



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

Optimización del múltiple de escape de un motor 1300cc mediante simulación computacional y su validación en un dinamómetro

Optimization of the exhaust manifold of a 1300cc engine through computational simulation and its validation in a dynamometer

Otimização do coletor de escape de um motor de 1300cc através de simulação computacional e sua validação em dinamômetro

Jorge Ariel Salas Pazmiño ^I
arielsalas19@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9868-402X>

Santiago Israel Obando Gadvay ^{II}
santiago.obando1412@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0003-0302-1651>

Javier Milton Solís Santamaria ^{III}
Milton.solis@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9291-1906>

Juan Carlos Rocha Hoyos ^{IV}
juan.rocha@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0660-7199>

Correspondencia: arielsalas19@gmail.com

***Recibido:** 29 de mayo del 2022 ***Aceptado:** 02 de junio de 2022 * **Publicado:** 31 de julio de 2022

- I. Ingeniero Automotriz, Asistente de Investigación, Ecuador.
- II. Ingeniero Automotriz, Asistente de Investigación, Ecuador.
- III. Maestría en Ingeniería Mecánica Mención Sistemas de Transporte, Escuela Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.
- IV. Magíster Sistemas Automotrices, Escuela Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo la optimización del múltiple de escape de un motor 1300cc mediante simulación computacional y validación en un dinamómetro de rodillos, partiendo de la aplicación de métodos multicriterio de la aplicación de un software computacional para la selección de la mejor disposición de los diferentes modelos analizados en este software de simulación 1D, obteniendo dos diseños de múltiple de disposición 4-2-1 y 4-1 que cumplen con las especificaciones de desempeño y calidad para mejorar los valores de torque y potencia en el motor, para su posterior construcción siguiendo las normas de diseño, mismos que inicialmente fueron dibujados mediante el software de modelado, aplicando los procesos de manufactura de estructuras tubulares, al implementar cada uno de los múltiples en el vehículo se procedió a la realización de tres pruebas en un dinamómetro de rodillos para así obtener una media de cada uno y posteriormente poder realizar la comparación con los resultados del diseño original del múltiple de escape. Así se pudo determinar que, los resultados más favorables que se obtuvieron fue con el diseño de configuración 4- 2-1, se determinó una potencia máxima de 79.77HP a un régimen de 5800 rpm que, al compararlo con los resultados obtenidos utilizando el múltiple de escape original representa una ganancia de potencia del 6.97%, determinando que el diseño es aceptable y cumple con los parámetros indicados para este vehículo, concluyendo que este proyecto es viable para una producción de autopartes, aplicable para vehículos livianos, en un ciclo de conducción durante carretera.

Palabras Claves: tecnología y ciencias de la ingeniería; vehículo; múltiple de escape; diseño mecánico; simulación; optimización; torque; potencia.

Abstract

The objective of this project was the optimization of the exhaust manifold of a 1300cc engine by means of computational simulation and validation in a roller dynamometer, starting from the application of multicriteria methods of the application of a computational software for the selection of the best arrangement of the different models analyzed in this 1D simulation software, obtaining two layout manifold designs 4-2-1 and 4-1 that meet the performance and quality specifications to improve the torque and power values in the engine, for later construction following the design standards, which were initially drawn using the modeling software, applying the manufacturing

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

processes of tubular structures, when implementing each of the multiples in the vehicle, three tests were carried out on a roller dynamometer in order to obtain an average of each one and later be able to make the comparison with the results. Limited to original exhaust manifold design. Thus, it was possible to determine that the most favorable results obtained were with the 4-2-1 configuration design, a maximum power of 79.77 HP was determined at a speed of 5800 rpm, which, when compared with the results obtained using the multiple original exhaust represents a power gain of 6.97%, determining that the design is acceptable and meets the parameters indicated for this vehicle, concluding that this project is viable

for a production of auto parts, applicable for light vehicles, in a driving cycle during highway.

Keywords: technology and engineering sciences; vehicle; exhaust manifold; mechanical design; simulation; optimization; torque; power.

Resumo

O objetivo deste projeto foi a otimização do coletor de escape de um motor de 1300cc através de simulação computacional e validação em um dinamômetro de rolos, a partir da aplicação de métodos multicritérios da aplicação de um software computacional para a seleção do melhor arranjo dos diferentes modelos analisados neste software de simulação 1D, obtendo dois projetos de manifold de layout 4-2-1 e 4-1 que atendem as especificações de desempenho e qualidade para melhorar os valores de torque e potência no motor, para posterior construção seguindo as normas de projeto, inicialmente desenhados com o software de modelagem, aplicando os processos de fabricação de estruturas tubulares, ao implementar cada um dos múltiplos no veículo, foram realizados três testes em um dinamômetro de rolos para obter uma média de cada um e posteriormente poder faça a comparação com os resultados. Limitado ao design original do coletor de escape. Assim, foi possível determinar que os resultados mais favoráveis obtidos foram com o projeto de configuração 4-2-1, uma potência máxima de 79,77HP foi determinada em regime de 5800 rpm, o que, quando comparado com os resultados obtidos utilizando o escapamento original representa um ganho de potência de 6,97%, determinando que o projeto é aceitável e atende aos parâmetros indicados para este veículo, concluindo que este projeto é viável

para a produção de autopeças, aplicáveis a veículos leves, em ciclo de condução em rodovia.x|

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Palavras-chave: ciências da tecnologia e engenharia; veículo; coletor de escape; design mecânico; simulação; otimização; torque; potência.

Introducción

En el Ecuador realizar modificaciones a los vehículos en serie se ha vuelto algo cotidiano, ya sea para preparar vehículos de competencia o como proyectos personales, siendo así que el automovilismo de tipo circuitos y los denominados cuartos de milla ha venido incrementándose numerosos, no obstante se puede distinguir al vehículo Chevrolet corsa como uno de los más comunes dentro de las competencias denominada TC 1600 que abarca a los vehículos cuyos motores se encuentren entre 1251cc y 1650cc. (Quiroz, 2018)

Las modificaciones mecánicas en un vehículo son primordiales ya que con éstas se pretende ganar un mayor torque y potencia sin perder la confiabilidad del automotor. Según el Reglamento Técnico Campeonato Nacional De Circuito 2019, indica que el múltiple de escape es un componente libre en su preparación, lo cual no restringe su diseño y fabricación por lo tanto este tipo de modificaciones se pueden realizar sin ningún inconveniente para vehículos de competencia (Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo, 2019)

Por lo general en los vehículos de producción en serie una de las partes comunes a modificar es el múltiple de escape, una pieza que recoge en todo momento los gases de al menos dos cilindros desde la culata y llega hasta la primera junta que lo separa del resto del sistema de escape, según lo define la Federación Internacional del Automovilismo

No obstante, en Ecuador los múltiples de escape han sido modificados sin ningún parámetro de estudio previo, por lo tanto, no hay evidencia de los resultados obtenidos a partir de estas modificaciones es decir no se conoce sobre la mejora o pérdida de potencia. En cuanto a su construcción, los múltiples se fabrican a partir de un perfil de tubo de acero redondo, alcanzando una configuración 4-1 o 4-2-1 (Arroyo, 2017).

Los vehículos de producción en serie generalmente poseen múltiples de escape de fundición de hierro, a pesar de ello, los autos de alta gama o los múltiples fabricados, utilizan tubos de acero negro, galvanizado o inoxidable.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Por otra parte, existen dos métodos mediante los cuales se pueden construir los colectores de escape. El más común y de menor costo en el país es mediante el doblado de tubos, en los cuales se puede apreciar la reducción de la sección circular por aplastamiento en la zona de curvatura.

El otro proceso se conoce como step header, consiste en la fabricación de los múltiples mediante la soldadura de tramos de tubería, utilizando tubos pre- doblados que mantienen la sección circular uniforme durante todo su recorrido (Arroyo, 2017)

Materiales y Métodos

Sistema de escape

El sistema de escape de un automóvil es un conjunto que recoge los gases que se han generado en el proceso de combustión., elimina las sustancias nocivas, reduce el nivel de ruido y descarga dichos gases en un punto adecuado del vehículo lejos de sus ocupantes. El sistema de escape puede constar de uno o dos canales según el motor. La resistencia al flujo debe seleccionarse de modo que la contrapresión del escape afecte al rendimiento del motor lo menos posible. Para garantizar que el sistema de escape funcione perfectamente, debe considerarse como un todo y desarrollarse en consecuencia. Esto significa que sus componentes deben ser coordinados por los ingenieros de diseño de acuerdo con el vehículo y el motor específicos (Calle y Rivas, 2014).

Un sistema convencional de escape consta de los siguientes elementos.

- Colector de escape
- Conductos de evacuación
- Convertidor catalítico
- Silenciadores
- Sujetadores de la tubería (Mundo motor, 2017)



Figura 1: Colector de escape

Fuente: (Actualidad Motor, 2018)

Metodología de investigación a realizar

Mediante la investigación experimental manipulando las variables bajo condiciones controladas, se analizará los efectos de la configuración, longitud y forma de las tuberías del múltiple de escape sobre las curvas de torque y potencia (Calle y Rivas, 2014).

En el presente estudio se aplicará el método empírico es decir basado en la observación de las deficiencias en el diseño y construcción de los múltiples de escape elaborados en Ecuador, juntamente con la experimentación de varias configuraciones, dimensiones de colectores y proceso de construcción (Arroyo, 2017)..

Adicionalmente, con la simulación mediante software en base a métodos matemáticos, se reproducen las condiciones de trabajo del motor y flujo de los gases combustionados mediante el uso de herramientas 1D y 3D, para finalmente validar los resultados experimentalmente en un dinamómetro de rodillos (Calle y Rivas, 2014).

En el trabajo se investigará el comportamiento de dos tipos de configuraciones de múltiple de escape y el colector original mediante el método de simulación computacional 1D/3D y la validación experimental a través de pruebas dinamométricas según la norma INEN 960 (Ramírez, 2014).

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

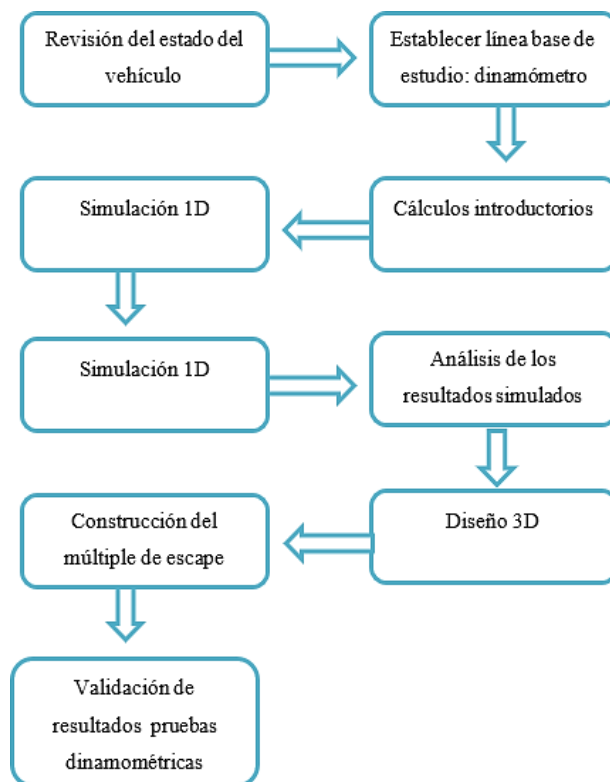


Figura 2: Diagramas de etapas del proyecto
Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Procedimiento

Revisión del estado del vehículo

Antes de realizar las primeras pruebas en el dinamómetro se procede a la revisión del estado del vehículo para asegurarnos que no existan fallas que alteren los resultados, como el vehículo en estudio fue un Chevrolet Corsa Wind del 1996 MPFI, se tuvo la opción de escanearlo y obtener valores reales de los diferentes sensores en tiempo real, tales como el funcionamiento del sensor de oxígeno, el funcionamiento del sensor MAP, funcionamiento de la válvula IAC, etc. Determinando así que el vehículo se encontraba en perfectas condiciones, y no presentaba fallas que alterarían los resultados a obtenerse con los diferentes sistemas de escape.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Cálculo de longitudes y diámetro internos

Con la ayuda de las correlaciones de A. Graham Bell investigadas se procederá a realizar los cálculos para cada una de las configuraciones de los colectores de escape en estudio con los datos 39 del vehículo en cuestión para establecer parámetros base que a su vez se adaptaran al vehículo y poder realizar la simulación 1D respectiva.

Sistema 4-1

Mediante las correlaciones de Graham Bell se calculará las longitudes de la salida de los conductos del colector de escape (P), la longitud del conducto final (CK+TL) y sus respectivos diámetros. Para la longitud de los conductos de salida se utilizará la ecuación 1: (Díaz , 2017).

$$P = ((850 * ED) / n) - 3 \quad (1)$$

Sistema 4-1

Mediante las correlaciones de Graham Bell se calculará las longitudes de la salida de los conductos del colector de escape (P), la longitud del conducto final (CK+TL) y sus respectivos diámetros. Para la longitud de los conductos de salida se utilizará la ecuación 1: (Díaz , 2017).

$$P = ((850 * ED) / n) - 3 \quad (1)$$

Dónde:

ED es igual a 255 grados, ya que el vehículo presenta un RCE de 10 grados, un AAE de 55 grados, y un AAA de 10 grados.

n = 5400 RPM, este dato se determinó en las primeras pruebas dinamométricas. (Díaz , 2017).

$$P = ((850 * 245) / 5400) - 3 = 37.13 \text{ in} \approx 94.3 \text{ cm}$$

Para calcular el diámetro interno de los ductos de salida se usa la ecuación 2. (Díaz , 2017).

$$ID = \sqrt[3]{cc * 2.1} \quad (2)$$

$$(P'' + 3) * 25$$

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Donde:

CC es igual a 325 cc, ya que la cilindrada total es de 1300 cc y se lo divide para los cuatro cilindros.

Resolviendo tenemos:

$$ID = 325 \cdot 2.1 = 1.19 \text{ in} \approx 3 \text{ cm} \text{ (Díaz , 2017).}$$

$$(37.13 + 3) \cdot 25$$

Para el cálculo de la longitud final del tramo se dice que esta será la misma que los tubos del colector primario más 3 pulgadas. (Díaz , 2017).

$$LF = P + 3 \rightarrow LF = 37.13 + 3 = 40.13 \text{ in} \approx 101.9 \text{ cm}$$

Y para calcular el diámetro interno del tubo del tramo final se usa la ecuación 3. (Díaz , 2017).

$$ID3 = cc \cdot 2 \cdot 2 \quad (3) \text{ (Díaz , 2017).}$$

$$(P'' + 3) \cdot 25$$

P es igual a 37.13 in, dato obtenido en el cálculo de la longitud del colector con configuración 4-1. (Díaz , 2017).

Resolviendo:

$$P2 = 37.13 - 15 = 22.13 \approx 56.21 \text{ cm} \text{ (Díaz , 2017).}$$

El diámetro de los tubos del colector secundario se calcula mediante la ecuación 4:

$$IDS = \sqrt{ID2 \cdot 2 \cdot 0.93} \quad (4) \text{ (Díaz , 2017).}$$

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Dónde:

ID es igual a 1.19 in, dato obtenido en el cálculo del colector con configuración 4-1

Resolviendo:

$$IDS = \sqrt{1.192 * 2 * 0.93} = 1.56 \text{ in (Díaz , 2017).}$$

$$1.56 \text{ in} \approx 3.97 \text{ cm}$$

Resolviendo tenemos:

$$ID = \sqrt{325 * 2}$$

$$(37.13 + 3) * 25$$

$$* 2 = 1.6 \text{ in} \approx 4 \text{ cm}$$

Aplicando las correlaciones de Graham se obtuvo las siguientes dimensiones:

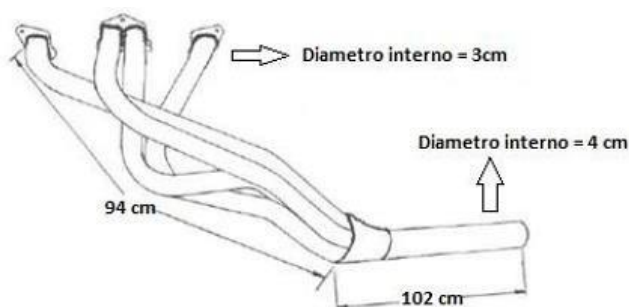


Figura 4: Dimensiones para un múltiple de escape de configuración 4- 1 un motor Chevrolet 1300 cc.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

Sistema 4-2-1

Para un colector de escape de configuración 4-2-1, se deben aumentar dos variables más en comparación a la configuración 4-1, la longitud y el diámetro del colector secundario.

La longitud del colector primario siempre será 15 in ó 38.1 cm

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Para la longitud de los tubos del colector secundario se calcula restando la longitud P menos la longitud del colector primario:

Dónde:

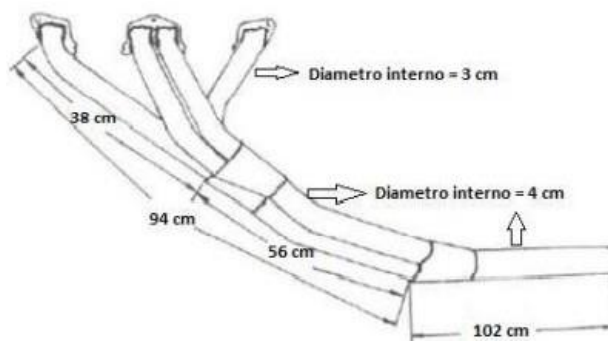


Figura 5: Dimensiones para un múltiple de escape de configuración 4-2- para un motor Chevrolet 1300 cc.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021












Simulación 1D

La simulación 1D se la realizará en el software OpenWAM, el mismo que posee una interfaz de un sistema de bloques donde se ingresan datos de cada componente del motor que va desde la admisión hasta la salida de gases residuales, estableciendo el tipo de motor, número de cilindros, válvulas, conductos de admisión-escape y conexiones entre sistemas conforme al modelo que se requiere analizar (Arroyo, 2017).

En la tabla 1 mostraremos los elementos que se usaran en el software:

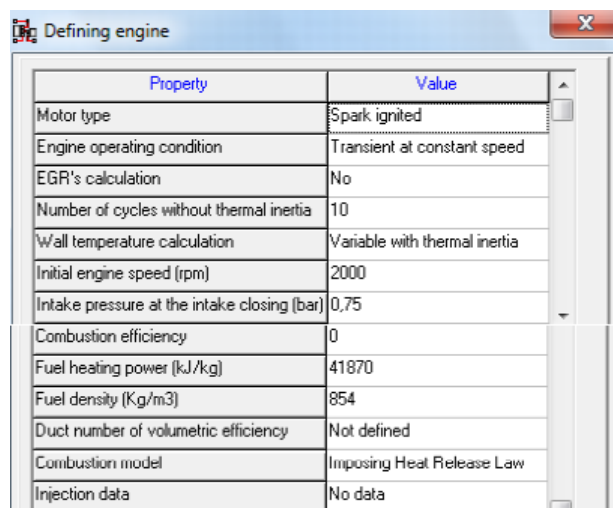
El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Tabla 1: Elementos empleados para la simulación 1D en el software OpenWAM.

Denominación	Elemento	Concepto
Motores		Motor 4 tiempos
		Cilindro 4 tiempos
Nodos de unión		Ramificación
		Unión entre dos conductos
		Extremo a la atmosfera
Conexiones		Unión a deposito
		Válvula de admisión
		Válvula de escape
Elementos 0D		Cámara de volumen constante
Varios		Condiciones iniciales
		Línea de conexión

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

El software permite ingresar condiciones en las cuales se desea trabajar, por lo tanto, se ha utilizado los datos iniciales que se muestran en la siguiente gráfica.



Property	Value
Motor type	Spark ignited
Engine operating condition	Transient at constant speed
EGR's calculation	No
Number of cycles without thermal inertia	10
Wall temperature calculation	Variable with thermal inertia
Initial engine speed (rpm)	2000
Intake pressure at the intake closing (bar)	0,75
Combustion efficiency	0
Fuel heating power (kJ/kg)	41870
Fuel density (Kg/m3)	854
Duct number of volumetric efficiency	Not defined
Combustion model	Imposing Heat Release Law
Injection data	No data

Figura 6: Datos generales del motor Chevrolet CORSA 1300 cc.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

Adicionalmente, se establecieron los parámetros de cálculo y el modelo utilizado en el bloque de ejecución tal y como se muestra en la figura 7

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Property	Value
Calculation methodology	Common
Number of engine cycles or simulation duration (s)	10
Specific heat ratio	Specific heat ratio constant
Ambient pressure (bar)	0,75
Ambient temperature (°)	25
Species calculation	Simplified
Allow external calculations	No
Consider fuel specie	Yes
Fuel substance	Gasoline

Figura 7: Parámetros de cálculo para la simulación 1D en el software OpenWAM

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

Diseño 3D

Se utilizó el software de modelado SolidWorks, en el mismo se pudo establecer diámetros, longitudes y ángulos de doblaje de la tubería para su posteriormente realizar la construcción. El dimensionamiento se lo realizó mediante la observación de los mejores resultados obtenidos en la simulación 1D realizada mediante el software OpenWAM. Para los diferentes sistemas de escape.

Sistema 4-1

En la figura mostrada a continuación se observa el modelado 3D de un múltiple de escape con configuración 4-1.



Figura 8: Modelado 3D de un múltiple de escape 4-1.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

Posteriormente, se realizó un análisis de esfuerzos, generados por los dobleces necesarios para la construcción del múltiple de escape. Los mismos que se encuentran a continuación

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

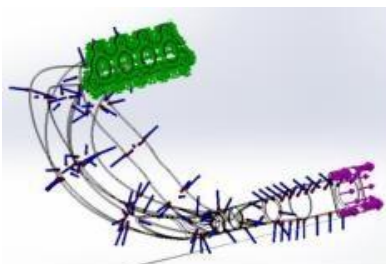


Figura 9: Simulación de esfuerzos. Múltiple de escape con configuración 4-1. **Realizado:** Salas J; Obando, S, 2021

Sistema 4-2-1

En la figura mostrada a continuación se observa el modelado 3D de un múltiple de escape con configuración 4-2-1.

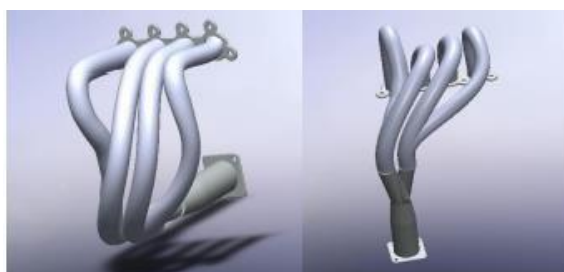


Figura 10: Modelado 3D de un múltiple de escape 4-2-1.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

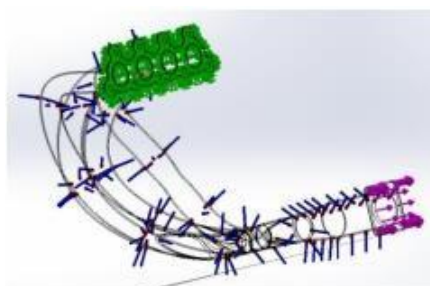


Figura 11: Simulación de esfuerzos.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

Construcción del múltiple

Una vez analizados los sistemas óptimos de acuerdo con la simulación 1D se procedió a la construcción, un múltiple de escape con configuración 4-1 y otro con una configuración 4-2-1. Primero se procedió a la fabricación del soporte sobre el cual van sujetos los ductos y a su vez se une

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

al block del motor, este paso se realizó tomando como moldura al empaque que une el block con el múltiple de escape.



Figura 12: Soporte que une el sistema de escape al block del motor del vehículo Chevrolet corsa 1300 cc.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

La elaboración de los ductos se realizó por el método del doblado de las tuberías, donde se observó el estrechamiento de la sección transversal en las curvaturas. Para este proceso se cortó los tubos de la longitud especificada en el diseño y se dobló de acuerdo a los ángulos requeridos mediante una dobladora de tubos hidráulica.



Figura 13: Proceso de doblado.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Posterior al proceso de doblado se procedió a la soldadura, pulida y pintura de cada una de las configuraciones del sistema de escape.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural



Figura 14: A) Soldadura eléctrica de los tubos B) pulida externa
C) Pintada del múltiple terminado

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

Resultados

Resultados de Potencia máxima a partir de la simulación 1D Una vez realizada la simulación 1D en el software OpenWAM se obtuvieron los siguientes resultados de potencia máxima a un régimen de 5200 rpm. Se muestran en el grafico 4.1.

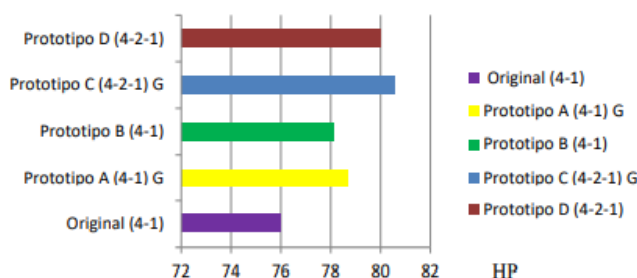


Gráfico 1: Resultados de potencia máxima del vehículo Chevrolet 1300 cc a un régimen de 5200 rpm.

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En la simulación 1D los prototipos con mejores condiciones es el prototipo 4-2-1G que significa el criterio de Grillieri, al igual que el prototipo 4-1G por criterio de Grillieri, es por eso por lo que se procedió a diseñar estos dos

Como se puede observar en la gráfica 4-3, el prototipo más eficiente es el múltiple de escape con configuración 4-2-1, prototipo C, cuyas dimensiones se realizaron mediante las correlaciones de Gillieri, este prototipo de colector de escape nos da un resultado de 80.59 hp en potencia, un incremento bastante significativo del 6.06% en comparación al original, pero poco práctico para su adaptación al vehículo.

Al intentar la implementación nos topamos que las uniones de los ductos reducían el espacio del vehículo con el suelo en un 50% dificultando así la movilidad por carreteras de segundo orden teniendo en cuenta que un golpe podría afectar todo el sistema.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Pruebas dinamométricas

Tabla 2: Resultados ensayo N.1.Sistema de escape original

Var.	RP M	Max.	Promedi o
Potencia (HP)	5000	61	60
Torque (Kg*m)	2800	10,2	8
Potencia Transmisión (HP)	5600	16	15,1
Potencia Motor (HP)	5400	75,2	75,2

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En el sistema original nos indica según la prueba dinamométrica un torque máximo alcanzado a las 2800 RPM de 10,2 Kg*m y una potencia máxima alcanzada a las 5400 RPM de 75,2 HP.

Tabla 3: Resultados ensayo N.2. Sistema de escape original

Var.	RP M	Max .	Promedi o
Potencia (HP)	5000	61	60
Torque (Kg*m)	2800	10,2	8,1
Potencia Transmisión (HP)	5600	15,6	14,6
Potencia Motor (hp)	5400	74,7	74,7

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En esta segunda prueba dinamométrica se obtuvo el mismo torque a las mismas RPM anterior y una potencia de 74,7 HP con 5400 RPM.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Tabla 4: Ensayo N. 3. Colector de escape original

Var.	RP M	Max .	Promedi o
Potencia (HP)	5200	59	58
Torque (Kg*m)	2800	9,7	7,8
Potencia Transmisión (HP)	5600	16,8	15,8
Potencia Motor (HP)	5400	73,8	73,8

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En esta prueba se obtuvo una potencia de 73.8 HP a las 5400 RPM.

Una vez que se realizó el respectivo análisis de las tres pruebas dinamométricas se procedió a hallar una media aritmética para disminuir el error de los ensayos obteniendo lo siguiente:

Tabla 5: Pruebas dinamométricas. Sistema de escape original

Var.	RP M	Max.	Promedi o
Potencia	5067	60,33	59,33
Torque	2800	10,03	7,97
Potencia Transmisión	5600	16,13	15,17
Potencia Motor	5400	74,57	74,57

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Con la información obtenida se pudo determinar que la potencia máxima del vehículo es de 74.57 Hp a un régimen de 5400 revoluciones, siendo la misma que nos servirá para comparar los resultados obtenidos.

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Tabla 6: Ensayo N. 1. Colector de escape, configuración 4-1

Var.	RP M	Max.	Promedio
Potencia	5400	67	67
Torque	3000	10,2	8,9
Potencia Transmisión	6000	14,3	11,6
Potencia Motor	5600	78,5	78,4

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En la primera dinamométrica con la disposición 4-1 se obtuvo un torque a 3000 RPM de 10,2 Kg*m y una potencia a 5600 RPM de 78,5 HP.

Tabla 7: Ensayo N. 2. Colector de escape, configuración 4-1

Var. 7	RP M	Max.	Promedi o
Potencia	5400	65	65
Torque	3000	9,9	8,7
Potencia Transmisión	6000	14,9	12,4
Potencia Motor	5600	77,5	77,5

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En esta segunda prueba dinamométrica se obtuvo el mismo torque a las mismas RPM anterior y una potencia de 77,5 HP con 5600 RPM.

Tabla 8: Ensayo N. 3. Colector de escape, configuración 4-1

Var. 8	RPM	Max.	Promedi o
Potencia	5400	67	67

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Torque	3000	10,2	8,9
Potencia	6000	14,3	11,6
Transmisión			
Potencia Motor	5600	78,5	78,4

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

En esta prueba se obtuvo una potencia de 73.8 HP a las 5400 RPM.

De igual manera se procede a calcular la media aritmética, con los valores obtenidos en las tres pruebas que nos servirán para la validación de resultados de la simulación hecha con el colector de configuración 4-1 se realizó una media aritmética en la que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 9: Pruebas dinamométricas. Sistema de escape, configuración 4- 1

Var. 9	RP M	Max.	Promedi o
Potencia	5400	65,67	65,67
Torque	3000	10,00	8,77
Potencia Transmisión	6000	14,70	12,13
Potencia Motor	5600	77,83	77,80

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Las prestaciones del vehículo subieron a 77.83 hp a 5600 rpm.

Tabla 10: Ensayo N. 1. Colector de escape, configuración 4-2-1

Var. 10	RPM	Max.	Promedi o
Potencia	5200	61	61
Torque	3200	9,4	8,2

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Potencia	6000	18,1	15
Transmisión			
Potencia Motor	5800	77,8	76,3

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021

En la primera dinamométrica con la disposición 4-1 se obtuvo un torque a 3200 RPM de 9,4 Kg*m y una potencia a 5800 RPM de 77,8 HP

Tabla 11: Ensayo N. 2. Colector de escape, configuración 4-2-1

Var. 11	RPM	Max.	Promedio
Potencia	5400	66	66
Torque	3400	9,9	8,9
Potencia Transmisión	6000	15,3	12,8
Potencia Motor	5800	80,7	79,2

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En esta segunda prueba dinamométrica se obtuvo el mismo torque a las mismas RPM anterior y una potencia de 80,7 HP con 5800 RPM.

Tabla 12: Ensayo N. 3. Colector de escape, configuración 4-2-1

Var. 12	RPM	Max.	Promedio
Potencia	5400	67	67
Torque	3000	10	9

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

Potencia	6000	14,8	12,4
Transmisión			
Potencia Motor	5800	80,8	79,7

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

En esta prueba se obtuvo una potencia de 80.8 HP a las 5800 RPM.

De igual manera se procede a calcular la media aritmética, con los valores obtenidos en las tres pruebas que nos servirán para la validación de resultados de la simulación hecha con el colector de configuración 4-2-1 se realizó una media aritmética en la que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 13: Pruebas dinamométricas. Sistema de escape, configuración 4- 2-1

Var. 13	RPM	Max.	Promedio
Potencia	5333	64,67	64,67
Torque	3200	9,77	8,70
Potencia Transmisión	6000	16,07	13,40
Potencia Motor	5800	79,77	78,40

Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Análisis Comparativo

Comparación de datos entre la simulación 1D y la validación en el dinamómetro

Múltiple de escape original

Con la ayuda de la simulación 1D pudimos obtener las prestaciones que tenía el vehículo con el múltiple de escape original, a su vez se realizó unas pruebas dinamométricas para establecer la línea base de estudio, con estos dos valores realizaremos una comparación para efectuar la precisión del software (Arroyo, 2017).

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

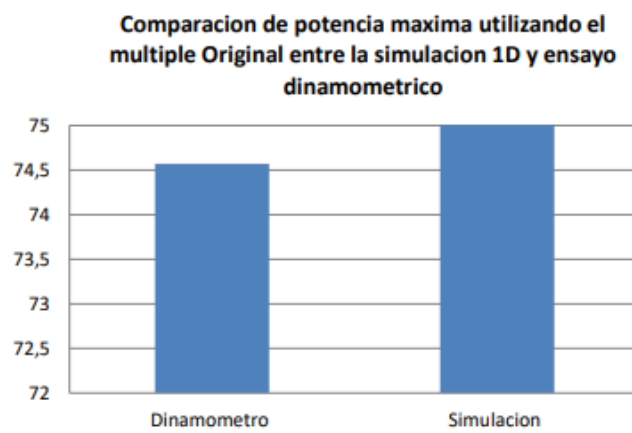


Gráfico 2: comparación de potencia máxima obtenida de la simulación y la validación del múltiple de escape original
Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Como se observa en el gráfico 11-4 el valor de la potencia máxima que presenta el vehículo en las pruebas dinamométricas es menor a la de la simulación en un 1.89 %, debido a que el programa ubica las cañerías de forma recta sin tomar en cuenta las curvaturas que presenta al momento de la adaptación al vehículo presentando mayor rozamiento entre el gas y las paredes además de formar ondas de presión inversas que dificultan la salida de los gases.

Múltiple configuración 4-2-1 prototipo D

Como se puede observar los resultados obtenidos de potencia en el dinamómetro con el prototipo D de configuración 4-2-1 es menor en un 0.32 % que de los valores obtenidos en la simulación 1D. Un error aceptable tomando en cuenta que el software no tiene presente el proceso de elaboración del múltiple, como este caso se lo realizó mediante el doblado de tubos se debería tomar en cuenta que en cada doble existe un estrechamiento del área lo que generara mayor rozamiento entre los gases y las paredes de los ductos (Arroyo, 2017).

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

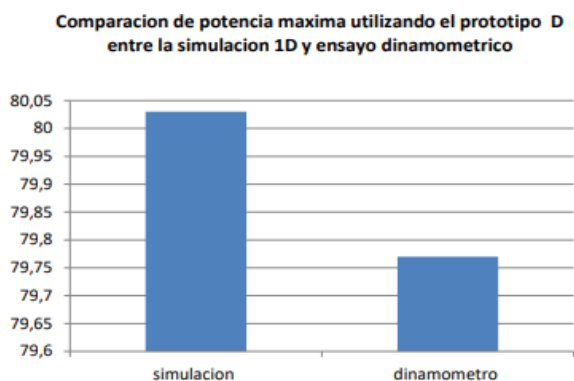


Gráfico 3: Comparación de potencia máxima obtenida de la simulación y la validación del prototipo D
Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Múltiple configuración 4-1 prototipo B

Como se puede observar los resultados obtenidos de potencia en el dinamómetro con el prototipo B de configuración 4-1 es menor en un 0.34 % que de los valores obtenidos en la simulación 1D.

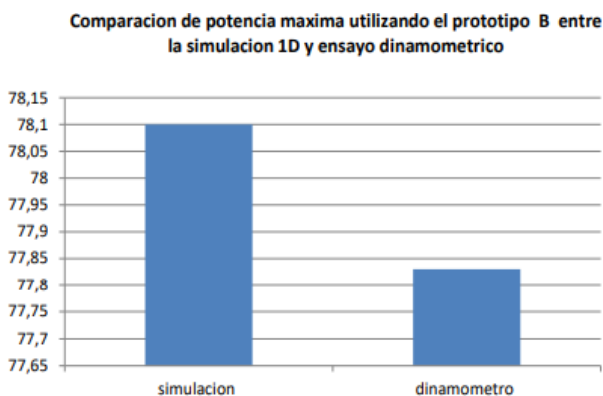


Gráfico 4: Comparación de potencia máxima obtenida de la simulación y la validación del prototipo B
Realizado: Salas J; Obando, S, 2021.

Para la simulación se trató de utilizar los datos mayormente reales como la temperatura de entrada de aire, la presión atmosférica, poder calorífico del combustible, valores exactos de ángulos de apertura y cierre de válvulas, etc. (Arroyo, 2017)

Es por ello que el error presente del software en este caso determinando una media de los errores en las tres simulaciones nos dio de 0.85% excediendo el valor producido en el dinamómetro.

Conclusiones

Del análisis realizado en la simulación 1D evaluando la variación de dimensiones en las configuraciones de múltiples de escape 4-1 y 4-2-1, se seleccionó dos diseños para su validación, uno de configuración 4-1 al que se lo denominó prototipo D, con tubos de 3 cm de diámetro interno con 108 cm de longitud para los ductos principales y tubos de 4 cm de diámetro con una longitud de 102 cm para los ductos secundarios, puesto que permite alcanzar valores de potencia elevados en los regímenes de revoluciones altos, y otro de configuración 4-2-1 al que se lo denominó prototipo B, con tubos de 3 cm de diámetro con longitud de 42 cm

para los ductos primarios, tubos de 4 cm de diámetro con longitud de 66 cm para los ductos secundarios y para los ductos terciarios se utilizó tubos de 4 cm de diámetro con longitud de 102 cm, permitiéndonos así alcanzar un aumento considerable de potencia en el vehículo.

En la validación de resultados en el dinamómetro, con el múltiple de configuración 4-1 prototipo B se obtuvo luego de tres ensayos y determinar una media aritmética una potencia máxima de 77.80 hp a un régimen de 5600 rpm que al compararlo con los resultados obtenidos con el múltiple de escape original representan una ganancia del 4.73 %, un resultado muy favorable. En el caso del torque no se pudo observar mayor variación ya que se obtuvo un resultado de 10 kg*m a un régimen de 3000 rpm un valor bastante cercano al resultado que se obtuvo con el múltiple original que fue de 10.03 kg*m a un régimen de 2800 rpm.

Los resultados más favorables que se obtuvieron fue con el prototipo D de configuración 4- 2-1, después de realizar los respectivos ensayos en el dinamómetro y realizar una media aritmética se determinó una potencia máxima de 79.77 hp a un régimen de 5800 rpm que, al compararlo con los resultados obtenidos utilizando el múltiple original representa una ganancia del 6.97 %, el torque no se vio afectado notoriamente ya que se obtuvo un valor de 9.77 kg*m un valor muy cercano al del múltiple original. Con dichos resultados se puede afirmar que se ha tenido éxito en el proyecto ya que se logró optimizar las prestaciones del vehículo con una modificación en la cual se buscó la manera de no sobredimensionar la pieza asegurando su máximo beneficio con la ayuda de la simulación 1D.

Referencias

1. ACTUALIDAD MOTOR. Funcionamiento de los silenciadores. [blog]. 2018. [Consulta: 03 de mayo 2021]. Disponible en:

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

2. <https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-de- lossilenciadores/>.
3. ALMEIDA, G. Evaluación del flujo de escape del múltiple del MCI en vehículos SUV con materiales no tradicionales. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2012.
4. AQUINUVE. Preparación de motore [blog]. 2018. [Consulta: 06 de mayo 2021]. Disponible en: <https://aquinuve.es/preparacion-de-motores-4t/>.
5. ARROYO TERÁN, EDWIN SALOMÓN. Optimización del múltiple de escape para un vehículo de competición con motor de combustión interna de cuatro tiempos y cuatro cilindros. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2017.
6. AUTOFACIL. 2014. Catalizadores de coches. [blog]. 2017. [Consulta: 06 de mayo 2021]. Disponible en:
7. <https://www.autofacil.es/tecnica/sirve-catalizador- coche/188310.html>
8. BORJA, G. Diferencias entre colectores de escape. [blog]. 2018. [Consulta: 06 de mayo 2021]. Disponible en:
9. <https://www.momentogp.com/diferencias-entre- colectores-de-escape/>.
10. BOTTA, DIEGO & BRUSCONI, MARTÍN. Efecto de la relación biela-manivela en el comportamiento del motor de ciclo Otto. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad de la Plata, Buenos Aires, Argentina. 2011.
11. CALLE , ELOY & RIVAS, DORIAN. Diseño y construcción de un múltiple de escape para un motor YAMAHA FZR600 de fórmula SAE. . (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2014.
12. CARMONA, ANÍBAL. Ingeniería y diseño de un banco de pruebas didáctico para un motor a combustión interna. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Tecnológica Nacional, Montevideo, Uruguay. 2018.
13. DÍAZ , J. Cálculo y diseño de un sistema de escape para un motor de Formula Student. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. 2017.
14. DOMINGO, A. Apuntes de los temas de Termodinámica. 2015.
15. EL MANUAL DE EDUARDO. Curva

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

16. torque potencia. [blog]. 2018. [Consulta: 06 de mayo 2021]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/manualdeduardo/Home/torque-y-potencia>.
17. ERAZO CERÓN, DAVID ANÍBAL & VITERI MOSQUERA, ALEJANDRO SEBASTIÁN. Análisis termodinámico de los parámetros indicados de un motor de ciclo otto aspiración natural con sistema de inyección electrónica en función de la altitud sobre el nivel del mar. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2017.
18. FEDERACIÓN ECUATORIANA DE AUTOMOVILISMO Y KARTISMO. Reglamento Karting. [En línea] 2019. [Citado el: 13 de Agosto de 2021.] <http://fedak.com.ec/index.php/estatutos-y-reglamentos/reglamento-karting-2019>.
GILLIERI, S. Preparación de Motores de Serie para Competición. Barcelona- España. 2007.
19. GUAMÁN, E; et al. Parámetros del Múltiple de Escape para su Diseño Computacional: una revisión. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2014.
20. IBARRA, M. Manual de Motores de Combustión Interna. 2010.
21. KS ENGINEERS. Dinamómetros. [blog]. 2021. [Consulta: 21 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.ksengineers.at/en/Automotive-Testing/Testing-equipment/Chassis-dynamometers>
23. MARÍN, DANIELA Y TORO, MIGUEL. 2018. Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna mono cilíndrico bajo diferentes regímenes de operación. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. 2018.
24. MANTILLA, J; et al. Ingeniería e Investigación, Bogotá, Colombia. 2020
25. MARTINEZ, A. Motores de Combustión Interna, 2007.
26. MORALES, MERCEDES & HERNÁNDEZ RAFAEL. Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. 2008.
27. MUNDO MOTOR. Múltiple de escape. [blog]. 2017. [Consulta: 16 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.mundodelmotor.net/multiple-de-escape/#>
28. :~:text=El%20m%C3%BAltiple%20de%20escape%20de,un%20solo%20tubo%20de%20esca

El significado de la escuela como construcción social contextualizada en la identidad colectiva campesina: Caso de estudio en el sector rural

- pe.&text=La%20gran%20mayor%C
3%ADa%20de%20los,un%20solo%20multiple%20de%20e scape.
29. ORTEGA, WASHINGTON. Diseño y
 30. construcción de un múltiple de admisión para motor de combustión interna. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2019.
 31. QUIROZ, WALTER. Diseño, análisis y construcción de un múltiple de admisión para un vehículo de competencia de pista Chevrolet Forsa
 32. 1.3. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2018.
 33. RUIZ, L. Ciclos teóricos y reales de los motores de combustión interna. Bogotá, Colombia 2012.
 34. REA CABEZAS, FRANCISCA ANA. Análisis
 35. del flujo de aire en el múltiple. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Politécnica Salesiana, Riobamba, Ecuador. 2011.

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|