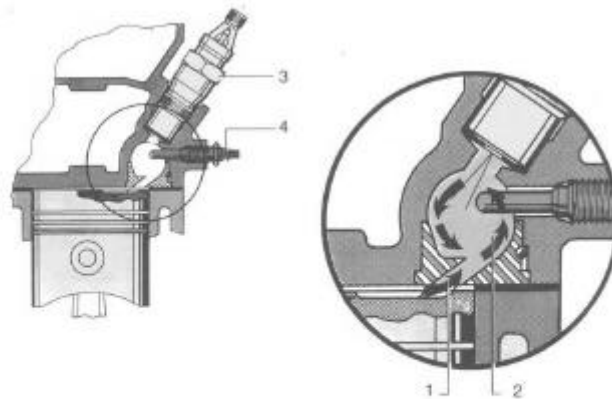


Fig. 65. Cámara de inyección indirecta (Ricardo Comenz) 1, canal de encendido; 2, cámara de turbulencia; 3, inyector; 4, bujía de precalentamiento.

b) Con cámara arremolinadora.

El motor Diesel rápido con diámetro de cilindro pequeño platea el problema de obtener una mezcla rápida y homogénea de combustible y aire. Para lograrlo se lleva el aire al combustible, dotando a este de un movimiento de remolino, lo que provoca una fuerte turbulencia al llegar el embolo a su punto muerto superior.

En una cámara de combustión con turbulencia, al ser aspirado el aire es enviado tangencialmente, por lo que la válvula de aspiración lleva una especie de pantalla que guía adecuadamente la corriente de aire.

Además de este movimiento existe otro transversal que impulsa al embolo dentro de la cámara.

Las cámaras arremolinadoras también pueden estar separadas, en ellas, la cámara de combustión esta por entero fuera del cilindro; el espacio entre embolo y culata, al hallarse aquel en el punto muerto superior, es únicamente el preciso para permitir las dilataciones propias del funcionamiento. En este caso, la cámara tiene forma de esfera.

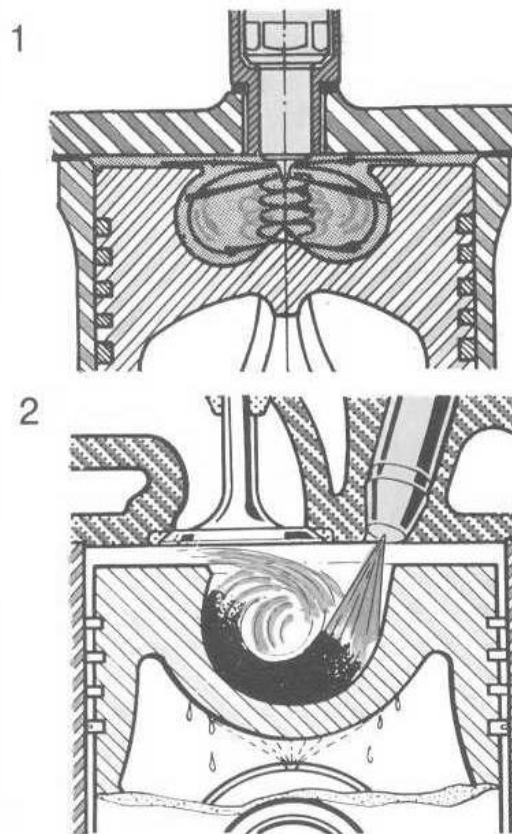


Fig. 60. Cámaras de combustión: 1, inyección directa sin turbulencia sistema Sauer; 2, inyección directa con turbulencia sistema Mazda.

c) Con cámara de combustión con deposito de aire.

Este tipo de cámaras se llaman también de *acumulación*. El deposito de aire esta constituido por una pieza postiza situada en el embolo, la cual comunica con la cámara de combustión a través de un orificio. Durante la compresión el aire se introduce en el depósito. Antes de alcanzarse el punto muerto superior comienza la inyección. Al pasar del punto muerto superior el movimiento del embolo se invierte, aumenta el volumen de la cámara de combustión y disminuye la presión que había en ella. El aire sale a través del orificio alimentando la llama en la zona del embudo y originando la combustión completa del combustible inyectado.

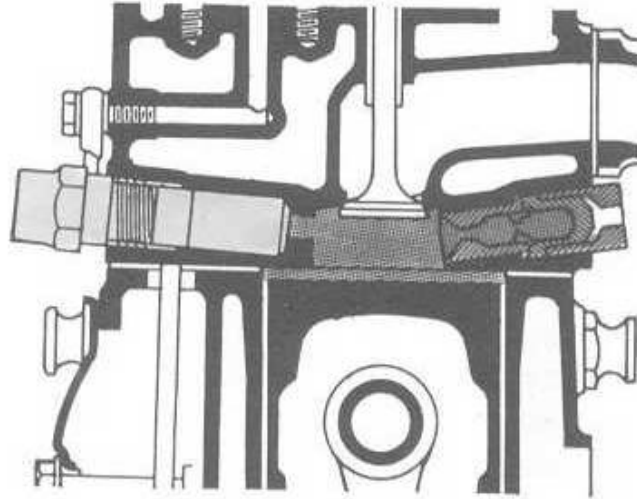


Fig. 63. Cámara con reserva de aire sistema Lanova.

d) Con antecámara de combustión.

Estos motores se denominan también de *combustión dividida* o de *pre-combustión*.

Se caracterizan por tener el espacio en que se desarrolla la combustión dividido en dos: por una parte la cámara comprendida entre la cabeza del embolo y la culata, y por otra la antecámara, situada generalmente en la culata.

En este tipo de cámara el funcionamiento es como sigue: al final de la carrera de compresión se inyecta el combustible. Parte de este combustible arde en la antecámara, aumentando la presión; el combustible que queda sin arder es proyectado, a través de un orificio de la antecámara, a la cámara principal. En esta encuentra el aire que precisa para completar la combustión.

La principal ventaja de este sistema consiste en que se puede inyectar combustible a presiones relativamente bajas: de 80 a 160 atmósferas, en vez de las 250 – 350 necesarias en la inyección directa.

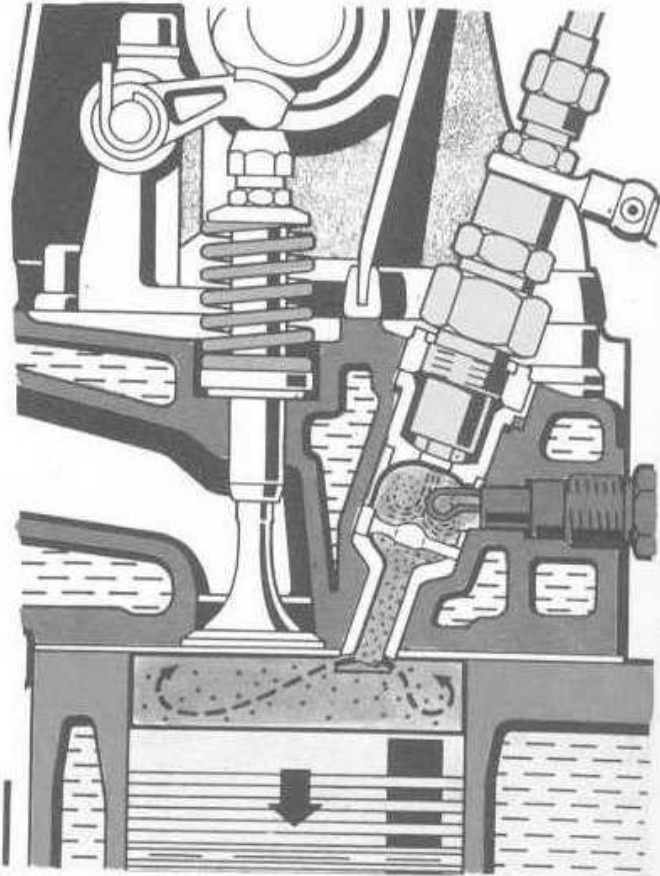


Fig. 64. Cámara con precombustión sistema Mercedes Benz. Obsérvese el detalle de la bujía de precalentamiento.

Comparación entre las diversas cámaras.

La cámara de inyección directa es, desde el punto de vista constructivo, la más sencilla y económica. En general, es preferible cuando las dimensiones del motor permiten el uso de toberas con orificios de diámetro suficiente para evitar peligros de taponamiento. En principio conviene que su diámetro sea, como mínimo, de 100 mm.

Por el contrario, para motores con menor diámetro es preferible el empleo de cámaras arremolinadoras; y para motores pequeños y rápidos las más indicadas son las cámaras de inyección indirecta, o sea con depósito de aire, y las antecámaras.

Resumamos, en una tabla, las ventajas y desventajas de la inyección directa e indirecta.

Características	Inyección directa	Inyección indirecta
Consumo de combustible	menor	mayor
Coeficiente de exceso de aire	mayor	menor
Grado de compresión	menor	mayor
Presión de inyección	mayor	menor
Potencia específica	menor	mayor
Facilidad de arranque	mayor	menor
Humos en el escape	mayor	menor
Flexibilidad del motor	menor	mayor

Comparando con el motor de gasolina, el Diesel siempre ha tenido la ventaja de un rendimiento térmico mayor y en consecuencia menor gasto de combustible.

En su aplicación al automóvil, durante muchos años los motores Diesel han tenido una serie de problemas como ruidos, abundante emisión de humos y una gran lentitud de respuesta al acelerador.

Pero en la actualidad la utilización del sistema de inyección indirecta en precámara de alta turbulencia tipo Ricardo-Comet que está dotada de bujías de precalentamiento para el arranque, ha permitido el portentoso desarrollo de motores rápidos que obtienen su potencia máxima a regímenes del orden de las 4000 rpm y aun superiores, y funcionamiento más suave y silencioso.

Los progresos en sistemas de inyección y los dispositivos para arranque en frío automático y parada del motor por corte de la inyección, asimismo automático, sin tener que recurrir al antiguo estrangulador, han hecho posible reducir la emisión de humos.

La técnica del turbocompresor accionado por los gases de escape, ha dado al Diesel el incremento de potencia necesario para eliminar la pobreza de aceleración.

Un motor actual de inyección indirecta es el turboalimentado.

Se trata de un motor clásico de inyección en antecámara de cuatro cilindros y distribución por árbol de levas lateral con el accionamiento de las válvulas por varillas y balancines. Este motor desarrolla 95 CV a 3500 rpm, disponiendo de un gran par, que es de 22 mkg a 2000 rpm.

El mando de la distribución se efectúa por un tren de engranajes. El piñón del cigüeñal acciona dos piñones intermedios que engranan a su vez con el piñón del árbol de levas y con el piñón de accionamiento de la bomba exterior de aceite.

El piñón del árbol de levas acciona el engranaje de mando de la bomba de inyección. A fin de reducir las vibraciones, en el extremo anterior del cigüeñal va montado un *damper*. El bloque dispone de cinco apoyos para el cigüeñal. Las bielas,

árbol de levas y volante motor son elementos convencionales, pero sobredimensionados para poder soportar los esfuerzos propios de los motores Diesel.

La caja de cambios colocada en el extremo posterior del motor, como es normal en las aplicaciones de motor transversal y tracción delantera, no presenta ninguna particularidad especial, así como tampoco la bomba hidráulica para la dirección asistida.

Los motores con precámara de alta turbulencia son los que han dado un gran paso para los automóviles actuales.

La inyección con precámara presenta ciertos inconvenientes comparándola con la inyección directa, generalmente utilizada en los grandes motores Diesel.

En los motores de inyección indirecta, la alta turbulencia conseguida en la precámara, así como las elevadas relaciones de compresión, permiten alcanzar revoluciones altas, junto con un nivel de ruidos y vibraciones moderado.

Los movimientos de gases de la cámara a la precámara presentan un serio inconveniente que afecta al rendimiento del motor.

Los torbellinos, creados por el movimiento del aire a través del estrecho conducto de comunicación de la precámara, dan lugar a pérdidas energéticas por bombeo, que a su vez obligan a elevar la relación de compresión para intentar compensarlas. Esto se traduce en que los rozamientos internos aumenten reduciéndose el rendimiento mecánico.

En los sistemas de inyección directa, como no existe precámara, no hay pérdidas expuestas y el rendimiento del motor aumenta. La revolución de compresión puede ser mas baja, reduciéndose así las pérdidas por rozamiento, ya que en la inyección directa no es necesario bombear el aire hacia adentro y hacia fuera de la precámara.

Los motores de inyección directa son aproximadamente un 15 % más eficientes que los de inyección indirecta, y más simples en cuanto al arranque, al tener menos pérdidas de calor. La combustión es más completa y el motor desprende menos humos. Ahora bien, su aplicación en los motores rápidos ha tenido que sobreganar dos problemas: los ruidos y vibraciones y el arranque en frío.

La Ford Motor Company es la que ha logrado vencer los problemas de la inyección directa.

Para desarrollar el motor se estudio la mecánica del movimiento del flujo del aire en el interior de la cámara de combustión y a través de colectores y válvulas, el proceso de la combustión y el equipo de inyección.

Se efectuó un fuerte flujo de turbulencia en la admisión mediante el empleo de conductos de admisión en hélice, de una forma muy característica especialmente en la zona anterior de la válvula de admisión.

Para evitar el ruido en el bloque de cilindros se han situado unas determinadas nervaduras, con lo que se consigue hacer el conjunto más rígido al tiempo que se hacen disminuir las vibraciones.

También se utilizan pistones de dilatación controlada, que reducen el juego de pistón y cilindro a tan solo 0,007 mm con independencia de la temperatura del pistón y el bloque.

El rendimiento energético de los motores con inyección directa es netamente superior a los motores de inyección indirecta.

Motores de encendido por chispa.

Cámaras de combustión.

Generalidades.

La cavidad que se encuentra en la parte superior del cilindro constituye la cámara de combustión. Esta cámara es el lugar donde se quema la mezcla de aire combustible. La configuración de la cámara es de suma importancia, ya que la eficacia del motor depende de ello. La cámara de combustión está diseñada para concentrar completamente la fuerza explosiva del combustible que se quema en la cabeza del pistón.

Una cámara de combustión eficiente debe reunir ciertos requisitos:

- Ser pequeña para reducir al mínimo la superficie que absorbe calor al inflamarse la mezcla combustible.
- No tener grietas o rincones que causen combustión espontánea o golpeteo (cascabeleo).
- Debe poseer un espacio para la bujía, la cual idealmente se debe colocar en el centro de la cámara con el fin de reducir el tiempo necesario, para que se inflame toda la mezcla combustible, ya que la velocidad con que avanza la llama de la combustión en la cámara está limitada.

Combustión en los motores de encendido por chispa.

La mezcla se enciende por la chispa eléctrica y se quema en el proceso de propagación de la llama turbulenta.

Existen tres fases:

- Fase Inicial:

Desde que salta la chispa en la bujía hasta el punto donde empieza el incremento brusco de la presión.

En las zonas de altas temperaturas entre los electrodos de la bujía surge un pequeño foco de combustión que se convierte en un frente de llama turbulenta, siendo el porcentaje de la mezcla que se quema muy bajo.

La velocidad de llama es relativamente baja y solo depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla.

- Fase Principal:

La llama turbulenta se propaga por toda la cámara de combustión, cuyo volumen casi es constante y el pistón se encuentra cerca del punto muerto superior (PMS).

La velocidad de propagación depende de la intensidad de la turbulencia lo que es a su vez directamente proporcional a la frecuencia de rotación del cigüeñal.

Cuando el frente de la llama llega a las paredes, como hay menos turbulencia, la velocidad disminuye.

- Fase de combustión residual:

Se quema la mezcla detrás del frente de llama.

La presión ya no crece por que ya se produce la carrera de expansión y hay transmisión de calor a las paredes.

La velocidad de la combustión en las paredes y detrás del frente de la llama es lenta y depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla. Para aumentar esta velocidad hay que crear turbulencia en las zonas de combustión residual.

Forma de la cámara de combustión.

Sabemos que la turbulencia que se logra en el proceso de admisión es importante pero se mejora con el traspaso de la mezcla a la cámara de combustión, consiguiéndose acelerar la combustión residual.

Para que se logre una mejor combustión en los motores de combustible ligero y disminuir su toxicidad se debe:

- Aumentar la intensidad de la chispa que salte de la bujía.
- Crear turbulencia de la mezcla o carga en la admisión, que reduce la duración de la combustión y la uniformidad de los ciclos consecutivos.
- Estratificar la mezcla, lo que consiste en que la mezcla cerca de la bujía sea la mas rica y se empobrezca a medida que se aleja de la bujía.

Principales alteraciones de la combustión normal en los motores de encendido por chispa.

Detonación.

La detonación es la repercusión contra las paredes de la cámara de ondas de choque que se forman en los gases; lo que hace que haya vibraciones de presión al final de la combustión que se va amortiguando. Externamente se siente como un golpeteo metálico.

Cuando la detonación es pequeña el golpeteo no surge en cada ciclo, en cambio cuando la detonación es intensa, la frecuencia de golpeteo es grande (mayor a 5000 Hz), surge en cada ciclo, la potencia del motor disminuye y se expulsan humos negros.

La detonación es mala porque:

- Las ondas de choque aumentan el desprendimiento de calor con lo que se sobrecalienta el motor y se pueden destruir algunas piezas de la cámara.
- Se destruye la película de aceite por lo que se desgasta y corroe mas la parte superior del cilindro.
- Como vibraciones de fuerza sobre el pistón se destruyen las capas antifricción de los casquetes (cojinetes) de biela.

La detonación surge debido a:

- La elevada reacción de la mezcla que hace que surja combustión delante del frente de llama.
- Calentamiento de las ultimas partes de la carga y mal diseño de la cámara de combustión.

La detonación se puede impedir con:

- Gran turbulencia de la mezcla.
- Pequeño recorrido del frente de llama.
- Existencia de expulsores en las zonas donde se encuentra la ultima carga para que esta se enfríe y no haya focos de autoencendido.
- La tendencia a detonación disminuyen con cámaras de combustión pequeñas.

Autoencendido prematuro.

Se produce cuando las piezas de la cámara de combustión se encuentran muy calientes provocando que la mezcla se encienda antes que haya saltado la chispa de la bujía; manifestándose en forma de golpes secos.

Para evitar el autoencendido prematuro se deben utilizar bujías con gran resistencia al recalentamiento "grado térmico".

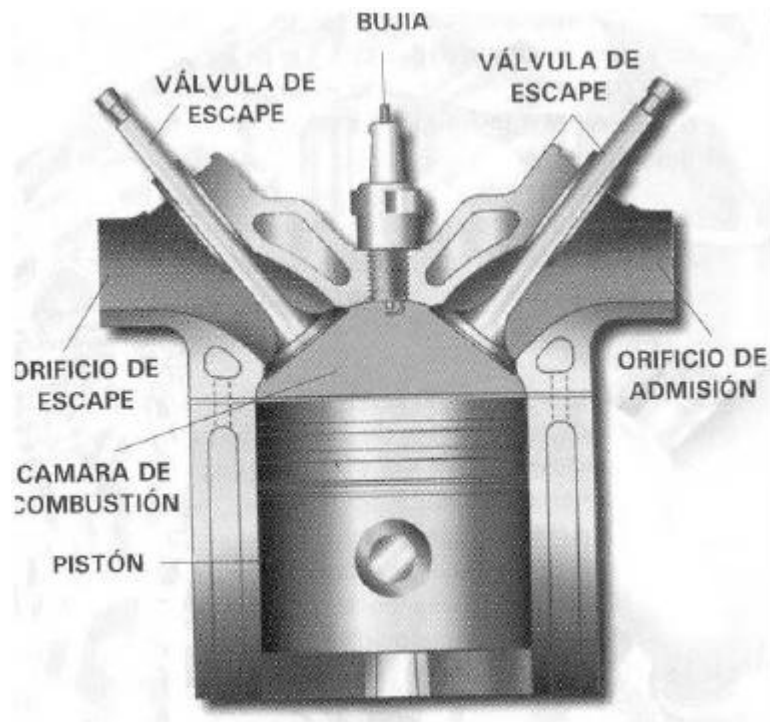
Autoencendido por compresión estando el sistema de encendido desconectado.

Debido a elevadas relaciones de compresión se alcanzan presión y temperaturas suficientes para el encendido de la mezcla a bajas r.p.m. del motor (300 a 400). Para que no exista ese autoencendido, además de desconectar el sistema de ignición, se debe cortar el suministro de combustible.

Tipos de cámara de combustión.

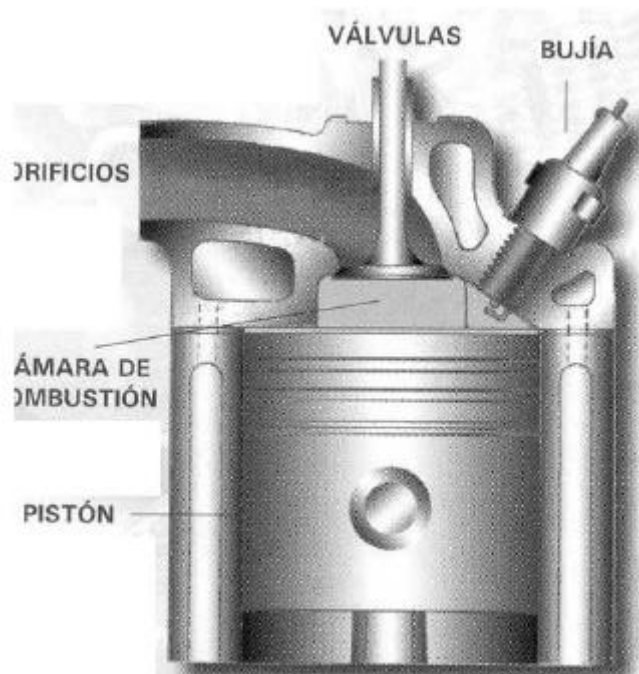
Cámara de combustión hemisférica.

Posee suficiente espacio para que los orificios de admisión y de escape sean de gran tamaño, que sirve para que el motor tenga un máximo de entrada y salida de gases en cada cilindro, lo cual produce gran potencia cuando el motor esta muy revolucionado. La bujía colocada en el centro, inflama toda la mezcla combustible en el menor tiempo posible.



Cámara de tina.

Tiene la forma de una tina invertida con las válvulas en la parte inferior de la misma. Ya que las válvulas se pueden colocar en una sola hilera, el mecanismo que las hace funcionar es muy sencillo. La forma alargada y ovalada de la tina controla la turbulencia excesiva, y las paredes lisas por donde sube el pistón hasta el tope, hacen que se produzcan los chorros necesarios para que la mezcla forme turbulencias o remolinos. Los cilindros de gran diámetro y cortas cerreras del pistón hacen posible el uso de las válvulas grandes, para lograr el paso adecuado de los gases.

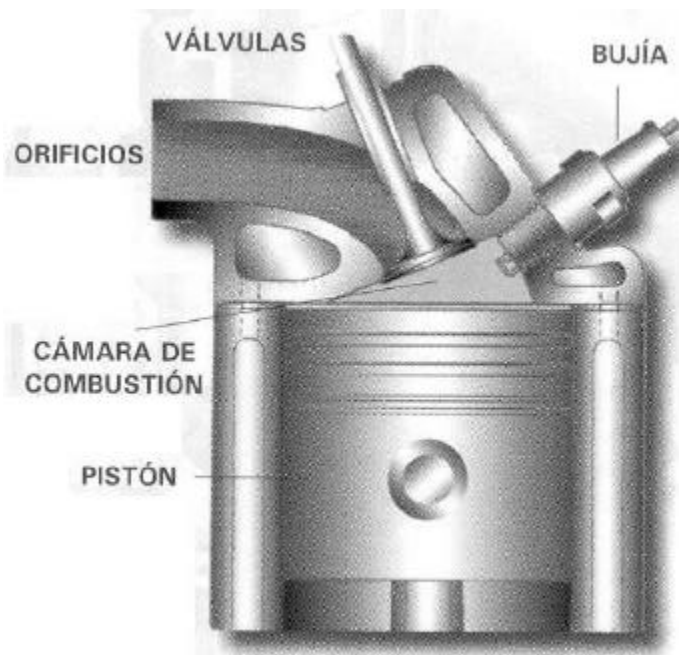


Cámara en forma de cuña.

Es mas bien reducida. El corto recorrido de la llama (que va desde la bujía al punto más distante de la cámara) reduce la propensión al autoencendido (pre-ignición) o detonación. La explosión produce remolinos turbulentos cuando el pistón expulsa la mezcla de la zona mas estrecha. La turbulencia mantiene bien mezclado el aire y el combustible de principio a fin, para que exista combustión uniforme. La expulsión también enfría la mezcla que se encuentra en las esquinas y reduce los puntos calientes que causen autoencendido.

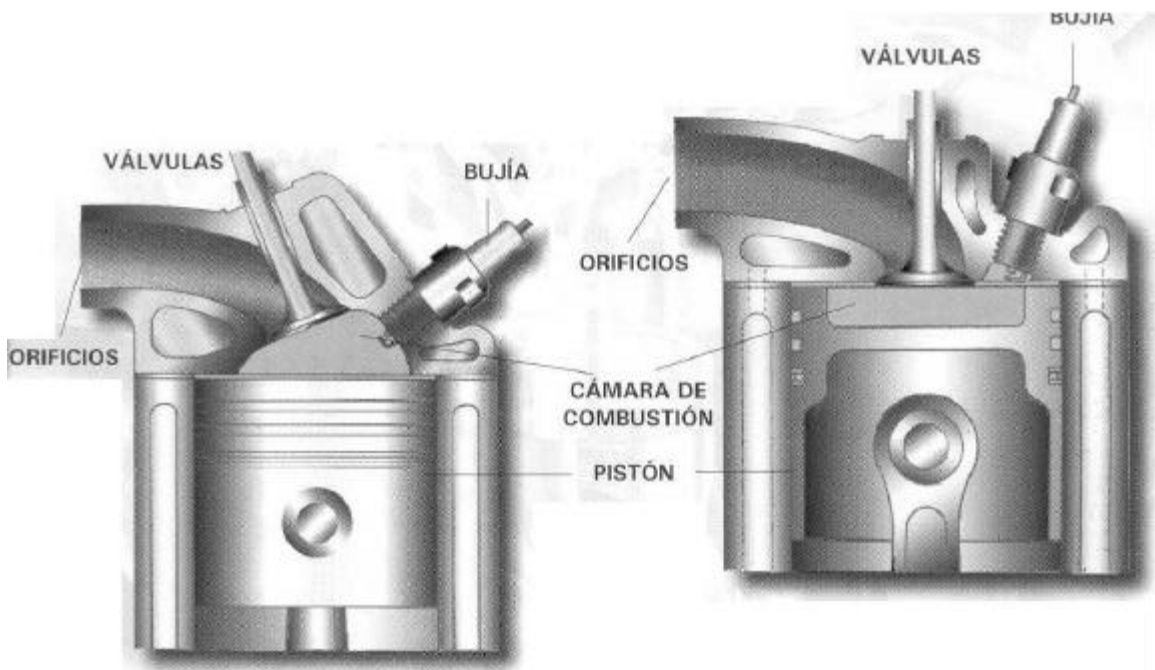
Cámara de expulsión.

Es una variante de cualquiera de las formas comunes. La zona de expulsión es la superficie plana de la cabeza, la cual casi toca la cabeza del pistón. Cuando este sube en el tiempo de compresión, expulsa los gases quemados a chorros y en forma de remolino hacia la cámara de combustión. El movimiento hace que el aire y el combustible se mezclen totalmente logrando una vaporización y una combustión mas completa. La mezcla se enfría al rozar las paredes de la cámara, que están menos calientes gracias a los conductos de enfriamiento.



Cámara situada en la cabeza del pistón.

La cámara de combustión situada en la cabeza del pistón, la poseen los motores diesel y algunos motores de gasolina para automóviles europeos. Desaparece la ventaja de fabricar pistones con cabeza plana y eleva el costo de fabricación de este tipo de pistones y aumenta el peso de estos.



Bibliografía consultada:

- 1) **Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz** – N°: 3 – Edit. CODESIS – Edic. 1999.
- 2) **Como funciona (Enciclopedia Salvat de la técnica)** – Vol. 4; Fascículo 46 – Edit. Salvat – Edic. 1982.
- 3) **Manual practico del automóvil (Motor Diesel)** – Edit. Cultural – Edic. 1987.