

Diseño y análisis cfd del flujo de gases de un header en un motor de 200 cc



Design and cfd analysis of the gas flow of a header in a 200 cc engine

Javier Renato Moyano Arévalo ¹, Eugenia Mercedes Naranjo Vargas ², Alex Giovanni Tenicota García³, Ángel Daniel Larrea Moreano ⁴

Recibido: 19-04-2019 / Revisado: 14-05-2019 / Aceptado: 20-06-2019/ Publicado: 05-07-2019

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.616>

The exhaust system of an engine fulfills the function of evacuating the gases produced in combustion and reduces engine noise, however several systems do not have accessories that guarantee these functions. The HEADERS are accessories that improve the performance of the engine in the exhaust cycle but studies on this are limited and limited. In this sense, the present research aims at the design and analysis through computer-aided software of CAD type with CFD Computational Fluid Dynamics tools to establish the most appropriate design and best performance of a motorcycle engine of 200 cubic centimeters. As the headers are used as fast evacuators of exhaust gases, the analysis focused on the study of the rapidity with which gases flow in two cases of study. Both cases were of 2-inch diameter pipe at an average speed of 10 m/s, but the case A with regular curvature of 180 ° and case B of prolonged curvature was the difference. The development of the analysis resulted in the design "B" as the most appropriate to be manufactured since the speed of the gases increased by 12%. This makes it possible to know that when rapid evacuation of the gases occurs, valve backpressures are avoided, thus obtaining a better performance of the engine.

Keywords: design, headers, Engine, exhaust system. motorcycle

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial. Riobamba, Ecuador, javier.moyano@epoch.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Industrial. Riobamba, Ecuador, eugenia.naranjo@epoch.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial. Riobamba, Ecuador, alex.tenicota@epoch.edu.ec

⁴ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial. Riobamba, Ecuador, dlarrea@epoch.edu.ec

Resumen.

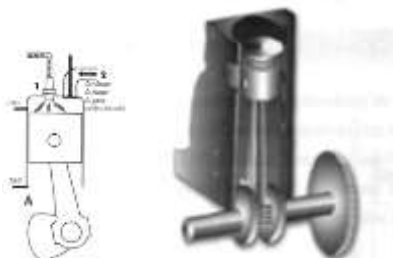
El sistema de escape de un motor cumple la función de evacuar los gases producidos en la combustión y reduce el ruido del motor, sin embargo varios sistemas no disponen de accesorios que garanticen dichas funciones. Los HEADERS son accesorios que mejoran el desempeño del motor en el ciclo de escape pero los estudios al respecto son reducidos y se limitados. En ese sentido la presente investigación tiene por objeto el diseño y análisis mediante software asistido por computador de tipo CAD con herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional CFD para establecer el diseño más apropiado y mejor desempeño de un motor de motocicleta de 200 centímetros cúbicos. Como los headers son utilizados como evacuadores rápidos de gases del escape, el análisis se enfocó al estudio de la rapidez con la que fluyen los gases en dos casos de estudio. Ambos casos fueron de tubería de 2 pulgadas de diámetro a velocidad promedio de 10 m/s, pero el caso A fue con curvatura regular de 180° y el caso B de curvatura prolongada fue la diferencia. El desarrollo del análisis arrojó como resultado al diseño “B” como el más apropiado para ser fabricado puesto que la velocidad de los gases se incrementaron en un 12%. Esto permite saber que al producirse una evacuación rápida de los gases se evita contrapresiones de válvulas obteniendo así un mejor desempeño del motor.

Palabras clave: diseño, motor, sistema de escape, motocicleta

Introducción

Los vehículos motorizados son máquinas de gran invención, mismos refieren como sistema de mayor importancia para su funcionamiento al motor de combustión interna. La transportación de objetos y personas de un lugar a otro se ha convertido en un aporte para minimizar el esfuerzo y recursos. El motor de combustión interna funciona a través de la explosión de una mezcla que se compone de aire y gasolina para el caso de motocicletas la energía producida es utilizada para el desplazamiento. “En un motor el movimiento se encuentra restringido y acoge en su interior al o los pistones, los cuales se desplazan lineal y alternativamente entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI) siendo una carrera” (Santander, 2010), de ese modo al combustionar los gases, estos se evacúa por los conductos al completar el ciclo y se apertura la válvula de escape, tal y como se explica en la *figura 1*. Sin embargo, el funcionamiento del motor de combustión interna se desarrolla en los ciclos de admisión, compresión, explosión y escape; necesarios para la producción de energía útil para el desplazamiento, e inherente en el rendimiento y desempeño del motor.

Figura 1. Pistón y cilindro de motor combustión interna a gasolina



Fuente: (Vargas, 2017)(Srinivasan, 2007)

Los colectores de escape conocidos también como HEADERS, cumplen el papel de un múltiple de escape, mismos que se instalan en los vehículos con la finalidad de aumentar la potencia de los motores junto a la eficiencia volumétrica con menor contrapresión tal y como lo afirman estudios especializados en mecánica automotriz (Crouse, 2007)(Gillieri, 2013). A pesar que son importantes para la eficiencia del motor, “los colectores tradicionales de escape son un poco restrictivos debido a que generan una contrapresión en el motor, lo que es contraproducente para que se produzca una reducción en la potencia y aumente el consumo de combustible” (Respuestos, 2016).

“Los colectores o HEADERS pueden ser varios según la potencia del motor, mismos que toman el nombre de múltiple de escape, y se encuentran ubicados en la parte lateral de la culata y acoplados con bridas para dirigir los gases a través de un sistema de tuberías desde el motor hasta el ambiente” (Beau, 2017). Los HEADERS deben estar diseñados para soportar elevadas temperaturas de los gases de combustión y fabricados de acero inoxidable o de tubo de hierro con menor rozamiento de los gases a las paredes de la tubería. Sin embargo no solo el material es uno de los principales aspectos que se debe tomar en el diseño y fabricación de dichos accesorios, también “debe considerarse la longitud de tubería y curvaturas que permitan la pronta circulación de los gases expulsados al medio ambiente”, (Tiempo, 2019). Reducir la contaminación es un reto del diseño, fabricación, operación y mantenimiento de vehículos motorizados que buscan menor impacto, pero el problema aún persiste en la sociedad.

“Habitualmente un vehículo está compuesto por un 65% de metales de los cuales la mayoría de ellos puede reutilizarse mientras que otros se procesan como nuevos componentes del vehículo, como es el caso de elementos mecánicos del motor de combustión interna (Alonso, 2004). Sin embargo, en el Ecuador son reducidos los estudios del diseño y comportamiento de los HEADERS, mediante simulación de materiales, variedades geométricas y dimensiones. En el mismo sentido se observa carencias en el uso de software de tipo CAD “computer-aided design” y herramientas CFD “Computational Fluid Dynamic” para el desarrollo experimental o simulación del diseño, fabricación y funcionamiento de los HEADERS.

Según los trabajos especializados en el estudio de programas CAD (Chang, 2019) (PLANCHARD, 2017)(SHIH, 2018), ponderan positivamente el uso del SolidWorks a nivel industrial, y clasifican a las herramientas que ofrece SolidWorks para simulación en; SW simulation, SW Flow simulation, SW Motion simulation y SW Sustainability. En este sentido el SW Flow simulation es una herramienta computacional la cual permite predecir el comportamiento del flujo de los fluidos en condiciones reales, de modo que se estudien variables como velocidad, presión, viscosidad, diámetros de conductos, etc. Para el análisis concreto del flujo de fluido compresible laminar o turbulento como es el caso de los gases expulsados por la combustión es importante contar con paquete de simulación premium para poder realizar una discretización efectiva.

El presente aporte técnico tiene como objeto el diseño y análisis mediante software asistido por computador de tipo CAD con herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional CFD para establecer el diseño más apropiado y mejor desempeño para un caso práctico de motor de motocicleta de 200 centímetros cúbicos. El desarrollo del presente trabajo prevé el aporte en la disminución del consumo de combustible y a su vez reduce el índice de polución mediante el aumento de la velocidad de salida de gases y con menores casos de contrapresión en válvulas.

Métodos y Materiales

La investigación se desarrolló bajo la siguiente lógica; a) diseño de prototipos, b) simulación, y c) análisis comparativo de los resultados. En ese sentido fue necesario establecer como meta la reducción la contrapresión a base del aumento de la velocidad salida de los gases, para ello se contó con dimensiones de HEADERS existentes en el mercado para el caso estándar de una motocicleta de 200 cc, misma de uso común en la región, ver figura 2.

Figura 2. HEADER estándar de uso común en motocicletas de 200cc



Elaborado por: Autores

a) Diseño de prototipos

Luego de identificar el o los casos estándar más importantes, fue necesario definir el programa CAD, tomando en cuenta las características que aporten a la facilidad, rapidez, y aplicabilidad. SolidWorks fue elegida por su interfaz amigable, ampliada biblioteca de

aplicaciones y herramientas para el desarrollo de la simulación. El proceso de croquizado inició con la ejecución de una nueva pieza, una vez elegido se utilizó el menú de operaciones en donde la herramienta extruir sirvió para elegir el plano y desarrollar el objeto en 3D. Ya con el plano definido se efectuó el croquis con la utilización de sus herramientas para definir lo gráfico y geométrico del diseño.

En cuanto a los detalles del diseño se tomaron en cuenta las diversas configuraciones de los múltiples de escape tales como; el 4-2-1, 4-1 y el doble. “La configuración 4-2-1 llamada también 3Y, se caracteriza por tener 2 pares de colectores y sus salidas se juntan en un solo conducto para dirigirse al silenciador en donde se crean 2 ondas de presión que hacen que obtenga la máxima potencia a una gama media de revolución” (Blair, 2001). En cambio, la configuración 4-1 necesita de un intervalo mayor de revoluciones ya que en sí, se desarrolla una sola onda de presión con mayor amplitud por su diseño de cuatro tubos primarios de colectores de concavidad y convergencia al diámetro del silenciador. “Los múltiples dobles poseen dos silenciadores, sin embargo, la potencia podría ser menor de acuerdo a la disposición de los colectores” (Aradhye, 2017).

Para definir los diámetros y longitudes de los conductos del múltiple de escape se consideran varios argumentos empíricos de especialista en diseño y preparación de vehículos para competencia como el caso de la obra “Four Stroke Performance Tuning” para las siguientes variables.

Tabla 1. Ecuaciones empíricas para el diseño del primer prototipo o caso A de HEADER

Dimensiones de los colectores	Ecuaciones empíricas [21]
- p (Longitud de colector primario)	$p = \frac{850 \cdot ED}{rpm} - 3 \quad (1)$ <p>En donde</p> <ul style="list-style-type: none"> - ED (180° más los grados de apertura de la válvula de escape) - rpm (número de revoluciones por minuto que se requiere para sintonizar el motor) $p_2 = p - p_1 \quad (2)$ <p>Bajo la condición de que p_1 sea mayor o igual a 15”</p>
- ID (Diámetro de colector primario)	$ID = \sqrt{\frac{CC}{(p+3) \cdot 25}} \cdot 2,1 \quad (3)$ <p>En donde</p> <ul style="list-style-type: none"> - CC (volumen del cilindro en centímetros cúbicos)
- Ls (Longitud de colector secundario)	$Ls = p + 3 \quad (4)$ <p>En donde</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 se expresa en pulgadas

Tabla 2. Ecuaciones empíricas para el diseño del segundo caso B de HEADER

Dimensiones de los colectores	Ecuaciones empíricas [21]
- L_c (Longitud de colector en cm)	$L_c = \frac{13000 * G_e}{rpm * 6} \quad (5)$ <p>En donde</p> <ul style="list-style-type: none"> - G_e (valor en grados que en el diagrama de distribución tiene el escape) - rpm (número de revoluciones por minuto máxima del motor)
- ϕ_c (Diámetro de colector primario)	$\phi_c = 2 * \sqrt{\frac{V_c * 2}{L_c * \pi}} \quad (6)$ <p>En donde</p> <ul style="list-style-type: none"> - V_c (volumen unitario del cilindro en cm) - L_c (longitud del colector según) [21]
- ϕ_{cs} (Diámetro de colector secundario)	$\phi_{cs} = 2 * \sqrt{\frac{V_t}{L_c * \pi}} \quad (7)$ <ul style="list-style-type: none"> - V_t (volumen total del cilindro)

b) La simulación.

Para ello fue importante definir los lineamientos que estructuran a la simulación, tales como la definición del material, desarrollo de la discretización y definición de la convergencia. La tubería considerada es de acero inoxidable de 1” con una longitud promedio de 1 metro, a la tubería se impone valores de velocidad de entrada de 10 m/s y una presión de salida atmosférica de la ciudad de Riobamba de 14.7 psi, además se establece que el fluido que recorrerá dentro de la tubería es CO_2 , al realizar el mallado se obtiene una convergencia en el mallado de 1 por lo que se asegura una correcta simulación, los valores a analizar son la velocidad de salida que obtendrá el fluido a la salida de la tubería.

Análisis comparativo de los resultados

Para el análisis comparativo de resultados se utilizó la estadística descriptiva de modo que se compararon los valores netos de velocidad registrados e identificado la incidencia para con el flujo del fluido

Resultados y Discusión

Se inició con los cálculos de las dimensiones de cada uno de los colectores de modo que en el ejemplo de los datos base, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 3. Resumen de resultados de las dimensiones para el diseño de HEADERS

Datos referencias	Dimensiones del caso A		Dimensiones del caso B	
ED= $180^{\circ}+48^{\circ}+20^{\circ}=248^{\circ}$	p	18,08in	Lc	20.8 in
Rpm=10000	p_2	3,08in	ϕc	1 in
$p_1=15in$	ID	1,12in	ϕcs	1 in
$cc=149,75\text{ cm}^2$	Ls	21,08in	Ls	24, 15 in
	IDs	1,47in		

Diseñado el croquis completo y bien definido con las dimensiones y características geométricas adecuadas, el programa sirvió de medio para efectuar la extrucción debida y con ello el sólido en dimensiones requeridas, tal y como se muestran en las figuras 3, y 4.

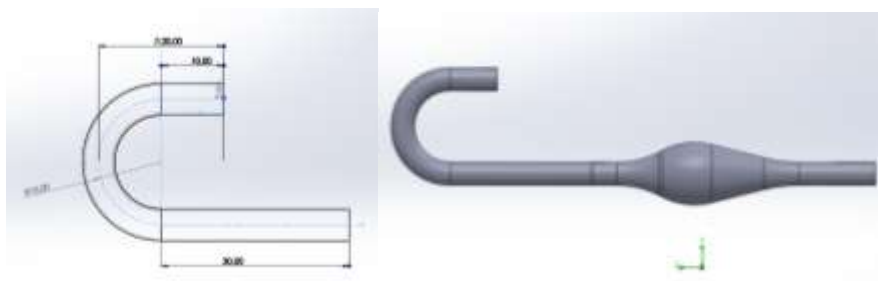


Figura 3. Croquis y extrucción del sólido caso A, con curvatura regular

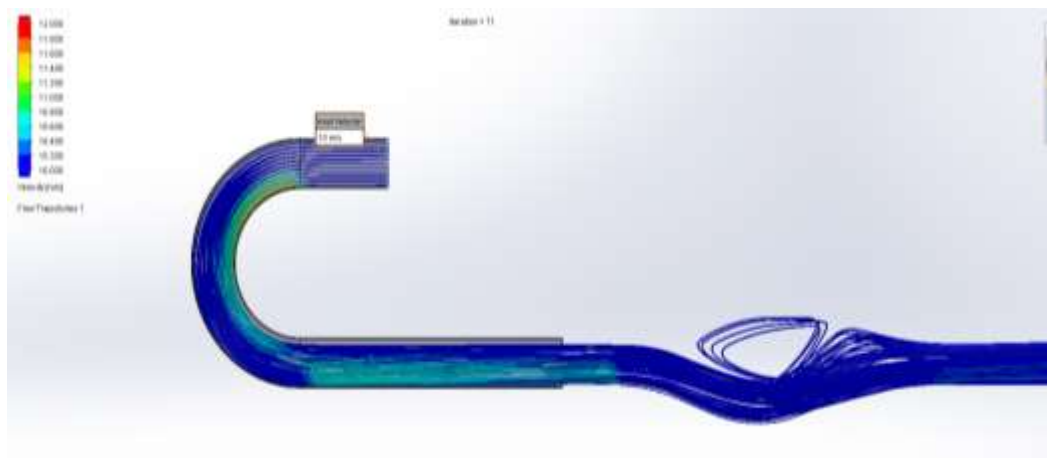
Elaborado por: Autores



Figura 4. Croquis y extrucción del sólido caso B, con curvatura prolongada. Elaborado por: Autores

Para el desarrollo de la simulacion fue necesario definir la discretización, el material en el cual se va a constuir cada uno de los prototipos y la convergencia necesaria, de modo que se pudo simular el flujo del fluido de la siguiente manera:

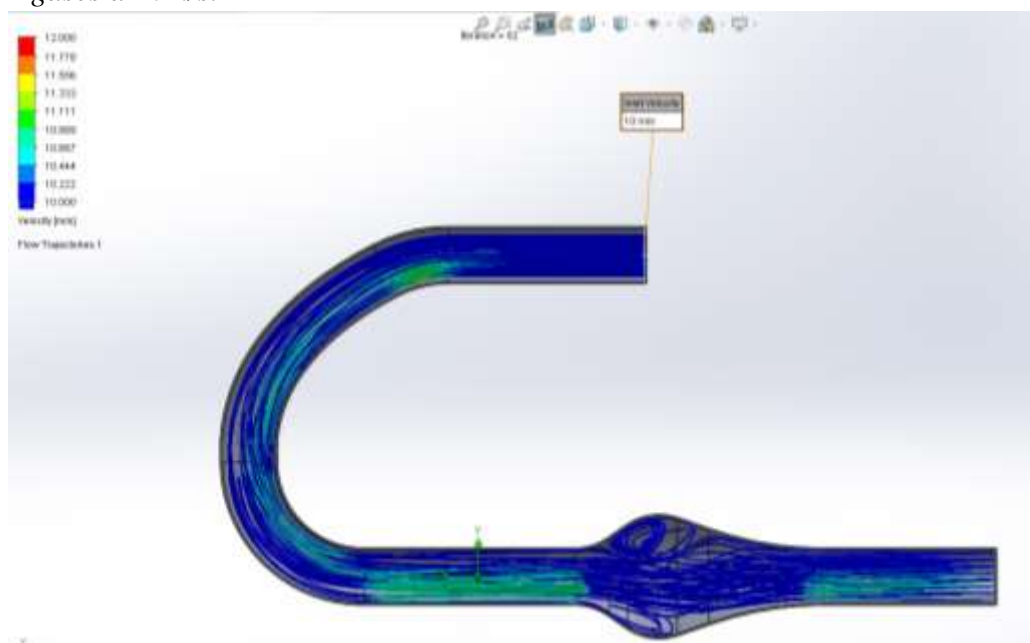
Figura 5. Simulación del caso A mostrando una velocidad de expulsión de gases a 10m/s.



Elaborado por: Autores

Al observar la simulación se determina que con la velocidad de los gases de expulsión igual a 10 m/s, el Header A, obtiene una velocidad máxima de 11 m/s esto es por el cambio de dirección de la tubería haciendo que los gases circulen a una mayor velocidad.

Figura 6. Simulación del caso B mostrando una velocidad de expulsión de gases a 10m/s.



Elaborado por: Autores

Se determina que con la velocidad de los gases de escape igual a 10 m/s, el Header B, obtiene una velocidad máxima de 12 m/s esto es por el cambio de dirección más prolongado de la tubería haciendo que los gases circulen a una mayor velocidad.

El resumen de los resultados registrados y medidos de la simulación bajo condiciones establecidas se evidencia que el prototipo B posee una velocidad mayor de salida en comparación al prototipo A. El aumento en el rendimiento de expulsión de gases de escape es de el 8 % del prototipo B.

Conclusiones

- La velocidad de los gases de escape se ve influenciado por la geometría y tubería que posea el colector de gases de escape
- Al diseñar un colector de escape se debe realizar con curvaturas suaves y prolongadas con la finalidad de reducir la fricción del fluido contra las paredes de la tubería y así aumentar la velocidad de salida de los gases de escape

- Al dejar la salida de los gases sin la interrupción del catalizador se obtiene un mejor desempeño y aprovechamiento del vehículo, pero la contaminación ambiental aumentará

Referencias bibliográficas.

- Alonso, J. (2004). *Tecnologías avanzadas del automóvil* (4th ed.). Paraninfo.
- Aradhye, O. (2017). Continuously varying exhaust pipe length and diameter to improve the performance of a naturally aspirated SI engine. *International Mechanical Engineering Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineers, 2017*, (V006T08A054-V006T08A054.).
- Beau, K. (2017). Puro motores. Retrieved from <https://www.puromotores.com/13147437/las-partes-de-un-sistema-de-escape>
- Blair, G. (2001). *Exhaust tuning on a four-stroke engine; experimentation and simulation*. SAE Technical Paper.
- Chang, K.-H. (2019). *Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion 2019SD* (D. . Publicaciones, Ed.).
- Crouse, W. (2007). *Mecánica del automóvil* (S. A. MARCOMBO, Ed.). Barcelona, España.
- Gillieri, S. (2013). *REPARACION DE MOTORES DE SERIE PARA COMPETICIÓN* (CEAC).
- PLANCHARD, D. (2017). *SOLIDWORKS 2017*.

- Respuestos, T. y. (2016). Talleres y repuestos. Retrieved from <https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/sistema-de-escape-y-catalizadores/61-que-son-los-headers>
- Santander, J. (2010). *No Title*. Bogotá: DISELI EDITORES.
- SHIH, R. (2018). *Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2018*. Sdc Publications.
- Srinivasan, P. (2007). *Automotive Mechanics* (Segunda).
- Tiempo, E. (2019). Motor. Retrieved from <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/jueves-mecanica-revision-sistema-escape/26309>
- Vargas, I. (2017). *Centro De Apoyo Mecanizado a Cultivos Agrícolas*. (Bloomington, Ed.).

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Moyano Arévalo, J., Naranjo Vargas, E., Tenicota García, A., & Larrea Moreano, Ángel. (2019). Diseño y análisis CFD del flujo de gases de un header en un motor de 200 cc. *Ciencia Digital*, 3(3), 119-128. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.616>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

