



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLÍTÉCNICA
DE MADRID

INFORME DE LABORATORIO

MOTORES ALTERNATIVOS AERONAÚTICOS
GRADO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL

Autores: Cambra Valcárcel, Pablo
Del Toro Armas, Mario
Gómez Jiménez, Paula
Pérez Trias, Daniel
Serrano Vega, Carmen
Álvaro Guerrero, Gustavo
Cano de Paz, Diego
González García-Mochales, Hugo
Moreno Pérez, Alejandro
Piña Flores, Sergio

MADRID, ENERO 2025



https://github.com/MarioDelToro-UPM/informe_lab_MAA.git

Índice

Índice de figuras	1
1. Émbolos	1
1.1. Émbolos	1
1.2. Bulones y bielas	3
1.3. Segmentos	4
2. Distribución	6
2.1. Válvulas	6
2.2. Árbol de levas	7
2.3. Mecanismo de accionamiento del árbol de levas	8
2.4. Levas	10
3. Elementos Soporte	11
3.1. Culata	11
3.2. Bloque motor	13
3.3. Camisas	14
3.4. Motor radial	15
4. Cigüeñal y Biela	16
4.1. Cigüeñal	16
4.2. Bielas	17
4.3. Motores radiales	19
5. Conclusión	21

Índice de figuras

1.1.	Conjunto de los distintos componentes a montar en el cigüeñal	1
1.2.	Croquis del émbolo con las distintas medidas en la cabeza y partes superior e inferior de la falda.	2
1.3.	Émbolo de motor Diesel.	2
1.4.	Émbolos de motor Otto.	3
1.5.	Segmentos y agujero para el instalación del bulón.	5
2.1.	Esquema de un sistema de distribución.	6
2.2.	Válvulas.	7
2.3.	Árbol de levas.	8
2.4.	Cadena de distribución con sus piñones.	9
2.5.	Correa dentada.	9
2.6.	Levas en distintos estados de conservación.	10
3.1.	Culatas.	11
3.2.	Inserto para completar la precámara.	12
3.3.	Accesorios en la culata.	13
3.4.	Accesorios en la culata.	14
3.5.	Cárter de motor aeronáutico	14
3.6.	Motor radial.	15
4.1.	Cigüeñales.	16
4.2.	Producción de la biela.	17
4.3.	Biela semifinalizada.	18
4.4.	Bielas que han fallado.	19
4.5.	Cigüeñal de un motor radial.	20
5.1.	Motor V12 Rolls-Royce Merlin.	21

1. Émbolos

Para comenzar la elaboración del informe correspondiente a la parte de arquitectura de los motores alternativos, cabe estudiar en primer lugar la morfología y funcionamiento de los émbolos, elementos claves en los motores de alternativos; ya que estos constituyen la frontera móvil de la cámara de combustión. La superficie del émbolo será un aspecto importante a considerar, pues deberá tener la morfología adecuada para conseguir una buena turbulencia y un correcto mezclado combustible-aire.

Se estudiarán y comentarán tanto los émbolos de ciclo Otto como los de Diesel, así como otros elementos importantes como bielas, bulones o segmentos, y se irán abordando las distintas cuestiones planteadas durante la realización de la práctica. Así, la figura 1.1 muestra un esquema del conjunto con todos los elementos previamente mencionados, a falta de su acople en el cigüeñal.

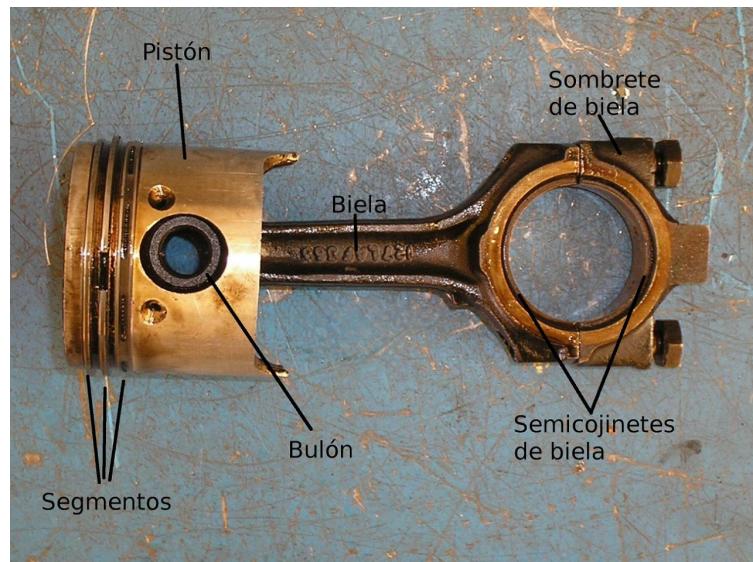


Figura 1.1: Conjunto de los distintos componentes a montar en el cigüeñal.

1.1. Émbolos

En primer lugar se van a analizar las diferencias que existen entre los émbolos de los motores Otto y Diesel. Por un lado, los émbolos en motores Otto suelen operar a presiones y temperaturas más bajas que los motores Diesel y, por tanto, estos primeros serán más ligeros y pequeños. Por otro lado, los émbolos de los motores Diesel presentarán una mayor resistencia y robustez debido a lo anteriormente mencionado.

Debido a estas condiciones y solicitudes estructurales, será de vital importancia la correcta elección de los materiales que los conforman. Los émbolos de ciclo Otto se fabrican fundamentalmente

de aluminio, lo que les otorga esa ligereza característica. Por su parte, los émbolos de ciclo Diesel son más robustos y pesados, pues se fabrican principalmente de aleaciones pesadas como aceros forjados o hierro fundido. Como se ha comentado anteriormente, la diferencia entre ambos es que los Diesel tienen que soportar temperaturas y presiones más altas que los Otto, de ahí que estos últimos puedan emplear aleaciones ligeras de aluminio, lo que les confiere mayor conductividad térmica y capacidad para trabajar a muy altas revoluciones.

En cuanto al diseño de la geometría del émbolo está influenciado por los fenómenos de dilatación que sufren las diferentes zonas del émbolo. Como este fenómeno va disminuyendo a lo largo del émbolo (al ir disminuyendo la temperatura), este tendrá una forma troncocónica para compensar la dilatación en las diferentes zonas del material. De esta manera se consigue reducir el desgaste por fricción con las paredes. Esto se aprecia en la figura 1.2, donde se puede observar un croquis de la cabeza del émbolo, y sus distintas dimensiones en la cabeza y en las partes superior e inferior de la falda. Estas medidas han sido tomadas durante la práctica de laboratorio.

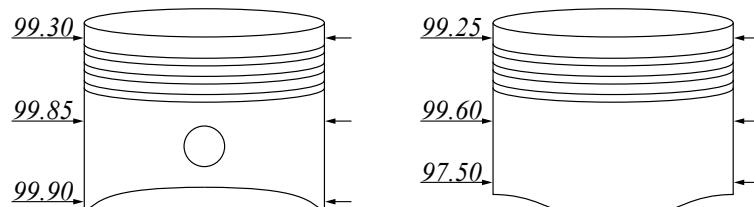


Figura 1.2: Croquis del émbolo con las distintas medidas en la cabeza y partes superior e inferior de la falda.

Otros aspecto a analizar son las cavidades practicadas en las cabezas de los émbolos. Los motores Diesel presentan estas oquedades con el objetivo de facilitar la atomización y mezcla del combustible con el aire. Esto se puede ver en la figura 1.3 donde la forma y el tamaño de la oquedad favorecen una mejor mezcla del combustible.



Figura 1.3: Émbolo de motor Diesel.

Por otro lado, los émbolos de los motores Otto presentan unas superficies más planas que las Diesel, como se ha comentado anteriormente. Sin embargo, estos también presentan ciertos rebajes como se puede ver en la figura 1.4, sirviendo estas principalmente para mejorar el mezclado de aire y combustible o, como es el caso de la de la figura 1.4b, para evitar el contacto entre válvula y émbolo.



(a) Émbolo con rebaje para mezcla.



(b) Émbolo con rebaje para evitar contacto.

Figura 1.4: Émbolos de motor Otto.

Finalmente, se va a analizar el espesor del émbolo, otro aspecto crucial para resistir las elevadas presiones y temperaturas de la cámara de combustión. Un espesor demasiado pequeño podría ocasionar graves problemas de resistencia y deformación, además de deficiencias de disipación y transmisión de calor, dando lugar a puntos calientes. Por otro lado, un espesor demasiado elevado podría incurrir en problemas de pesos elevados, incrementando significativamente las fuerzas inerciales del motor, empeorando su comportamiento a altos ciclos y acelerando su desgaste.

1.2. Bulones y bielas

Para proseguir, se van a estudiar otros elementos claves en los motores de combustión tales como los bulones y las bielas (si bien estas se comentarán con mayor detalle en la sección 4.2). Estos componentes serán los encargados de unir y transmitir el movimiento generado por el émbolo al cigüeñal. Así, tras haber analizado el material de construcción de los émbolos, cabe destacar también las aleaciones empleadas en bulones. Los bulones son los componentes que unen el émbolo con la biela, de forma que el movimiento del émbolo pueda ser transmitido desde este al cigüeñal mediante la unión bulón-bielas. Dado que el bulón atraviesa el émbolo en dirección transversal a su eje, y se acopla en su punto medio a la biela, paralela al eje del émbolo, los esfuerzos que deberá soportar

principalmente el bulón serán esfuerzos de flexión. Además, deben tener gran resistencia a fatiga para soportar los ciclos del motor. Por ello, se fabricarán fundamentalmente de aceros de alta resistencia y con tratamientos térmicos que le confieran las propiedades necesarias para soportar los estados de carga previamente mencionados.

1.3. Segmentos

Para finalizar, los segmentos son esos “anillos” que se colocan en las ranuras de la cabeza del pistón y se encargan de sellar el espacio entre el émbolo y el cilindro , para evitar el escape de los gases y mantener una correcta lubricación. Por ello, deberán soportar altas temperaturas, fricción y desgaste, lo que hace idónea la utilización de aleaciones de hierro fundido o acero, además de incorporar tratamientos y recubrimientos para aumentar su vida útil.

No todos los segmentos son iguales, como se aprecia en la figura 1.5. Los segmentos de fuego y compresión (superiores) están diseñados para soportar elevadas temperaturas y presiones (al estar más cerca de la cámara de combustión), con el objetivo de realizar un sellado eficaz en la cámara de combustión y evitar el escape de los gases. Por otro lado, los segmentos rascadores (inferiores) tienen la función de controlar la cantidad de aceite, retirando el exceso de este para evitar que llegue a la cámara de combustión y evitando que se queme una mayor cantidad de aceite de la prevista. Además, aseguran la correcta limpieza de las paredes y evitan la presencia de suciedad o residuos en estas. Es clave mantener los segmentos en buen estado y con las dimensiones correctas, para asegurar el sellado y prevenir fallos por desgaste. Todo esto asegurará un correcto funcionamiento del motor, y aumentará su vida útil.



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Motores Alternativos Aeronaúticos



Figura 1.5: Segmentos y agujero para el instalación del bulón.

Estos segmentos deben ajustarse correctamente al pistón. Esto implica que estén correctamente asentados en las ranuras, pero no excesivamente apretados. Esto se debe a que, por un lado, no deben tener holguras que puedan provocar excesivo movimiento y que se deslicen durante el funcionamiento del motor, pues podría afectar negativamente a su funcionamiento al no cumplir adecuadamente con su misión selladora. Por otra parte, si están demasiado apretados podría generarse demasiada fricción y con ello elevadas temperaturas, además de no permitir ningún tipo de dilatación térmica. Es por ello que los segmentos deben estar asentados firmemente en las correspondientes ranuras, asegurando su correcto sellado, pero permitiendo su ligera expansión durante el funcionamiento del motor. De esta forma la vida útil de estos componentes, y por consiguiente la del motor, será mayor.

2. Distribución

A continuación, se estudiará el mecanismo de distribución de un motor alternativo, siendo este un sistema fundamental en los motores de combustión interna dado que se encarga de controlar la apertura y cierre de las válvulas en sincronización con los pistones y el cigüeñal. Su función principal es la de permitir la entrada de la mezcla aire-combustible y la salida de los gases de escape. En esta mesa se analizarán las distintas piezas fundamentales y comunes en cualquier sistema de distribución, válvulas y árbol de levas.

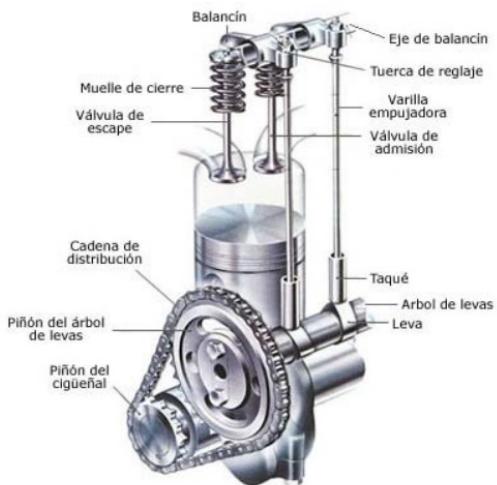


Figura 2.1: Esquema de un sistema de distribución.

2.1. Válvulas

En un sistema de distribución de un motor alternativo quienes permiten la entrada y salida de los gases, aire y combustible, son las válvulas de admisión y escape. Por ello, se va a analizar cada una de estas válvulas y las principales diferencias que hay entre ellas.

La válvula de admisión permite la entrada de aire y combustible en la cámara de combustión. Esta se abre al inicio del proceso de admisión y se cierra antes del proceso de compresión. En general, su tamaño es mayor que las válvulas de escape, facilitando un mayor flujo de entrada. La principal característica de estas válvulas es el diseño de su base, ya que se diseñan para facilitar la mezcla en la cámara introduciendo por ejemplo un hueco en la base para generar turbulencia en el fluido y mejorar la mezcla. En la imagen 2.2a se aprecia un ejemplo de este tipo de válvulas. En cuanto a su material, se suelen fabricar de acero inoxidable, con menos necesidad de soportar altas temperaturas.

Las válvulas de escape, por el contrario, permiten la salida de los gases tras completar todo el ciclo; compresión, combustión y expansión. Se abren cuando a de comenzar el escape de los gases y se

cierra antes de comenzar nuevamente el proceso de adición. Estas son más pequeñas porque al tener los gases de la cámara alta presión, salen con mayor eficacia por una apertura más pequeña. Su diseño es más simple que el de las válvulas de admisión, pero los materiales deben resistir mejor las altas temperaturas siendo estas normalmente de aceros al cromo o al níquel.



(a) Válvula de admisión.



(b) Válvula de escape.

Figura 2.2: Válvulas.

En conclusión, la principal diferencia entre una válvula de admisión y otra de escape es su diseño, ya que las de admisión se suelen modificar en su base para favorecer la turbulencia del flujo y mejorar la mezcla en la cámara para obtener un proceso de combustión más óptimo.

2.2. Árbol de levas

El árbol de levas controla la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. Mediante protuberancias en el eje empuja los taqués, balancines o directamente las válvulas para permitir el paso de la mezcla aire-combustible y dar salida a los gases de escape.

La leva de admisión es generalmente más grande y de mayor duración que la de escape, esto se debe a que esta debe permitir la suficiente cantidad de mezcla, esta leva está optimizada para maximizar la cantidad de aire que entra al cilindro, mejorando así la eficiencia del motor. Por otra parte, las levas de escape son menos pronunciadas, en parte debido a que los gases salen con una presión mayor debida a la combustión.

Cabe destacar que en función del motor se pueden encontrar dos árboles de levas, uno de admisión y otro de escape, como se puede observar en la figura 2.3, o el mismo árbol con ambos tipos de

levas.



Figura 2.3: Árbol de levas.

En cuanto a los tipos de configuraciones para los sistemas de distribución, existen varios tipos. En primer lugar están los sistemas de árbol de levas en el bloque, en estos el árbol de levas está ubicado dentro del bloque del motor y acciona las válvulas mediante varillas empujadoras y balancines, tienen una buena durabilidad y un bajo costo, pero tienen limitaciones a altas revoluciones y una mayor inercia. Este sistema se puede observar en la figura 1.

Por otra parte están los sistemas de árbol de levas en la culata, en ellos el árbol de levas se ubica en la culata y este acciona las válvulas mediante taqués o balancines cortos. Reducen la inercia de los componentes, por lo que permiten una mejor respuesta a altas revoluciones. Existen dos tipos, los SOHC: poseen un solo árbol de levas en la culata el cual controla tanto las válvulas de admisión como las de escape, y los DOHC los cuales poseen dos árboles de levas, uno para admisión y otro para escape. La figura ?? es un claro ejemplo de un árbol de levas perteneciente a un sistema DOHC.

Otro tipo de sistema es el de distribución directa (DOHC sin balancines), en este sistema las levas actúan directamente sobre las válvulas, esto minimiza pérdidas mecánicas y proporciona una respuesta más rápida.

2.3. Mecanismo de accionamiento del árbol de levas

El mecanismo de accionamiento del árbol de levas en los motores alternativos permite que este gire a la mitad de la velocidad del cigüeñal, asegurando que las válvulas se abran y cierren 1 vez en el momento preciso durante los cuatro tiempos del ciclo. Para lograr esto, se utiliza una relación de transmisión 2:1, la cual se implementa generalmente mediante una polea o piñón en el cigüeñal que tiene la mitad del diámetro de la polea o piñón correspondiente al árbol de levas, como se ve en la



figura 2.4.



Figura 2.4: Cadena de distribución con sus piñones.

Existen diferentes medios de transmisión para este mecanismo. Uno de ellos es la cadena, vista en la figura anterior, que ofrece mayor durabilidad y resistencia, así como un menor riesgo de fallos repentinos. No obstante, este sistema tiene desventajas como un mayor nivel de ruido durante su funcionamiento, la necesidad de un sistema de lubricación, y un peso y costo inicial más elevados en comparación con la correa dentada.

Otro de ellos es la previamente mencionada correa dentada, que tiene como ventajas su funcionamiento silencioso, su peso reducido y la facilidad tanto en el mantenimiento como en el reemplazo. Sin embargo, también presenta inconvenientes, como su vida útil limitada debido al desgaste y la posibilidad de rotura, además de su vulnerabilidad a contaminantes como el aceite o la suciedad.



Figura 2.5: Correa dentada.

La selección entre ambos sistemas depende de las necesidades específicas de diseño, así como de los costos y la durabilidad requeridos para el motor.

2.4. Levadas

Las levadas son los componentes esenciales del árbol de levadas, encargadas de transmitir el movimiento a las válvulas para que se abran y cierren en los momentos adecuados. Gracias a la geometría de las levadas, cuando el árbol de levadas gira las levadas empujan el taqué para elevar la varilla impulsora, mover el correspondiente balancín y abrir la válvula.

Por este motivo se observa la importancia de que la superficie de las levadas sea lo suficientemente dura para soportar la continua fricción con otros componentes del motor. En el caso de no ser lo suficientemente duras se desgastan muy rápido, perdiendo su geometría y no cumpliendo su función, por lo tanto, disminuiría la eficiencia del motor al no permitir la correcta apertura de las distintas válvulas. En la figura 2.6 se compara una leva nueva, con otra desgastada por la insuficiencia de dureza superficial.



(a) Leva en correcto estado.



(b) Leva con pérdida de perfil.

Figura 2.6: Levadas en distintos estados de conservación.

Por ello a las levadas se les da tratamientos de endurecimiento superficial. En cuanto al núcleo las levadas son más blandas buscando resistencia al impacto y la prevención de fracturas. Debido a la combinación de durezas en la leva se consigue que estas soporten las cargas dinámicas sin fallar.

3. Elementos Soporte

En esta sección se estudiarán los componentes del motor en que se alojan los pistones y que dan forma al cilindro y la cámara de combustión, es decir, el bloque motor (y sus accesorios, como camisas de los cilindros) y la culata. Las camisas y bloques son elementos fabricados habitualmente en aleaciones de hierro, ya que han de soportar rozamientos grandes y por tanto tener gran dureza. Sin embargo, las culatas se fabrican normalmente en aluminio, para aprovechar la gran conductividad térmica de este material a la hora de refrigerar el motor.

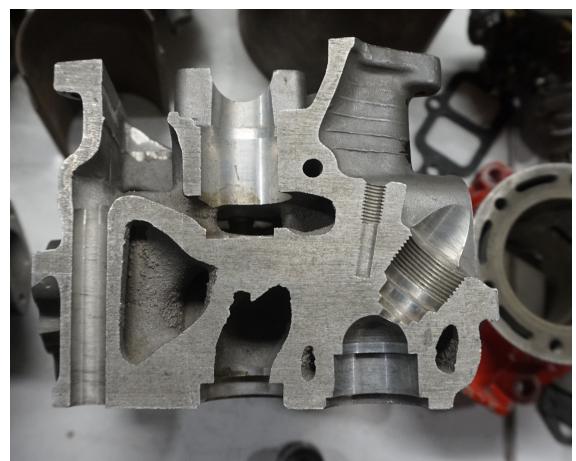
3.1. Culata

En la figura 3.3a se puede observar la parte inferior de la culata de un motor de 4 cilindros en línea, de gasolina, lo que se puede entender debido a su fabricación en aluminio y la presencia de un agujero roscado en el centro de cada cámara de combustión, presumiblemente para la instalación de la bujía. Es también interesante observar que en la cámara de combustión que se encuentra en la parte inferior de la imagen se aprecia el destrozo provocado al partirse la cabeza de una válvula y continuar funcionando el motor.

En la figura 3.3b se puede observar un corte de una culata de un motor diésel. La manera de identificarlo es la presencia, a la derecha del mismo, de un rebaje cilíndrico que acaba en una semiesfera, lo que forma la parte superior de la cámara de premezcla (el resto de la misma estará formado por un inserto (visible en la figura 3.2 instalado a presión en el cilindro mencionado). En la parte superior de esta precámara se puede observar el agujero roscado en que se instala el inyector de combustible.



(a) Motor Otto.



(b) Motor Diésel.

Figura 3.1: Culatas.

En esta figura 3.2 en que se observa el inserto que completa la precámara se puede apreciar perfectamente el orificio por el que se llena de aire (y se extrae la mezcla aire-combustible) esta cámara. La geometría de dicho orificio se escoge para dar la cantidad correcta de turbulencia al fluido de manera que se pueda producir correctamente el quemado del diésel en el pistón y, por tanto, se obtenga el correcto funcionamiento del motor.



Figura 3.2: Inserto para completar la precámara.

En cuanto al resto de accesorios alojados en la culata, en las imágenes ?? y ?? se puede ver la instalación en la culata respectivamente de las válvulas de admisión y escape (con sus mecanismos de retención y de retorno al cierre mediante muelles) y la bujía (en una culata de un motor gasolina).



(a) Válvulas instaladas en la culata.



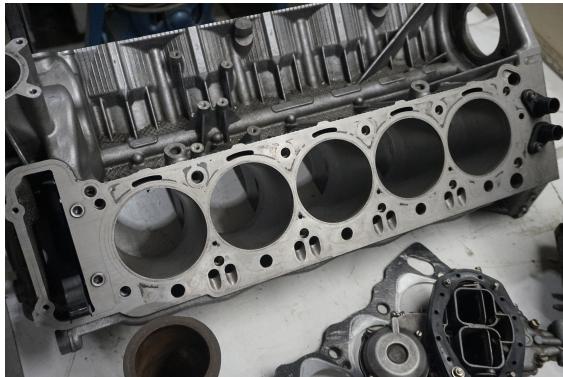
(b) Bujía instalada en su alojamiento.

Figura 3.3: Accesorios en la culata.

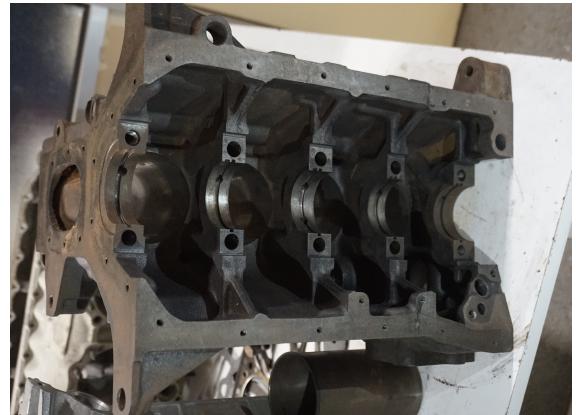
3.2. Bloque motor

En el siguiente grupo de imágenes se observan dos bloques motor, en el caso de la figura 3.6a se aprecia la segunda bancada (cilindros 6 a 10) del bloque de un motor BMW S85 (normalmente instalado en los BMW M5 E60), fabricado en aluminio. Dado que el aluminio es un material relativamente *blando*, las superficies laterales de los cilindros han debido de sufrir algún tratamiento superficial que las endurezca, pues en el caso contrario, los segmentos y los propios pistones generaría un desgaste excesivo en el bloque. Además, en esta imagen también se pueden apreciar los canales por los que fluye el refrigerante a través del bloque (aquellos con forma de sector circular y parte de los que tienen sección circular). Estos canales se corresponderán con otros con una configuración idéntica en las juntas de culata y culatas de forma que, junto con el radiador y la bomba de agua, se termina de cerrar el circuito de refrigeración.

En la figura 3.6b se observa la parte inferior de un bloque motor de cuatro cilindros en línea, especialmente los alojamientos de los cojinetes de apoyo del cigüeñal, con un canal mecanizado en el centro de todos ellos para suministrar el aceite lubricante necesario para el correcto funcionamiento del motor y asegurar la durabilidad del mismo.



(a) Bloque BMW S85.



(b) Apoyos del cigüeñal.

Figura 3.4: Accesorios en la culata.

Más allá de estos motores de uso automovilístico, es interesante observar en la imagen 3.5 el cárter central al que se anclan los cilindros en un motor bóxer (de cilindros opuestos) de 6 cilindros. Se observa que se encuentra dividido a la mitad, ya que se han de instalar piezas a ambos lados del cigüeñal. Además, al tratarse de piezas de un motor aeronáutico, es interesante observar que la cantidad de material utilizado, respecto a los motores vistos anteriormente es menor, con el objetivo de mejorar la compacidad de la planta de potencia.



Figura 3.5: Cárter de motor aeronáutico

3.3. Camisas

En el caso de que los cilindros estén provistos de camisas, estas pueden ser secas o húmedas. Las camisas secas no se encuentran en contacto con el líquido refrigerante, por lo que un fallo de la camisa (grieta o similar) no llevará a una fuga de refrigerante hacia el cilindro con la gran cantidad

de problemas que ello conllevaría. Sin embargo, estas camisas secas tienen un comportamiento algo inferior en lo que a la refrigeración del pistón se refiere (se ha de conducir el calor a través de la camisa, luego al bloque, y de ahí al refrigerante).

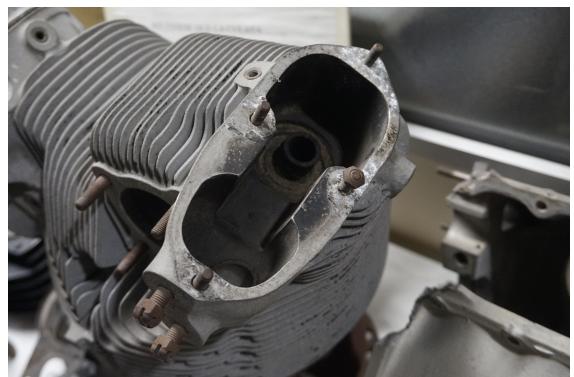
En cuanto a las camisas húmedas, la refrigeración es algo mejor, pues la camisa está directamente en contacto con el refrigerante (lo cuál es cierto que puede llevar a el deterioro de la misma por motivos de corrosión en algunos casos).

3.4. Motor radial

Los motores radiales fueron utilizados en grandes cantidades a lo largo de la Segunda Guerra Mundial, gracias a la posibilidad que ofrecían de situar un mayor número de cilindros con longitudes de los motores más reducidas. Otro beneficio que presentan es que es más sencillo refrigerarlos por aire, y es por eso que en el cilindro que se observa en la figura ?? se aprecia una gran cantidad de aletas cuyo cometido es aumentar la superficie expuesta a la corriente de aire para favorecer dicha refrigeración. Además, al tratarse de motores con válvulas accionadas por varillas, es necesario invertir el movimiento de la varilla para poder abrir la válvula, por lo que se hace necesario alojar (en la posición fotografiada en la figura ??) un balancín que actuase la válvula. Cada cilindro presenta dos de estos alojamientos, uno para la válvula de admisión y otro para la de escape.



(a) Cilindro de motor radial.



(b) Alojamiento del balancín.

Figura 3.6: Motor radial.

4. Cigüeñal y Biela

En la presente sección se discutirán los elementos encargados de transmitir el trabajo que realizan los pistones hacia el exterior del motor, los cuales también se encargan de convertir el movimiento alternativo de dichos pistones en un movimiento continuo de rotación. Al ser elementos muy exigidos mecánicamente (tanto por las cargas generadas por las presiones en el pistón como por aquellas provocadas por la inercia) son habitualmente fabricados en aleaciones de acero, y en muchos casos se trata de elementos que son forjados para mejorar sus características mecánicas.

4.1. Cigüeñal

El cigüeñal es el elemento al que se acoplan las bielas (discutidas en el apartado 4.2) a lo largo de él, y en cuyo extremo se instala habitualmente el volante de inercia. En función de la distancia entre los ejes de los cilindros, y de las cargas que se espera que soporte el cigüeñal, este mismo tendrá una cantidad mayor o menor de apoyos. Se observa en la figura 4.1 que uno de los dos cigüeñales tiene únicamente tres apoyos (se trata de una pieza de un motor de cilindros opuestos, por lo que los cilindros no interfieren entre sí dos a dos), mientras que el otro presenta cinco apoyos (al ser de un motor en línea, las muñequillas han de estar más separadas entre sí para evitar la interferencia entre cilindros).



(a) Motor bóxer de aviación.



(b) Motor I4.

Figura 4.1: Cigüeñales.

Dado que los cigüeñales no son simétricos, muchos de ellos (como el de la figura 4.1b) han de llevar contrapesos en los lugares opuestos a las muñequillas, para disminuir las vibraciones (y las cargas) a las que se ve sometido el conjunto de piezas que forman el motor. Para equilibrar el cigüeñal se practican agujeros en los contrapesos (que no en las zonas cilíndricas del mismo), de manera que se va retirando material de dichos contrapesos hasta que queda el cigüeñal correctamente equilibrado.

Dado que los cigüeñales tienen velocidades de rotación del orden de los miles de revoluciones por

minuto, el rozamiento en los apoyos y las muñequillas es de gran importancia, y ha de minimizarse, lo que se consigue mediante cojinetes sólidos, ayudados por una fina película de aceite a muy alta presión. El aceite es suministrado a las muñequillas a través del propio cigüeñal, mediante los agujeros visibles en las mismas. El suministro de aceite al cigüeñal, se hace a través de los agujeros practicados en los apoyos que van alojados en el bloque motor.

4.2. Bielas

Las bielas son los elementos más exigidos mecánicamente de todo el motor, pues han de soportar a compresión las cargas de presión generadas por los pistones, y a tracción, la fuerza que hace el cigüeñal con objetivo de llenar el pistón en el tiempo de admisión. Por ello, se fabrican en aleaciones de acero de forja, mediante un proceso de estampación y posterior mecanizado. En la figura 4.2 se observan las distintas fases por las que pasa la biela en su proceso de fabricación, desde la barra de metal desde la que se obtendrá la pieza, hasta que se le practica el agujero para unirla al cigüeñal, pero antes de realizar el corte que permite finalmente dicha operación. Finalmente la figura 4.5 es una fotografía de una biela también terminada, a falta de ser separada en la parte principal y la tapa que la fija al cigüeñal.



(a) Proceso de producción.



(b) Previo a ser agujerada.

Figura 4.2: Producción de la biela.



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Motores Alternativos Aeronaúticos



Figura 4.3: Biela semifinalizada.

Es interesante también observar que el fallo típico de las bielas es por pandeo, alrededor de su eje de mayor inercia perpendicular a la carga, pues el eje de menor inercia tiene su giro restringido al estar anclado al cigüeñal. En la figura 4.4 se observan dos bielas sin su parte inferior que han sufrido el tipo de fallo mencionado.



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



(a) Biela destruida.



(b) Biela y pistón destruidos.

Figura 4.4: Bielas que han fallado.

4.3. Motores radiales

En los motores radiales, el cigüeñal y una de las bielas son una única pieza, y el resto de bielas se fijan a esa primera, permitiéndose su rotación. En la figura ?? se puede ver un montaje típico de un motor de 7 cilindros radiales.



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Motores Alternativos Aeronaúticos



Figura 4.5: Cigüeñal de un motor radial.

5. Conclusión

Mediante la realización de esta práctica, y la escritura de este informe, los alumnos hemos podido tener un contacto lo más cercano posible con piezas reales de motores, lo que ha ayudado en la comprensión del temario de la asignatura y el funcionamiento de cada una de las distintas partes que forman el motor.



Figura 5.1: Motor V12 Rolls-Royce Merlin.