

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FLUJO DE AIRE EN UNA CULATA ESTÁNDAR Y UNA PREPARADA DE UN MOTOR GRAND VITARA 1600 CC SOHC

Diego CHICAIZA, Maicol LÓPEZ, MSc Fausto TAPIA

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Av 17 de Julio Ibarra, Imbabura

diego5892-@hotmail.com, maicol.lopez5@live.com, faustoetapia@gmail.com

Resumen. *El presente estudio tiene como principal propósito poder cuantificar y verificar el aumento de flujo de aire que existe al sobredimensionar los conductos de admisión y escape de una culata, además conocer las ventajas que conlleva realizar este trabajo con equipos apropiados, dejando un lado la forma empírica que siempre se ha mantenido en nuestro medio.*

Este estudio se desarrolla haciendo una comparativa del flujo de aire que existe entre una culata estándar y una preparada, además detallar los resultados de potencia y torque que posee el vehículo con cada culata, los mismos que serán debidamente comprobados en el equipo de comprobación de flujo, en el dinamómetro de rodillos y en el software de gráfico y simulación Solidworks.

Con el desarrollo de esta investigación se demuestra que el equipo de comprobación de flujo puede cuantificar con datos reales y exactos el aumento de flujo de aire que existe al sobredimensionar los conductos de admisión y escape de la culata, de igual forma permite mantener un flujo uniforme en todos los cilindros, siendo este un equipo esencial que permite ahorrar costos y

tiempo al realizar un sobredimensionamiento de conductos.

El objetivo de esta investigación es poder conocer en qué porcentaje aumentara el rendimiento del vehículo, sobredimensionando los conductos de admisión y escape de la culata utilizando equipos apropiados de medición que puedan facilitar y sustentar este trabajo, siendo esta la forma más conocida en la cual se puede ganar potencia en el motor.

NOMENCLATURA

Comparar, Cuantificar, potencia, trucaje.

I INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza con el propósito de aportar conocimientos prácticos y teóricos para el sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape de la culata del vehículo Grand Vitara 1600cc SOHC, utilizando herramientas y equipos apropiados que nos permiten cuantificar y verificar si este trucaje de culata está bien realizado.

Hoy en día el problema con el trucaje de las culatas es que cuando se sobredimensionan los conductos de admisión y conductos de escape, se realizan de manera empírica y sin

saber que esto puede producir un problema irreversible al no obtener los resultados esperados. La culata al ser un elemento muy importante referente al aumento de potencia del motor, se debería trabajar con herramientas y máquinas de medición o comprobación que sustenten sus mejoras.

Por esta razón se ve la necesidad de realizar un estudio de sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape de la culata, utilizando herramientas y equipos que permitan cuantificar y verificar el trabajo de trucaje de la culata, además de poder mantener un flujo uniforme en todos los conductos, para que de esta manera trabajen todos los cilindros por igual y ninguno genere pérdidas de potencia al vehículo.

II MATERIALES Y MÉTODOS

Herramientas automotrices.

Existen herramientas apropiadas que permiten realizar un trucaje de sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape de la culata de una forma correcta y que permiten obtener el mejor resultado.

Equipo de comprobación de flujo para culatas.

Es un instrumento de gran ayuda para un preparador de motores, con este podemos hacer pruebas en la culata, carburador, múltiples de admisión y escape (Funes, 2011).

Software Solidworks.

Es un software que ayuda a diseñar mejores productos y más rápido. Cuando el diseñador tenga una idea para un producto excelente, contara con las herramientas para diseñarlo en menos tiempo y a un costo más bajo (Vidal & Maroño, 2015).

Solidworks Flow Simulation.

Con Solidworks Flow Simulation, podrá simular fácilmente el flujo de fluidos, la transferencia de calor y las fuerzas de

fluidos fundamentales para el éxito de su diseño. La herramienta de dinámica de fluidos computacional de SOLIDWORKS, totalmente integrada con el software de CAD en 3D (Corporation, 2015).

Prueba de flujo.

Esta consiste en medir el caudal de aire que pasa por un conducto determinado a una presión de prueba constante. Luego de hecha la medición, se hacen las modificaciones en el conducto o elemento a medir y se prueba nuevamente a la misma presión, si el porcentaje de flujo mejoro, el trabajo fue satisfactorio (Funes, 2011).

Trucaje de culata.

El trucaje es el mejoramiento en el comportamiento del motor, y en general del automóvil, pero en el límite en que este automóvil no pierda sus cualidades de vehículo civilizado. Se trata de mejorar las prestaciones, conseguir mayor aceleración, aumentar la potencia del motor y en fin hacerlo dentro de su gama mucho más veloz y fulminante que cualquier vehículo de su misma cilindrada (Vicente, 2003).

Dinamómetro Automotriz.

Un Dinamómetro es un banco de pruebas que sirve para medir la potencia o par producido por una máquina, el dinamómetro es muy popular en el ámbito de la mecánica automotriz, tanto como equipo de diagnóstico y como una forma de poder medir los resultados de las modificaciones de rendimiento, está formado por dos rodillos en la que van colocadas las ruedas motrices del vehículo.

III RESULTADOS.

En la siguiente sección se detalla todos los resultados obtenidos utilizando los diferentes equipos y herramientas adecuadas que permitan cuantificar las diferencias entre una culata estándar y una culata preparada.

TABLA I
DATOS TÉCNICOS DEL VEHÍCULO GRAND VITARA.

Datos técnicos del vehículo Grand Vitara	
Especificaciones generales	
Marca	Chevrolet Grand Vitara
N° Cilindros	4
Distribución	SOHC
Cilindrada	1590 cc
Relación de Compresión	9.5:1
Diámetro del cilindro	75mm
Volumen de la cámara de compresión	25.5 cc
Espesor del empaque de la culata	1.2mm
Diámetro Válvula de admisión	29.2mm
Diámetro Válvula de escape	25.0mm

automotriz, además se observa que la mezcla de aire-combustible en bajas RPM es rica introduciendo a la cámara de combustión menos aire y más gasolina, pero al ir aumentando las RPM la mezcla mejora llegando a ingresar hasta 12.07 kg de aire a 1 kg de gasolina.

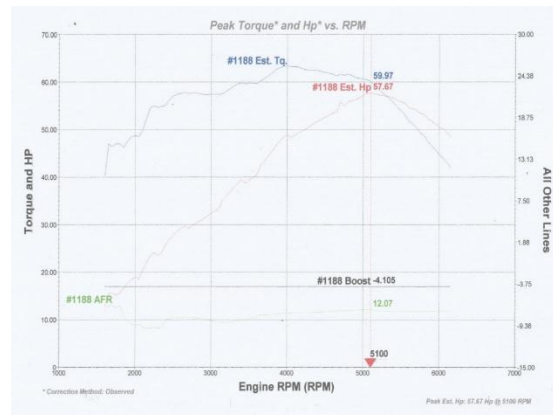


Fig. 1 Curvas de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro con culata estándar.

TABLA II
Resultados obtenidos culata estándar vs culata preparada.

Resultados obtenidos				
Equipos y herramientas utilizadas	Culata estándar		Culata preparada	
Sobredimensionamiento de conductos	Admisión 41 mm	Escape 32 mm	Admisión 43 mm	Esc 33 mm
Equipo de comprobación de flujo para culatas	82% flujo	0.4 in H ₂ O	84% flujo	0.2 in
Cálculo del volumen de conductos práctico	Admisión 95 cm ³	Escape 59 cm ³	Admisión 97 cm ³	Esc 60 cm ³
Cálculo del volumen de conductos Software Solidworks	Admisión 94.89 cm ³	Escape 58.60 cm ³	Admisión 96.93 cm ³	Esc 60.20 cm ³
Simulación en el Software Solidworks	26.432 m/s		26.765 m/s	
Dinamómetro	5100 RPM	57.67 Hp	5000 RPM	62.1
		59.97 ft-lb		65.8

Curvas de potencia y torque del vehículo estándar.

El vehículo Grand Vitara en condiciones estándar tiene una potencia de 57.67 (HP) y un torque de (59.97) (ft-lb), su punto máximo se refleja a las 5100 RPM valores obtenidos de la prueba en el dinamómetro

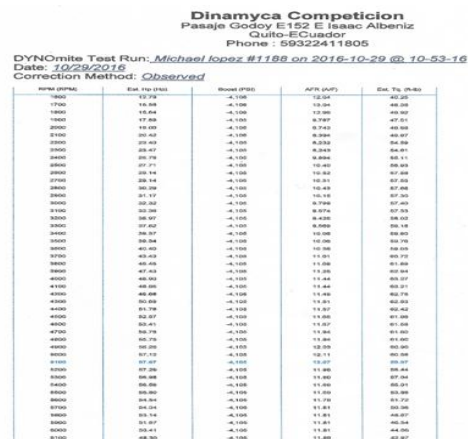


Fig. 2 Informe detallado de resultados del dinamómetro de rodillos.

Cálculo del volumen de los conductos estándar de forma práctica.

Los pasos a seguir para este cálculo del volumen de los conductos son los siguientes, primero se coloca las válvulas en la culata en su posición correcta para que formen un cierre y no permita la fuga del líquido, luego se vierte el líquido sin derramar hasta llenarlo por completo finalmente se procede a medirlo, para asegurarse del resultado del cálculo del volumen se puede realizar dos o más pruebas.



Fig. 3 Cálculo del volumen del conducto de admisión estándar.



Fig. 4 Cálculo del volumen del conducto de escape estándar.

Cálculo del volumen de conductos estándar en el software Solidworks

El software Solidworks además de permitirnos graficar, nos permite también calcular el volumen que existente en los conductos de la culata, en este caso los conductos de admisión estándar, lo cual ayuda a justificar los datos que se obtuvieron en la práctica con los datos que se obtienen en la gráfica, siendo así un indicador que permite afirmar que el conducto de admisión estándar graficado es idéntico al conducto real de la culata del vehículo.

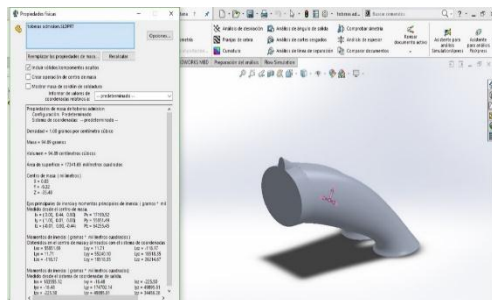


Fig. 5 Cálculo del volumen del conducto de admisión estándar.

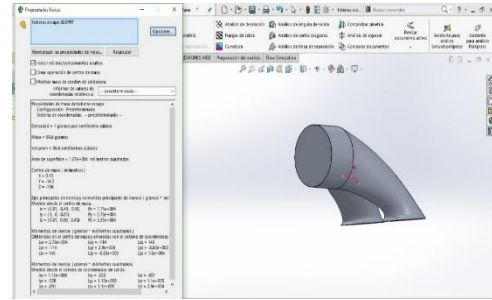


Fig. 6 Cálculo del volumen del conducto de escape estándar.

Gráfica de la culata estándar utilizando el software “SOLIDWORKS”

En las siguientes figuras se puede observar de diferentes vistas el gráfico final de la culata estándar, la cual tiene las medidas anteriormente tomadas, esta culata se la graficó a partir de un rectángulo para facilitar el proceso, el software utilizado es Solidworks 2017.

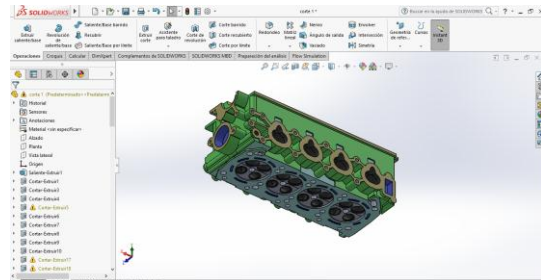


Fig. 7 Gráfica completa de la culata estándar en el software Solidworks.

Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar, basado en el funcionamiento de un vehículo.

Realizando la simulación en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se realizó el procedimiento adecuado para lograr la simulación del flujo de aire que se encuentra en el interior de la culata estándar. Tomando en cuenta que la culata está compuesta de 8 toberas de admisión y 8 de escape similares se tomó la decisión de realizar el estudio en 4 toberas 2 de admisión y 2 de escape que funcionan sobre una misma sección de la culata, esto se lo hizo para ahorrar el gasto computacional que se genera al realizar una simulación de fluido en un software de diseño.

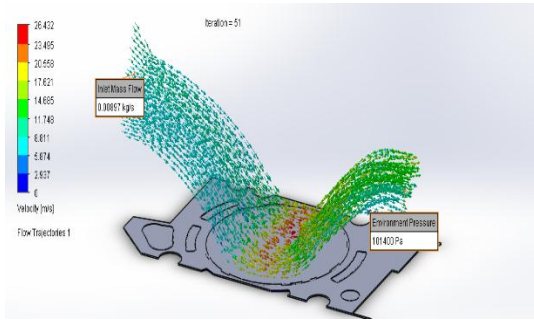


Fig. 8 Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar.

Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar, basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.

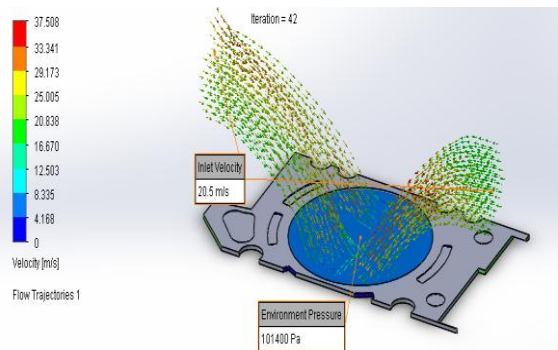


Fig. 8 Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar.

Prueba de flujo de conductos “culata estándar”



Fig. 9 Prueba de flujo de la culata estándar.

Las pruebas de flujo de la culata estándar se realizan con el fin de conocer el porcentaje de flujo que posee cada conducto antes de ser modificado, valor que servirá como base para cuantificar la mejora de flujo que tendrá después de ser modificada.

Sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape.

Materiales utilizados.

- Esmeril recto eléctrico o neumático.
- Gratas de lija
- # 60
- # 80
- # 100
- # 120
- Fresas de desbaste
- Lijas de grano
- # 160
- # 260
- # 400
- Lija de esponja
- # 800
- Tinta especial para marcado



Fig. 10 Preparación de la culata.

Cálculo del volumen de los conductos modificados de forma práctica.

A continuación, se realiza una medición del volumen del conducto de admisión y el conducto de escape en la culata preparada, llenando con líquido los conductos para conocer el aumento del volumen que tiene la culata debido al sobredimensionamiento.

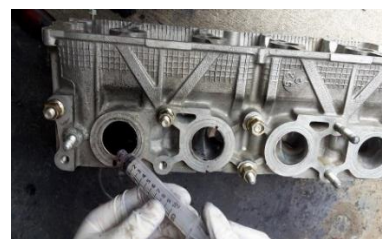


Fig. 11 Cálculo del volumen del conducto de escape modificado.

Cálculo del volumen de los conductos modificados en el software Solidworks.

El mismo procedimiento que se realiza para calcular el volumen de los conductos estándar se realiza con los conductos de admisión preparados para poder de igual manera justificar que los volúmenes sean iguales a los obtenidos en la práctica y por consiguiente el gráfico se lo está realizando de una excelente manera, además

conocer que las medidas obtenidas son exactas para poder realizar la gráfica.

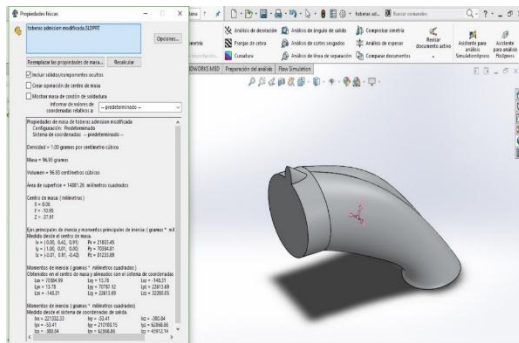


Fig. 12 Cálculo del volumen del conducto de admisión modificado en Solidworks.

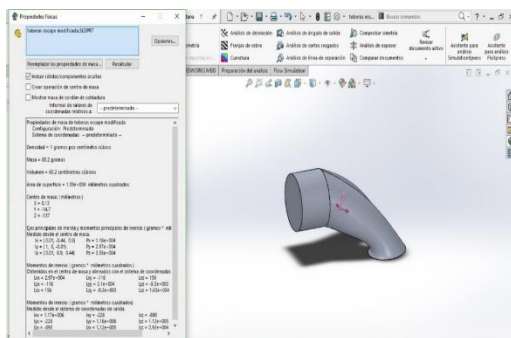


Fig. 13 Cálculo del volumen del conducto de escape modificado en Solidworks.

Gráfica de la culata modificada utilizando el software “SOLIDWORKS”

En las siguientes figuras se puede observar de diferentes vistas la gráfica final de la culata preparada, a la cual se le sobredimensionó el diámetro de los conductos tanto de admisión como de escape debido al trucaje realizado, además se le retiró el excedente de las guías de válvulas para permitir el paso libre de aire.

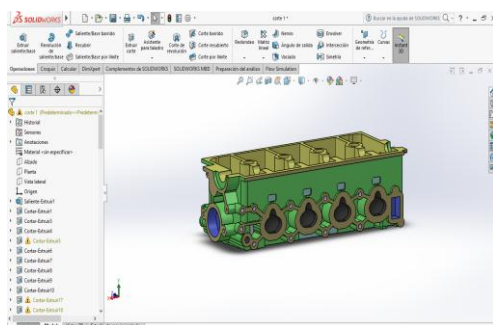


Fig. 14 Gráfica completa de la culata modificada en Solidworks.

Simulación del paso de aire en los conductos de la culata preparada, basado en el funcionamiento de un vehículo.

Realizando la simulación en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se ejecutó el procedimiento adecuado para lograr la simulación del flujo de aire que se encuentra en el interior de la culata preparada utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas. Los parámetros que se utilizó para la simulación son los mismos utilizados con la culata estándar, la gráfica indica claramente la dirección y la velocidad del fluido.

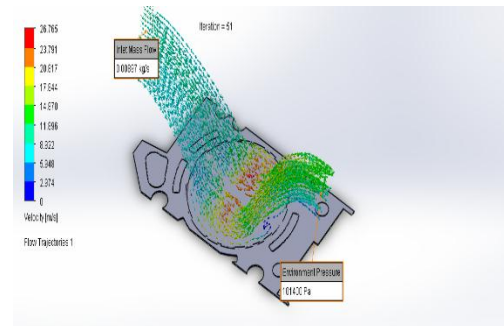


Fig. 15 Simulación del paso de aire en los conductos de la culata modificada.

Simulación del paso de aire en los conductos de la culata preparada, basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.

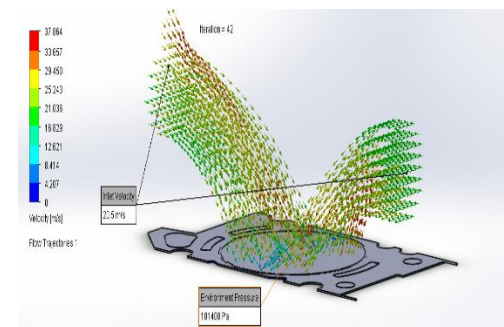


Fig. 16 Simulación del paso de aire en los conductos de la culata modificada.



Fig. 17 Prueba de flujo de la culata modificada.

Las pruebas de flujo de la culata preparada se realizan con el fin de conocer el aumento de porcentaje de flujo que posee cada conducto después de ser modificado, además de mantener un flujo uniforme en cada cilindro, por ende el vehículo tendrá un aumento de potencia debido al aumento del rendimiento volumétrico

Curvas de potencia y torque del vehículo preparado.

Después de trucar la culata y someterle el vehículo de estudio a la misma prueba en el dinamómetro automotriz se obtiene los siguientes resultados: una potencia de 62.12 (HP) y un torque de 65.82 (ft-lb), su punto máximo se refleja a las 5000 RPM, en conclusión tiene un aumento de potencia de 4.45 (HP) y un aumento de torque de 5.85 (ft-lb), además la mezcla aire-combustible mejoro notablemente en comparación con la culata estándar, y no desciende de los 10 kg de ingreso de aire, su mezcla en altas RPM se eleva hasta llegar a los 12.30 kg de aire, acercándose por muy poco a la mezcla estequiométrica.

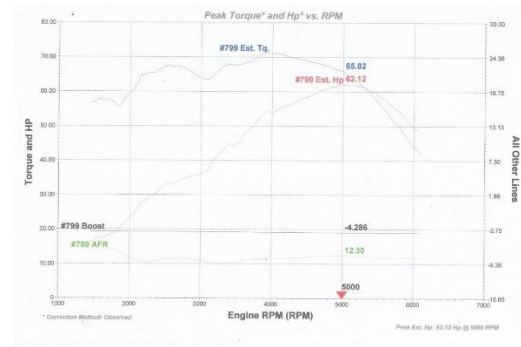


Fig. 18 Curvas de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro con culata modificada.

Dinamyca Competicion
Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
Quito-Ecuador
Phone : 59322411805

DYNomite Test Run: **Michael Lopez #799 on 2017-24-02 @ 19-31-04**
Date: **02/24/2017**
Correction Method: **Observed**

Eng RPM	Est. Torque	Boost (HP)	AFR (kg)	Est. Torque
1000	17.10	-1.130	13.32	84.84
1100	18.20	-1.120	13.30	87.84
1200	19.30	-1.120	13.30	90.84
1300	20.40	-1.130	13.30	93.84
1400	21.50	-1.120	13.27	96.84
1500	22.60	-1.130	13.27	99.84
1600	23.70	-1.140	13.26	102.84
1700	24.80	-1.140	13.26	105.84
1800	25.90	-1.140	13.26	108.84
1900	27.00	-1.140	13.27	111.84
2000	28.10	-1.140	13.27	114.84
2100	29.20	-1.140	13.27	117.84
2200	30.30	-1.140	13.27	120.84
2300	31.40	-1.140	13.27	123.84
2400	32.50	-1.140	13.27	126.84
2500	33.60	-1.140	13.27	129.84
2600	34.70	-1.140	13.27	132.84
2700	35.80	-1.140	13.27	135.84
2800	36.90	-1.140	13.27	138.84
2900	38.00	-1.140	13.27	141.84
3000	39.10	-1.140	13.27	144.84
3100	40.20	-1.140	13.27	147.84
3200	41.30	-1.140	13.27	150.84
3300	42.40	-1.140	13.27	153.84
3400	43.50	-1.140	13.27	156.84
3500	44.60	-1.140	13.27	159.84
3600	45.70	-1.140	13.27	162.84
3700	46.80	-1.140	13.27	165.84
3800	47.90	-1.140	13.27	168.84
3900	49.00	-1.140	13.27	171.84
4000	50.10	-1.140	13.27	174.84
4100	51.20	-1.140	13.27	177.84
4200	52.30	-1.140	13.27	180.84
4300	53.40	-1.140	13.27	183.84
4400	54.50	-1.140	13.27	186.84
4500	55.60	-1.140	13.27	189.84
4600	56.70	-1.140	13.27	192.84
4700	57.80	-1.140	13.27	195.84
4800	58.90	-1.140	13.27	198.84
4900	60.00	-1.140	13.27	201.84
5000	61.10	-1.140	13.27	204.84
5100	62.20	-1.140	13.27	207.84
5200	63.30	-1.140	13.27	210.84
5300	64.40	-1.140	13.27	213.84
5400	65.50	-1.140	13.27	216.84
5500	66.60	-1.140	13.27	219.84
5600	67.70	-1.140	13.27	222.84
5700	68.80	-1.140	13.27	225.84
5800	69.90	-1.140	13.27	228.84
5900	71.00	-1.140	13.27	231.84
6000	72.10	-1.140	13.27	234.84
6100	73.20	-1.140	13.27	237.84
6200	74.30	-1.140	13.27	240.84
6300	75.40	-1.140	13.27	243.84
6400	76.50	-1.140	13.27	246.84
6500	77.60	-1.140	13.27	249.84
6600	78.70	-1.140	13.27	252.84
6700	79.80	-1.140	13.27	255.84
6800	80.90	-1.140	13.27	258.84
6900	82.00	-1.140	13.27	261.84
7000	83.10	-1.140	13.27	264.84

Fig. 19 Informe detallado de resultados del dinamómetro de rodillos.

MATEMÁTICAS Y ECUACIONES

Cilindrada unitaria.

$$Cu = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \quad (1)$$

Donde,

Cu = Cilindrada unitaria.

$\pi = 3.1416$

d = Diámetro del cilindro expresado en cm.

L = Carrera del pistón (distancia entre PMS y el PMI) expresado en cm.

Cilindrada Total.

$$Ct = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot n^\circ \quad (2)$$

Donde,

Cu = Cilindrada unitaria.

$\pi = 3.1416$

d = Diámetro del cilindro expresado en cm.

L = Carrera del pistón (distancia entre PMS y el PMI) expresado en cm.

n° = Número de cilindros.

Relación de Compresión.

$$Rc = \frac{Vu + Vc}{Vc} \quad (3)$$

Donde,

Rc = Relación de compresión (expresada con un número)

Vu = Volumen unitario. El volumen de un solo cilindro. Para calcularlo simplemente hay que anular en la fórmula de la cilindrada.

Vc = Volumen de la cámara de compresión.

CONCLUSIONES.

- Mediante el equipo de comprobación de flujo para culatas se logró comprobar un aumento del 8% de flujo de aire y una menor presión de 0.8 in H2O en toda la culata que sufrió el sobredimensionamiento, además se evidenció que el porcentaje de flujo de aire se mantuvo uniforme en cada uno de los cilindros.

- Con la ayuda del software Solidworks se encontró un aumento de volumen total de 3.64 cm³ en los conductos de admisión y escape de la culata preparada, lo que generó un aumento de velocidad de flujo de aire de 0.33 m/s en cada cilindro, por tal razón esta culata es más eficiente en comparación con la culata estándar debido a la mayor cantidad de aire que ingresa hacia la cámara de combustión.
- Mediante la preparación de la culata se logró aumentar el diámetro de ingreso de aire en el ducto de admisión en 2 mm y en el ducto de escape en 1 mm lo cual se ve reflejado en el aumento de volúmenes de toberas de 2.04 cm³ para admisión y 1.6 cm³ para escape debidamente verificados en el software y analíticamente.
- Con el aumento del flujo de aire total del 8% que se incrementó en la culata; la prueba del vehículo en el dinamómetro automotriz generó un aumento de potencia de 4.45 (HP) y un aumento de torque de 5.85 (ft-lb), además la mezcla aire-combustible mejoró notablemente hasta los 12.30 kg de aire y 1kg de gasolina, acercándose por muy poco a la mezcla estequiométrica que debe tener un motor a gasolina que es teóricamente de 14.7 kg de aire y 1kg de gasolina.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

Libros

- [1] Corporation, D. S. (Octubre de 2015). Dassault Systèmes SolidWorks (DS SolidWorks). Obtenido de <http://www.solidworks.es/sw/products/simulation/flow-simulation.htm>
- [2] Funes, C. A. (2011). Motores para competición (Diseño y Preparación). Buenos Aires.
- [3] Vicente, M. d. (2003). *Trucaje de motores de cuatro tiempos*. Argentina: Fullware.
- [4] Vidal, C. R., & Maroño, J. L. (2015). *Diseño Mecánico Con SolidWorks*. Madrid : Ediciones de la U.

SOBRE LOS AUTORES

Diego CHICAIZA S. Nació en Otavalo-Imbabura- Ecuador el 07 de diciembre de 1992. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico “Otavalo” donde obtuvo el título de bachiller en Electromecánica Automotriz. Sus estudios superiores los realizo en la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra en la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Maicol LÓPEZ P. Nació en Urcuqui,- Imbabura – Ecuador el 23 de Julio del 1991. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto 17 de julio donde obtuvo el título de bachiller en Electromecánica Automotriz. Sus estudios superiores los realizo en la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra en la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Motive Maintenance.