

Optimización del diseño del conducto de admisión del motor F1L2006

Sánchez Martínez, D.; Carvajal Trujillo, E.; Chacartegui Ramírez, R.;
Muñoz Blanco, A.

*Escuela Superior de Ingenieros. Camino de los Descubrimientos s/n 41092 Sevilla,
Tlf. 954486111, FAX 954487243, dtsanchez@esi.us.es*

Resumen

En el presente trabajo se describe la caracterización aerodinámica del conducto de admisión de un motor de encendido por compresión monocilíndrico con refrigeración por aire. Para ello se estudia la evolución para cada configuración operativa del coeficiente de descarga y del swirl mediante experimentación y simulación con un código de cálculo fluidodinámico.

Palabras Clave: renovación de la carga, coeficiente de descarga, swirl, VECTIS

Abstract

In the present work the aerodynamic characterization of the intake duct of an air cooled single cylinder compression ignition engine is described. The discharge coefficient and swirl for each configuration is studied by means of experimentation and simulation with a computational fluid dynamics code.

Keywords: intake and exhaust processes, discharge coefficient, swirl, VECTIS

1. Introducción

Las prestaciones y las emisiones contaminantes de los motores alternativos dependen en gran medida de la eficacia del proceso de renovación de la carga y del movimiento del aire en el interior del cilindro. Centrándose en la admisión de un motor de encendido por compresión los fenómenos que más afectan a las prestaciones del motor son la evolución del aire por el conducto de admisión y a través de la válvula, caracterizado por el coeficiente de descarga, y la turbulencia dentro del cilindro. Los códigos de cálculo fluidodinámico actuales (CFD) permiten modelar con gran precisión el flujo, y por tanto son una valiosa ayuda en la etapa de diseño. En este estudio el CFD ha servido para complementar el estudio experimental de los anteriores procesos.

Este estudio se ha centrado en el análisis y comparativa de dos diseños de la culata. La diferencia entre ambos es la posición en la culata del conducto de admisión, tal y como se muestra en la Figura 1.

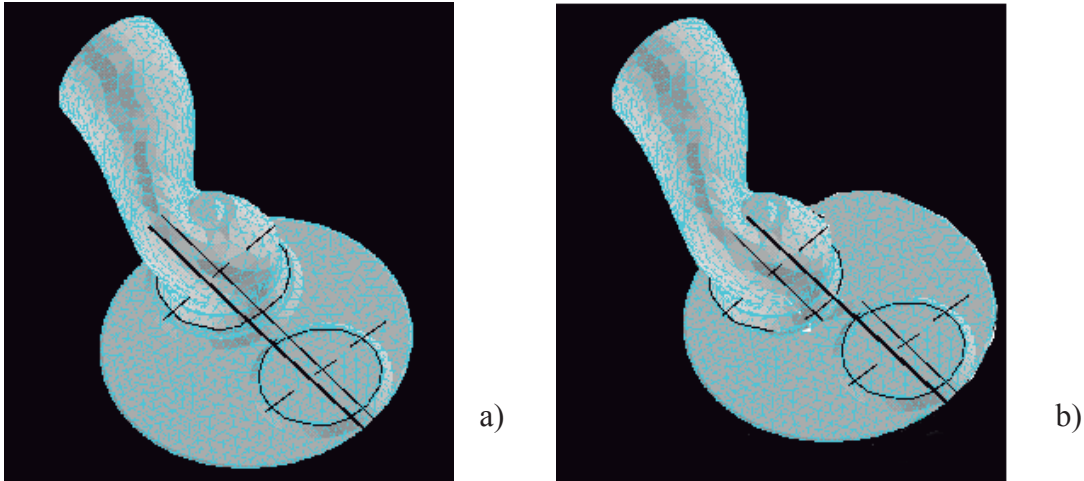


Figura 1. Geometría y posición del conducto de admisión en las culatas “a” y “b”

2. Estudio del fluido a través del conducto de admisión y de las válvulas

El coeficiente de descarga, C_D , proporciona información sobre el comportamiento aerodinámico cuantificando cuánto se aleja el flujo real del flujo reversible y adiabático, es decir, isentrópico. Este coeficiente es función de la geometría de la restricción, del número de Reynolds, del número de Mach y de las propiedades del fluido. El gasto másico para flujo unidimensional puede expresarse por tanto de la forma:

$$m = \frac{C_D A_R p_0}{\sqrt{RT_0}} \left(\frac{p_T}{p_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left[1 - \left(\frac{p_T}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

en donde p_0 y T_0 son la presión y la temperatura de remanso aguas arriba de la válvula, p_T la presión estática justo aguas abajo de la válvula y A_R el área de referencia característica de la misma.

Los valores del coeficiente de descarga C_D obtenidos experimentalmente para flujo estacionario son utilizables para predecir el comportamiento dinámico, con razonable precisión, en el rango normal de revoluciones de los motores.

2.1. Desarrollo de los ensayos

La instalación utilizada para la medida experimental del coeficiente de descarga consiste en la impulsión de aire a través del conducto de admisión y de la válvula, según

el esquema de la Figura 2. Mediante una soplante se impulsa aire a través de la válvula de admisión a distintos levantamientos de esta (L_v), medidos con un reloj comparador. Para regular el flujo de aire se utiliza una válvula de tres vías y el gasto se mide con un venturi. Una caja de remanso de grandes dimensiones, en comparación con las de la válvula y los conductos, aguas abajo de la soplante se utiliza para uniformizar el flujo de aire que sale de la soplante, antes de entrar en la culata. Los dos sensores de presión miden la presión a la entrada del conducto de admisión, p_{adm} , y el salto de presiones (Δp) en el venturi, para el cálculo del flujo de aire. El sensor de temperatura mide la temperatura a la entrada del conducto de admisión (T_{adm})

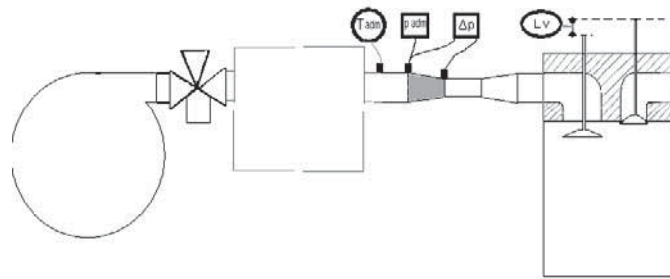


Figura 2. Esquema de la instalación para la medida del coeficiente de descarga

2.2. Resultados

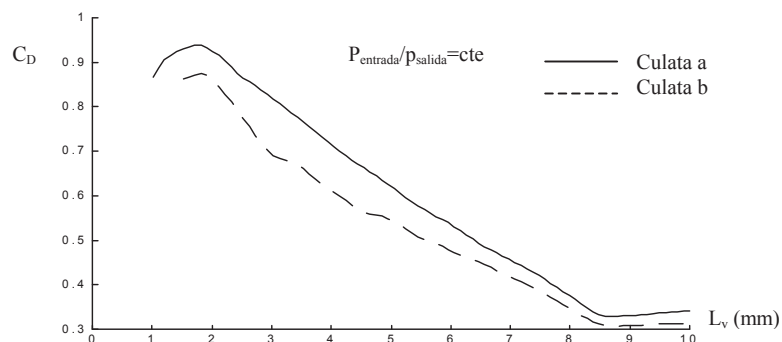


Figura 3. Coeficiente de descarga en función del levantamiento de la válvula para una relación de presiones a la entrada y a la salida constante

Se midieron los coeficientes de descarga, con respecto al área de cortina, para la admisión y el escape en las dos culatas “a” y “b” (Figuras 3 y 4).

Se observa una disminución del coeficiente de descarga cuando aumenta el levantamiento y la casi nula influencia de la relación de presiones a la entrada y a la salida de la culata.

Comparando los dos casos de culatas, con la configuración de la culata “b” se ha mejorado sustancialmente el coeficiente de descarga.

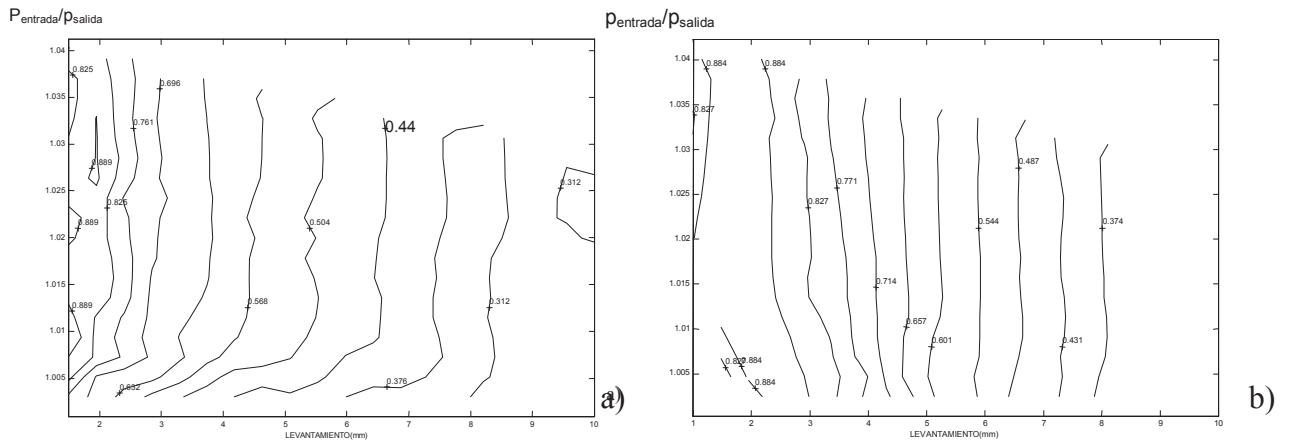


Figura 4. Mapa de líneas de iso coeficiente de descarga en función del levantamiento de la válvula y de la relación de presiones, para las culatas “a” y “b”.

3. Estudio del movimiento del fluido en el cilindro

Uno de los fenómenos que más afectan a la combustión y a las emisiones en DI cuando el fluido entra al cilindro a través de las válvulas de admisión es el denominado “swirl” (torbellino), que aumenta la turbulencia durante el proceso de admisión. El “swirl” se define como un momento organizado de rotación de la carga alrededor del eje del cilindro y se crea dando un cierto momento angular al flujo que entra en el cilindro.

3.1. Desarrollo de los ensayos

El estudio del swirl se abordó, al igual que en el caso del coeficiente de descarga, desde un punto de vista experimental. La instalación del ensayo consiste en una paleta situada a la altura del punto muerto inferior, que puede girar en torno al eje del cilindro. Mediante un sensor fotoeléctrico conectado a un osciloscopio se midieron las revoluciones de esta paleta cuando se impulsa aire a través de la válvula de admisión hasta el cilindro. Se caracteriza así el valor medio del swirl mediante el coeficiente del swirl, C_s , dado por la Ecuación (1)

$$C_s = \frac{2\pi \cdot rpm \cdot B^3}{60 \cdot Q} \quad (1)$$

donde rpm son las revoluciones por minuto de la paleta, B es el diámetro del cilindro en mm y Q es el caudal que entra por la válvula en m³/s.

3.2. Resultados

Los resultados de este ensayo se representan en la Figuras 6. Para mayor régimen de giro del motor (mayor gasto entrando al cilindro), la velocidad de la paleta es mayor. La turbulencia, caracterizada por el coeficiente C_s , se mantiene prácticamente constante con el régimen de giro del motor. Comparando las dos configuraciones de culata, se observa cómo el swirl de la culata “a” es mayor que el de la culata “b”, para todos los regímenes de giro del motor. Teniendo en cuenta que el coeficiente de descarga era menor para la culata “b”, es decir, mayores pérdidas, se puede explicar que se produzca este aumento de la turbulencia inducida al aire que entra al cilindro a través de las válvulas.

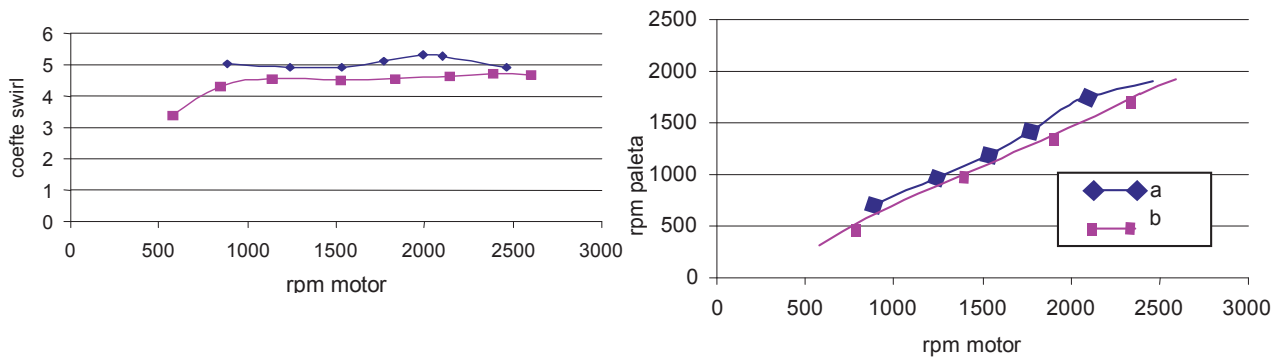


Figura 6. C_s y vueltas de la paleta frente al régimen de giro del motor, para las dos culatas

4. Desarrollo mediante el código de cálculo fluidodinámico VECTIS

Mediante un código basado en modelos de flujo unidimensional (de una velocidad de cálculo de varios órdenes de magnitud superior al de un CFD) que hace uso de una base de datos experimental para la evaluación de los coeficientes de descarga, se ha simulado la evolución del flujo de aire a través del conducto de admisión y de las válvulas. En la Figura 7 se muestra el campo de velocidades para la configuración “b” y dos

levantamientos de la válvula distintos, los tonos más oscuros corresponden a velocidades más altas



Figura 7

Se observa un mayor gradiente de velocidades en el área de paso mínima a través de la válvula cuando el levantamiento es mayor, de manera que hay una menor parte del área de paso en la que las velocidades son mayores, en comparación con el caso de levantamiento de la válvula menor. Así, aunque el área de paso sea menor para levantamientos pequeños, la relación área efectiva y área real es mayor, lo que explica la disminución del coeficiente de descarga para levantamientos grandes.

5. Conclusiones

De los ensayos realizados y de la simulación mediante el programa de cálculo fluidodinámico se observa que, para las configuraciones de las culatas estudiadas, el coeficiente de descarga disminuye cuando aumenta el levantamiento de la válvula y es casi constante con la relación de presiones. Asimismo se aprecia que la disminución del swirl está asociado a un aumento del coeficiente de descarga.

6. Referencias

1. G. Blair, *Design and simulation of four-stroke engines*, SAE Int., U.S.A., (1999)