COLECCIÓN DE MOTORES TÉRMICOS DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

INDUSTRIALES ETSII | UPM

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

MUSEO ETSII

PATRIMONIO ETSII | UPM

Fecha

Septiembre de 2020

Autor

Óscar Monjas Hebrero

Fotografía

Biblioteca "Maria Moliner" de la ETSII

Supervisa

Dra. María Luisa Martínez Muneta

Contacto

luisa.mtzmuneta@upm.es

oscar.monjas.hebrero@alumnos.upm.es

Colección forma parte del

Museo de la ETSII

Institución

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid

c/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 - Madrid

ÍNDICE

¿QUÉ ES UN MOTOR TÉRMICO? 5
LA MÁQUINA DE VAPOR 5
LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA 8
SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN PARA LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA. 12
CARBURADORES 12
TURBOCOMPRESORES 14
TURBINAS DE VAPOR 15
MOTORES PARA LA AVIACIÓN. 17
MOTORES DE AVIACIÓN EN LÍNEA – CILINDROS EN OPOSICIÓN 18
MOTORES DE AVIACIÓN ROTATIVOS 19
MOTORES A REACCIÓN 19
EXPERIMENTACIÓN CON MOTORES 22
TORSIÓMETRO 23
FRENOS DINAMOMÉTRICOS 23
CELDAS DE ENSAYO 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Esquema de una máquina de vapor compuesta de triple expansión 6
Ilustración 2 Máquina de vapor en la entrada de la ETSII 6
Ilustración 3 Máquina de vapor compuesta de doble expansión. 7
Ilustración 4 Carburador de un Citroën 2 CV. 9
Ilustración 5 Carburador Zenith. 9
Ilustración 6 Esquema de motor de dos tiempos seccionado. 9
Ilustración 7 Sección de motor de combustión interna en forma de V. Destinado a la industria naval. Marca PAXMAN-RICARDO (Inglaterra). 10
Ilustración 8 Exterior de motor de combustión interna de 4 tiempos 10

Ilustración 9 Sección de motor de combustión interna diésel de 6 cilindros Pegaso. Destinado a camiones y autobuses. Fabricado por Pegaso. Modelo 9109/9. 11
Ilustración 10 Esquema de carburador para motor de explosión seccionado. 12
Ilustración 11 Esquema seccionado de carburador para motor de explosión seccionado. 13
Ilustración 12 Esquema de turbocompresor seccionado. 14
Ilustración 13 Sección de turbina de vapor de admisión parcial de 2 escalonamientos. 15
Ilustración 14 Rotor de un compresor centrífugo para sobrealimentación en altura de un motor de avión + Esquema de motor a reacción de avión y sus etapas. 16
Ilustración 15 Perfil de flujos del aire alrededor de ala de avión. 17
Ilustración 16 Modelo F 7502. Construido en Alemania por Daimler-Benz Aktiegesellschaft (Mercedes Benz). Potencia: 20 hp; ciclo de 4 tiempos; refrigeración por aire; encendido por magneto. 18
Ilustración 17 Motor de avión fabricado por Lycoming, modelo O-235; 4 cilindros, 108-118 CV (81-88 kW), introducida en 1940 y todavía producido. Utilizado para avionetas civiles. 18
Ilustración 18 Diagrama de motor rotativo + Motor de avión de 7 cilindros en estrella, modelo Elizalde Sirio. Fabricado por E.N.M.A., S.A (Empresa Nacional de Motores de Aviación S.A) en Barcelona. Ciclo Otto de 4 tiempos de 450 CV; 500 CV a 2.300 RPM. Hacían un sonido especial, debido a un modelo nuevo de hélice. 19
Ilustración 21 Esquema de un turbofán. 20
Ilustración 19 Esquema interno de un turborreactor. 20
Ilustración 20 Motor de reacción con postcombustión seccionado. Modelo J85-GE13, número de serie GE-244418, seccionado en el Taller de Propulsión de la Base Aérea de Talavera (Badajoz). Fabricado por GENERAL ELECTRIC. Cuenta con postcombustión que le permite desarrollar 22kN de potencia. 21
Ilustración 22 Parte de un motor a reacción seccionado. Es posible que se trate del primer turborreactor fabricado en España por el INI y CEMTE, el INI-11. Empuje de 1.600 Kg y peso de 600kg. 21
Ilustración 23 Curvas características de un motor. 22
Ilustración 24 Torsiómetro óptico fabricado por la compañía Carl Schenck, Haschinenfabrik GMBH, en Darmstadt, en 1960, modelo TD 0005. 23
Ilustración 25 Freno dinamométrico hidráulico Heenan-Froude. Modelo DPX-3. Empuje máximo 225 a 3000/6000 RPM. Potencia 1300 CV. Tacómetro mecánico incorporado. 24
Ilustración 26 Freno dinamométrico de corrientes de Foucault. Modelo W260. Fabricado por Schenck en Darmstadt, Alemania. 24
Ilustración 27 Motor diésel de 6 cilindros de un camión, montado en la Celda de Ensayos número 5 del Laboratorio de Motores Térmicos perteneciente al Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica. 25

¿QUÉ ES UN MOTOR TÉRMICO?

Un motor térmico es una máquina térmica que transforma calor en trabajo mecánico por medio del aprovechamiento del gradiente de temperatura entre una fuente de calor y un foco frío.

Los comienzos.

LA MÁQUINA DE VAPOR

El primero en crear una máquina práctica que aprovechara el calor para generar un trabajo fue la máquina de vapor de James Watt en 1775. Para ello se realizaba la combustión externa de carbón o madera con el fin de calentar el agua en una caldera, que se vaporizaba en vapor que impulsaba el movimiento de la máquina. Motores de vapor de este tipo impulsaron la Revolución Industrial en Gran Bretaña, y luego en el resto del mundo.

Otra mejora importante que podemos ver en nuestra máquina es el mecanismo biela-manivela, que Watt tuvo que añadir mucho tiempo después al no tener la patente, este mecanismo es el que permite transformar el movimiento lineal del pistón a uno circular, mucho más aconsejable para la industria. Este movimiento desplazaba la gran rueda que podemos ver, llamada volante de inercia. Sus grandes dimensiones se deben a que una vez que se movía, mantenía una potencia constante y suavizaba la acción de los recorridos alternos del pistón. Este volante añadía otro problema, si el movimiento se aceleraba o deceleraba, sería necesario controlarlo para mantenerlo constante.

Para ello, Watt adaptó los reguladores centrífugos de Huygens para controlar la válvula reguladora de entrada de vapor a la cámara del pistón. Este dispositivo se basa en la fuerza centrífuga, que aleja los cuerpos del eje de rotación, como la ropa que es empujada a las paredes del tambor de la lavadora.

El regulador de velocidad está conectado a la rueda del motor a través de una cadena y una polea en la base del regulador. La cadena hace girar al gobernador cuando gira la rueda del motor. Cuando el motor comienza a acelerar, el regulador gira más rápido y la fuerza centrífuga obligará a las bolas a elevarse. Cuando las bolas se extienden, un sistema de palanca transforma el movimiento radial de las esferas en deslizamiento lineal sobre el

eje, desplazando una palanca cuya función es cerrar la válvula de mariposa, disminuyendo el flujo de vapor hacia el pistón y desacelerando el motor. Una desaceleración del motor creará el efecto contrario en el regulador y la válvula de entrada dejará pasar más flujo de vapor.

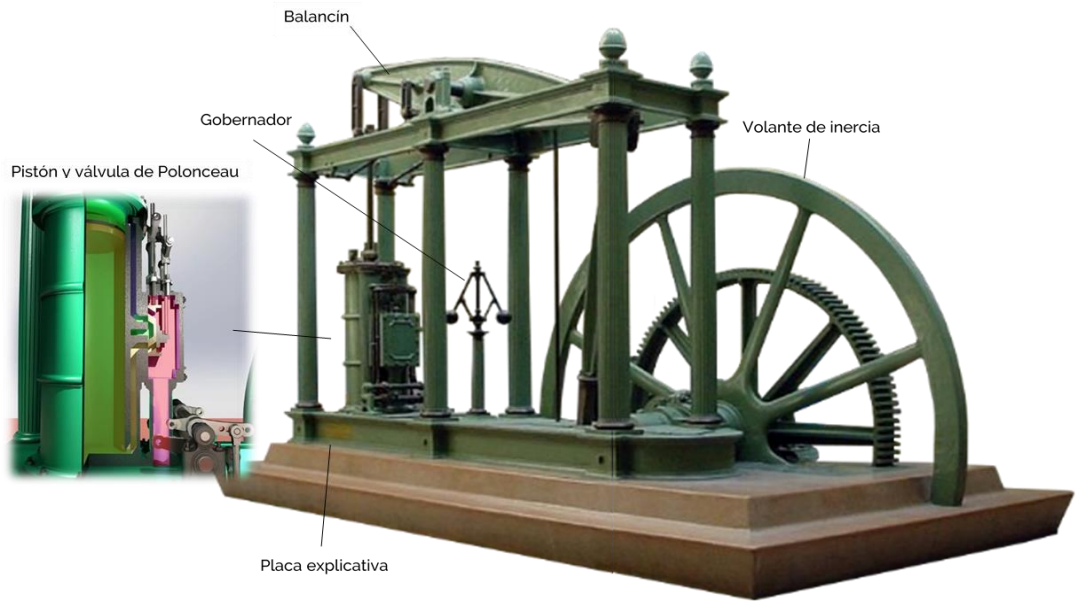

Ilustración 2 Máquina de vapor en la entrada de la ETSII

Otra mejora que surgiría más tarde, hacia principios del siglo XIX, fue la aparición de las máquinas de vapor compuestas. Estas realizaban dos o más etapas de comprensión del vapor, lo que aprovechaba de forma más eficiente la compresión del fluido.

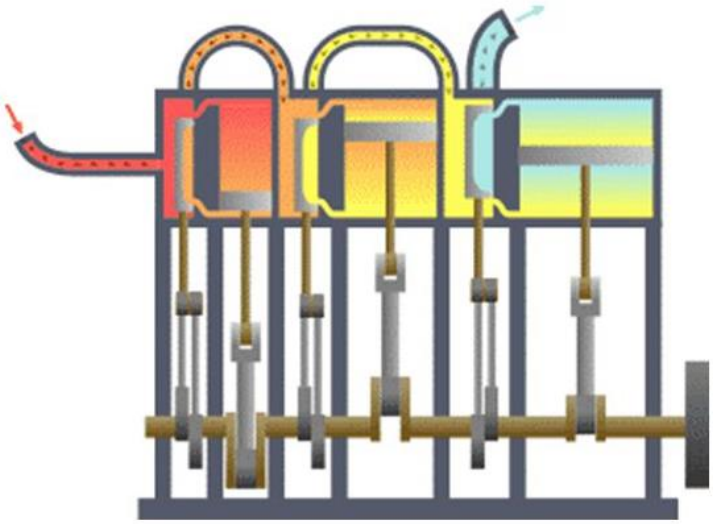

Ilustración 1 Esquema de una máquina de vapor compuesta de triple expansión

Un ejemplo de este tipo de máquinas es el que construyó el arsenal español de Cavite (Filipinas) en 1898. Esta máquina fue utilizada probablemente para el accionamiento de bombas de achique en un barco de vapor. De origen, era "gemela" de doble efecto y simple expansión, con manivelas a 90º y cambio de marcha tipo "Stephenson" en ambos cilindros. Posteriormente, fue transformada en la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid a máquina de doble expansión ("compound") encamisando uno de los cilindros y uniendo su escape con la admisión del otro con una tubería que constituía su depósito intermedio.

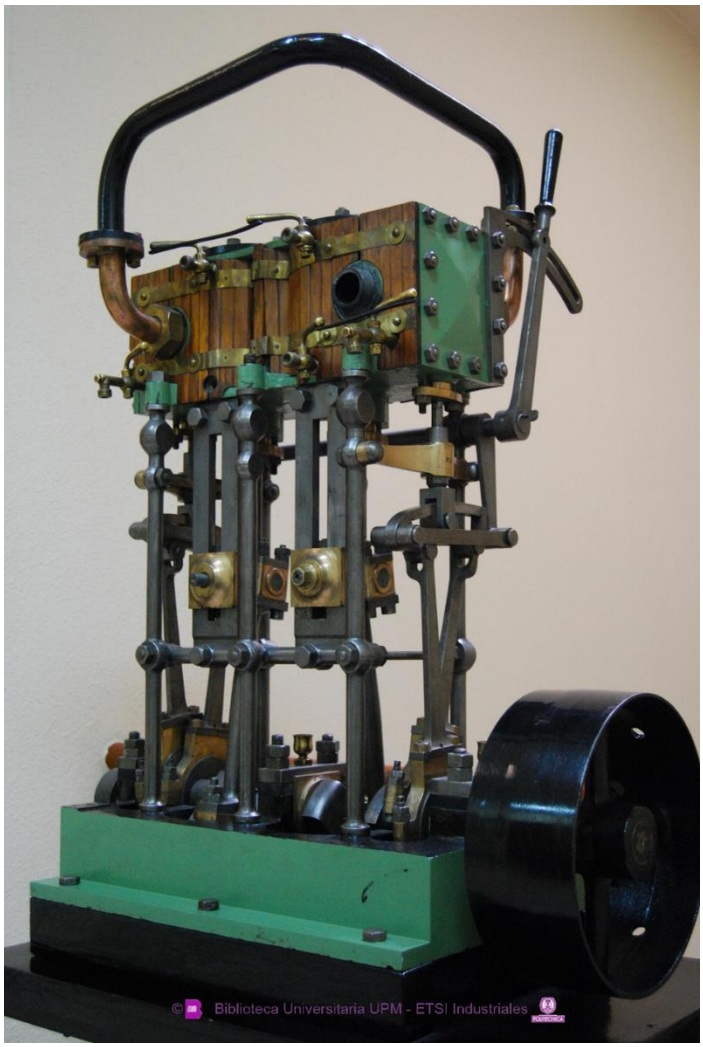

Ilustración 3 Máquina de vapor compuesta de doble expansión.

La revolución.

LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Un siglo después aparecen los motores de combustión interna, utilizados ampliamente hoy en día. El autor sería Nikolaus Otto, quien en 1886 patentó el diseño de un motor de combustión interna a cuatro tiempos, basado en los estudios del inventor francés Alphonse Beau de Rochas de 1862.

Los motores Otto y los diésel tienen los mismos elementos principales y otros específicos de cada uno, como la bomba inyectora de alta presión en los diésel, o antiguamente el carburador en los Otto. He aquí algunas de sus partes:

- Bloque del motor: pieza fundida en hierro o aluminio que aloja los cilindros de un motor de combustión interna, así como los soportes de apoyo del cigüeñal.
- Cámara de combustión es el lugar donde se realiza la combustión del combustible con el comburente, el aire.
- Culata: parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de las cámaras de combustión.
- Válvula de asiento: válvula que se usa típicamente para controlar la sincronización y la cantidad de flujo de gas o vapor en un motor.
- Árbol de levas: controla la apertura y el cierre de las válvulas de admisión y escape, por lo que hay tantas levas como válvulas tenga. Dichas levas pueden modificar el ángulo de desfase para adelantar y retrasar la apertura y el cierre de las mismas, según el orden de funcionamiento establecido.
- Pistón: pared móvil de la cámara de combustión. Transmite la energía de los gases de la combustión al cigüeñal mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro.
- Cigüeñal: eje acodado (zigzag), con codos y contrapesos que, aplicando el principio del mecanismo de biela-manivela, transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme y viceversa.
- Biela: Transmite el movimiento entre el pistón y el cigüeñal.
- Carburador: dispositivo que se encarga de preparar la mezcla de aire-combustible en los motores de gasolina. A fin de que el motor funcione más económicamente y obtenga la mayor potencia de salida, es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas. Estas proporciones, denominadas factor λ, son de 14,7 partes de aire en peso, por cada parte de gasolina.

- Alternador: generador eléctrico que convierte la energía mecánica a energía eléctrica en forma de corriente alterna.
- Correa de distribución: Permite la transmisión de movimiento entre el árbol de levas y el cigüeñal.

Ilustración 5 Carburador de un Citroën 2 CV.

Ilustración 5 Carburador Zenith.

Para clasificar los motores de combustión interna, podemos distinguir entre el combustible: gasolina o diésel, o su funcionamiento: 2 tiempos o 4 tiempos. En un motor de dos tiempos se produce una combustión por cada vuelta del cigüeñal, mientras que en un motor 4 tiempos se produce una combustión por 2 vueltas de cigüeñal, lo que significa que a misma cilindrada (volumen útil de todos los cilindros) se genera mucha más potencia, pero también un mayor consumo de combustible. En las siguientes ilustraciones podemos ver ambos sistemas:

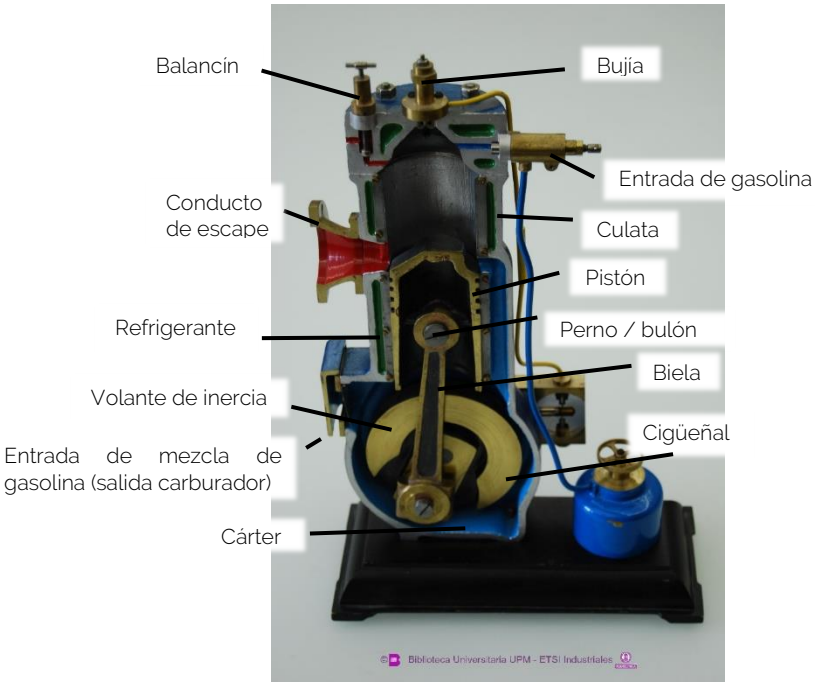

Ilustración 6 Esquema de motor de dos tiempos seccionado.

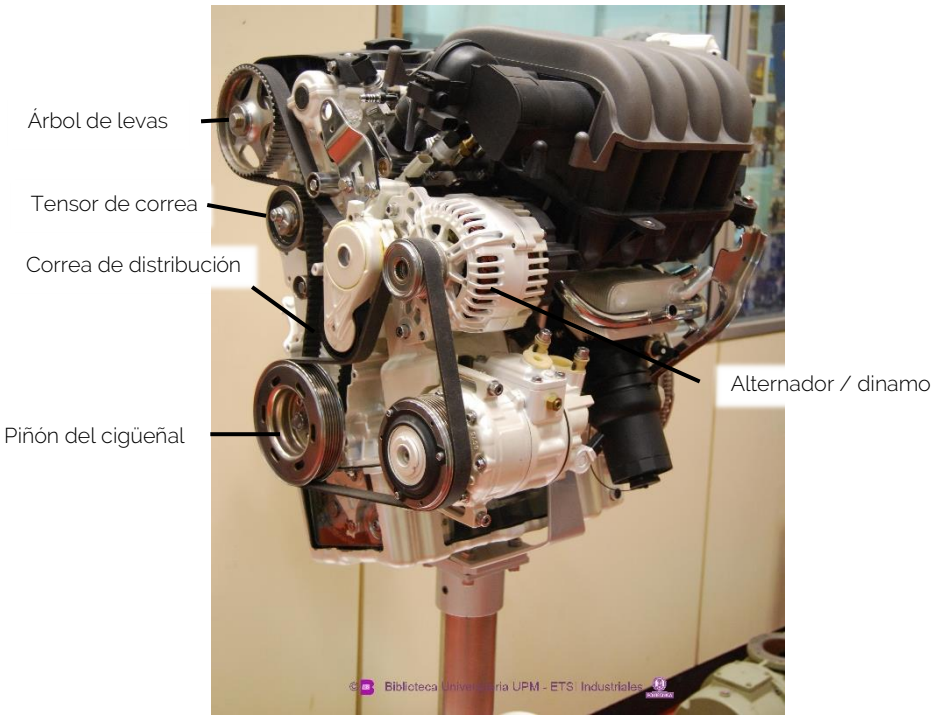

Ilustración 8 Exterior de motor de combustión interna de 4 tiempos

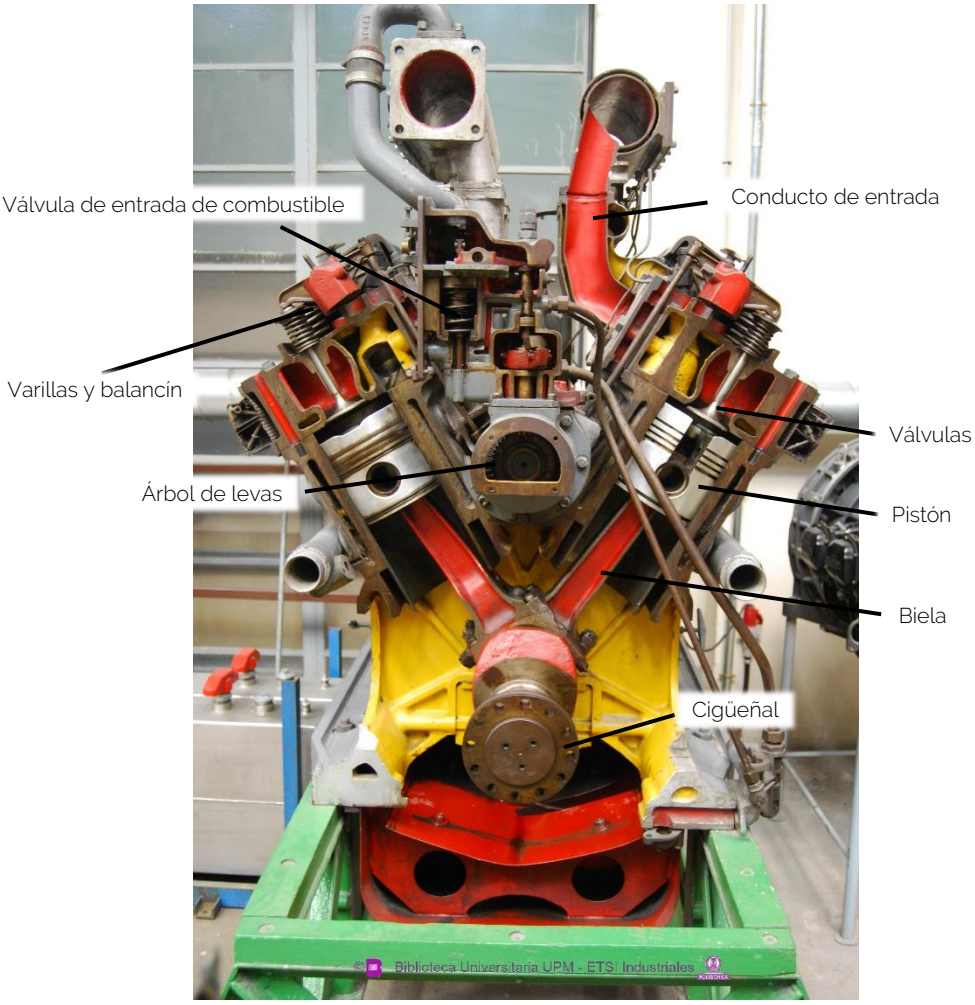

Ilustración 7 Sección de motor de combustión interna en forma de V. Destinado a la industria naval. Marca PAXMAN-RICARDO (Inglaterra).

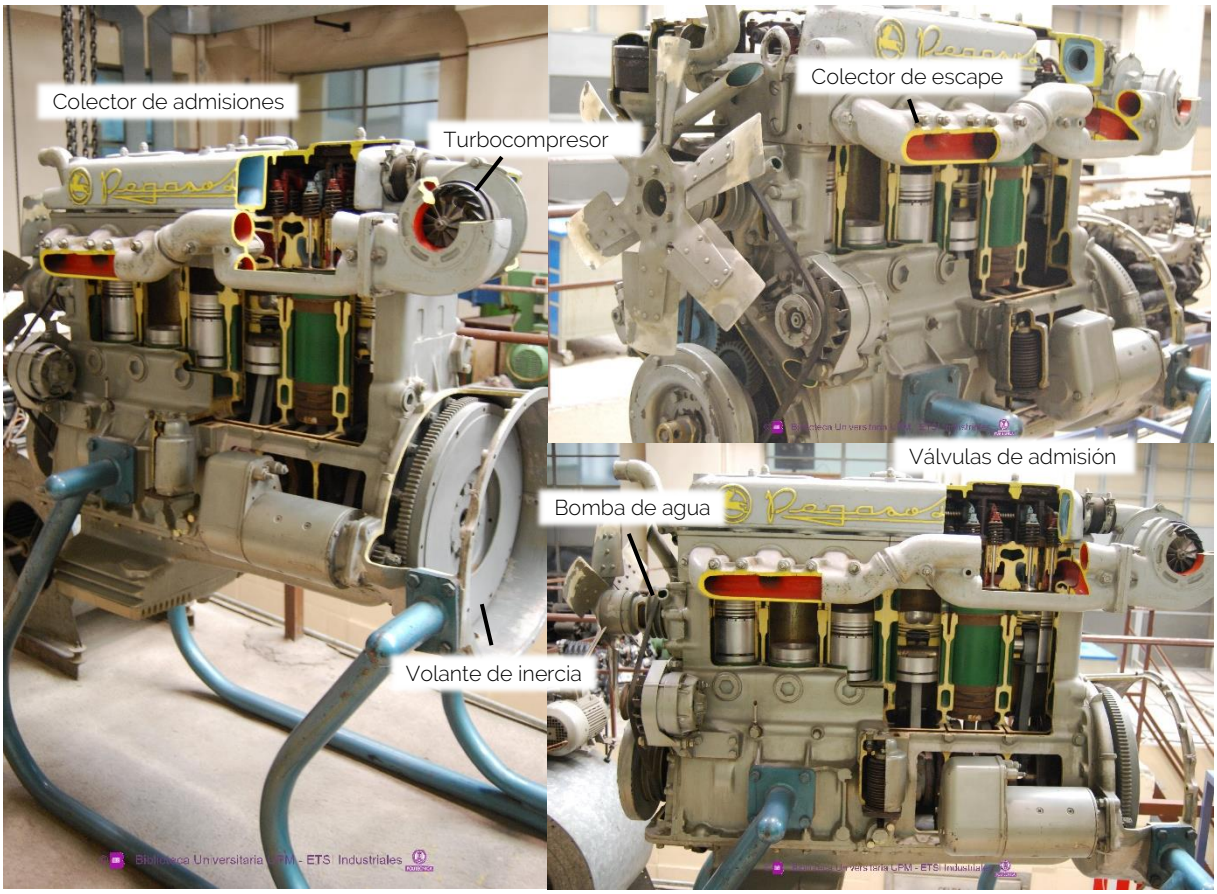

Ilustración 9 Sección de motor de combustión interna diésel de 6 cilindros Pegaso. Destinado a camiones y autobuses. Fabricado por Pegaso. Modelo 9109/9.

EMPRESA PEGASO

Pegaso fue la marca comercial de la empresa española ENASA (Empresa Nacional de Autocamiones, S. A.) utilizada en sus automóviles, camiones, autobuses y tractores. Se convirtió en uno de los principales fabricantes europeos de vehículos industriales. En 1990 fue vendida al grupo italiano Iveco integrando al consorcio sus automóviles y camiones.

La ENASA fue fundada por el Instituto Nacional de Industria (INI) en 1946. El fundador fue Wifredo Ricart, que recibió el encargo del presidente del INI Juan Antonio Suanzes, ingeniero naval con una estrecha relación con la Escuela Central de Ingenieros Industriales (actual ETSII).

Para la fundación de ENASA se utilizó la división de automóviles de Hispano-Suiza, que había sido nacionalizada por el Estado español en 1946.

Con ENASA se asentaba la base de una industria automovilística nacional en un momento de total aislamiento económico y político de España. Las necesidades de aquel momento eran primarias: camiones, tractores y tecnología. Así, sobre los restos de Hispano-Suiza nació ENASA, cuya prioridad era la producción de vehículos de transporte pesado y público.

"¡Traed madera! ... ¡Más madera!".

SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN PARA LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Para obtener los mejores resultados en la combustión interna del motor, existen sistemas para controlar la cantidad de aire y gasolina que entran en la cámara. Es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas. Estas proporciones, denominadas factor λ, son de 14,7 partes de aire en peso, por cada parte de gasolina; es lo que se llama «mezcla estequiométrica». Pero en ocasiones se necesitan otras dosificaciones, lo que se llama mezcla rica (λ < 1) o bien mezcla pobre, es decir factor λ mayor.

CARBURADORES

Uno de estos sistemas son los carburadores, usados desde finales del siglo XIX hasta 1980.

El carburador posee una sección donde la gasolina y el aire son mezclados y otra sección donde la gasolina es almacenada a un nivel muy preciso, por debajo del nivel del orificio de salida (cuba). Estas dos secciones están separadas pero conectadas por la tobera principal.

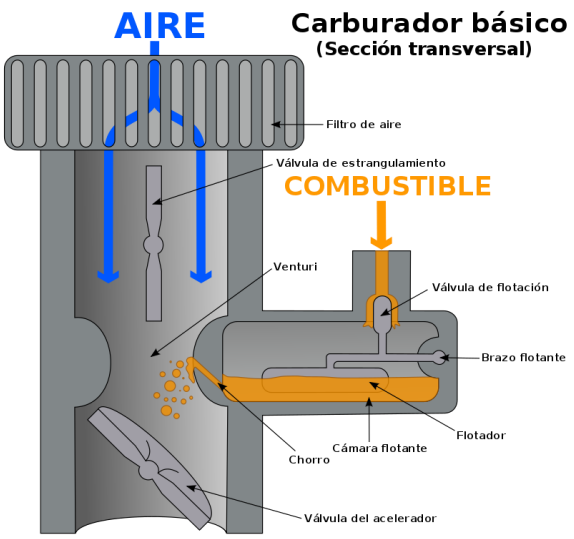

Ilustración 10 Esquema de carburador para motor de explosión seccionado.

Para que el usuario pudiese controlar a voluntad las revoluciones a las que trabaja el motor se añadió al tubo original una válvula aceleradora que se acciona mediante un cable conectado al pedal del acelerador.

Esta válvula aceleradora permite incrementar el paso de aire y gasolina al motor a la vez que se mantiene la mezcla en su punto. La mezcla aire/gasolina se denomina gas, por lo tanto, al hecho de incrementar el paso de la válvula se le llama coloquialmente «dar gas».

Su funcionamiento parte del principio por el cual cuando el pistón baja, se crea un vacío en la cámara de combustión. Entonces, la válvula de admisión se abre y la presión atmosférica,

mayor a la que había en la cámara, "fuerza" al aire a entrar para equilibrar las presiones. Si se coloca un difusor en la tubería de admisión, es decir un estrechamiento, se produce lo que se conoce como efecto Venturi: el aire es obligado a incrementar su velocidad al pasar por el estrechamiento, lo que a su vez hace que se reduzca la presión a la que se encuentra. Por este motivo, si colocamos la entrada de combustible justo en mitad del difusor, este es

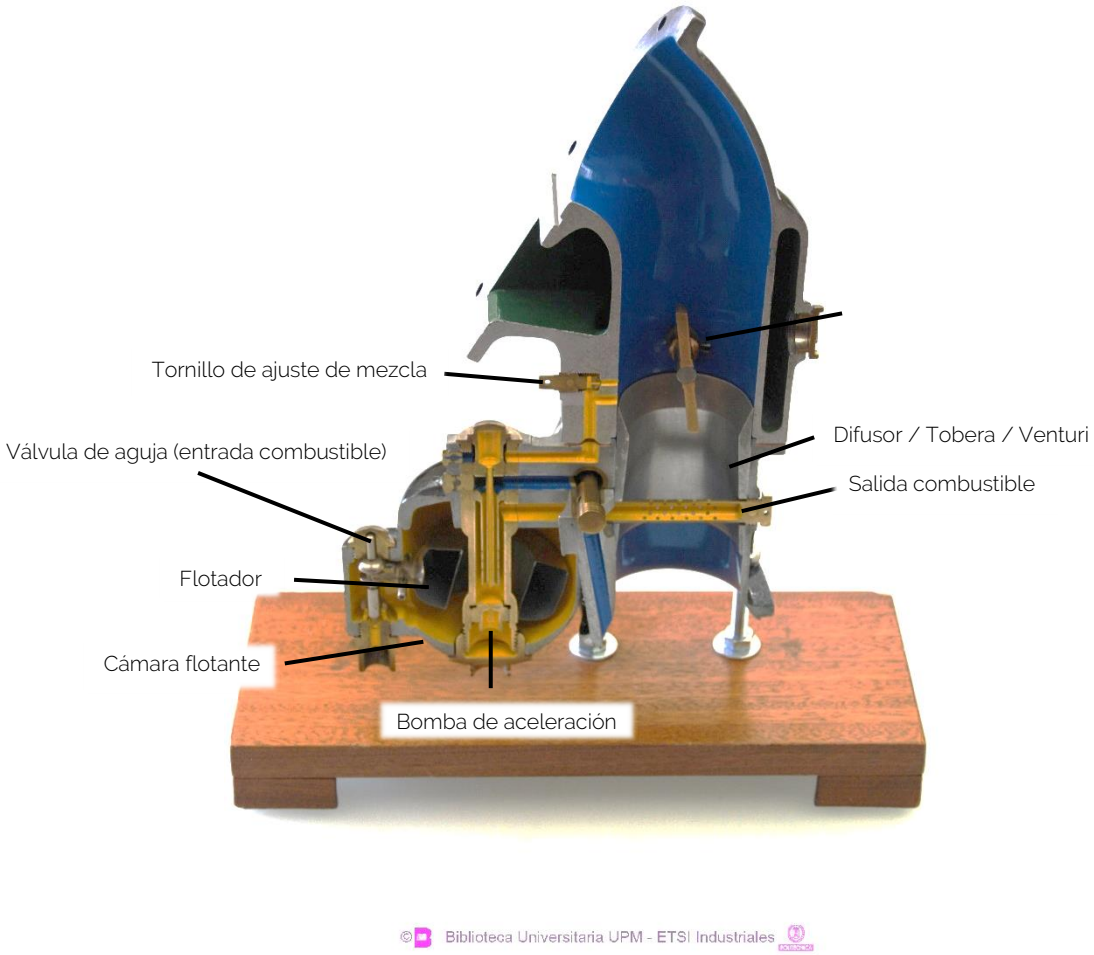

Ilustración 11 Esquema seccionado de carburador para motor de explosión seccionado.

pulverizado al exterior debido a que se encuentra a menos presión en el difusor que en la cámara flotante que se encuentra a la atmosférica. La cámara flotante está unida al tanque de gasolina y gracias a un regulador, formado por un flotador, se controla la cantidad de combustible necesaria que debe haber en la cámara para que se produzca la pulverización exacta.

TURBOCOMPRESORES

Un turbocompresor o también llamado turbo es un sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga para accionar mediante un eje coaxial con ella, un compresor centrífugo para comprimir gases. Este tipo de sistemas se suele utilizar en motores de combustión interna alternativos, especialmente en los motores diésel.

Su funcionamiento consiste en una turbina accionada por los gases de escape del motor de explosión, en cuyo eje se fija un compresor centrífugo que toma el aire a presión atmosférica después de pasar por el filtro de aire y lo comprime para introducirlo en los cilindros a mayor presión que la atmosférica.

El aire entra al compresor axialmente, saliendo radialmente, lo que hace aumentar también la temperatura del gas. Este efecto se contrarresta en gran medida con un enfriador, llamado intercooler.

Este aumento de la presión consigue introducir en el cilindro una mayor cantidad de oxígeno, obteniéndose más par motor y por lo tanto más potencia que un motor atmosférico de igual cilindrada, y con un incremento de consumo proporcional al aumento de masa de aire en el motor de gasolina. En los diésel la masa de aire no es proporcional al caudal de combustible, siempre entra aire en exceso al ser por inyección el suministro de combustible al cilindro, por ello es en este tipo de motores en donde se ha encontrado su máxima aplicación (motor turbodiésel).

Ilustración 12 Esquema de turbocompresor seccionado.

TURBINAS DE VAPOR

La turbina de vapor es una forma de motor térmico que extrae energía térmica del vapor presurizado y la usa para realizar trabajo mecánico en un eje de salida giratorio.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia termodinámica, se usan múltiples etapas en la expansión del vapor, para que se asemeje al proceso de expansión reversible ideal. Son utilizadas de forma generalizada en las centrales eléctricas que trabajan calentando agua para pasar vapor a través de ella, mover el eje del generador, y generar electricidad.

Podemos diferenciar entre dos tipos de turbinas: acción (sometidas a un flujo de un fluido) y reacción (generan movimiento en el fluido).

Para su funcionamiento se hace pasar el flujo de vapor de agua por la turbina, este empuja los álabes (palas) del rotor, haciéndolo girar. Esto provoca la caída de presión del vapor y un aumento de velocidad a medida que el vapor se mueve a través de las boquillas. Las boquillas se mueven debido tanto al impacto del vapor en ellas como a la reacción debida al vapor de alta velocidad en la salida.

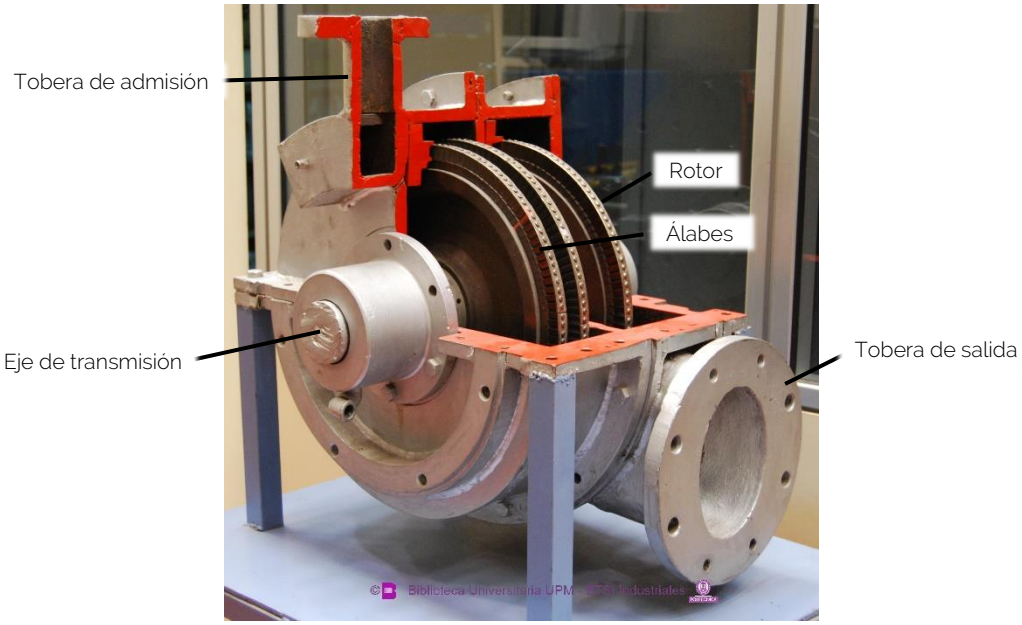

Ilustración 13 Sección de turbina de vapor de admisión parcial de 2 escalonamientos.

Las turbinas también pueden ser utilizadas para los motores a reacción de los aviones. Con el objetivo de comprimir el aire que entra en el motor y mejorar la eficiencia de la combustión.

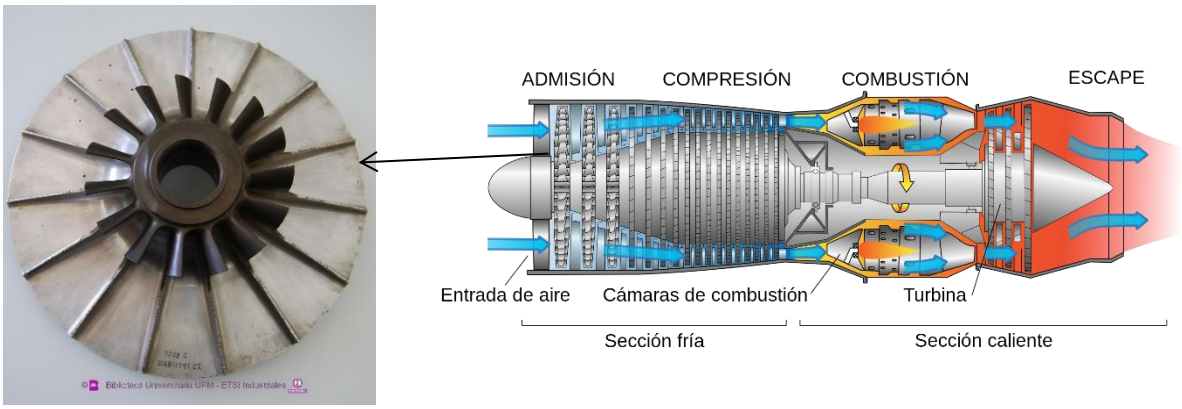

Ilustración 14 Rotor de un compresor centrífugo para sobrealimentación en altura de un motor de avión + Esquema de motor a reacción de avión y sus etapas.

Ahora también vuelan.

MOTORES PARA LA AVIACIÓN.

Los motores de ciclo Otto o combustión interna también fueron aplicados a la incipiente aeronáutica de finales del siglo XIX. Estos motores desplazaban el avión por medio de una hélice. La hélice, debido a sus palas alabeadas, propulsaba la masa de aire circundante, arrastrando al aeroplano hacia adelante, produciendo el vuelo. En 1903, los hermanos Wright lograron realizar el primer vuelo con un artefacto más denso que el aire.

Para ello, se basaron en el Principio de Bernoulli que, en resumen, establece que el flujo de un fluido (aire) mantiene constante su energía. La energía de fluido se divide en cinética, velocidad del flujo, potencial, debida a la altitud de fluido y de la presión a la que esté sometido. Si una se reduce, las otras deben de subir para mantener la suma constante. Si usamos un perfil determinado para las alas de la aeronave, los flujos de aire alrededor de las alas son de la siguiente forma:

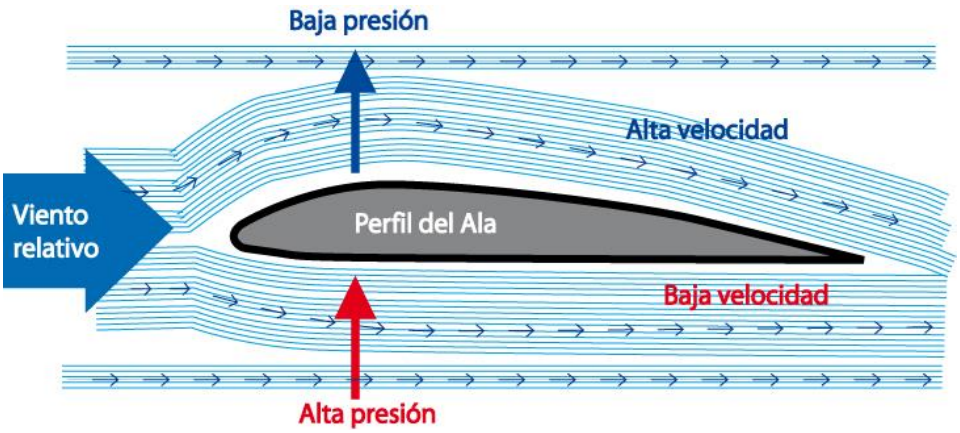

Ilustración 15 Perfil de flujos del aire alrededor de ala de avión.

Debajo del ala el flujo pierde velocidad a cambio de ganar una presión relativa que empuja el ala hacia arriba, y de forma opuesta, el flujo de aire por encima del ala gana velocidad perdiendo presión. Esto permite que un avión, si gana suficiente velocidad lineal, pueda elevarse en el aire.

MOTORES DE AVIACIÓN EN LÍNEA – CILINDROS EN OPOSICIÓN

Fueron los primeros motores utilizados en aviones, similares a los utilizados en los automóviles. Uno de los primeros fueron los bicilíndricos opuestos, empleados en biplanos y monoplanos a partir de los años 20, como el siguiente:

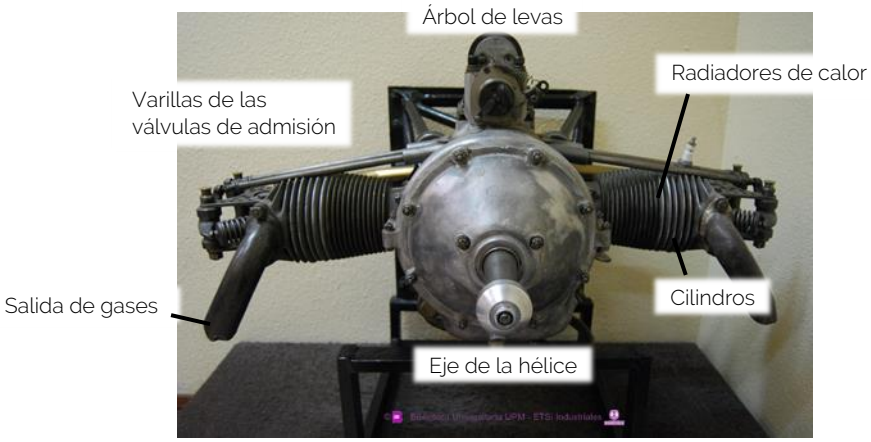

Ilustración 16 Modelo F 7502. Construido en Alemania por Daimler-Benz Aktiegesellschaft (Mercedes Benz). Potencia: 20 hp; ciclo de 4 tiempos; refrigeración por aire; encendido por magneto.

A medida que la carga y las dimensiones de los aeroplanos se hicieron más grandes, fue necesario aumentar la capacidad o cilindrada de los aviones. Este es uno de esos casos en el que se aumento la capacidad a 4 cilindros:

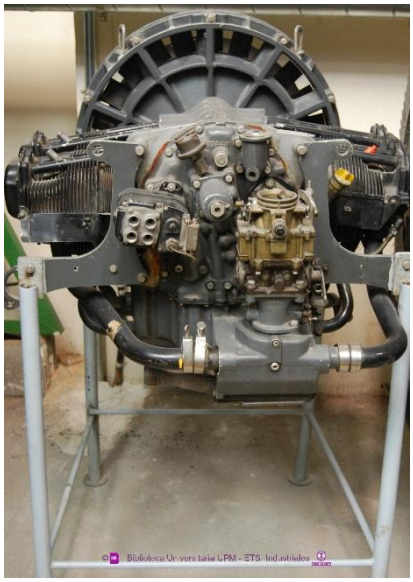

Ilustración 17 Motor de avión fabricado por Lycoming, modelo O-235; 4 cilindros, 108-118 CV (81-88 kW), introducida en 1940 y todavía producido. Utilizado para avionetas civiles.

MOTORES DE AVIACIÓN ROTATIVOS

A principios de la Primer Guerra Mundial se hizo patente que la relación peso / empuje del motor era demasiado alta, para solucionar este problema surgieron los motores rotativos, mucho más eficientes.

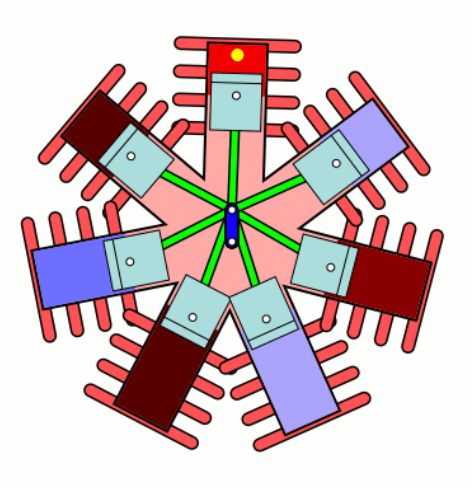

Ilustración 18 Diagrama de motor rotativo + Motor de avión de 7 cilindros en estrella, modelo Elizalde Sirio. Fabricado por E.N.M.A., S.A (Empresa Nacional de Motores de Aviación S.A) en Barcelona. Ciclo Otto de 4 tiempos de 450 CV; 500 CV a 2.300 RPM. Hacían un sonido especial, debido a un modelo nuevo de hélice.

MOTORES A REACCIÓN

Los motores se perfeccionaron con el tiempo. Más tarde, vendría el gran cambio a los motores a reacción, que desplazaron por completo, a finales de los años 50's, a los motores clásicos de combustión interna. Un turborreactor consiste en una entrada de aire, un compresor de aire, una cámara de combustión, una turbina de gas (que mueve el compresor del aire) y una tobera. El aire entra comprimido en la cámara, se calienta y expande por la acción del combustible y entonces es expulsado a través de la turbina hacia la tobera siendo acelerado a altas velocidades para entregar la propulsión.

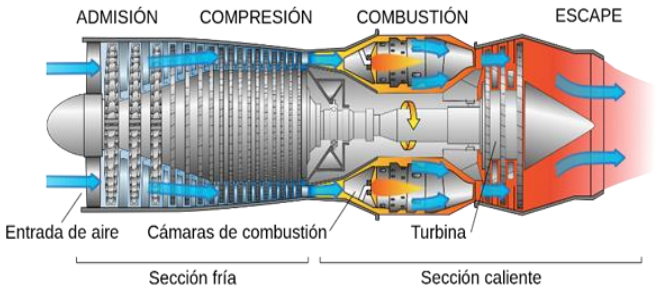

Ilustración 20 Esquema interno de un turborreactor.

Actualmente, se emplean los motores turbofán en aviones comerciales. Se caracterizan por disponer de un ventilador en la parte frontal del motor. El aire entrante se divide en dos caminos: flujo de aire primario y flujo secundario o flujo derivado. El flujo primario penetra en el turborreactor y el flujo secundario se deriva a un conducto anular exterior y concéntrico con el núcleo. Para los aviones de combate se ha mejorado su rendimiento, con motores turbofán de baja derivación y postcombustión (postquemador), aumentando el empuje de los motores durante situaciones específicas mediante la aspersión de combustible al aire caliente entre la turbina y la tobera de escape.

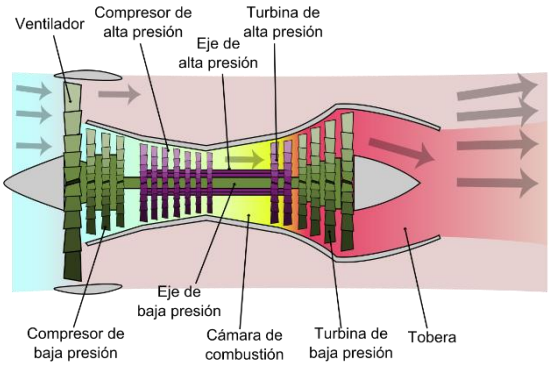

Ilustración 19 Esquema de un turbofán.

Ilustración 21 Motor de reacción con postcombustión seccionado. Modelo J85-GE13, número de serie GE-244418, seccionado en el Taller de Propulsión de la Base Aérea de Talavera (Badajoz). Fabricado por GENERAL ELECTRIC. Cuenta con postcombustión que le permite desarrollar 22kN de potencia.

La postcombustión es el proceso realizado por el postquemador, y surgió a finales de la Segunda Guerra Mundial. Su propósito es proporcionar un incremento temporal en el empuje, en situaciones como el despegue, en el combate aéreo o en el vuelo supersónico Esto se consigue inyectando combustible en la tobera de escape de la turbina. Este combustible entra en ignición por las altas temperaturas de los gases de escape y añade empuje al motor. Como desventaja el consumo de combustible es muy elevado e ineficiente, por lo que se suele emplear por cortos períodos y en maniobras críticas.

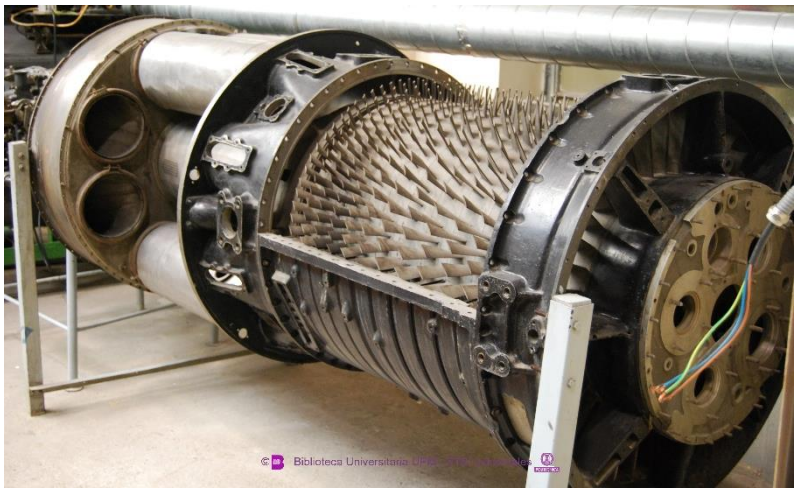

Ilustración 22 Parte de un motor a reacción seccionado. Es posible que se trate del primer turborreactor fabricado en España por el INI y CEMTE, el INI-11. Empuje de 1.600 Kg y peso de 600kg.

En mejora constante.

EXPERIMENTACIÓN CON MOTORES

Para describir el comportamiento de un motor se utilizan las curvas características del motor, En estas se incluyen la potencia, el par motor y el consumo específico en función de la velocidad de rotación del cigüeñal. Dichas curvas se trazan señalando en un diagrama los valores de la potencia (en caballos de vapor), del par (kilográmetros) y del consumo (gramos de carburante por caballo de vapor en una hora), que el motor proporciona a cada variación de su régimen de rotación.

Para obtener los puntos que forman estas curvas, el motor se coloca en un banco de pruebas y se le hace funcionar en condiciones de alimentación máxima, es decir, con la mariposa del carburador abierta por completo o con la bomba de inyección (motores Diesel o de inyección de gasolina) al caudal máximo. En algunos casos se trazan las curvas o cargas parciales, o sea, con un grado de alimentación inferior al máximo. Las curvas están incluidas entre un límite mínimo de revoluciones (por debajo del cual el funcionamiento del motor resulta irregular) y un máximo (por encima del cual quedaría perjudicada alguna pieza del motor). Estos 2 extremos determinan el campo de utilización del motor.

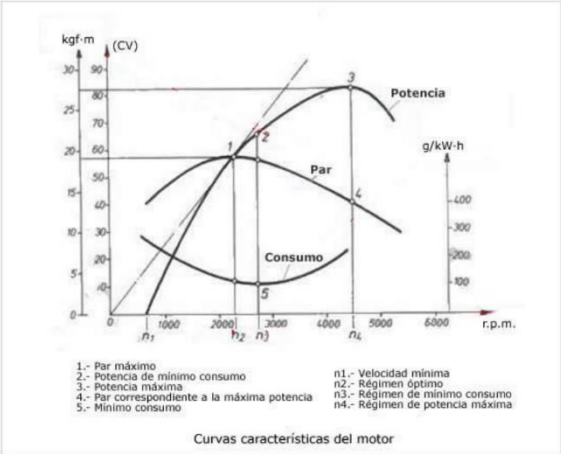

Ilustración 23 Curvas características de un motor.

Estos bancos de pruebas cuenta con diferentes instrumentos de medida. Algunos de ellos son:

TORSIÓMETRO

Ilustración 24 Torsiómetro óptico fabricado por la compañía Carl Schenck, Haschinenfabrik GMBH, en Darmstadt, en 1960, modelo TD 0005.

Dispositivo empleado para analizar la potencia efectiva realizada por el par motor a través de la medida del ángulo de torsión y las revoluciones del eje.

Se trata de un modo indirecto de medida, ya que, no absorbe la potencia ejercida por el motor, sino que analiza el efecto provocado por el giro del eje que trasmite dicha potencia.

Se colocan dos espejos referencia alineados solidarios al eje y se mide el ángulo que se crea entre ambos al someter al eje a un par motor. Para la toma de la medida se hace incidir la luz en el espejo y se observa en el monitor el reflejo de ambos.

FRENOS DINAMOMÉTRICOS

Se trata de dispositivos diseñados para medir simultáneamente el par y la velocidad de rotación (RPM) de un motor para que su potencia instantánea pueda ser calculada, y usualmente mostrada por el propio dinamómetro en kW o CV.

Se componen de un rotor que gira accionado por el eje del motor y un estator o carcasa fija al sistema de medida de fuerza. Entre el rotor y el estator hay una cantidad variable de agua.

En el freno Froude, uno de los más usados, la carcasa y el rotor están provistos de cavidades y álabes que inducen en el agua un movimiento turbulento, que transforma en calor el trabajo mecánico desarrollado por el motor. Las variaciones de carga se consiguen variando la cantidad de agua en el interior del freno. La resistencia que el agua opone a la rotación del rotor reacciona sobre el estator produciendo un par resistente igual al par motor.

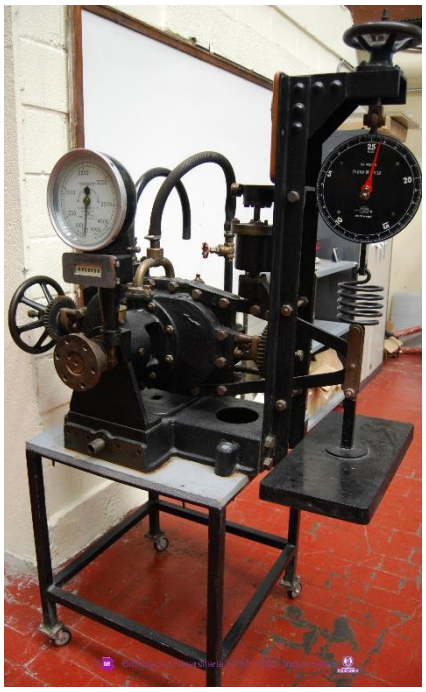

Ilustración 25 Freno dinamométrico hidráulico Heenan-Froude. Modelo DPX-3. Empuje máximo 225 a 3000/6000 RPM. Potencia 1300 CV. Tacómetro mecánico incorporado.

Otro método empleado para medir el par de un motor es a través de un freno de corrientes parásitas o de Foucault. A diferencia de los frenos de fricción, donde la fuerza de arrastre que detiene el objeto en movimiento es proporcionada por la fricción entre dos superficies presionadas juntas o los hidráulicos, la fuerza de frenado en un freno de corrientes parásitas se debe a la fuerza electromagnética que se crea entre un campo magnético y la corrientes inducidas, en forma de torbellino, que se generan en un objeto conductor que se mueve dentro del campo magnético.

Si se mide la cantidad de corriente suministrada al electroimán para generar la intensidad de campo suficiente para detener el motor, podemos calcular el par ejercido por el motor.

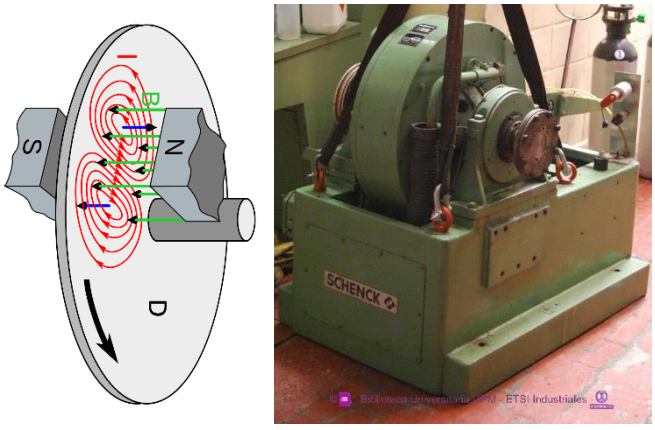

Ilustración 26 Freno dinamométrico de corrientes de Foucault. Modelo W260. Fabricado por Schenck en Darmstadt, Alemania.

CELDAS DE ENSAYO

Las celdas de ensayo son el conjunto de instrumentos necesarios para medir diferentes características de un motor: emisión de humos y calor, par motor, caudal de combustible y agua suministrado, consumo eléctrico…

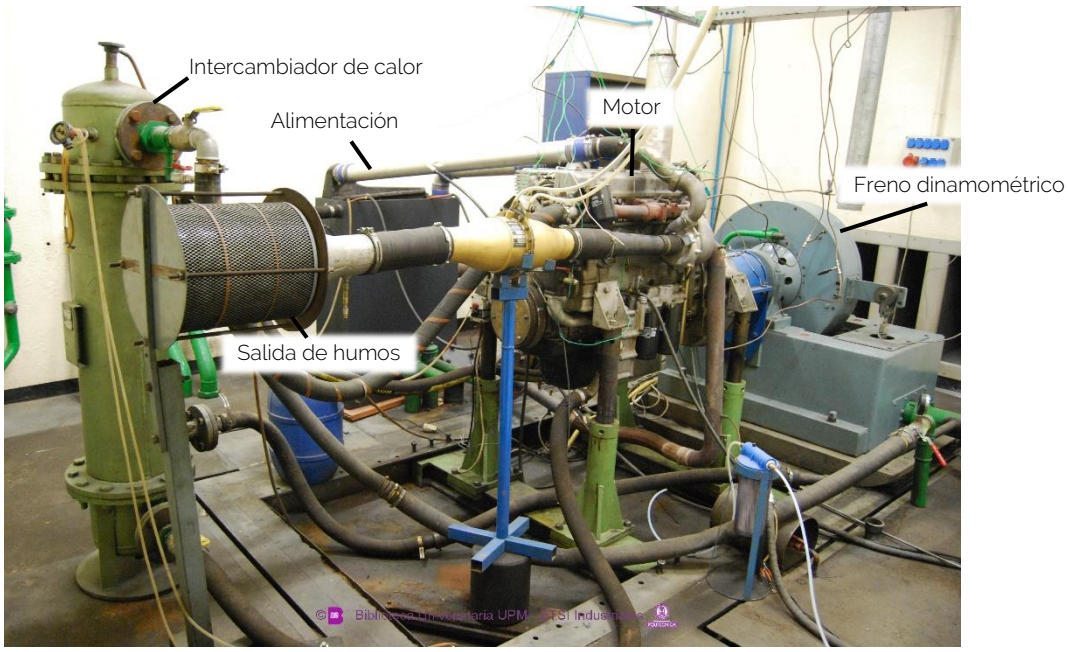

Ilustración 27 Motor diésel de 6 cilindros de un camión, montado en la Celda de Ensayos número 5 del Laboratorio de Motores Térmicos perteneciente al Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica.

BIBLIOGRAFÍA

Motor aeronáutico. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeronáutico

Turborreactor. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Turborreactor

Principio de Bernoulli. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Bernoulli

Hermanos Wright. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Hermanos_Wright

Turbofán. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Turbofan

Postcombustión. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Postcombustión

Klemm Kl 25. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Klemm_Kl_25

Lycoming O-235. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Lycoming_O-235

Medición de la Potencia. Taller Actual. Retrieved August 17, 2020, from https://talleractual.com/tecnica/partes-de-motor/6718-medicion-de-la-potencia

CURVAS CARACTERÍSTICAS. MOTORGIGA. Retrieved August 17, 2020, from https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/curvas-caracteristicas-definicion-significado/gmx-niv15-con193765.htm

García Soutullo, R. (2020). El Torsiómetro (Potencia Efectiva) - Ingeniero Marino. Ingeniero Marino. https://ingenieromarino.com/torsiometro/

Principio del medidor de torsión óptico Herramientas de instrumentación. Retrieved August 17, 2020, from https://instrumentationtools.com/optical-torsion-meter-principle/

Gómez Arriaran, I. (1999). banco dinamométrico. UPV. http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.htm

Dinamómetro - Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamometer

López Groba, S. B. C. J. M. (2017). Control electrónico de un banco de ensayos para motores de combustión interna alternativos. banco dinamométrico. Retrieved August 17, 2020, from http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.html

Paxman (engines). Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Paxman_(engines)

General Electric J85. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/General_Electric_J85

Inyección directa. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Inyección_directa

Motor térmico. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_térmico

James Watt. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/James_Watt

Máquina de vapor de Watt. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Máquina_de_vapor_de_Watt

Bloque del motor. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Bloque_del_motor

Cigüeñal. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Cigüeñal

Biela. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Biela

Pistón. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Pistón

Motor de combustión interna. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustión_interna

Culata (motor). Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Culata_(motor)

Poppet valve. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Poppet_valve

MOTOR DE 4 TIEMPOS MEP: PARTES. Retrieved August 17, 2020, from https://lqtecno.blogspot.com/2013/11/motor-de-4-tiempos-mep-partes.html

Máquina de vapor. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Máquina_de_vapor

TURBINA DE VAPOR | Partes, funcionamiento y sus aplicaciones. Como Funciona. Retrieved August 17, 2020, from https://como-funciona.co/una-turbina-de-vapor/

Compound steam engine. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Compound_steam_engine

Motor de vapor compuesto. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_vapor_compuesto

Motor de dos tiempos. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_dos_tiempos

Diésel. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Diésel

Cilindrada. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Cilindrada

Árbol de levas. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Árbol_de_levas

Alternator. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Alternator

Timing belt (camshaft). Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Timing_belt_(camshaft)

Citroën 2 CV. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Citroën_2_CV

Ciclo de cuatro tiempos. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos

Motor de combustión interna alternativo. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustión_interna_alternativo

Motor OHV. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_OHV

EL AUTOMÓVIL AL DESNUDO: MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN AUTOMOCIÓN (PARTE XVI). Retrieved August 17, 2020, from http://jeroitim.blogspot.com/2013/01/motores-de-combustion-interna-en_17.html

Pegaso (automóviles) - Wikipedia, la enciclopedia libre. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Pegaso_(automóviles)

Carburador. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Carburador

Principio de Bernoulli. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Bernoulli

Turbocompresor. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Turbocompresor

Sobrealimentación. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Sobrealimentación

Axial turbine. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Axial_turbine

Principales Elementos. Plantas de Cogeneración. Retrieved August 17, 2020, from http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/principales-elementos1

Tobera. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Tobera

Nozzle. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Nozzle

Turbina de vapor. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_vapor

Turbina. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina

Principios de Funcionamiento. Turbinas de Gas. Retrieved August 17, 2020, from http://www.turbinasdegas.com/principios-de-funcionamiento

Partes principales de una turbina. Turbinas de Gas. Retrieved August 17, 2020, from http://www.turbinasdegas.com/principales-partes-turbinas

Turbina de Vapor Partes, Funcionamiento, Tipos.... Área Tecnología. Retrieved August 17, 2020, from https://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbina-de-vapor.html

Motor de reacción. Wikipedia. Retrieved August 17, 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_reacción

Cómo Funciona un Motor a Reacción (I) | GTD Blog. Retrieved August 17, 2020, from https://www.gtd.es/es/blog/como-funciona-un-motor-reaccion-i