



Curso Piloto Comercial de Avión



Materia: Grupo Motopropulsor

Generalidades del motor alternativo

El motor alternativo de aviación o motor a pistón esta formado por una serie de cilindros donde se comprime la mezcla aire-combustible y se inflama. La mezcla se prepara previamente en un dispositivo denominado carburador o en un sistema de inyección. La combustión de la mezcla produce un incremento de la presión del gas en el interior del cilindro, aplicándose esta sobre el pistón. El movimiento lineal del pistón (ascendente y descendente dentro del cilindro) se transforma finalmente en un movimiento circular mediante un sistema articulado que hace girar el eje del motor.

Según su diseño y principio de funcionamiento los motores a pistón pueden ser de dos o cuatro tiempos, alimentados por combustibles diesel o gasolina.

En aviación los motores a pistón son, en su gran mayoría, de cuatro tiempos alimentados a gasolina, razón por la cual solo nos dedicaremos a estudiar este tipo de motores.

Componentes básicos del motor a pistón:

Cárter

Es el soporte básico del motor y cumple las siguientes funciones:

- Constituye el armazón estructural del motor, al cual se unen los cilindros y donde se apoya el cigüeñal.
- Es el conjunto a través del cual se une el motor al avión.
- Es el sumidero de aceite lubricante en los motores pequeños.
- Todos los esfuerzos de torsión, vibración, etc., del motor, son absorbidos por el cárter, de ahí que su construcción responda a los requisitos de resistencia mecánica que imponen estas cargas.



© Gary Brossett, 2

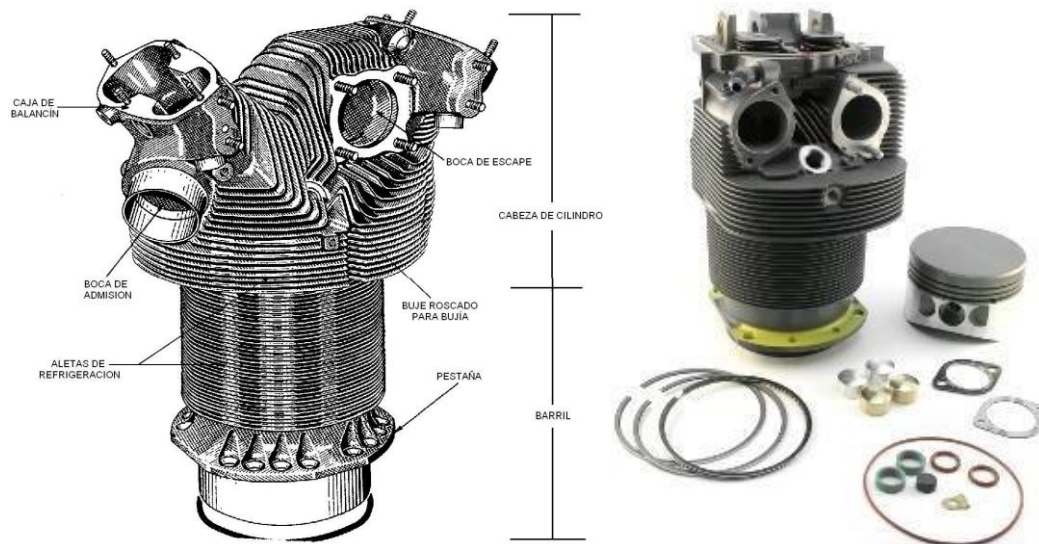
Existen 2 tipos de CARTER: SECO Y HÚMEDO.

El cárter húmedo contiene el aceite de lubricación del motor, por lo tanto, el sumidero del cárter mantiene un cierto nivel de aceite que es aspirado por la bomba y puesto en circulación por las tuberías o pasadizos internos del motor. El cárter seco, como su nombre lo indica, no almacena el aceite en el fondo del mismo, sino en un depósito independiente. El aceite circula impulsado por la bomba de aceite desde el depósito a todos los puntos de lubricación. Allí es recogido por las bombas de recuperación que lo retornan al depósito.

Cilindro

Es la porción del motor donde se desarrolla la potencia. Se utiliza como cámara de combustión donde se queman los gases y en donde tiene lugar la expansión de los mismos. Allí se aloja el pistón y la biela.

Cada cilindro se compone de dos partes: CABEZA y BARRIL.



La cabeza va roscada en el barril del cilindro. Los barriles son fabricados y maquinados de acero al cromo níquel molibdeno. La superficie interior del barril es endurecida por medio de un tratamiento térmico conocido como nitrurado, con lo cual el barril puede resistir el desgaste provocado por el continuo movimiento del pistón y sus aros.

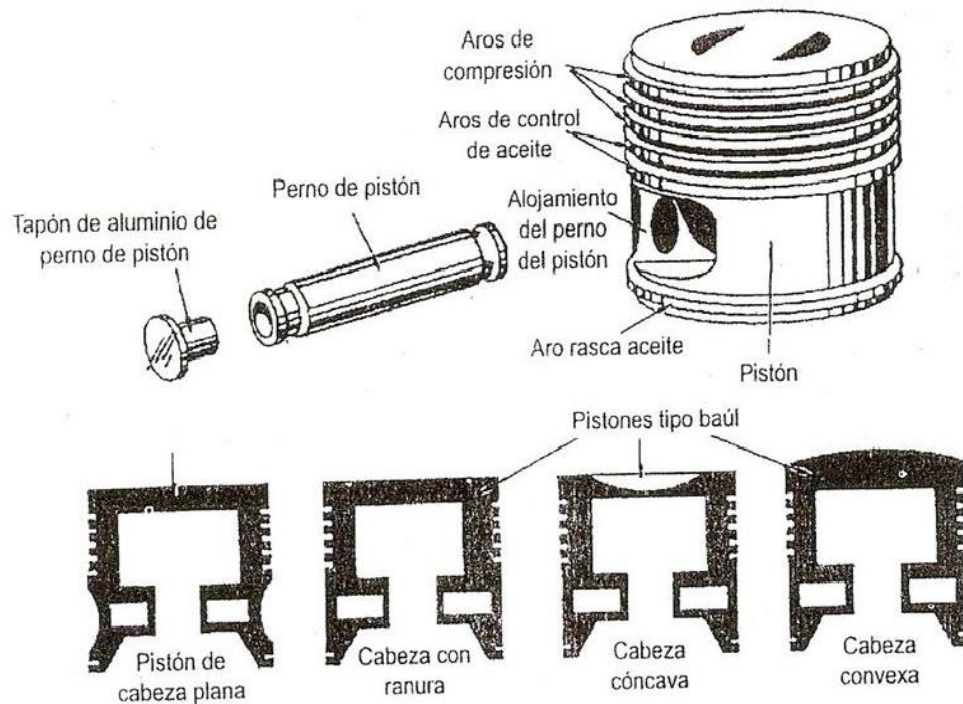
Pistones

El pistón es un miembro cilíndrico que se mueve en forma alternativa dentro del cilindro, actuando como una pared móvil de la cámara de combustión.

Los pistones son fabricados y maquinados con aleaciones de aluminio forjado.



La parte superior del pistón se denomina “cabeza”, la parte inferior “pollera” y las ranuras acomodan los aros del pistón.



Los aros sellan la pequeña holgura que debe haber entre el pistón y la pared del cilindro, también controlan el flujo de aceite entre las paredes laterales del pistón y el cilindro.

En la parte superior van montados los aros de compresión, luego van colocados los aros de control de aceite y en la parte inferior un aro “rascador” de aceite para evitar el excesivo consumo de este.

El orificio donde va colocado el perno de pistón es de gran resistencia para soportar las elevadas cargas que recibe el pistón y que son transferidas al perno.

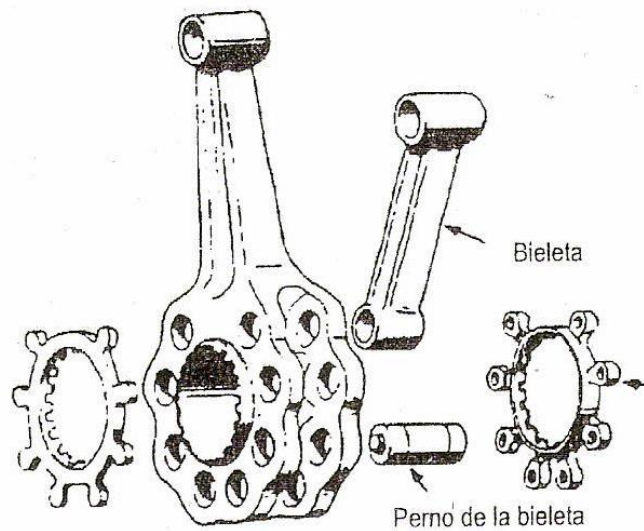
Bielas

Su finalidad es la de convertir un movimiento alternativo como el de los pistones en movimiento giratorio del cigüeñal.

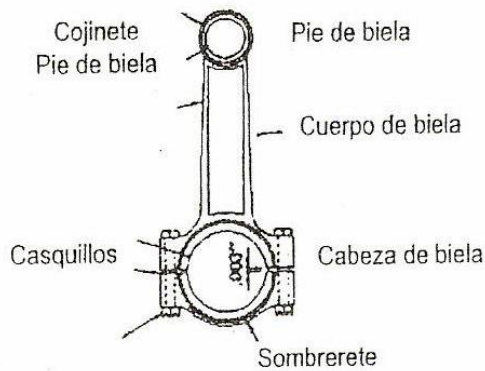
Estas deben ser resistentes para soportar las cargas, como así también livianas para reducir las fuerzas de inercia.



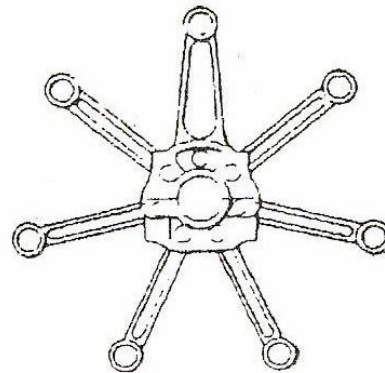
TIPOS DE BIELA



BIELA MAESTRA DE UNA SOLA PIEZA



BIELA SIMPLE



BIELA MAESTRA TIPO PARTIDO

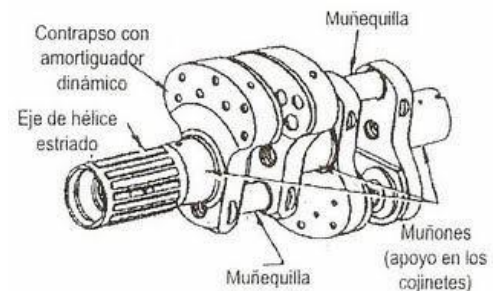
Cigüeñal

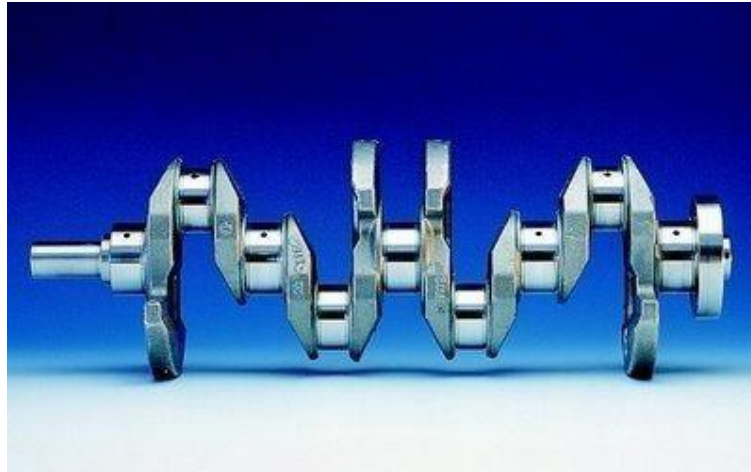
La finalidad del cigüeñal es transformar el movimiento recíproco (arriba y abajo) de los pistones, en movimiento giratorio del eje de la hélice. Esto se efectúa mecánicamente, conectando los pistones y el cigüeñal por medio de las bielas.

Son forjados de aleaciones de acero muy resistente tales como cromo, níquel y molibdeno.

El cigüeñal va montado en el cárter sobre cojinetes de fricción.

CIGÜEÑAL DE MOTOR RADIAL DE ESTRELLA DOBLE





El muñón es la sección central del cigüeñal donde toma contacto con el cárter.

La muñequilla va soportada por los brazos del cigüeñal y en ella se monta la cabeza de la biela.

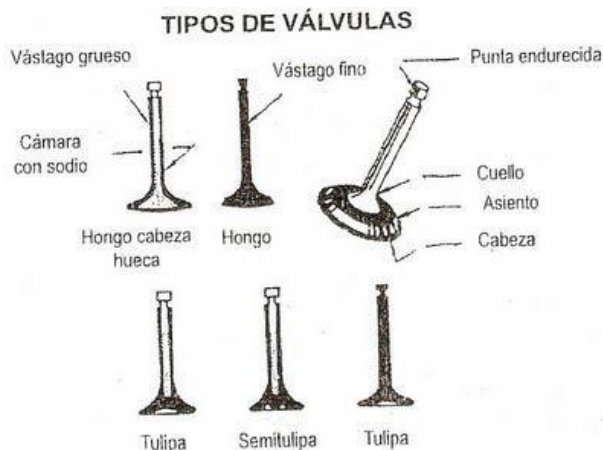
En los brazos se instalan contrapesos que balancean los impulsos de potencia impuestos por la muñequilla opuesta.

En la mayoría de los cigüeñales se montan amortiguadores dinámicos montados sobre los contrapesos mejorando el balanceo del cigüeñal, asegurando el trabajo del mismo sin vibraciones.

Válvulas

La mezcla aire-combustible entra en los cilindros por las bocas de las válvulas de admisión y los gases quemados son expulsados por las bocas de las válvulas de escape.

Las válvulas utilizadas en motores de aviación son del tipo en forma de HONGO o TULIPA.



Debido a las altas temperaturas y esfuerzos se las fabrica de una sola pieza con aceros especiales.

Los vástagos de las válvulas son endurecidos para que resistan el desgaste.

Al extremo del vástago se le suelda una punta endurecida para que resista el desgaste provocado por el martilleo permanente impuesto por el mecanismo de operación de la válvula.

Las válvulas deben asegurar un buen contacto o sello entre su cara y el asiento colocado en el cilindro. Si esto no se cumple las pérdidas de presión conocidas como “Soplado de Válvula” no solo producen pérdida de potencia sino también la destrucción del asiento de las válvulas.

Mecanismo de operación de válvulas (árbol de levas)

Las válvulas disponen de uno o más resortes que producen continuamente una presión para el cerrado de las válvulas. Por lo tanto las mismas se abren únicamente ante la acción del mecanismo de operación.

Este mecanismo comienza en el ARBOL DE LEVAS, el cual recibe movimiento del cigüeñal en la caja de accesorios a través de engranajes. Al girar, la leva acciona un BOTADOR, el cual actúa como amortiguador y transfiere movimiento a una varilla la cual a su vez empuja el BALANCÍN.



El giro del BALANCÍN presiona sobre la punta del vástago de la válvula produciendo su apertura.

Después del paso de la leva, el resorte cierra la válvula.

Cabe destacar que los motores de cilindros opuestos utilizan un eje de levas (ARBOL DE LEVAS), que están dispuestas de tal forma para accionar a todas las válvulas en la secuencia correcta.

Por otro lado, los motores radiales, utilizan un plato con levas para cada una de las estrellas. El PLATO DE LEVAS tiene dos pistas con levas, una abre y cierra las válvulas de admisión y la otra pista las válvulas de escape.

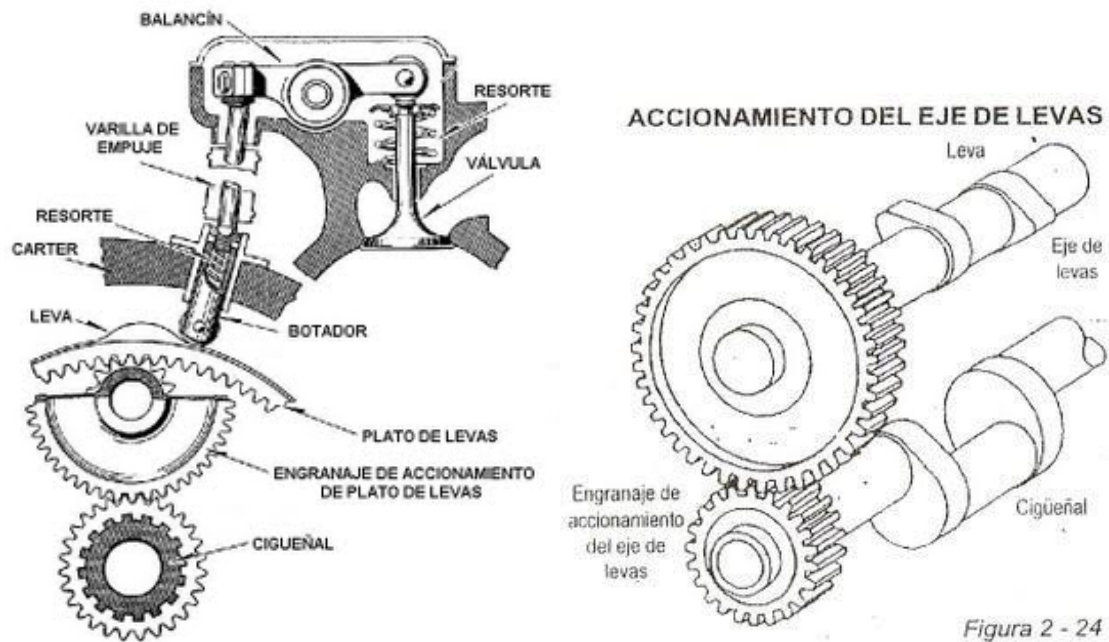


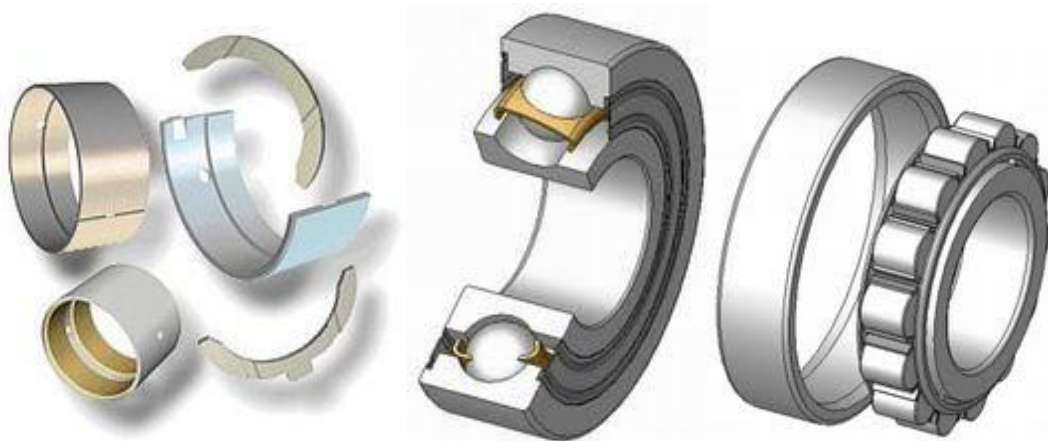
Figura 2 - 24

Cojinetes

La función de los COJINETES es la de reducir la fricción, transferir cargas adecuadamente y permitir la rotación de las partes y unidades con un movimiento muy preciso.

Existen 3 tipos de cojinetes:

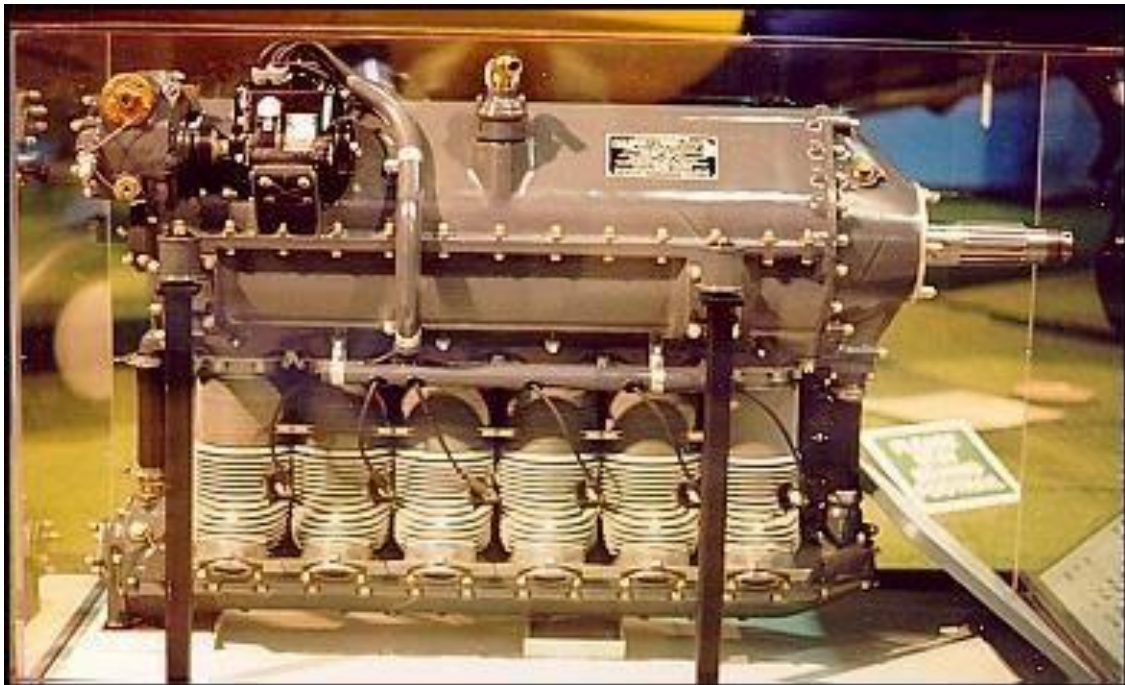
- COJINETES DE FRICCIÓN
- COJINETES A BOLILLAS
- COJINETES A RODILLOS.



Clasificación de los motores a pistón según la disposición de los cilindros:

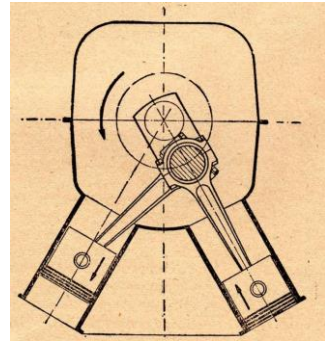
Motores en línea:

Este tipo de motor posee los cilindros alineados en una sola fila. Normalmente tienen una cantidad par de cilindros, pero existen casos de motores en línea con cilindros impares; esto se debe a que el balance de potencia producido es más fácil de equilibrarse con una cantidad par a lo largo del cigüeñal. La principal ventaja de un motor en línea es que permite que el avión pueda ser diseñado con un área frontal reducida que ofrece menor resistencia aerodinámica. Si el cigüeñal del motor está ubicado encima de los cilindros se le llama un motor en línea invertido; esta configuración permite que la hélice sea montada en una posición más alta, a una mayor distancia del suelo, permitiendo un tren de aterrizaje corto. Una de las desventajas de un motor en línea es que ofrece una relación potencia a peso inferior, debido a que el cárter y el cigüeñal son largos y por tanto más pesados. Este tipo de motores eran habituales en los primeros aviones, incluido el Wright Flyer, la primera aeronave en realizar un vuelo controlado con motor. Sin embargo, las desventajas inherentes del diseño pronto se hicieron evidentes, y el diseño en línea fue abandonado a favor del motor en V, siendo una rareza en la aviación moderna.



Motores en V

En este tipo de motores los cilindros están dispuestos en dos bancadas inclinadas con una diferencia de entre 30 y 60 grados, es decir, en forma de V. Estos ofrecen una relación potencia a peso mayor que un motor en línea, mientras que siguen manteniendo un área frontal reducida. Quizás el más famoso ejemplo de este tipo de motores sea el legendario Rolls Royce Merlin, un motor V12 60° de 27 litros usado, entre otros, en los cazas británicos Supermarine Spitfire y Hawker Hurricane, que jugaron un importante papel en la Batalla de Inglaterra, y en el exitoso bombardero, también británico, Avro Lancaster. La Serie DB 600 de Daimler-Benz también es un buen ejemplo de motores V12, en este caso, que equipaban muchos aviones alemanes de la Segunda Guerra Mundial.



Motores radiales

El motor radial o en estrella apareció hacia 1925. Este tipo de motores tienen una o más filas de cilindros distribuidos circularmente en torno al cigüeñal. Cada fila tiene un número impar de cilindros para que el motor tenga un buen funcionamiento.

De cuatro tiempos y refrigerados por aire, los motores radiales sólo tienen una muñequilla en el cigüeñal por cada fila de cilindros y por tanto un cárter relativamente pequeño (a veces separado), ofreciendo una buena relación potencia a peso.



Debido a que la disposición de los cilindros expone muy bien las superficies de irradiación de calor del motor al aire y tiende a cancelar las fuerzas recíprocas, los radiales suelen enfriar de forma uniforme y durable.

El gran salto de estos motores fue permitir mayor potencia con menos peso, y mayor confiabilidad que los motores rotativos, que a diferencia de estos tenían un bloque fijo. Tienen menor complejidad del conjunto en comparación a los motores en línea o en V ya que no necesitan del sistema de refrigeración por líquido.

En los aviones militares desarrollados durante la Segunda Guerra Mundial, la gran área frontal que caracteriza a este tipo de motores actuó como una capa extra de blindaje para el piloto. Sin embargo, esa gran área plana frontal también hace que el avión tenga un perfil aerodinámico ineficiente. Otro inconveniente es que los cilindros inferiores, que están debajo del cárter, pueden llenarse de aceite cuando el motor está parado durante un largo periodo, y si el aceite no es retirado de los cilindros antes de arrancar el motor, se pueden producir graves daños en los componentes por bloqueo hidrostático.

Estos motores se produjeron hasta comienzos de la década de 1960, cuando fueron desplazados definitivamente por otro tipo de motores.

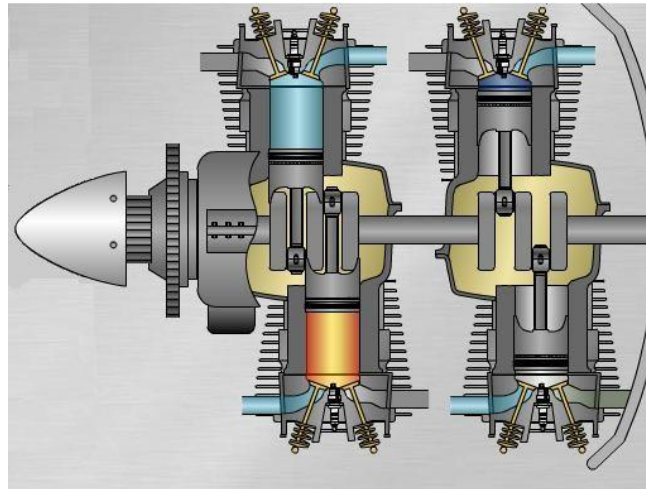
Motores en cilindros en oposición

Un motor en oposición tiene dos bancadas de cilindros ubicadas en los lados del cárter una en contraposición de la otra. Este tipo de motor es montado con el cigüeñal en posición horizontal en aviones, pero puede ser montado con el cigüeñal en posición vertical en helicópteros. Debido a la disposición de los cilindros, las fuerzas recíprocas tienden a cancelarse, resultando en un



buen funcionamiento del motor en una geometría relativamente compacta. A diferencia del motor radial, no padece ningún problema de bloqueo hidrostático.

Relativamente pequeños, livianos y económicos, los motores de cuatro o seis cilindros opuestos refrigerados por aire son lejos los motores más comúnmente usados en pequeñas aeronaves de aviación general que requieren una potencia no superior a 400 HP (300 kW) por motor. Las aeronaves que necesitan una potencia superior en cada motor tienden a ser propulsados por motores de turbina.



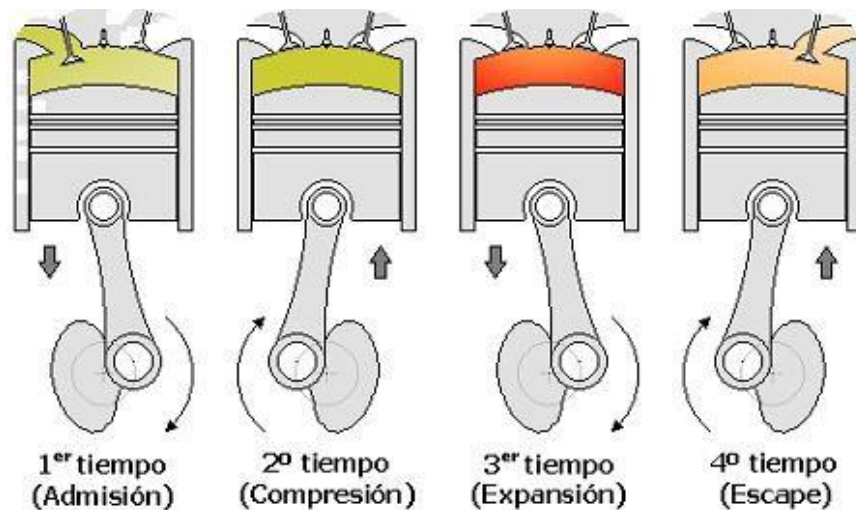
Principio de funcionamiento del motor a pistón de cuatro tiempos (Ciclo Otto)

El ciclo de un motor de combustión interno puede definirse como la serie completa de acontecimientos que ocurren antes de que vuelvan a repetirse.

El motor con ciclo de 4 tiempos necesita 4 movimientos de cada pistón, dos hacia arriba y dos hacia abajo (dos revoluciones completas del cigüeñal).

Para completar dicho ciclo se desarrollan 4 tiempos, a saber:

- Admisión
- Compresión
- Expansión
- Escape



Admisión

Es la primera etapa del ciclo Otto y empieza cuando el pistón está colocado en la parte superior del cilindro. Con la válvula de escape cerrada y la admisión abierta, el pistón se mueve hacia abajo provocando la admisión de la mezcla, al producirse un vacío parcial en el interior del cilindro. La presión atmosférica, por ser

mayor que la que existe en el interior del cilindro, hace que entre aire por el carburador, donde se mezcla en proporciones adecuadas con el combustible.

Esta mezcla pasa por el tubo de admisión múltiple al interior del cilindro.

Cuando el pistón llega al punto muerto inferior (PMI), la presión en el interior del cilindro sigue siendo algo menor que la presión atmosférica exterior y la mezcla continua entrando en el cilindro. La válvula de admisión sigue abierta mientras que el pistón inicia el movimiento hacia arriba hasta que la posición de la leva hace que la válvula se cierre. La distancia que recorre el pistón hacia arriba hasta que cierra la válvula es realmente muy pequeña.

Compresión

La compresión en un motor de 4 tiempos, sigue inmediatamente a la admisión.

Ambas válvulas están cerradas y el pistón, al moverse hacia arriba dentro del cilindro, comprime la mezcla aire-combustible. Al terminar esta etapa el pistón ha completado dos movimientos, uno hacia abajo y el otro hacia arriba y el cigüeñal un círculo completo o sea 360°.

Expansión

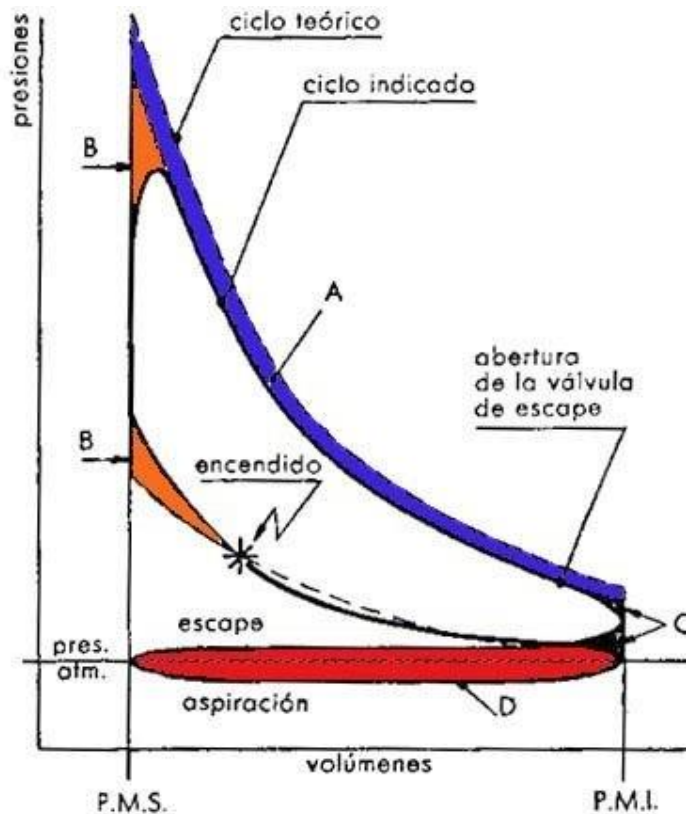
Cuando el pistón ha llegado al punto muerto superior (PMS) la mezcla aire-combustible que entró al cilindro durante la admisión ha quedado comprimida. En este momento del ciclo dicha mezcla se inflama por medio de una chispa producida por la bujía y se verifica la combustión. Debido al calor generado por la combustión, se expanden los gases y se produce una alta presión en el interior del cilindro. Esta presión actúa en forma de "empuje" contra la cabeza del pistón, obligándolo a bajar, lo que constituye la transmisión de la energía al cigüeñal en forma de fuerza de torsión o rotatoria.

Escape

Cuando el pistón se acerca al punto muerto inferior (PMI) la válvula de escape se abre disminuyendo la presión en el interior del cilindro. Esta válvula permanece abierta mientras el pistón se mueve hacia arriba, hasta que llega al punto muerto superior (PMS). Cuando el pistón alcanza la posición más alta se cierra la válvula de escape. En la mayoría de los motores la válvula de escape se cierra poco después de alcanzado el punto muerto superior (PMS) y antes de que el pistón llegue a la parte superior (finalizando el escape) comienza a abrirse la válvula de admisión, permitiendo esto que esté abierta totalmente cuando el pistón baja de nuevo para iniciar la admisión siguiente.

Diagrama del ciclo

Si analizamos los cuatro tiempos en un diagrama de presión y volumen podemos ver las siguientes curvas:



En el gráfico podemos apreciar que se habla de dos tipos distintos de ciclos: el real o indicado y el teórico. El ciclo teórico es el que se utiliza normalmente para explicar el proceso a aquellos alumnos que se inician en el estudio de un grupo motopropulsor. El ciclo indicado es el que explica lo que realmente sucede dentro del cilindro.

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 rectilíneos de introducción y sustracción del calor por trazos curvos y el redondeamiento de los ángulos agudos.

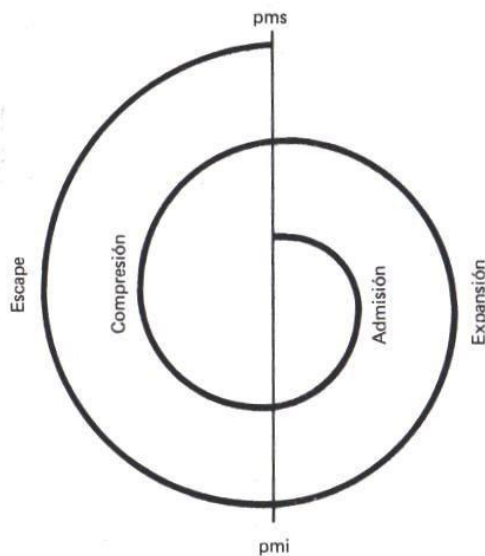
Las causas de tales diferencias se fundan en las siguientes razones:

1. Pérdidas de calor. En el ciclo teórico son nulas pero bastante importantes en el real. Como el cilindro está refrigerado para asegurar el buen 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. Se produce, por lo tanto, una pérdida de trabajo útil correspondiente a la superficie A de la figura.
2. Combustión no instantánea. En el ciclo teórico se supone que la combustión se realiza a volumen constante, es decir, en forma instantánea. En el ciclo real, por el contrario, la combustión dura un cierto tiempo. Si el encendido

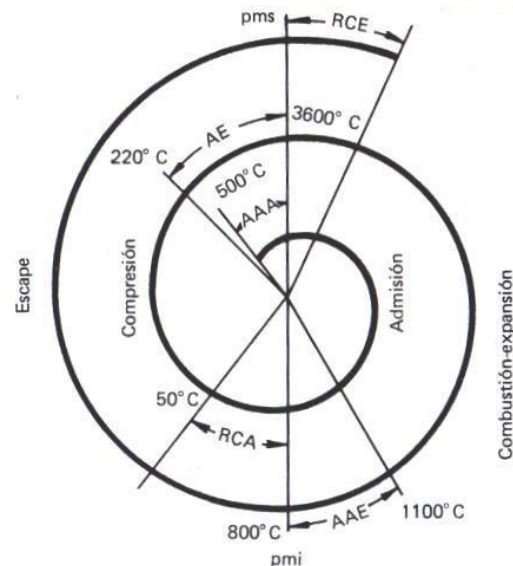
tuviere lugar justamente en el P.M.S., la combustión ocurriría mientras el pistón se aleja de dicho punto, y el valor de la presión sería inferior al previsto, con la correspondiente pérdida de trabajo útil. Por ello, es necesario anticipar el encendido de manera tal que la combustión pueda tener lugar, en su mayor parte, cuando el pistón se encuentra en la proximidad del P.M.S. Esto produce un redondeamiento de la línea teórica 2-3 de introducción del calor y, por tanto, una pérdida de trabajo útil representada por el área B. Pero esta pérdida resulta menor de la que se tendría sin adelantar el encendido.

3. Tiempo de apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. El ciclo teórico supone que la apertura y cierre de las válvulas ocurre en forma instantánea, pero sabemos que esto es físicamente imposible. En el ciclo real, para mejorar el vaciado y llenado del cilindro, las válvulas se abren con anticipación y se cierran con retraso.

Diagrama de válvulas



Ciclo teórico



Ciclo real

AAA: Adelanto de Apertura de válvula de Admisión

AAE: Adelanto de Apertura de Válvula de Escape

RCA: Retraso de Cierre de válvula de Admisión

RCE: Retraso de Cierre de válvula de Escape

AE: Adelanto de Encendido.

Especificaciones y conceptos básicos del motor a pistón:

Trabajo y potencia

La física define como trabajo el desplazamiento de un cuerpo por efecto de una fuerza.

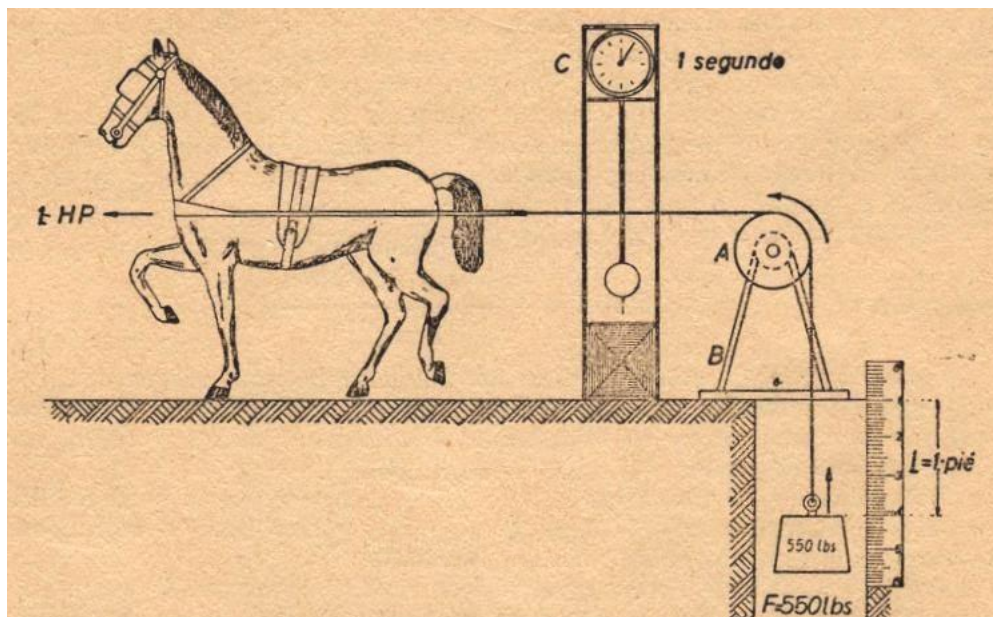
El trabajo se mide en términos numéricos multiplicando la fuerza ejercida por la distancia recorrida, es decir, si movemos un cuerpo con la fuerza de un kilogramo para que recorra 1 metro, estamos efectuando un trabajo de 1 kg. x metro. A mayor fuerza ejercida mayor trabajo efectuado.



La potencia es trabajo mecánico que incorpora en su valor el parámetro tiempo, es decir, la potencia se expresa con un número que cuantifica el trabajo efectuado durante un lapso de tiempo. Mientras más rápido se realiza el trabajo **la potencia que se desarrolla es mayor.**

La medida de potencia en aviación es el HP, de Horse Power o Caballos de potencia (mal llamado Caballos de fuerza).

1 HP es igual a levantar 550 libras a 1 pie de altura en 1 segundo. La capacidad de ejercer potencia en un motor es limitada y depende de la fuerza de expansión que logran los gases en el cilindro. El torque máximo se consigue cuando el rendimiento volumétrico (% de llenado de los cilindros) es máximo.



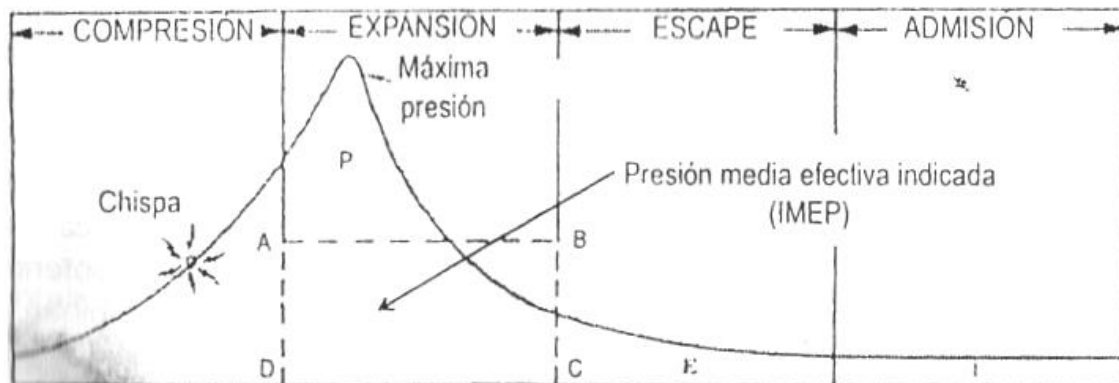
La potencia en términos generales expresa la capacidad para ejecutar un trabajo en el menor tiempo posible. Una fuente de energía que puede mover 1 kg de peso por una distancia de 1 metro en un sólo segundo es más 'potente' que otra capaz de desplazar el mismo peso en 2 segundos.

Presión media efectiva

El calor que se genera en la cámara de combustión cuando se quema la mezcla produce fuerza de expansión en los gases presentes. Esta característica expansiva de los gases es lo que ejerce la fuerza para generar el movimiento del motor.

Llamamos **Presión Media Efectiva** a la presión promedio que ejercen los gases durante la carrera de expansión en un motor.

Comparando dos motores iguales, aquél que es capaz de quemar apropiadamente mayor cantidad de combustible, dispone de mayor presión de expansión para impulsar los pistones.



Rendimiento Volumétrico

Como el tiempo de admisión es demasiado breve, los gases de mezcla fresca dentro del cilindro nunca alcanzan el valor de la presión atmosférica. Comparando dos motores iguales, el que sea capaz de llenar en mejor forma sus cilindros será el más eficiente.

Se denomina **rendimiento volumétrico** al porcentaje de presión de llenado de un cilindro. Por ejemplo, si la presión barométrica es de 1.000 milibares, el motor tendrá un 80% de rendimiento volumétrico cuando los gases en sus cilindros alcanzan una presión de 800 milibares, antes de comenzar la carrera de compresión. Entre dos motores iguales, el que tiene mayor rendimiento volumétrico genera más potencia puesto que dispone de mayor número de moléculas de oxígeno que le permiten quemar mayor cantidad de combustible.

Rendimiento térmico

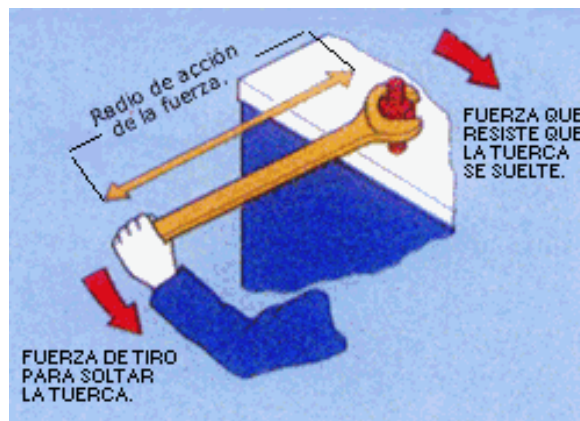
Un motor de pistones, alimentado con gasolina, no es capaz de alcanzar 100% de **eficiencia térmica**, es decir, no puede aprovechar todo el calor generado por la combustión para transformarlo en fuerza motriz. Los motores de combustión interna a gasolina son derrochadores, su eficiencia térmica es bastante pobre. Alrededor de 30% de la energía calórica que disponen la transforman en movimiento y la otra parte la disipan (pérdida) hacia la atmósfera. Su popularidad se basa en la agilidad de aceleración que presentan, a diferencia de otros tipos como el diesel que arrojan mejor eficiencia térmica pero son más lentos.

No todos desperdician igual cantidad de calor durante su funcionamiento. Comparando motores de características iguales, se considera más eficiente a aquel que utilice mejor porcentaje de calor para producir fuerza motriz. Variadas son las razones por la cual un motor puede cambiar su eficiencia térmica. Como ejemplo, podemos mencionar un motor que está siendo refrigerado en exceso, es decir, su sistema de refrigeración no es el apropiado ya que retira mayor calor que el adecuado. Como consecuencia de esto el conjunto opera a temperaturas menores y su fuerza motriz decae.

Fuerza de Torsión y par motor

El torque o par es el nombre que se da a las fuerzas de torsión. Para que la torsión exista se requieren 2 fuerzas (par) que se ejercen en sentido opuesto.

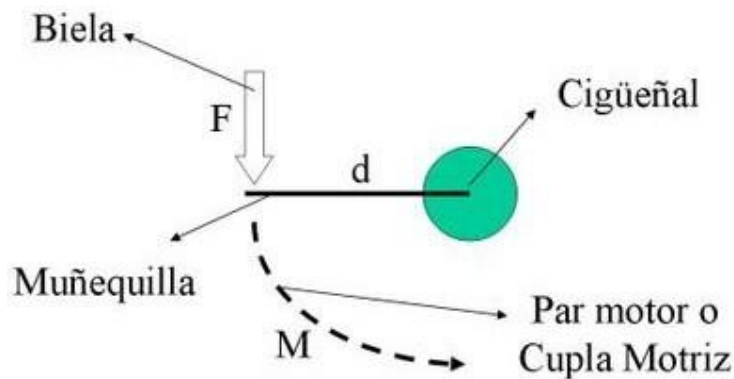
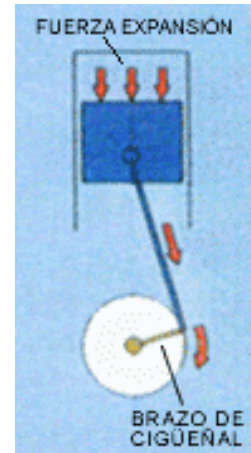
El valor del par depende del radio de acción de la fuerza (brazo). La mayor o menor torsión que genera una fuerza, depende de la distancia al punto de pivote. A mayor brazo mayor par.



El par o torque es un número que expresa el valor de la fuerza de torsión. Se expresa en kilos x metros, es decir, si ejercemos una fuerza de 1 kilo con un brazo de 1 metro el torque o par será de 1 kilo x metro (1 kilográmetro).

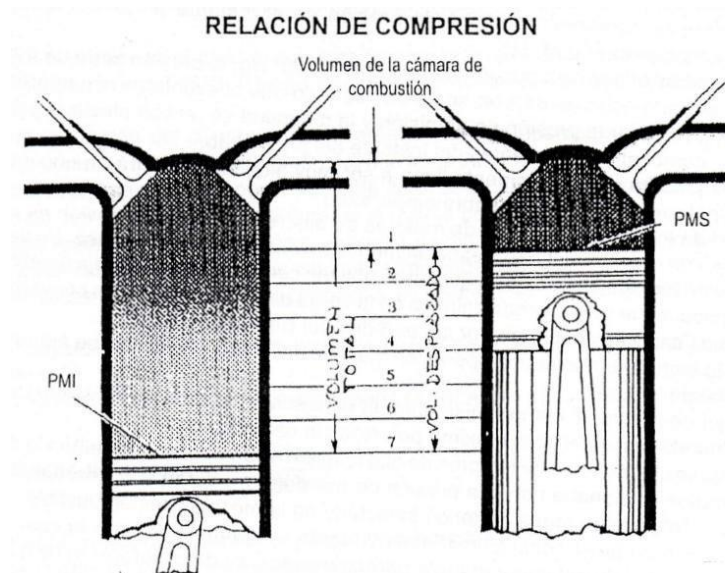
En un motor de pistones la capacidad de ejercer fuerza de torsión es limitada. Depende de la fuerza de expansión máxima que logran los gases en el cilindro. El torque máximo se consigue cuando el rendimiento volumétrico es máximo y por lo tanto, se dispone de mayor temperatura para expandir los gases.

Los motores de mayor tamaño están equipados con cigüeñal de brazo más largo. Esto les da la posibilidad de ejercer igual par de torsión con menos fuerza de expansión de los gases.



Compresión de Motor

La **relación de compresión** es el término con que se denomina a la fracción matemática que define la proporción entre el volumen de admisión y el volumen de compresión.



En general, la eficiencia térmica (capacidad para transformar calor en movimiento) y la potencia dependen de la relación de compresión.

Un motor gasta energía para comprimir los gases y aporta energía al quemar los gases. A medida que se aumenta la compresión, la diferencia entre gasto y aporte de energía crece. Es decir, a mayor compresión el motor es más eficiente.

Ejemplo:

Volumen del cilindro en el PMI = 140 cm^3

Volumen del cilindro en el PMS = 20 cm^3

La relación de compresión es de **140 a 20**. Si despejamos es **7 a 1**

Siguiendo el ejemplo anterior entonces, desde una perspectiva teórica, si la presión de la mezcla medida en el múltiple de admisión es de 30"Hg, al finalizar la etapa de compresión será de 210"Hg.

Cilindrada:

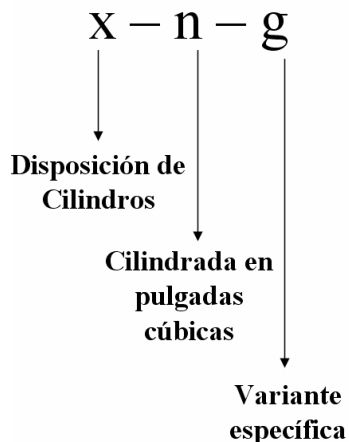
La cilindrada es el volumen desplazado por el pistón. Suele medirse en pulgadas cúbicas o centímetros cúbicos, dependiendo del fabricante del motor.

La cilindrada unitaria se puede obtener multiplicando la superficie de sección del cilindro por la carrera del pistón.

Para obtener la cilindrada total, se multiplica la cilindrada unitaria por el número de cilindros.

Ejemplo: si tenemos un motor de cuatro cilindros, y cada uno de estos posee una cilindrada unitaria de 400 cm^3 , decimos que ese motor tiene una cilindrada total de 1600 cm^3 o 1.6 litros.

Codificación de motores alternativos:



Ejemplo: Lycoming O-235-L2C

Motor de cilindros horizontales y opuestos con 235 pulgadas cúbicas de cilindrada.

Sistema eléctrico

Si bien el eléctrico no es un sistema propio del motor, sino más bien del avión, lo trataremos a continuación por sus relaciones con este y por su importancia en la operación segura de la aeronave.

Este sistema alimenta los equipos eléctricos de bordo del avión tal como luces, radios, bombas y motores eléctricos e instrumentos de vuelo alimentados por electricidad.



El equipamiento eléctrico del avión está conectado a una o más “BARRAS” (BUSES). Una BARRA es simplemente un punto central de conexión de múltiples ítems simplificando mucho del cableado proveniente de la fuente de Alimentación.



Las BARRAS obtienen alimentación eléctrica de la BATERIA, la cual químicamente almacena electricidad. Sin embargo, la BATERIA puede alimentar al sistema eléctrico por un corto período de tiempo a menos que la misma sea cargada.

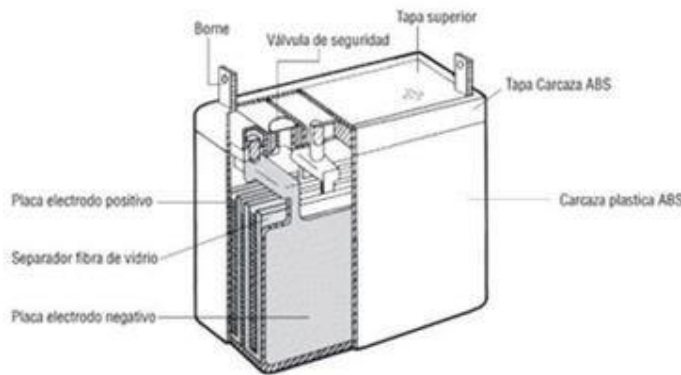


Generalmente en Aviación se Utilizan 2 tipos de BATERIAS:

- Batería del tipo Plomo-ácido.
- Batería de tipo Níquel-Cadmio (Ni-Cd)

Baterías de NIQUEL PLOMO-ÁCIDO

Una batería del tipo plomo-ácido está constituida fundamentalmente por un electrodo o placa positiva de dióxido de plomo, un electrodo negativo en forma de esponja, un electrolito de ácido sulfúrico diluido y un recipiente que contiene a los electrodos y el electrolito. Este tipo de baterías presenta generalmente el problema de la sulfatación de las placas negativas de los elementos que la conforman. Este fenómeno de sulfatación que inutiliza la batería puede ser revertido por un procedimiento electroquímico que regenera las placas sulfatadas, prolongando la vida útil 4 ó 5 veces a la indicada por el fabricante.



Baterías DE NIQUEL CADMIO (NI-CD)

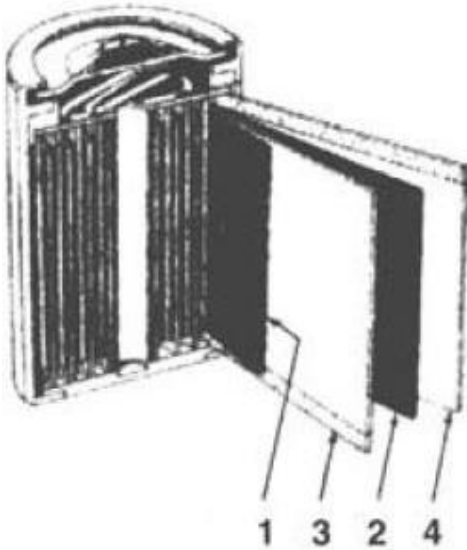
Una batería recargable de Ni-Cd está constituida por una placa positiva (1), de hidróxido de níquel y por una placa negativa (2) de hidróxido de cadmio. Ambas placas están separadas por un electrolito, compuesto por una solución acuosa de potasio cáustico (3 y 4), la cual está contenida dentro de un tejido poroso. Desde el punto de vista funcional, una batería de Ni-Cd está considerada como un componente eléctrico, el cual, a través de un proceso, transforma energía química en energía eléctrica, y viceversa. A esta transformación se la denomina proceso electroquímico (ELECTROLISIS).

Ventajas:

- Larga Vida,
 - Bajo mantenimiento,
 - Pueden descargarse profundamente sin daños,
 - Mejor rendimiento a temperaturas bajas que las de plomo-ácido,
 - La retención de carga es buena.
-

Desventajas:

- El costo por Ah (Amper-hora) es alto.
- Algunos tipos (sinterizados) muestra una “memoria” del historial de descarga de la batería.



Independientemente del tipo de Batería que posea la aeronave (siendo las de Ni-Cd las mas comunes), estas tienen instalados ALTERNADORES o GENERADORES accionados mecánicamente por el motor a través de correas o engranajes, cuya función es cargar la batería. Cabe destacar que tanto el ALTERNADOR como el GENERADOR producen Corriente Alterna (AC) pero los mismos poseen incorporado una unidad TRANSFORMADORA-RECTIFICADORA la cual convierte dicha Corriente alterna AC en Corriente Continua (DC) para poder así alimentar al sistema eléctrico de la aeronave. Por otro lado, mientras que el ALTERNADOR está diseñado para alimentar al sistema eléctrico a cualquier régimen de revoluciones (RPM) del motor, el GENERADOR no será capaz de hacerlo a bajas RPM. Como resultado de esto, los GENERADORES provocarán una CAIDA de la carga de la batería durante estos momentos (bajas revoluciones). El piloto suele darse cuenta de esto, por ejemplo, notando una reducción de la intensidad de las luces a bajas RPM.



El voltaje que entrega un ALTERNADOR ó GENERADOR es mayor que el voltaje de la BATERIA, para poder de esta manera permitir que la misma se cargue. Típicamente las aeronaves pueden tener una batería de 12V (volts) cargadas por un ALTERNADOR o GENERADOR de 14V o una batería de 24V cargadas por un ALTERNADOR o GENERADOR de 28V.

Un BATTERY SWITCH o llave de Batería dispuesto en la cabina permite al piloto Conectar o Desconectar (ON/OFF) la batería del resto del sistema eléctrico. Un Switch similar permite al piloto conectar o desconectar el Alternador o Generador del sistema eléctrico. Generalmente estos dos Switches son combinados en un solo Switch llamándose MASTER SWITCH.



Para prevenir al equipamiento eléctrico de sobrecargas y sobretensiones se instalan FUSIBLES (FUSE) y/o Disyuntores (CIRCUIT BRAKERS). Un Disyuntor va a saltar o desacoplar en el caso de una sobrecarga del sistema eléctrico, mientras que un fusible se va a sobrecalentar y derretir. En este caso, el fusible debe ser reemplazado mientras que el Disyuntor puede ser reseteado presionándolo nuevamente a su posición original. Sin embargo, si un fusible "se quema o un disyuntor salta" esto es indicación de un problema en el sistema eléctrico.



KLIXON





Generalmente tanto a los ALTERNADORES como a los GENERADORES se les acopla un REGULADOR DE VOLTAJE. La función del Regulador de Voltaje es asegurar que al sistema eléctrico de las aeronaves se le provea de un Voltaje constante a pesar de las variaciones de potencia del motor. En el caso de un BAJO VOLTAJE (LOW VOLTAGE) puede resultar en una insuficiencia de energía para alimentar a las luces, equipos, etc. de la aeronave, mientras que un SOBRE VOLTAJE (OVER VOLTAGE) puede ocasionar daños a los equipos. En este último caso el REGULADOR DE VOLTAJE desconectará automáticamente el ALTERNADOR/GENERADOR a través de un OVER VOLTAGE RELAY. Generalmente se suelen instalar en la cabina luces indicadores (OVER VOLTAGE LIGHT) o instrumentos para advertir al piloto de este problema.

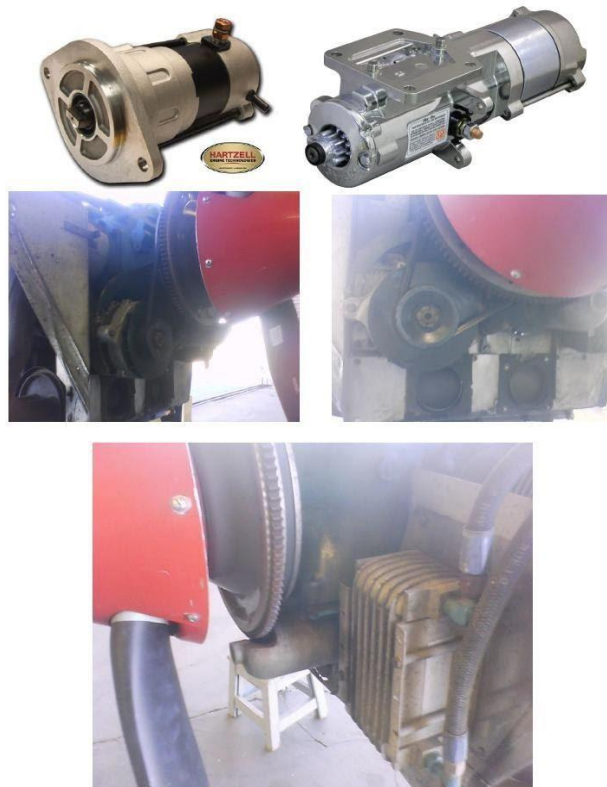
En una situación de OVER VOLTAGE se debe seguir la lista de chequeo (CHECK LIST) descrita en el Manual de Operaciones de la Aeronave (AIRCRAFT OPERATING HANDBOOK) provista por el fabricante. Generalmente estos procedimientos incluyen resetear el MASTER SWITCH, como así también resetear un CIRCUIT BRAKER. Si se va a resetear un Circuit Braker se debe tener la precaución de esperar unos minutos para efectuar el RESET, para prevenir un daño al Circuit Braker. Tanto un Reset del Master Switch como el de un Circuit Braker ocasionan el Reset del Relay de Over Volt y permiten que el Regulador de Voltaje vuelva a funcionar. Si se presenta nuevamente esta falla, se debe desconectar el ALTERNADOR/GENERADOR, seguir con los procedimientos descriptos en Manual de Operaciones y aterrizar lo más pronto posible.



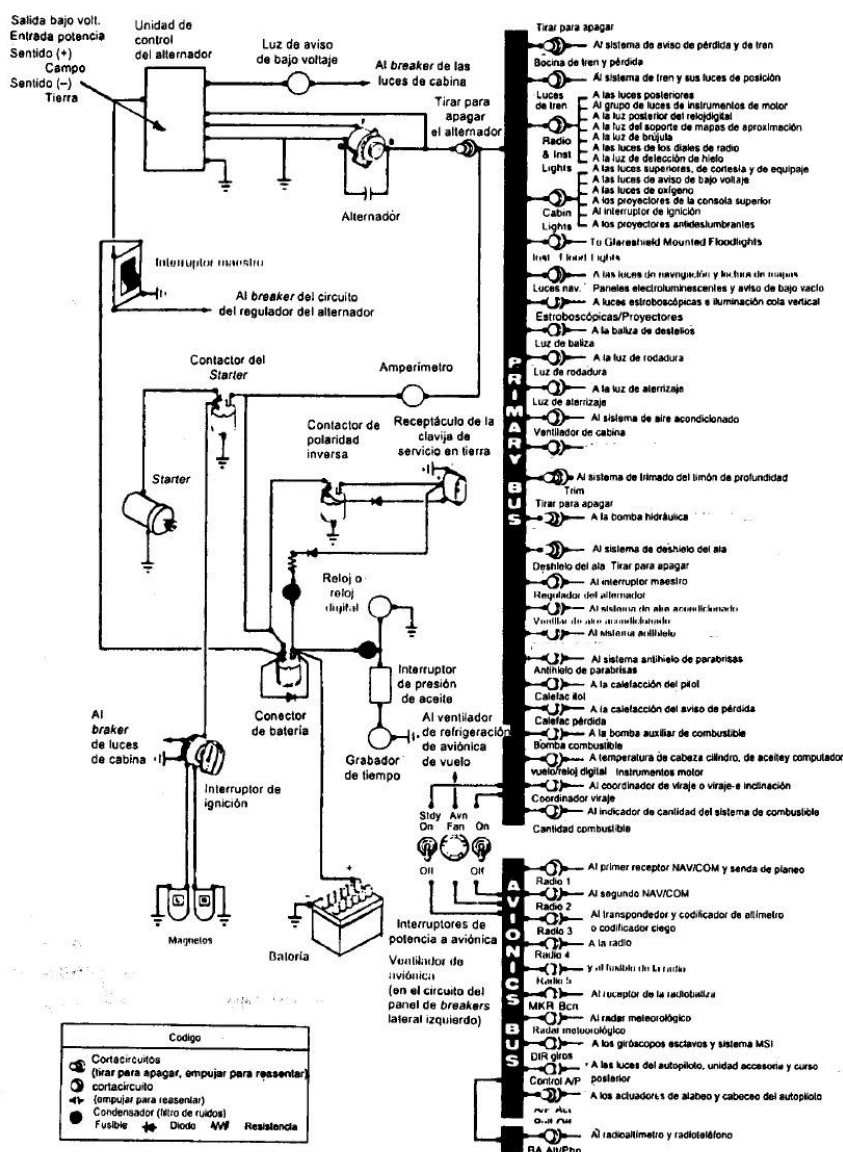
Un Amperímetro y un Indicador de carga o Voltímetro son instrumentos que le proveen al piloto indicaciones del sistema eléctrico. El Amperímetro Indica si la batería se está cargando o descargando como así también la Corriente (Medida en Ampers) entregada por el ALTERNADOR mientras que el Indicador de carga muestra cuanta carga eléctrica se le demanda al ALTERNADOR o GENERADOR.



De la figura de la Izquierda podemos hacer el siguiente análisis: Estando la aguja indicadora en Cero (en el centro) nos indica que el alternador no está entregando carga y la batería no está funcionando; este puede ser el caso en que el motor se encuentre apagado. Si la aguja se encuentra a la derecha del cero, esto nos indica que el Alternador se encuentra funcionando y la batería se está cargando, siendo esta la indicación de operación normal después de la puesta en marcha. Nótese que después de la puesta en marcha al conectar el Alternador la aguja se va a desplazar hacia el extremo derecho del indicador para luego volver lentamente hacia el centro pero siempre manteniéndose hacia la derecha del mismo; esto es debido al alto consumo de energía solicitada por el sistema de arranque.



Para finalizar podemos observar un sistema eléctrico clásico, donde cada componente cumple una función específica.



Sistema de arranque y encendido

Muchas veces, el arranque y el encendido son descriptos como un único sistema. Sin embargo, a pesar de trabajar en conjunto y de poseer elementos en común, ambos cumplen funciones distintas y el origen de la corriente que los alimenta proviene de distintas fuentes.

El sistema de arranque provee el movimiento inicial a los pistones para que el sistema sea autogenerado. Obtiene la corriente del sistema eléctrico (es decir no es autónomo) y se controla a través de la llave START. Al accionar esta última, un motor eléctrico actúa sobre los engranajes que mueven al cigüeñal e inician los movimientos del ciclo.

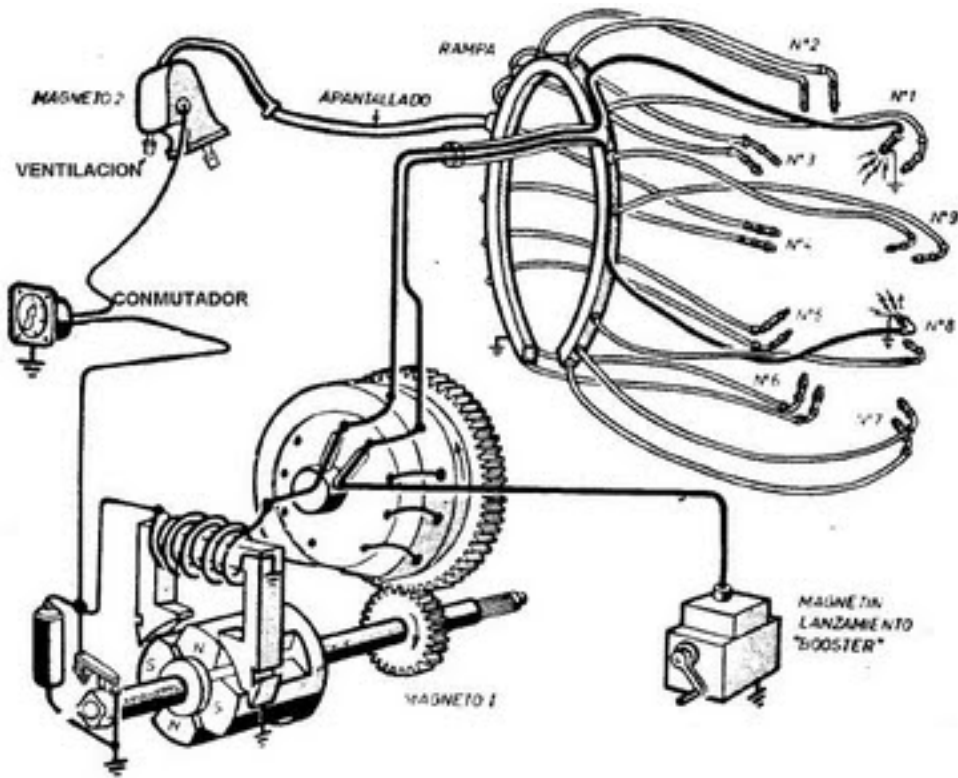
En aviones que carecen de sistema de arranque o que lo tienen dañado, puede reemplazarse el mismo moviendo a mano la hélice (DAR PALA).

Pero el movimiento de los pistones no sirve de nada si finalizando la etapa de compresión no se produce el chispazo que encenderá la mezcla. Ahí es donde aparece el sistema de encendido.

El sistema de encendido o ignición provee a las bujías de la electricidad necesaria para que en estas se produzca el salto de chispa (aproximadamente 20.00 Volts). El motor del avión conduce dos magnetos a través de la caja de accesorios, los cuales son pequeños generadores eléctricos dedicados a alimentar las bujías. Estos, continuamente alimentan a las bujías siempre y cuando el motor se encuentre girando. Este diseño permite a un motor en marcha seguir funcionando incluso con una falla total del sistema eléctrico, por lo que podemos decir que este Sistema es Autónomo (se sustenta a si mismo). Cada magneto es capaz de operar el motor por sí solo. Dos se han instalado para lograr esto.



Con el mismo criterio, dos bujías son instaladas en cada cilindro en vez de una.

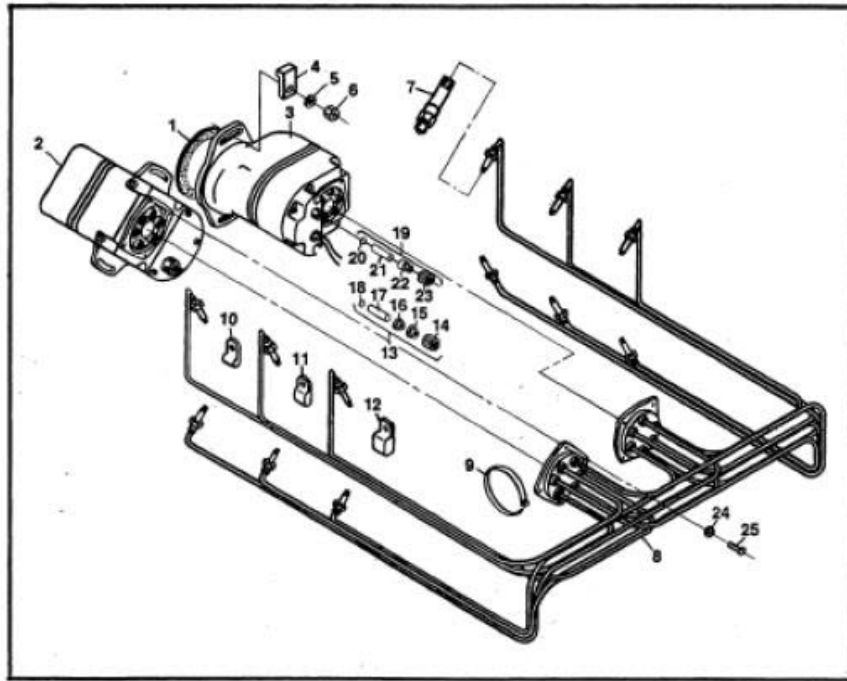


Nos referimos a los dos magnetos como IZQUIERDO y DERECHO, teniendo cada uno su respectivo orden de encendido de las bujías. Si una de las bujías falla, su respectivo cilindro continuará operando con la bujía remanente. En el caso de falla de uno de los magnetos, el otro magneto continuará operando las bujías remanentes.



Es por esto, que la falla individual de algún componente puede no ser notada por el piloto. Es importante la verificación previa al vuelo (PREFLIGHT CHECK) del sistema de ignición de acuerdo con los procedimientos recomendados por el fabricante.

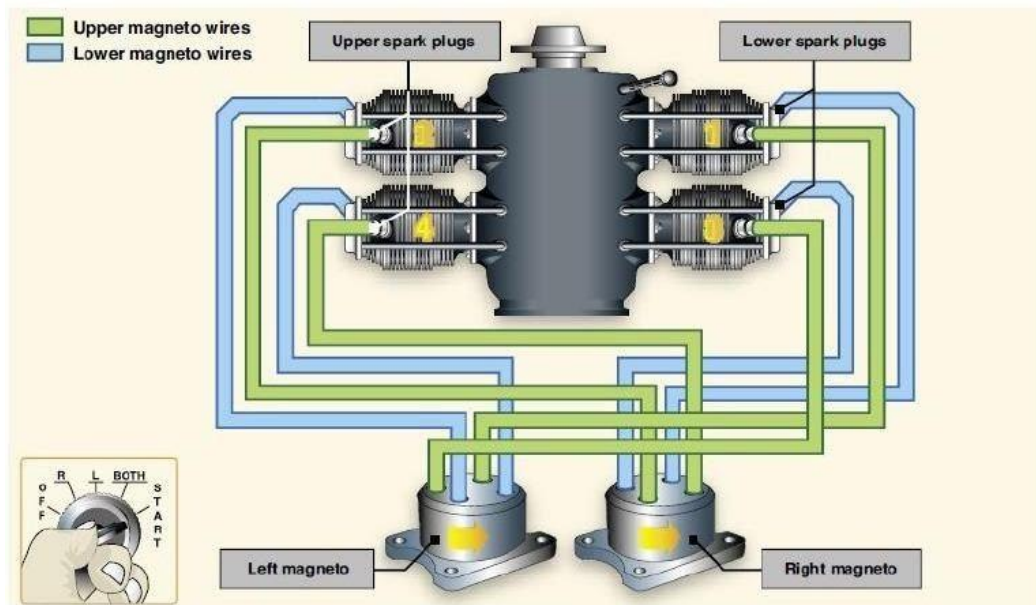
Sumado a lo anterior, el uso de un sistema de ignición dual también provee de una mejora en la performance del motor bajo circunstancias normales, ya que las dos bujías instaladas por cilindro permiten una mejor combustión de la mezcla aire/combustible dentro del mismo.



Operación

Generalmente, el SWITCH de ignición en aviones pequeños es operado a través de una llave giratoria. Las posiciones del Switch son OFF, LEFT, RIGHT, BOTH y START (CORTADO, IZQUIERDO, DERECHO, AMBOS y ARRANQUE). Cuando el Switch está en la posición OFF, el sistema de ignición está seteado para que no alimente a las bujías. Si la hélice gira con el switch en la posición OFF, los magnetos generan aun corriente, ya que los mismos funcionan con el giro del motor, pero esta electricidad es conducida a través del Switch a la estructura del avión (lo que llamamos “puesta a masa”). Pero si el Switch o el cableado están dañados, puede ser que se produzcan saltos de chispa en las bujías aún con el Switch en la posición OFF.





Cuando el magneto IZQUIERDO/LEFT es seleccionado, el magneto DERECHO/RIGHT es conectado a la estructura de la aeronave (“es puesto a masa”). Del mismo modo si el magneto DERECHO/RIGHT es seleccionado, se le impide al IZQUIERDO/LEFT encender su conjunto de bujías. En la posición AMBOS/BOTH se le permite a los dos magnetos alimentar a sus respectivas bujías. Finalmente la posición START/ARRANQUE permite que la batería del avión alimente el Arrancador eléctrico, el cual es usado solamente en la puesta en marcha para hacer girar el motor, proveyendo de movimiento mecánico al cigüeñal y este a la caja de accesorios que conducen los magnetos.



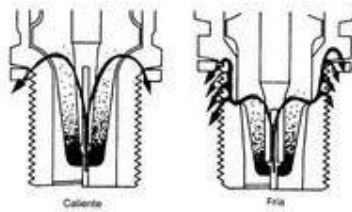
Bujías

La bujía transfiere la corriente de alto voltaje al cilindro.

Muchas variables están asociadas con la elección de una bujía. La clasificación según el calor es la siguiente: Caliente y Fría. La clasificación refleja la capacidad de la bujía de transferir calor de la cámara de combustión a través del núcleo aislante al cilindro y al sistema de refrigeración del motor. Las bujías calientes transfieren el calor de manera relativamente lenta; por lo tanto, el núcleo de aislante tiende a permanecer mas caliente. Este tipo de bujías son utilizadas en motores con temperaturas más bajas en sus cámaras de combustión o sea en motores de baja

relación de compresión. Por el contrario, las bujías frías transfieren el calor más rápidamente y tienden a permanecer más frescas, esto permite que las mismas sean utilizadas en motores de alta relación de compresión y que trabajen con temperaturas más altas.

Las bujías de avión utilizan electrodos de cables fino o de núcleo masivo. Las bujías de electrodos de cable fino tienden a ser autolimpiables, lo cual reduce la posibilidad de una combustión defectuosa. Las bujías de núcleo masivo deben ser limpiadas y recalibradas con una frecuencia doble que las de electrodos de cable fino y poseen también menor vida útil.



Guía de resolución de fallas

A continuación se puede observar, a modo de ejemplo, una cartilla de resolución de algunas de las fallas más comunes del sistema de ignición (En este caso de un motor Continental IO-360 de 200Hp). Estas "Troubleshooting charts" se publican en el Manual de Mantenimiento del Motor en el capítulo correspondiente al Sistema de Ignición.

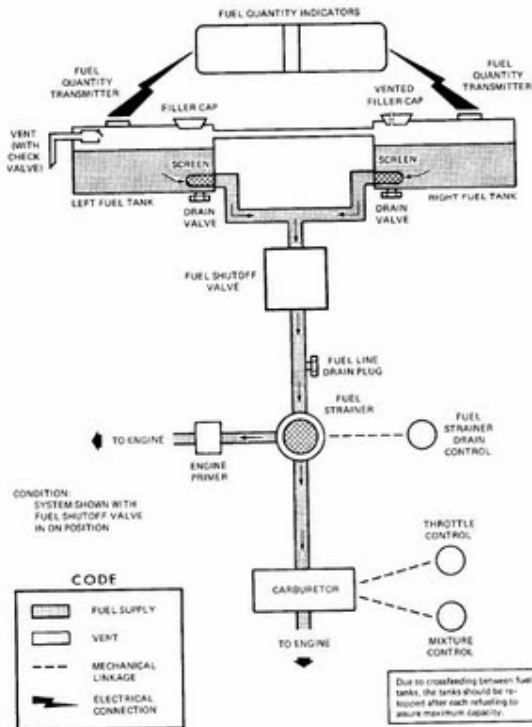
IGNITION TROUBLESHOOTING

This troubleshooting chart is provided as a guide. Review all probable causes given, check other listings of troubles with similar symptoms. Items are presented in sequence of the approximate ease of checking, not necessarily in order of probability.

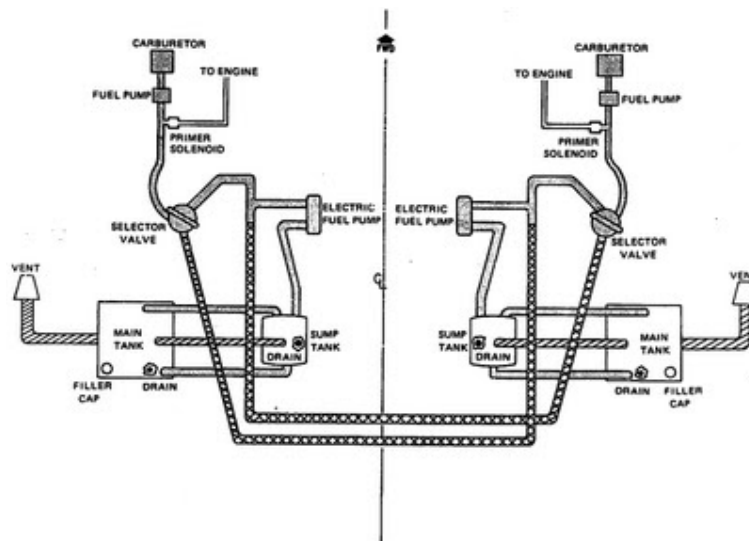
TROUBLE	PROBABLE CAUSE	CORRECTIONS
Engine Fails To Start Due To Ignition Trouble	Ignition switch OFF or grounded switch wires.	Turn switch On. Check for grounded wires.
	Magneto malfunction.	Refer to service manual.
	Spark plugs fouled, improperly gaped, or loose.	Remove and clean. Adjust to proper gap. Tighten to specified torque.
	Magnetos improperly timed to engine.	Refer to Installation of Magnetos and Ignition Timing for timing procedures.
	Shorted condenser.	Replace condenser.
	Magneto internal timing incorrect or timed for opposite rotation.	Install correctly timed magneto.
Rough Idling	Spark plugs fouled or improperly gaped.	Clean spark plugs. Adjust spark plug gap.
	Weak condenser.	Replace condenser.
	Loose or improperly gaped spark plug.	tighten to specified torque. Adjust to proper gap.
	High tension leak in ignition harness.	Check for faulty harness, replaced as required.
	Weak or burned out condenser as evidenced by burned or pitted breaker points.	Replace points and condenser.
Sluggish Operation And/Or Excessive RPM Drop	Fouled or faulty spark plugs.	Clean spark plugs. Replace faulty spark plugs.
	Improperly gaped spark plugs.	Adjust to proper gap.
	Magnetos timing incorrect.	Refer to Installation of Magnetos and Ignition Timing for proper timing procedure.
	Damaged magneto breaker points or condenser.	Replace points and condenser.

Sistema de combustible

El propósito de este sistema es almacenar el combustible en forma segura y suministrar la cantidad correcta en un flujo uniforme al carburador u otra unidad de control para alimentar al motor. Para lograr esto, podemos hacerlo a través de dos tipos de Sistemas: POR GRAVEDAD Y POR PRESION.



Sistema de combustible por gravedad (Cessna 152 II)

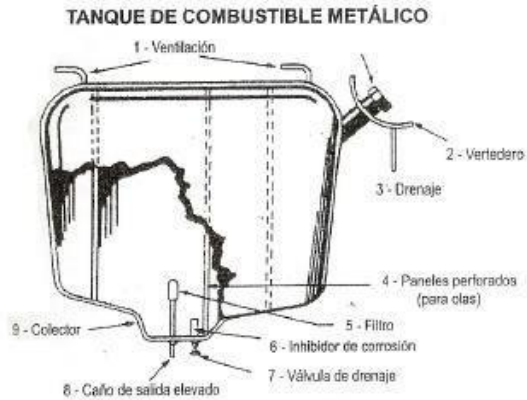


Sistema de combustible por presión (GA-7 Cougar)

Ahora bien, independientemente del tipo de sistema utilizado en una aeronave, los componentes típicos que podemos encontrar en las mismas son los siguientes:

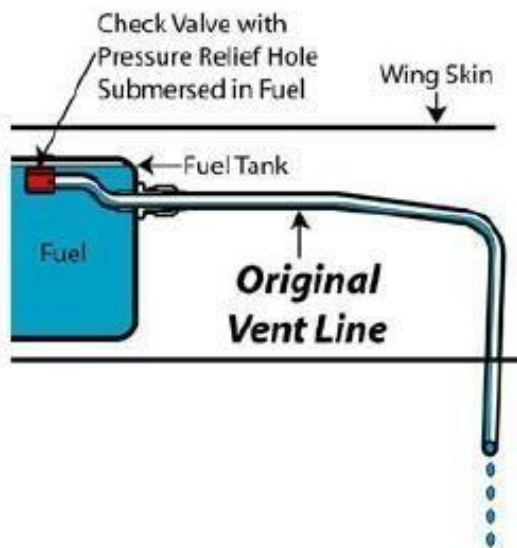
Tanques o depósitos de combustible (fuel tanks):

Ya sean Metálicos ó de Caucho, almacenan dentro de si el combustible.



Drenajes de rebose y venteos:

Actúan como válvula de seguridad permitiendo la salida de combustible volatilizado, evitando que el tanque explote ante un eventual cambio del volumen por variaciones en la temperatura. También permite la entrada de aire para que ocupe el lugar del combustible consumido evitando una depresión.



Transmisores o medidores de combustible:

Instalados dentro de los tanques (generalmente son un reóstato - resistencia variable), censan la cantidad de combustible para así enviar esa información a los indicadores en la cabina de mando.



Bocas de carga y tapas de tanque:

Deben asegurar la entrada de aire al tanque (para permitir el venteo del mismo) como así también evitar que entren impurezas o que el combustible se escape por las mismas.



Filtros:

Evitan que las impurezas y el agua lleguen al motor.



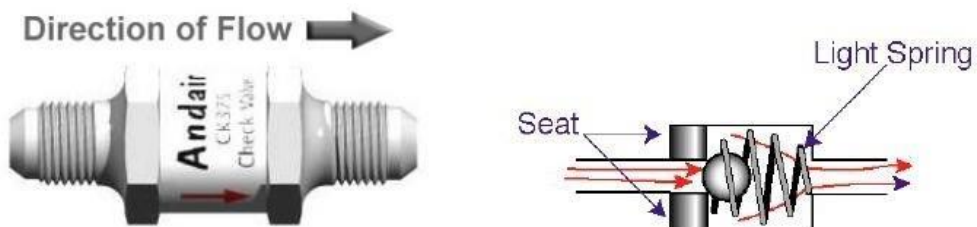
Drenajes de combustible:

Se utilizan para eliminar el agua y las impurezas acumuladas en el tanque que contaminan el combustible.



Válvulas direccionales o check valves:

Montadas para asegurar la dirección del flujo en el sentido correcto.



Válvulas o llaves de combustible:

Se utilizan para elegir el tanque que se desea consumir o bien cerrar completamente la alimentación de combustible.



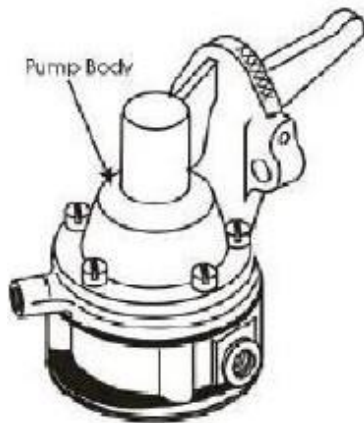
Sellos tipo O-ring:

Sirven para sellar acoples o uniones a fin de evitar perdidas de combustible.



Bombas de presión (fuel pumps):

Son accionadas por el motor a través de la caja de accesorios (son mecánicas). Las mismas aspiran el combustible de cualquier parte del avión y lo descargan a presión positiva en el carburador. Típicamente son del tipo de PALETAS DESLIZANTES, proporcionan un gran caudal y son lubricadas por el mismo combustible.



Bombas auxiliares (auxiliary Pumps):

Son del tipo eléctricas. Se utilizan para el cebado, arranque del motor y como reserva en caso de falla de la bomba principal.



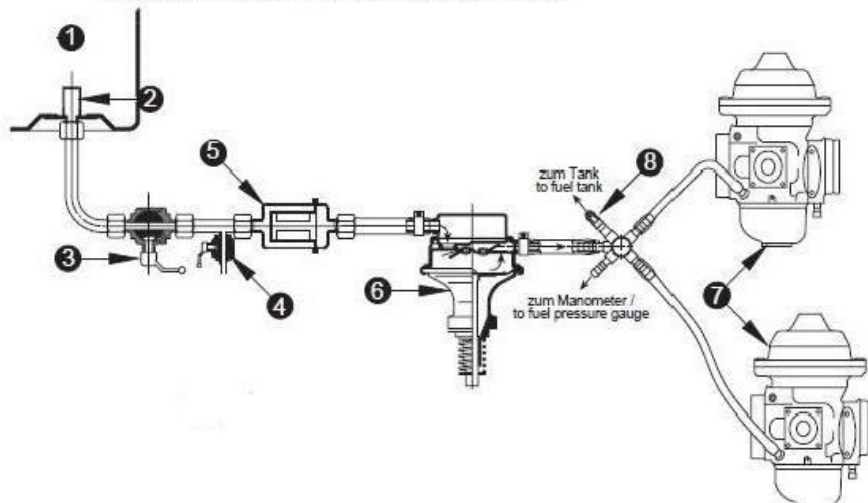
Fuel system

See fig. 9.

The fuel flows from the tank (1) via a coarse filter (2) the safety cock (3), water drain cock (4) and fine filter (5) to the mechanical fuel pump (6). From the pump fuel passes on to the two carburetors (7).

Via the return line (8) surplus fuel flows back to the fuel tank and suction side of fuel system.

◆ NOTE: The return line serves to avoid formation of vapour lock.
Fuel, see Chapter 10.2.2), 13.1) and 13.2).



Conductos de combustible (fuel lines):

Por ellos circula el combustible. Deben ser de diámetro suficiente para permitir el doble del flujo requerido a potencia de despegue.



Instrumentos indicadores:

Flujómetro (fuel flow): Indican el consumo de combustible en Galones por Hora (GPH).

Presión de combustible (fuel pressure): Indican la Presión con la cual se suministra el combustible al motor.



Cantidad de combustible (fuel quantity): Indican la cantidad de combustible disponible en los Tanques.

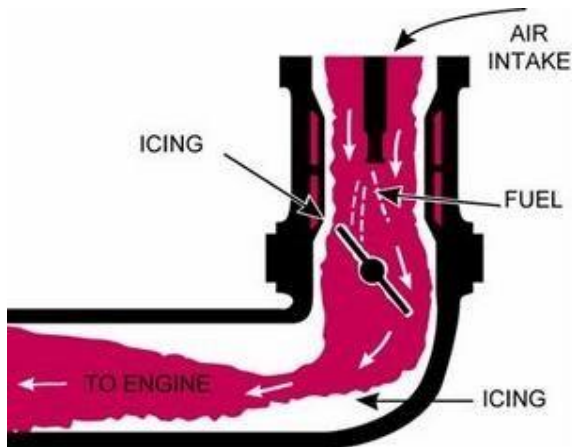


Computadoras de combustible (fuel computers): Son instrumentos avanzados con los cuales se puede conocer a través de la cantidad de combustible disponible datos tales como el Consumo, Autonomía, etc.

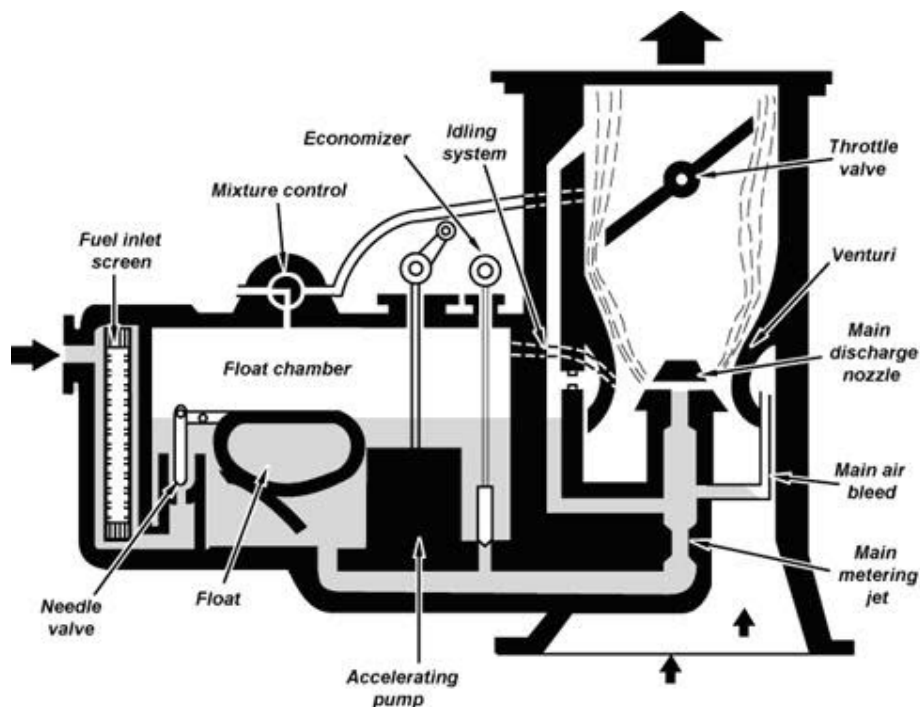


Sistema de admisión

Para que un motor desarrolle potencia, la cantidad de combustible suministrada al cilindro debe ser la correcta, y a su vez, dicho combustible debe mezclarse con la cantidad adecuada de aire. La medición puede ser hecha por un carburador simple con cuba de nivel constante, con un carburador a presión o con un sistema de inyección de combustible.

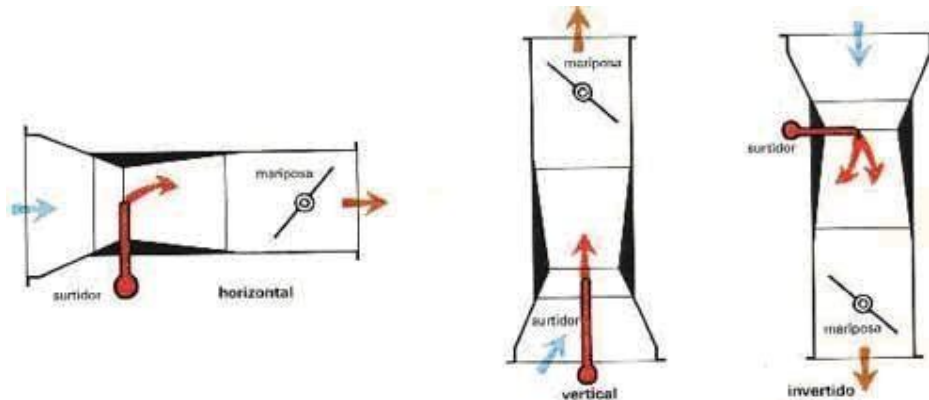


Todos estos sistemas realizan la misma cosa, pesan el aire que entra al motor, miden la apropiada cantidad de combustible, mezclan los dos, y luego distribuyen la mezcla en forma pareja a todos los cilindros. Dichas funciones son necesarias para la adecuada operación del motor, y algunos sistemas de medición de combustible son más eficientes que otros.



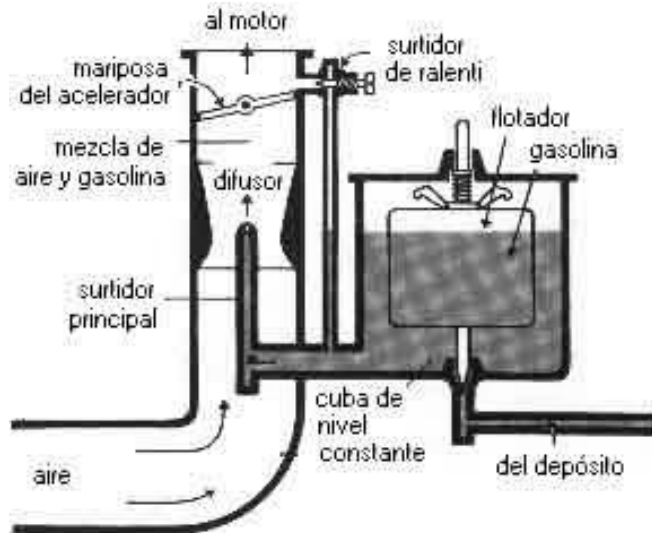
Clasificación de los carburadores:

Los carburadores se clasifican generalmente en base a la posición relativa del difusor y del pulverizador; por consiguiente hay carburadores horizontales, verticales e invertidos. Las flechas azules indican la entrada de aire, las rojizas la gasolina pulverizada y las de color ocre el flujo de la mezcla.



Carburador elemental

En el esquema se pueden apreciar los elementos fundamentales y el principio de funcionamiento de un carburador elemental.



Las partes esenciales del carburador elemental son:

1. La cubeta o cuba de nivel constante
 2. El difusor
 3. El surtidor o pulverizador
 4. La válvula de mariposa
-

La cubeta o cuba de nivel constante

Impide al orificio por donde fluye la gasolina sufrir las consecuencias del diferente nivel constante entre el depósito y el carburador, y que varía con la posición del avión. La constancia del nivel se consigue con un flotador que abre y cierra el orificio de entrada de la gasolina mediante una válvula de aguja. Generalmente la posición del flotador se puede regular para evitar que un nivel erróneo de gasolina conduzca a la inundación del carburador o a fallos del motor, según esté demasiado alto o demasiado bajo.

El difusor

Está dotado de un estrangulamiento en tubo de Venturi. Dicho estrangulamiento situado en correspondencia con el surtidor, sirve para generar la depresión necesaria para aspirar por su interior el carburante que luego entra en los cilindros mezclado con aire. La forma de la sección estrangulada del difusor debe estudiarse con atención, para evitar que se formen en el seno de la columna de aire movimientos turbulentos que dificultarían la entrada del combustible y no permitirían el paso de la cantidad necesaria de aire, con la subsiguiente reducción del rendimiento volumétrico del motor. También la velocidad máxima dentro de la sección estrangulada debe estar comprendida dentro de límites muy concretos, por lo general entre 100 y 300 m/s. En la zona no estrangulada y hasta la válvula de admisión es donde se realiza la nebulización completa y la atomización de la mezcla del aire y carburante.

El surtidor o pulverizador

Sirve para llevar el combustible a la zona de depresión del difusor. El caudal del surtidor depende del valor de la depresión y de su propio diámetro. Está constituido por un pequeño tornillo hueco cuyo orificio ha sido concienzudamente calibrado, atornillado en un lugar fácilmente accesible al conducto portador del carburante desde la cuba de nivel constante. El diámetro del orificio, denominado diámetro del surtidor, es una de las características del carburador y suele expresarse en centésimas de milímetro. Variando el diámetro del surtidor se puede enriquecer o empobrecer la mezcla y modificar, dentro de ciertos límites, las prestaciones y el consumo del motor. La forma y la precisión con que se ha perforado el surtidor tienen mucha importancia, ya que ambas cosas influyen sobre el caudal y la pulverización del combustible.

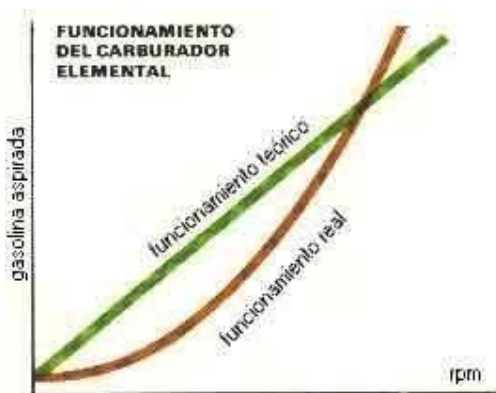
La válvula mariposa

Está situada en la zona no estrangulada del difusor. Es el órgano que permite al motor adaptarse a la carga haciendo variar el peso de mezcla introducida. El mando de la mariposa no es otra cosa que el acelerador que actúa sobre ella mediante un sistema de varillas.

Deficiencias del carburador elemental

El carburador elemental no está en condiciones de satisfacer las exigencias de un buen funcionamiento del motor por los siguientes motivos:

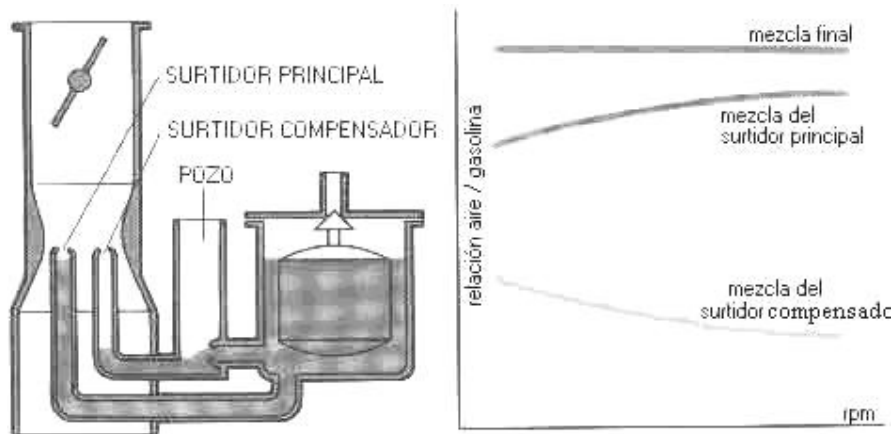
- 1) La dosificación de la mezcla no es constante, ya que varía con las revoluciones del motor y con la temperatura y la presión atmosférica.
- 2) No permite aceleraciones rápidas, ya que a causa de la mayor densidad de la gasolina respecto al aire, cuando se acelera bruscamente la gasolina se queda atrás (Por inercia) y la mezcla se empobrece, permaneciendo así durante un cierto tiempo, después del cual vuelve a la normalidad.
- 3) No permite la marcha al mínimo, pues la velocidad del aire en el difusor queda tan limitada que no puede aspirar la gasolina y menos pulverizarla.
- 4) No facilita la puesta en marcha en frío, ya que la vaporización del combustible queda tan reducida que la mezcla resulta excesivamente empobrecida, aun cuando la relación entre la proporción de aire y combustible alcance valores superiores al estequiométrico. Para arrancar en frío es necesario disponer de una mezcla especialmente rica.



En el carburador de un solo surtidor la cantidad de gasolina aspirada es igual a la teórica solamente a un determinado régimen de revoluciones del motor. Por debajo de dicho régimen la cantidad aspirada es inferior a la teórica (mezcla pobre), mientras que por encima es superior (mezcla rica).

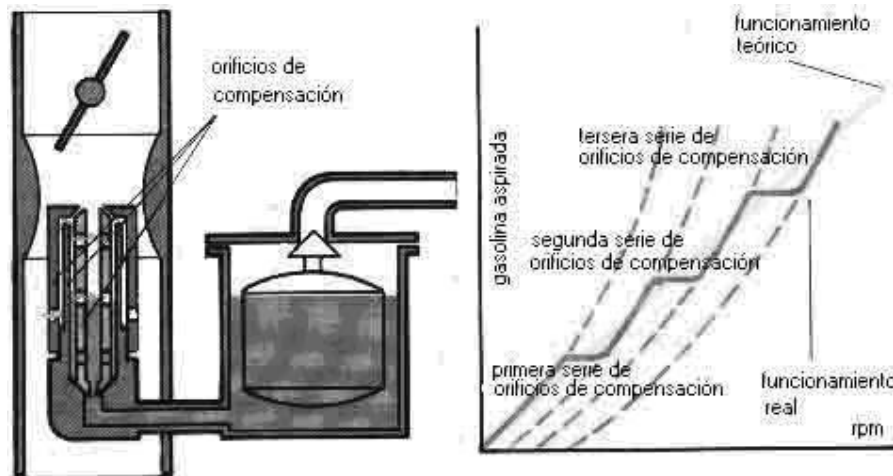
Las enmiendas del carburador elemental consisten en dispositivos idóneos para hacer variar la composición de la mezcla en condiciones especiales de funcionamiento del motor. Estas enmiendas son:

Carburador con surtidor compensador



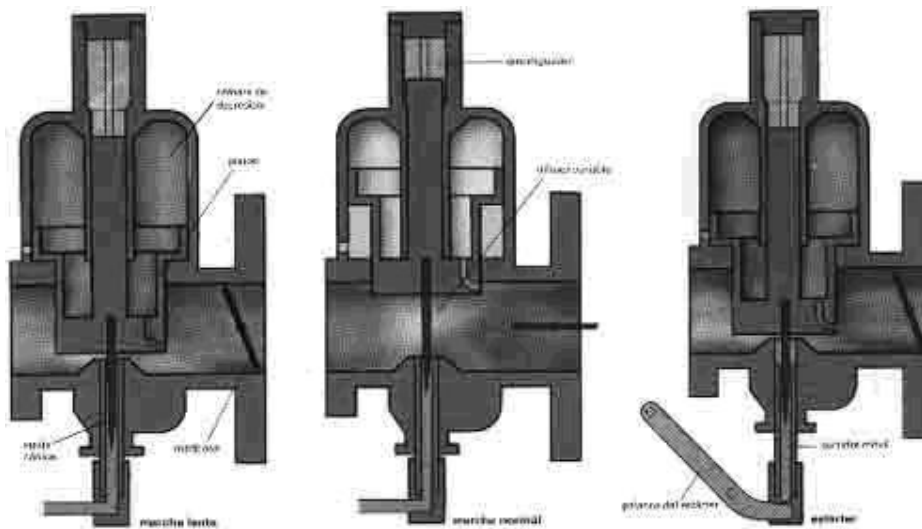
En este carburador se tienen dos surtidores: uno principal que corresponde al simple surtidor del carburador elemental cuyo caudal es proporcional a la depresión existente en el difusor, y otro secundario compensador, que esta en comunicación con la atmósfera a través de un pozo o chimenea; este posee un caudal independiente de la depresión del difusor y por ende del régimen del motor, y es función solamente de la presión hidrostática (altura del carburador sobre la boca de salida) de la gasolina de la cuba.

Carburador tipo Weber



En el gráfico se muestra el efecto del aire que limita el enriquecimiento de la mezcla a altos regímenes, haciendo que la cantidad de gasolina aspirada se aproxime siempre a la teórica. La curva de la gasolina aspirada presenta unos escalones que corresponden a la intervención de los distintos orificios de compensación.

Carburador con surtidor y difusor variable



En marcha lenta la mariposa está cerrada y la depresión anterior a ella es mínima; el pistón desciende hasta su posición mas baja, dejando un pequeño paso para que el aire pueda aspirar la gasolina del surtidor.

En marcha normal la mariposa está totalmente abierta; la depresión aumenta y el pistón, sometido en su parte superior a dicha depresión, sube, aumentando así progresivamente la sección de paso del aire y la gasolina.

Para el arranque en frío es necesario enriquecer la mezcla mediante el estárter: una palanca hace bajar el surtidor, con lo que aumenta la sección de paso de la gasolina, ya que la aguja tiene forma cónica.

La inyección de combustible en motores de aviación:

Enumeraremos ahora brevemente las exigencias de los motores de aviación:

1. El flujo de combustible debe mantenerse regular, incluso cuando el motor esta sometido a violentas acciones dinámicas causadas por cambios repentinos de dirección y velocidad.
2. La mezcla debe mantenerse homogénea, incluso con grandes caudales.
3. La dosificación debe ser constante, incluso al variar la temperatura y la presión atmosférica (corrector altimétrico automático).
4. Se debe poder enriquecer la mezcla en el régimen de plena potencia. Uno de los efectos de enriquecimiento es el de impedir peligrosos recalentamientos de las válvulas, de los pistones y de las culatas cuando al motor se le piden potencias superiores a las normales.

5. Es indispensable un adecuado calentamiento del carburador y de los conductos, en especial para los aviones a gran altura (dispositivo de calentamiento)

Para superar las dificultades resultantes de las exigencias que hemos enumerado en el párrafo anterior, la técnica de los carburadores para aviación se ha orientado hacia la inyección.

El combustible se inyecta continuamente, a baja presión (1,3 a 1,4 bar), después de la mariposa de caudal de aire.

En los motores con compresor, el carburador se instala a la entrada del mismo. La regulación de la cantidad de combustible es automática, conseguida mediante un dispositivo especial sensible al caudal de aire en el Venturi (la cantidad de combustible inyectado depende de la posición de la mariposa). Con la altura se hace además una corrección de la cantidad mediante un dispositivo controlado por una cápsula barométrica (corrección altimétrica).

A estas dos regulaciones automáticas se añaden mandos manuales, los cuales varían la dosificación de la mezcla y la hacen más idónea para las condiciones de funcionamiento del motor: al mínimo, al régimen de crucero, en las condiciones de funcionamiento de emergencia, etc.

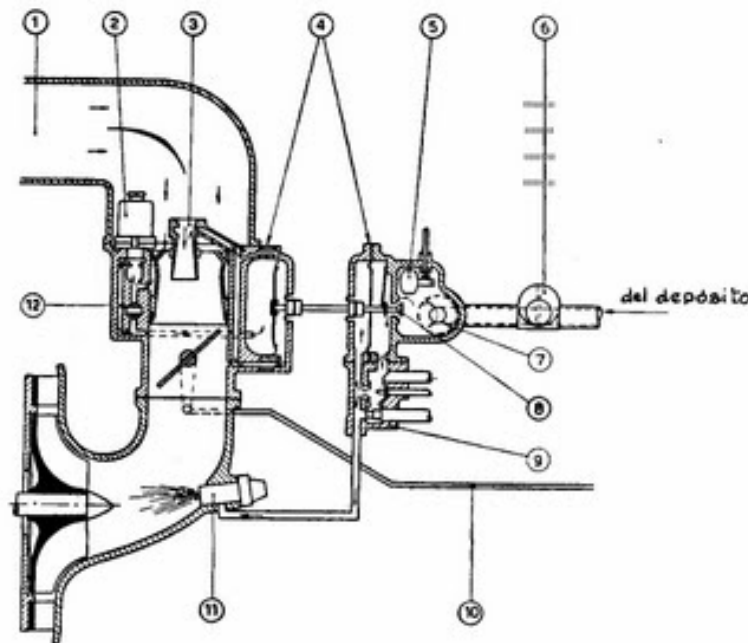


Fig. 260. — Carburador a inyección para motores de aviación (sistema Bendix-Stromberg).

1. Toma de aire dinámica - 2. Cápsula barométrica para la dosificación de altura - 3. Venturi de regulación - 4. Grupo regulador - 5. Separador de vapor - 6. Bomba de combustible - 7. Filtro de combustible - 8. Válvula de entrada del combustible - 9. Batería de surtidores para regulación manual de la dosificación de la mezcla para las diferentes condiciones de funcionamiento - 10. Palanca de control de la mariposa - 11. Inyector del combustible - 12. Válvula de exclusión de la cápsula barométrica.

Relación aire-combustible:

Es el número que expresa la cantidad, en masa o en volumen, de aire aspirado por un motor de combustión para una cantidad unitaria de combustible. Dicha relación es función del combustible, del tipo de motor, de su regulación y de la carburación.

El valor ideal o teórico de tal relación es el correspondiente a la relación estequiométrica. Cuando se trata de gasolina comercial, dicha relación está comprendida entre 14,7 y 15,1 (es decir, unos 15 kg de aire por cada kilogramo de gasolina). Pero esto ocurre en condiciones teóricas o ideales, que no considera la mayor o menor rapidez con que se desarrolla efectivamente la combustión.

Con una relación aire / combustible más baja que la estequiométrica (inferior a 14,7 para la gasolina) no todo el combustible podrá quemarse y una parte quedará sin quemar o parcialmente quemado, con formación de CO y HC. Hay que recordar que la combustión nunca es completa, independiente de la relación aire combustible, puesto que la reacción nunca se desarrolla en condiciones ideales.

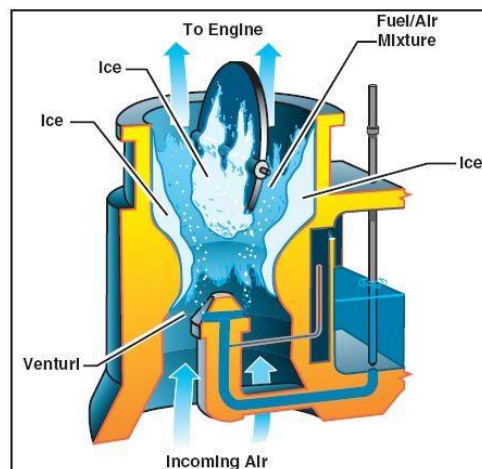
Los valores de la relación estequiométrica aire / combustible dependen de la composición química del carburante y, esencialmente, de la proporción de las cantidades, en peso, de carbono e hidrógeno contenidas en cada molécula de combustible.

Formación de hielo en el carburador:

Los motores con aspiración normal pueden, bajo ciertas condiciones de humedad, temperatura y operación, experimentar una formación de hielo en el carburador.

La formación de hielo en el carburador provoca una pérdida importante de potencia e incluso es posible que el motor se detenga.

El hielo es uno de los mayores peligros en la operación de los aviones. Sus efectos son peligrosos para las características aerodinámicas del avión, pero esta situación es conocida y el piloto la puede advertir inmediatamente.



El primer indicio de la formación de hielo en el carburador es la pérdida de potencia. Es posible que la fuerza motriz se afecte seriamente en menos de un minuto, después de comenzar la acumulación de hielo. La planta motriz puede acusar fallas e incluso detenerse, a menos que se adopten medidas para revertir la situación.

Bajo ciertas condiciones la formación de hielo en el carburador puede tener lugar cuando la temperatura del aire llega hasta 26° C, a pesar de encontrarse generalmente solo entre – 6 y 18,1 °C cuando va acompañada de lluvia o alta humedad relativa.

A menos de –6,6 °C hay menores probabilidades de que se produzca una formación de hielo porque la cantidad de vapor de agua en el aire es muy pequeña.

La rapidez en que ocurre la formación de hielo en el carburador, hace necesario que el piloto esté al corriente de las condiciones en las que es probable la ocurrencia de este fenómeno. Debe tenerse en cuenta que una vez que se ha formado hielo es casi imposible eliminarlo del estrangulamiento de la “garganta” del carburador, a menos que se disponga de sistemas deshieladores, diferentes de los que se utilizan para calentar el aire que ingresa al carburador.

Causas de la formación de hielo en el carburador

Existen dos fenómenos físicos que pueden explicar la formación de hielo en el carburador aún con temperaturas positivas.

El primero es “el enfriamiento adiabático”, que supone que la disminución de la presión generada dentro del venturi, produce en consecuencia una disminución también de la temperatura.

El segundo fenómeno es “la absorción del calor latente”, que se produce durante el proceso de evaporación (volatilización) del combustible y que en consecuencia, genera otra disminución de la temperatura.

Prevención de la formación de hielo en el carburador

Es importante saber que para eliminar el hielo hace falta mucho más calor que para prevenir su formación, por lo tanto, el problema hay que resolverlo desde la “prevención”, “Más vale prevenir que curar”.

Si la aeronave está provista de un indicador de temperatura del aire que ingresa al sistema de combustible, determinar las medidas preventivas será una cosa sencilla. El problema para los pilotos es cuando no se dispone de información, que no sea la meteorológica y la temperatura de aire exterior. En esos casos se deberían seguir algunos de los consejos siguientes:

1º) Tener presente antes de iniciar un vuelo o durante el mismo, que la formación de hielo es posible siempre que la temperatura del aire sea 21° C o menos.

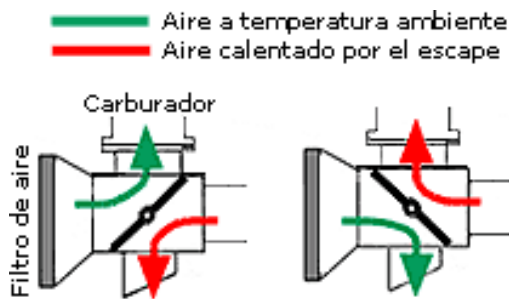
2º) Antes de despegar, durante la prueba de motores, comprobar el funcionamiento del aire caliente al carburador accionándolo hasta el máximo y observar una caída en la presión de admisión.

3º) Utilizar el aire caliente al carburador siempre que la temperatura del aire sea inferior a 21° C, con alto contenido de humedad, presencia de lluvia o volando a través de nubes. El aire caliente debe utilizarse excepto durante el despegue.

4º) El uso de aire caliente ocasiona una pérdida de potencia significativa. Una temperatura del aire muy alta puede producir detonaciones, calentamiento en el motor y hasta averías, por lo tanto el aire caliente al carburador debe ser regulado de tal manera que no provoque efectos contrarios al deseado.

5º) La utilización del aire caliente es para prevenir y no para eliminar el hielo acumulado.

6º) Durante los descensos y maniobras sin uso de potencia, deberá utilizarse aire caliente al carburador



El número de octano:

¿Que es el octanaje?

Octanaje o número de octano es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas.

¿Cuál es la escala utilizada para medir el octanaje?

La calidad antidetonante de una gasolina se mide usando una escala arbitraria de número de octano. En esta escala, se dio a los hidrocarburos iso-octano (que es poco detonante) un índice de octano de 100; y al n-heptano (que es muy detonante), un índice de octano de cero.

La prueba de determinación del octanaje de una gasolina se efectúa en un motor especial de un sólo cilindro, aumentando progresivamente la compresión hasta que se manifiesten las detonaciones. Posteriormente, se hace funcionar el motor sin variar la compresión anterior, con una mezcla de iso-octano y una

cantidad variable de n-heptano, que representará el octanaje o índice de octano de la gasolina para la cual se procedió a la prueba y que tiene, por lo tanto, el mismo funcionamiento antidetonante de la mezcla de hidrocarburos.

Así, por ejemplo, si una gasolina presenta propiedades antidetonantes similares a una mezcla de 95% de iso-octano y 5% de n-heptano, se dice que tiene un número de octano de 95.

¿Qué problemas se presentan al usar gasolinas de bajo número de octano?

El principal problema es la generación de detonaciones.

Muchos pilotos aún creen que cuanto mayor sea el número de octano de la gasolina que cargan en su aeronave, mayor será la potencia y mejor el funcionamiento. Simplemente falso. El valor de octano del combustible no tiene ninguna relación con la potencia.

El número de octano de un combustible es simplemente una descripción numérica de su capacidad para resistir el "golpeteo" de la máquina. Cuando los vapores de la gasolina sin combustionar explotan espontáneamente en el cilindro, antes de que los alcance la flama en expansión dentro del cilindro de combustión, se provocan dos explosiones simultáneas (la otra es de la bujía de encendido). Este fenómeno produce el golpeteo.

Cuanto mayor sea el número de octano (o índice antidetonante, para ser más exactos) mayor será la resistencia del combustible al golpeo de la máquina. El motor de un avión está diseñado para usar un combustible con un número de octano en particular (en el manual del avión debería decirlo). Al comprar un combustible con un octanaje mayor sólo se estará tirando el dinero.

La única y muy importante excepción es cuando el vehículo envejece porque los depósitos creados por la gasolina y los relativos al lubricante pueden incrementar el número de octano que el motor necesita para prevenir el golpeteo. Por esta razón, si un vehículo con más de dos años de vida muestra problemas de golpeteo, el problema se puede resolver simplemente usando una gasolina con un índice antidetonante superior.

Combustiones anormales

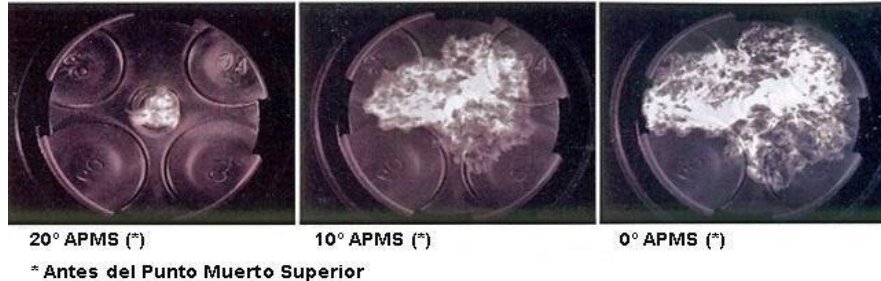
Detonación:

La detonación es una combustión rápida, violenta y descontrolada de la mezcla aire-combustible producida después del encendido de la chispa.

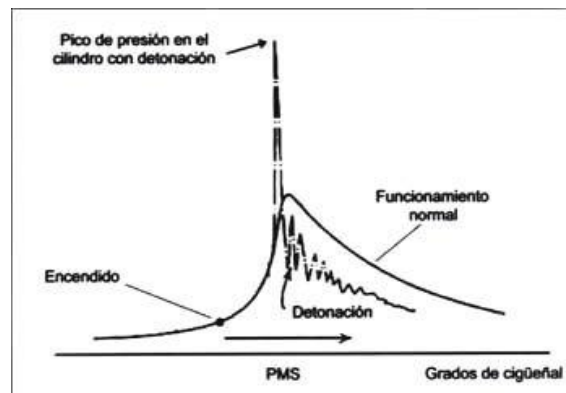
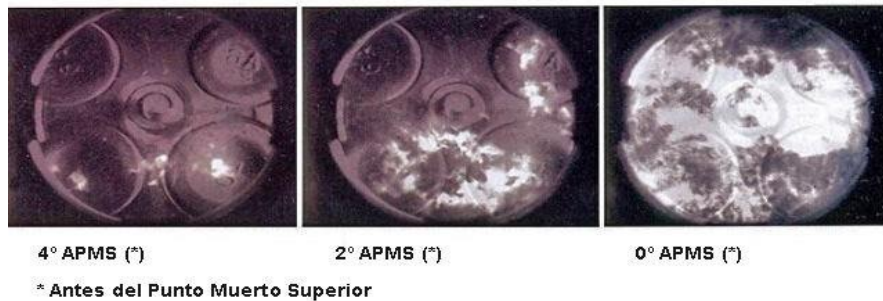
Si bien puede producirse por varios factores, tales como el empleo de mezclas pobres con el motor operando a grandes temperaturas, la condición más común para que se suceda este fenómeno está dada por el empleo de combustibles de bajo octanaje.

De lo expuesto, podemos deducir que sus efectos pueden prevenirse utilizando el combustible correcto, manteniendo la mezcla suficientemente rica, empleando el acelerador en forma suave y progresiva y tratando de mantener la temperatura del motor dentro de los límites recomendados por el fabricante.

COMBUSTIÓN NORMAL: DEFLAGRACIÓN



COMBUSTIÓN ANORMAL: DETONACIÓN



Pre-ignición o autoencendido

La pre-ignición es la inflamación de la carga antes de que ocurra el salto de chispa en la bujía. Depósitos de carbón, cabezas de válvulas, bujías, y cualquier punto saliente sobre las paredes del cilindro y su cabeza se sobrecalentarán durante la operación y pueden alcanzar la temperatura suficiente para encender la mezcla antes de que lo haga la bujía.

El efecto de la pre-ignición es el mismo que el producido por el avance de encendido. Si el avance está regulado para mejor potencia, la pre-ignición reducirá la potencia por iniciar la combustión mucho antes de la posición apropiada del pistón.

Aprenda a diferenciar entre pre-ignición y detonación. La pre-ignición ocurre "antes" que la chispa, y la detonación "después" que la chispa. La detonación produce presiones pico sobre el pistón mucho más altas y hace que el motor soporte severas cargas.

La pre-ignición simplemente comienza un quemado normal de la mezcla en forma muy temprana.

Resumiendo la pre-ignición y la detonación van de la mano y ambos pueden resultar en una PERDIDA DE POTENCIA (Parcial o Total).

Uso de combustibles y lubricantes apropiados

Cualquier motor necesita un combustible y lubricante apropiados para funcionar normalmente y sin problemas. Los motores de aviación son, en este aspecto, extremadamente delicados y por lo tanto exigen ser operados con combustibles de la mejor calidad y que reúnan las condiciones de octanaje que la performance de los mismos requiera.

La nafta de automóvil, incluso la llamada "especial", no debe ser utilizada en estos motores, dado que su uso, además del peligro de detonación, puede formar en algunas partes del motor depósitos gomosos o de carbón, que lo dañarán. Además de lo expresado, la nafta del automóvil tiene una presión de vapor mucho más alta que la de aviación lo que puede producir "bloqueos" en las líneas de alimentación, sobre todo en tiempo caluroso.

Generalmente el número de octanos de la nafta a utilizar está especificado, además de los manuales, en las tapas de llenado y en las placas de especificación de cada motor. La utilización de una nafta de un número de octanos más alto que el indicado no mejorará la performance del motor y en algunos casos puede llegar incluso a dañarlo. Sin embargo, en casos de emergencia es preferible su utilización en lugar de uno de octanaje menor que el especificado, ya que este último dañará en todos los casos, en mayor o menor grado, al motor. Igualmente, no debe mezclarse nafta común con otra de un número de octanos mayor, intentando conseguir un resultado intermedio. Lo único que se conseguirá de este modo será un resultado aritmético pero no verdadero, con los resultados contraproducentes que ello originaría.

No olvidar que una nafta de mala calidad (vencida) o de un número de octanos menor que el requerido, causará en el motor: pérdida de potencia; recalentamiento; quemado de bujías; quemado o pegado de válvulas; excesivo consumo de aceite y detonación.

Con respecto al lubricante caben las mismas reflexiones, es decir, que solo debe emplearse el especificado para cada tipo de motor y de acuerdo a la época del año. No debe mezclarse aceites con detergentes con otros comunes, ni tampoco creer que un motor "desgastado" mejorará su performance o consumirá menos lubricante empleando un aceite de densidad más elevada que la requerida.

Sistema de lubricación y enfriamiento

El encendido y expansión de los gases dentro de los cilindros produce un intenso calor. De esa energía térmica generada, solo una pequeña porción se transforma en potencia útil y el resto se convierte en calor residual.

Ese calor residual, nocivo para la performance del motor, debe ser disipado. Varios sistemas colaboran en esta tarea: el escape, la lubricación y el sistema de enfriamiento propiamente dicho.

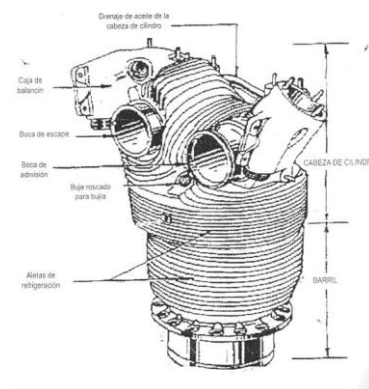
El recalentamiento de un motor puede ocasionar: un consumo excesivo de aceite y en casos extremos una detonación, con la consecuente pérdida total o parcial de potencia. Casi todos estos problemas pueden ser evitados operando el material dentro de las especificaciones del fabricante, controlando la temperatura de las cabezas de los cilindros (si la máquina está provista con un indicador de este tipo) o la del aceite.

A diferencia de los motores de automóviles, que en su mayoría están refrigerados por líquidos, las plantas poder de las aeronaves están enfriadas por aire.

Para aprovechar de manera más eficiente el aire que impacta en la aeronave, el sistema de enfriamiento dispone, dentro del carenado que envuelve al motor, de un diseño que canaliza el viento hacia las piezas más afectadas por la temperatura, como son las cabezas de cilindros, en especial la de aquellos que se encuentran más atrás, es decir, más alejadas de la zona frontal del avión.



Con el mismo criterio los cilindros cuentan con un sistema de aletas que obligan al aire a canalizarse entre las mismas para enfriar la pared exterior de los mismos.



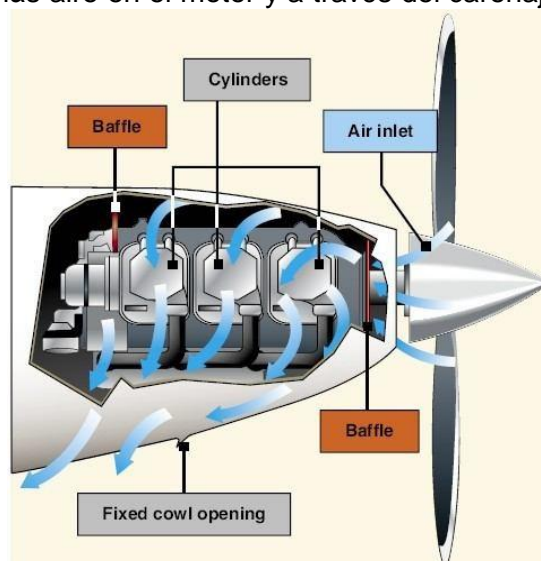
Hasta aquí hemos visto que el sistema de enfriamiento funciona sin intervención del piloto. Si bien esto es cierto, existen varios procedimientos que el piloto puede emplear para enfriar el motor, tales como: reducción de la potencia, incremento en la velocidad, enriquecimiento de la mezcla, etc. Estos serán desarrollados en la unidad procedimental del presente manual.

Pero más allá de las soluciones operativas antes mencionadas, existe también un dispositivo que forma parte del sistema de enfriamiento y del cual el piloto tiene control desde la cabina de mando. Nos estamos refiriendo al empleo de los flaps de refrigeración o también conocidos como FLAPS DE CAPOT (COWL FLAPS)



Los flaps de refrigeración son secciones de metal móviles situadas debajo del carenaje del motor, que el piloto puede abrir o cerrar manualmente desde la cabina con tan sólo accionar una pequeña palanca.

Si los flaps de refrigeración se dejan plegados, se reducirá el flujo de aire en el motor y a través del carenaje de éste. Con esto se consigue mantener el motor a temperaturas más moderadas durante el vuelo de crucero y en los descensos. Si, por el contrario, los flaps de refrigeración se despliegan antes de despegar o durante un ascenso, entrará más aire en el motor y a través del carenaje.





Lubricación:

La fricción entre las piezas del motor, por frenado, desgaste y aumento en la temperatura, genera una apreciable pérdida de potencia, y para reducir dicha pérdida se requieren sistemas de lubricación adecuados.

Casi todos los motores de aviación están lubricados con aceite mineral, el cual sirve para reducir la fricción, transferir el calor de las partes internas del motor al aire y formar un sellado entre las piezas fijas y móviles del motor.

Funciones del aceite:

1 - Reduce la fricción: Si tuviéramos que examinar microscópicamente las piezas de un motor de avión, veríamos que no son perfectamente lisas, sino que poseen algunas elevaciones, y cuando dos piezas se rozan, se produce fricción y el metal se desgasta. Para reducir esta fricción, se coloca una capa de aceite entre las piezas que se mueven. Dicho aceite humedece las superficies, cubre las partes huecas y mantiene aisladas las partes de metal. El movimiento se produce ahora entre las capas de aceite, las cuales se deslizan una con otra con muy poca fricción. La viscosidad del aceite es la resistencia a fluir, y la separación entre las piezas que se mueven determina la viscosidad requerida del aceite.

2 - Proporciona enfriamiento: El aceite provee un contacto íntimo con las piezas en movimiento del motor, y absorbe parte del calor del proceso de combustión.

El aceite calentado fluye a través del sistema y pasa al enfriador de aceite, en donde el calor pasa al aire exterior a través del núcleo del enfriador.

3 - Sella y amortigua vibraciones: La naturaleza viscosa del aceite, es decir, su habilidad para humedecer las superficies de contacto, hace que el aceite sea un buen agente de sellado entre las piezas en movimiento.

4 - Protege contra la corrosión: Cuando el material permanece descubierto expuesto a la presencia de humedad o de algunos materiales químicos que contaminen el aire, se formará corrosión. Esto se produce especialmente en superficies de metal, como paredes del cilindro o cigüeñales, los cuales han sido endurecidos por el proceso de nitrurado. Una capa de aceite que cubra dichas superficies evitará que el oxígeno reaccione con el metal y lo oxide.

5 - Limpia: Suciedad, polvo, carbón y agua entran al aceite y la habilidad que posee el mismo de mantener en suspensión dichos contaminantes hasta que puedan ser atrapados por el filtro, ayuda a mantener limpio el motor.

Clasificación de los aceites

Los aceites lubricantes se clasifican de acuerdo a la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) o al API (Instituto Americano del Petróleo) de la siguiente forma:

Monogrado: SAE30, SAE40, SAE60

Multigrado: 10W40, 5W50, 5W40

Clasificación SAE

La Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE clasifica a los aceites de acuerdo a la viscosidad del lubricante y los divide en:

Monogrados: (a estos se les asigna un número el cual es indicativo de su viscosidad)

Multigrados: (se les asigna dos números y entre ellos se coloca la letra W de *winter* que significa invierno en inglés).

Los aceites monogrados tienen la característica de que su viscosidad cambia de manera importante con la temperatura, cuando ésta baja, su viscosidad se incrementa y cuando aumenta su viscosidad disminuye.

Desde 1964 se utilizan aceites multigrados en los motores. Estos aceites tienen la característica de que su viscosidad también cambia con la temperatura pero lo hacen de una manera menos drástica que los aceites **monogrados**.

Para los aceites multigrados se tienen algunas de las siguientes clasificaciones SAE5W30, 10W40, 10W50, etc.

Circuito básico de aceite en el motor

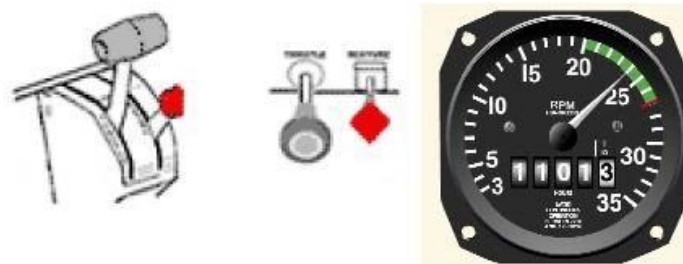
El cárter (en los de cárter húmedo) o el depósito (en los de cárter seco) contienen el lubricante. Una bomba, accionada por la caja de accesorios del motor, toma el aceite y lo envía a presión, pasando por el filtro, a los cojinetes del motor a través de una serie de conductos internos. Una vez cumplida su función, el cuerpo de recuperación de la bomba lo envía de nuevo al depósito, haciéndolo pasar antes a través de una válvula termostática que censará la temperatura del lubricante para desviarlo o no hacia un radiador para enfriarlo.

Desarrollaremos la interpretación de las fallas y las posibles soluciones en la unidad procedimental.

Sistema de control de propulsión

Controlando la hélice

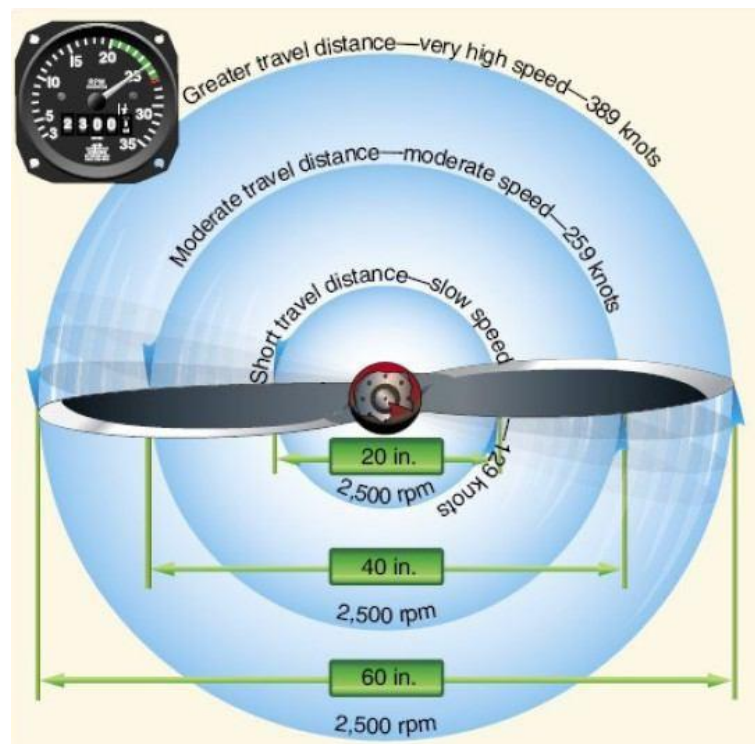
Las hélices pueden ser de diversos tamaños y venir de diferentes colores, pero básicamente son de dos clases: de paso fijo y de velocidad constante. En un avión con hélice de paso (ángulo) fijo (como el C-152), una palanca (el acelerador) controla tanto la potencia como las rpm de la hélice, siendo el tacómetro el único instrumento que proporciona información sobre la misma.



Mandos de propulsión con hélice de paso fijo

En este tipo de aviones regular la propulsión es sencillo: empujando el acelerador, la potencia y las r.p.m. aumentan; al tirar de este, la potencia y las r.p.m. disminuyen.

Pensemos que un avión con hélice de paso fijo es como un automóvil con una caja de cambios con una única marcha.



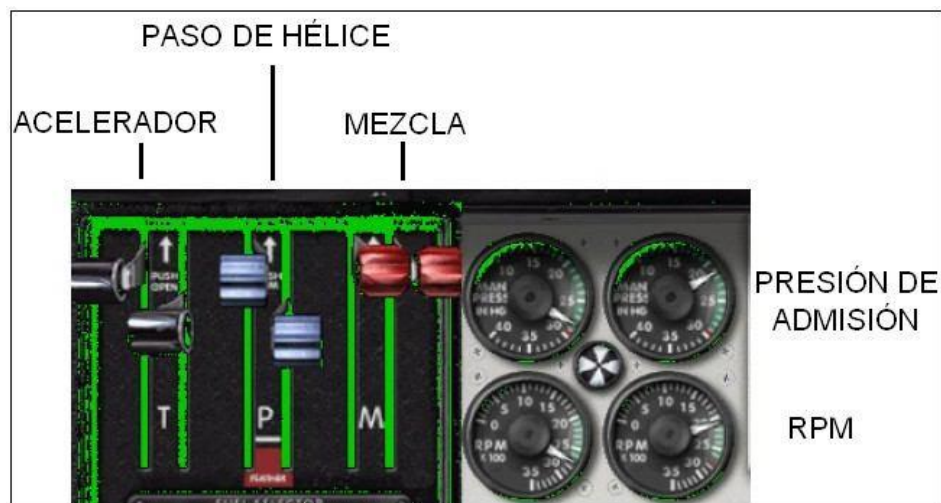
La hélice de paso fijo, como la del C-152, tiene un ángulo de ataque fijo, el cual se establece de forma permanente durante el proceso de fabricación. En definitiva, no es posible modificar el ángulo de la pala a menos que se reemplace la hélice.

Pero muchos aviones poseen lo que se conoce como *hélice de velocidad constante*, que quiere decir que existen controles distintos para la potencia y para las rpm de hélice.



Los aviones con este tipo de hélice cuentan generalmente con un acelerador y un control de hélice, de manera que la potencia y las rpm de la hélice se controlan por separado, tal y como se muestra en la figura anterior.

En los aviones con hélices de velocidad constante, será el movimiento del acelerador lo que determine la cantidad de combustible y de aire que llega a los cilindros. Dicho de otra forma más simple, el acelerador establece cuánta potencia puede desarrollar el motor. El movimiento del control de la hélice altera el cabeceo de ésta (el ángulo de ataque), lo que repercute directamente en el control de la velocidad de giro de la hélice (rpm), tal y como se muestra en la figura siguiente.

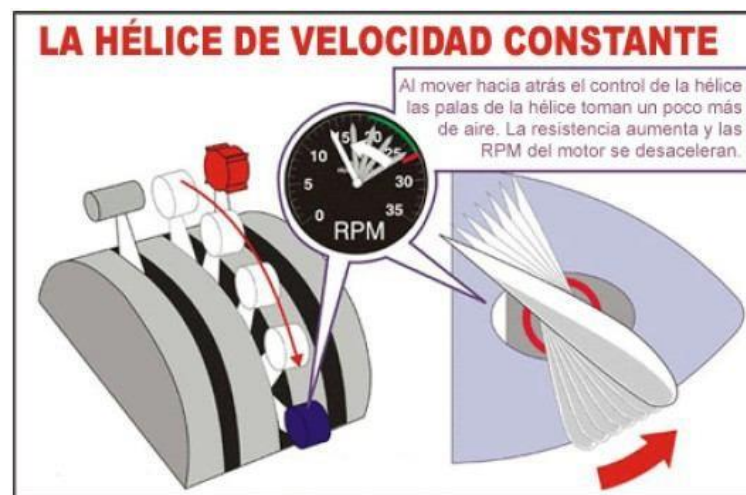


Si el acelerador determina la potencia del motor, el cabeceo de la hélice define la eficacia con que esta potencia se emplea.

El movimiento hacia delante del control de hélice provoca que las dos mitades de la misma giren alrededor de sus ejes y ataquen el viento con un ángulo inferior (esto es, toman un menor volumen de aire) tal y como se muestra en la figura siguiente.



Sabemos que un ángulo de ataque menor implica menor resistencia al avance y, como consecuencia, si se mueve el control de hélice hacia delante, las rpm de la hélice aumentarán. Si por el contrario este control se mueve hacia atrás, la hélice atacará el viento con un ángulo de ataque mayor (es decir, tomará un mayor volumen de aire). La resistencia de la hélice aumentará, mientras que las rpm disminuirán, tal y como se muestra a continuación.



Del mismo modo que el taquímetro indica la velocidad de giro de la hélice (sus rpm), el manómetro del colector/múltiple de admisión señala cuanta aceleración se está aplicando, al tiempo que proporciona una medida aproximada de la potencia de motor utilizada.



Como se muestra en la figura, si se abre un poco el acelerador, la presión del colector aumenta.



Entra más mezcla de aire y combustible en el motor, por lo que la potencia se incrementa. Cuando el piloto abre el acelerador, el nivel de presión desde abajo de la válvula del acelerador se acerca al de la atmosférica. En otras palabras, se fuerza a que el aire entre en el sistema de inducción a la mayor presión posible.



Analogía con el automóvil:

POSICIÓN DE LA HÉLICE EN DESPEGUE Y ASCENSO

El coche va en una marcha baja cuando sube una pendiente. El motor gira más rápido y se transmite más potencia a las ruedas.

También el avión va en una marcha baja cuando asciende. Dicho de otra manera, en el ascenso, la hélice está plenamente adelantada y la posición de rpm elevadas permite que el motor desarrolle una velocidad máxima y, por tanto, una potencia máxima. Más potencia significa más empuje.

A



B



Con el nivel de la hélice plenamente adelantado, las palas de la hélice toman un poco de aire, lo que significa menos resistencia y, por tanto, mayor velocidad de la hélice.

POSICIÓN DE LA HÉLICE EN VUELO DE CRUCERO

En la velocidad de crucero, el coche no necesita desarrollar la potencia máxima. Por tanto, las marchas altas permiten que el motor vaya más lento, pero se desarrolla potencia suficiente para la velocidad necesaria.

También los aviones van en vuelo de crucero con una marcha alta. Dicho de otra manera, en vuelo de crucero la hélice se pone en un paso más alto (toma más aire). Así el motor va más lento, usa menos combustible pero desarrolla el empuje necesario para una velocidad de crucero razonablemente rápida.

A



B



Con la palanca de la hélice ligeramente retrasada, las palas toman más aire. El resultado es más resistencia, menos velocidad de la hélice (rpm) y mejor eficiencia del combustible.