



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## **“ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO SOHC DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5 LT UTILIZANDO MATERIALES TERMOPLÁSTICOS EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN”**

**AUTORES: CARLOS FERNANDO CALDERÓN SÁNCHEZ**

**JUAN CARLOS ORTIZ REYES**

**DIRECTOR: ING. DANILO ZAMBRANO**



# OBJETIVO GENERAL

*Analizar los parámetros característicos del motor DAEWOO SOHC del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 lt cuando se utilizan materiales termoplásticos en la fabricación del colector de admisión.*



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar información bibliográfica, manuales y datos técnicos que permitan un adecuado manejo de los equipos de medición a utilizar, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 lt y del desarrollo del trabajo práctico.
- Modelar el múltiple de admisión, simular el comportamiento del flujo de aire y hacer un análisis estructural del colector con cada material termoplástico.
- Construir diferentes colectores de admisión en una impresora 3D de material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), PLA (Ácido Poliláctico) y PET (Polietileno Tereftalato) con fines de comprobar los parámetros mecánicos del motor DAEWOO SOHC con respecto al fabricante.



- Realizar las diferentes pruebas para determinar los parámetros característicos del motor DAEWOO SOHC, cuando se utilizan los diferentes tipos de colectores fabricados.
- Tabular los datos obtenidos, para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos del motor DAEWOO SOHC.
- Comparar los resultados obtenidos durante las pruebas con los parámetros característicos del fabricante.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Promover la construcción de autopartes en el Ecuador.

Optimización del desempeño de un motor de combustión interna

Aplicación al cambio de la matriz productiva del Ecuador

Generar fuentes de trabajo

INFLUENCIA EN EL DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CUANDO SE UTILIZAN DIFERENTES MATERIALES TERMOPLÁSTICOS EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN.

Nuevos materiales utilizados en la industria automotriz

Desconocimiento de las nuevas técnicas de fabricación en los colectores de admisión para poder mejorar los parámetros del motor de combustión interna.

Desconocimiento de nuevos materiales que se pueden usar para obtener un colector de admisión.



# JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- ▶ *En la actualidad se dispone de la tecnología que permite fabricar componentes de un vehículo en materiales termoplásticos, y se puede determinar si los nuevos materiales en un vehículo de combustión interna mantienen o mejoran las características mecánicas del motor, bajo las condiciones de funcionamiento normal.*
- ▶ *Por la necesidad de los propietarios de vehículos por tener una alternativa diferente para adquirir un componente de un motor de combustión interna, como es el caso del colector de admisión.*



- *El avance tecnológico en el campo automotriz hace que se esté a la par con las nuevas tecnologías y tendencias que la mayoría de los fabricantes brindan con materiales alternativos plásticos que se fabrican para mejorar los parámetros característicos del motor, creando fuentes de investigación para la implementación de los mismo.*



# HIPÓTESIS

- *La fabricación de colectores de admisión en diferentes materiales termoplásticos : ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), PLA (Ácido Poliláctico) y PET (Polietileno Tereftalato) y realizados en impresión 3D, permitirá mejorar los parámetros característicos del motor DAEWOO SOHC del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 lt.*





# MATERIALES Y EQUIPOS

- *ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)*
- *PLA (Ácido Poliláctico)*
- *PET (Polietileno Tereftalato)*
- *Banco dinamométrico MOTORROLL.*
- *Software MOTORROLL BLAHA*
- *Interfaz OBDWIZ OBD II*
- *Analizador de gases*



# ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

- ▶ Pertenece a la familia de los Polímeros de Estireno y debe su nombre a los tres monómeros utilizados para su fabricación. Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno.
- **Acrilonitrilo:** Imparte resistencia química, estabilidad térmica, dureza superficial y resistencia al envejecimiento, 25 - 35% .
- **Butadieno:** Proporciona resistencia al impacto, tenacidad y retención de propiedades a bajas temperaturas, 15 - 30% .
- **Estireno:** Contribuye con brillo, rigidez y facilidad de procesamiento, 45 - 55% .



## Propiedades de ABS

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Densidad  | $1.05 \frac{gr}{cm^3}$              |
| Módulo de elasticidad (módulo de Young)                             | 1.7 GPa                             |
| Ratio de Poisson  | 0.39                                |
| Resistencia a la tracción (tensile yield strength)                  | 45 MPa                              |
| Resistencia a la fluencia a compresión (compressive yield strength) | 54 MPa                              |
| Resistencia a la tracción máxima (tensile ultimate strength)        | 54 MPa                              |
| Conductividad térmica isotrópica (Isotropic thermal conductivity)   | $0.335 \frac{W}{m \cdot K}$         |
| Calor específico (Specific heat)                                    | $0.4 \frac{Btu}{lb \cdot ^\circ F}$ |



# PLA (Ácido poliláctico)

- *Es un polímero biodegradable, tiene su origen en el almidón proveniente de vegetales como: maíz, yuca, trigo, remolacha o caña de azúcar, lo que facilita su fuente de extracción alejándola de los procesos de transformación de los hidrocarburos que caracterizan la obtención de otros polímeros.*
- *De esa forma se asegura una reinserción natural a lo largo de su ciclo de vida, al contrario que plásticos derivados de hidrocarburos como el ABS*



## Propiedades del PLA

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Densidad  | $1,25 \frac{gr}{cm^3}$             |
| Módulo de elasticidad (módulo de Young)                             | 3,5 GPa                            |
| Ratio de Poisson  | 0.3                                |
| Resistencia a la tracción (tensile yield strength)                  | 65,5 MPa                           |
| Resistencia a la fluencia a compresión (compressive yield strength) | 76 MPa                             |
| Resistencia a la tracción máxima (tensile ultimate strength)        | 78,6 MPa                           |
| Conductividad térmica isotrópica (Isotropic thermal conductivity)   | $0.13 \frac{W}{m \cdot K}$         |
| Calor específico (Specific heat)                                    | $1800 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$ |



# PET (Polietileno tereftalato)

- Es un *Poliéster Termoplástico* y se produce a partir de dos compuestos principalmente: *Ácido Terftálico* y *Etilenglicol*
- Pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados *poliésteres* y a partir de 1946 se lo empezó a utilizar industrialmente.
- La aplicación principal en el mercado del PET son los envases rígidos, a partir de 1976



## Propiedades del PET

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Densidad  | $1,39 \frac{gr}{cm^3}$             |
| Módulo de elasticidad (módulo de Young)                             | 0.896 GPa                          |
| Ratio de Poisson  | 0.434                              |
| Resistencia a la tracción (tensile yield strength)                  | 72 MPa                             |
| Resistencia a la fluencia a compresión (compressive yield strength) | 76 MPa                             |
| Resistencia a la tracción máxima (tensile ultimate strength)        | 86,4 MPa                           |
| Conductividad térmica isotrópica (Isotropic thermal conductivity)   | $0.35 \frac{W}{m \cdot K}$         |
| Calor específico (Specific heat)                                    | $1350 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$ |

# Banco dinamométrico MOTORROLL

- El banco dinamométrico de rodillos es uno de los equipos primordiales para efectuar las pruebas o ensayos de potencia y torque.
- Este tipo de banco genera al motor el mismo efecto que se genera al vehículo al moverse o circular en la vía o ruta,





## Características del dinamómetro motorroll

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>ALCANCE DE REVOLUCIONES</b> | <i>20000 RPM</i>                             |
| <b>ALCANCE DE POTENCIA</b>     | <i>200 HP – 150 KW</i>                       |
| <b>TIPO DE DINAMÓMETRO</b>     | <i>Rodillos</i>                              |
| <b>SENSOR DE VELOCIDAD</b>     | <i>Óptico</i>                                |
| <b>ELECTRÓNICA UTILIZADA</b>   | <i>Interfaz Motorroll con conexión a pc.</i> |
| <b>DIAMETRO DE RODILLOS</b>    | <i>165 mm</i>                                |
| <b>TIPO DE FRENO</b>           | <i>Hidráulico</i>                            |

# Software MOTORROLL BLAHA

- Toda la información obtenida desde el módulo de adquisición de datos se despliega en un software que funciona bajo Windows, y se puede visualizar en tiempo real o como un informe los valores instantáneos, máximos, promedios, así como las curvas de potencia y torque del motor”.



# Interfaz OBDwiz OBD II

- ▶ OBDWIZ es una interfaz con conexión a PC que permite el diagnóstico automotriz, parecido a un escáner a través de un software.
- ▶ Es una herramienta muy útil que es muy fácil de instalar, fácil de usar y está repleto de varias características.
  - Gran incremento en la entrega de datos, y más puntos en la pantalla de gráficos.

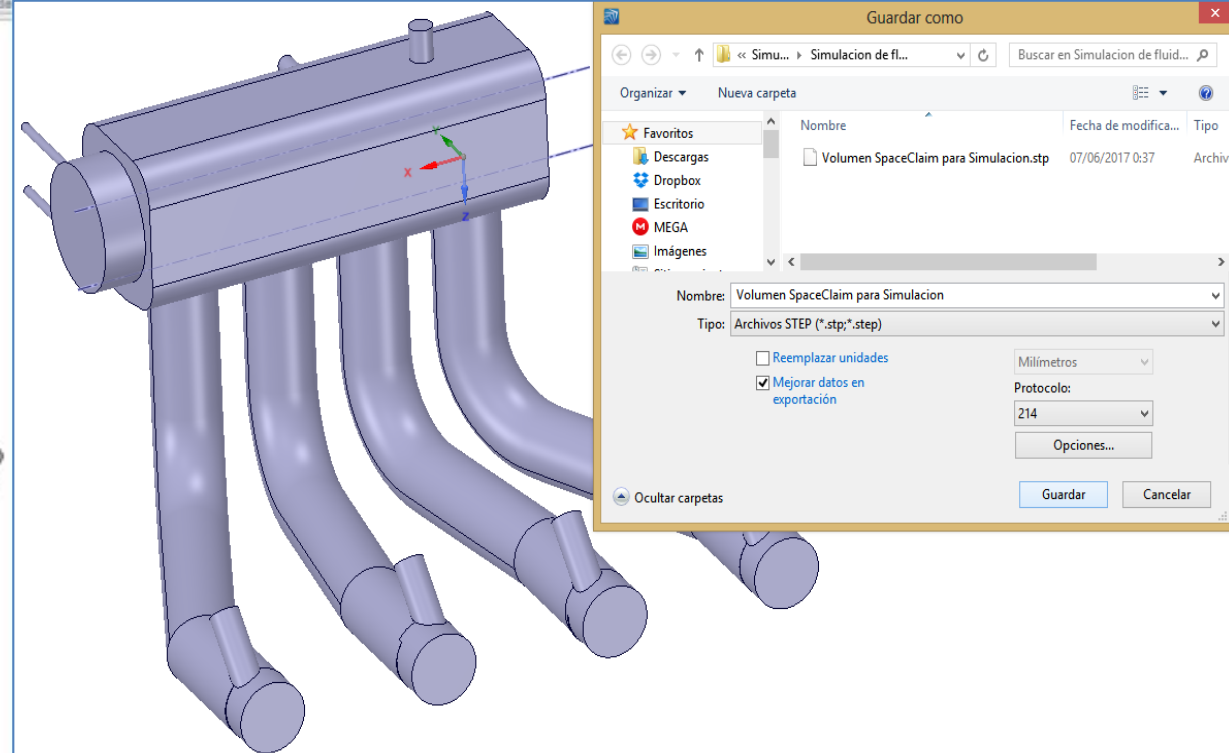
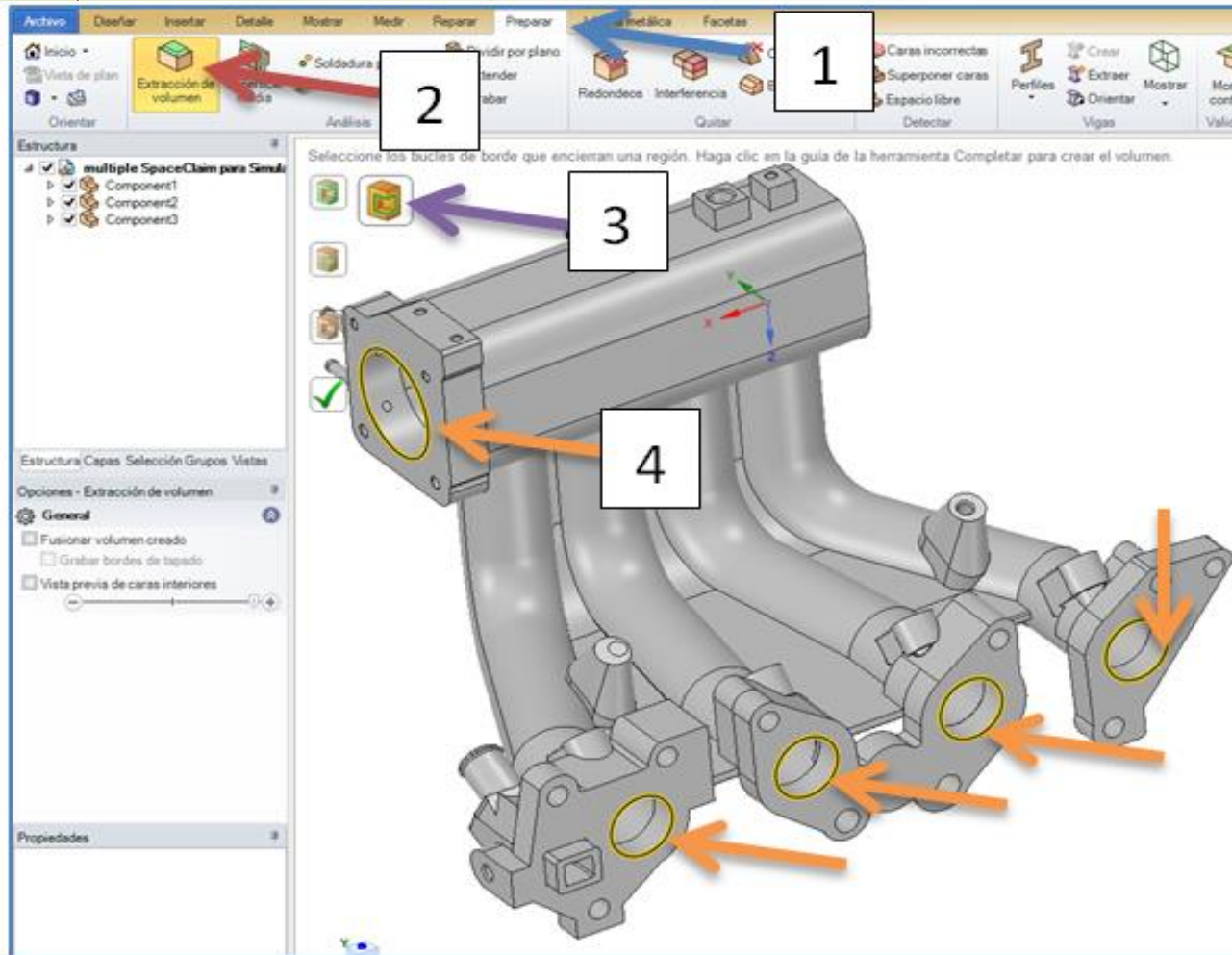


# Analizador de gases

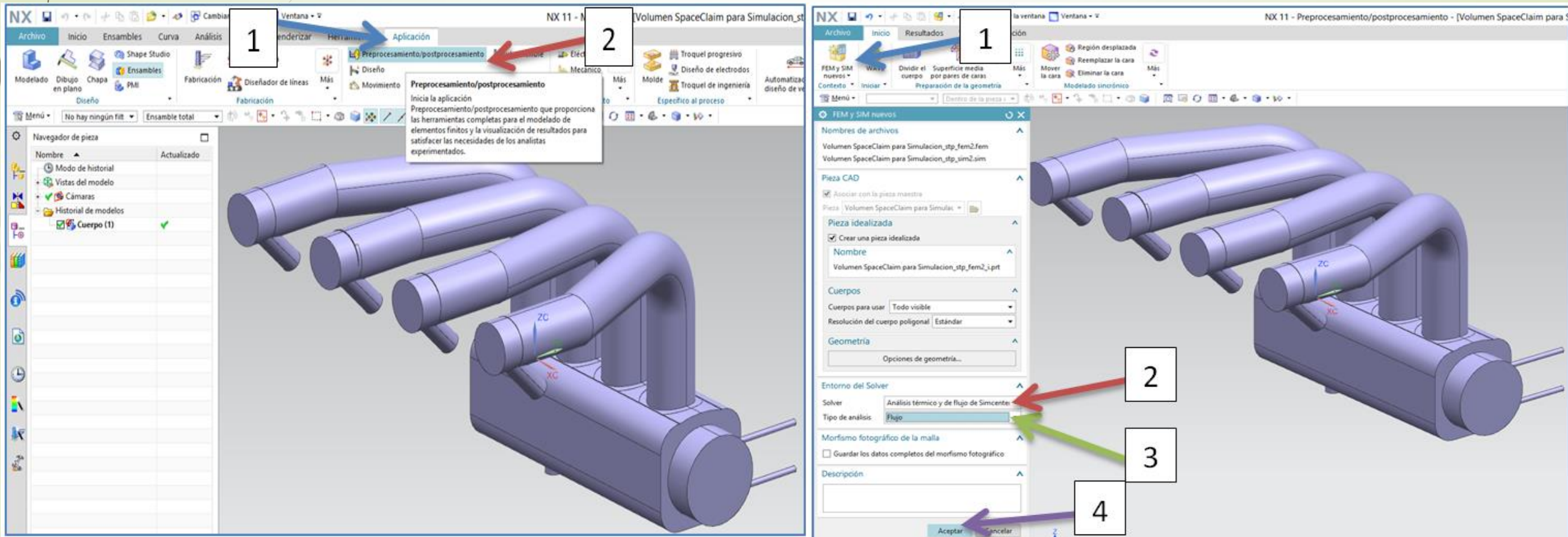
- ▶ Es un equipo de medición el cual debe estar correctamente calificado y calibrado de acuerdo a la normativa vigente.
- ▶ Permite la medición de las concentraciones de los gases: CO<sub>2</sub>, CO, HC y O<sub>2</sub> contenidos en los gases escape.



# Simulación de flujo de aire



# Simulación de flujo de aire



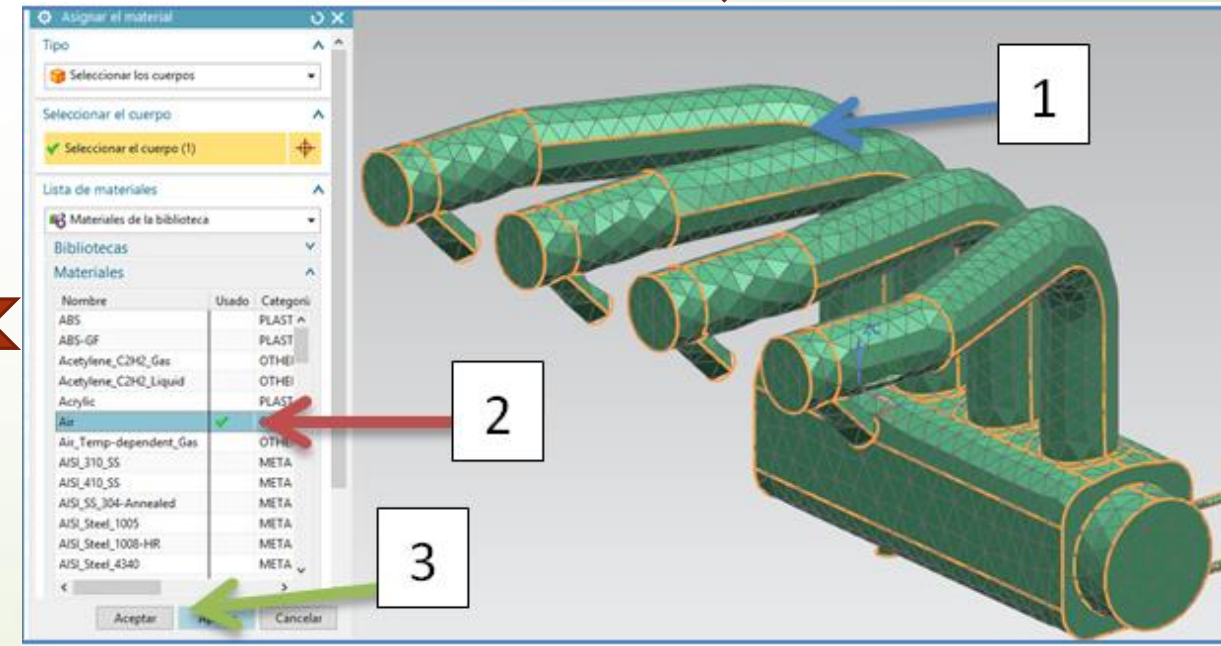
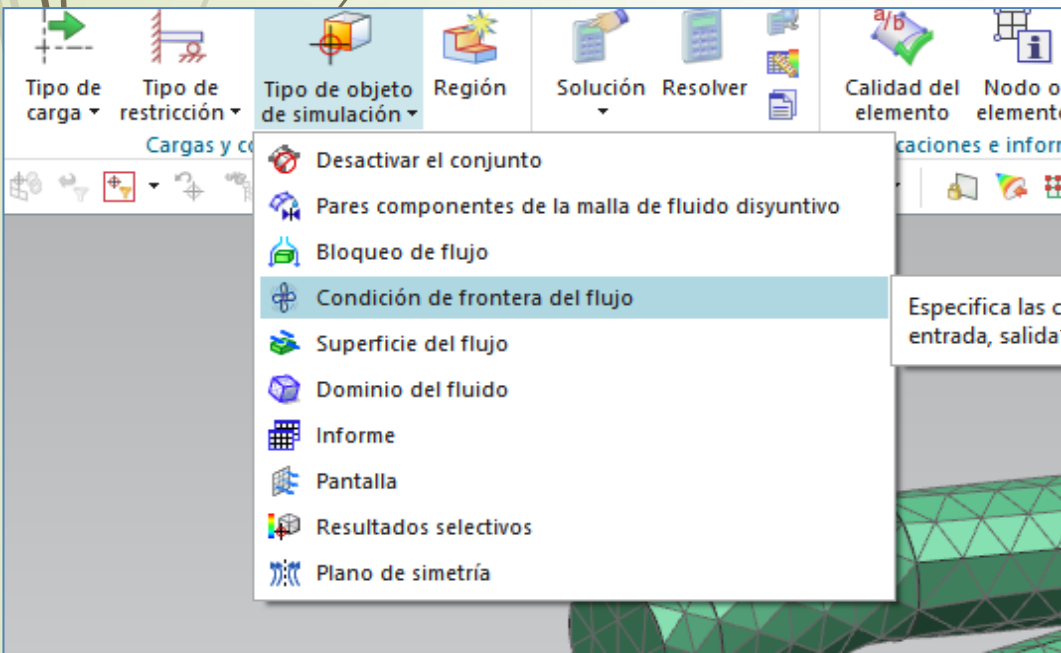
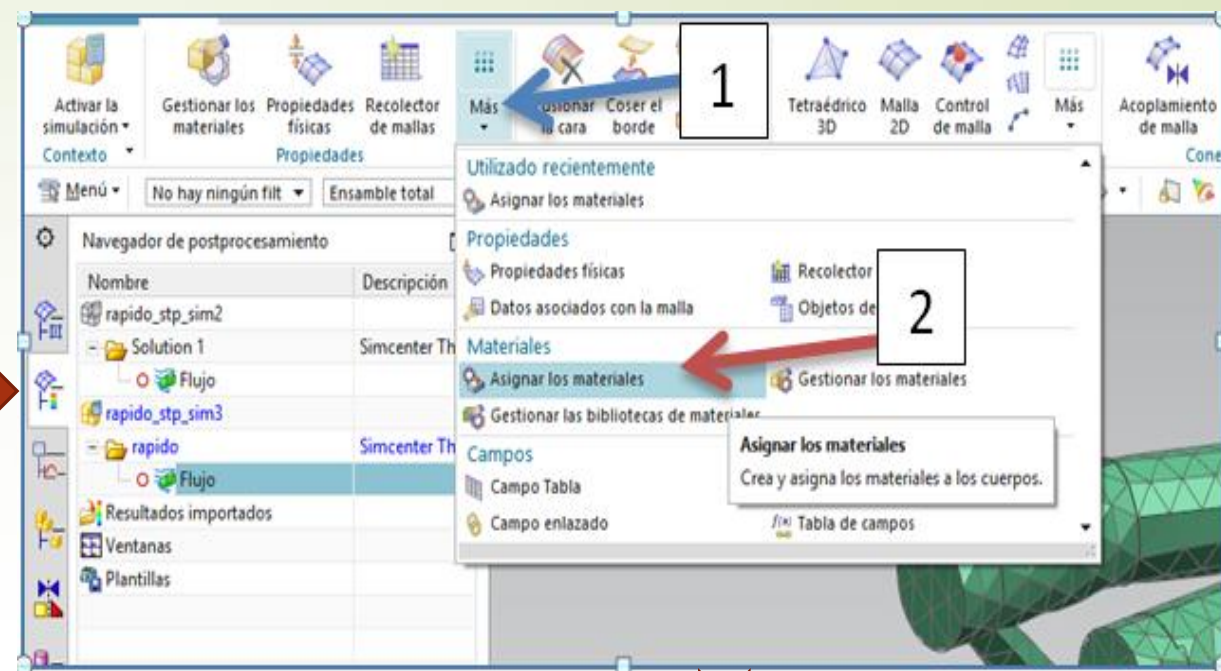
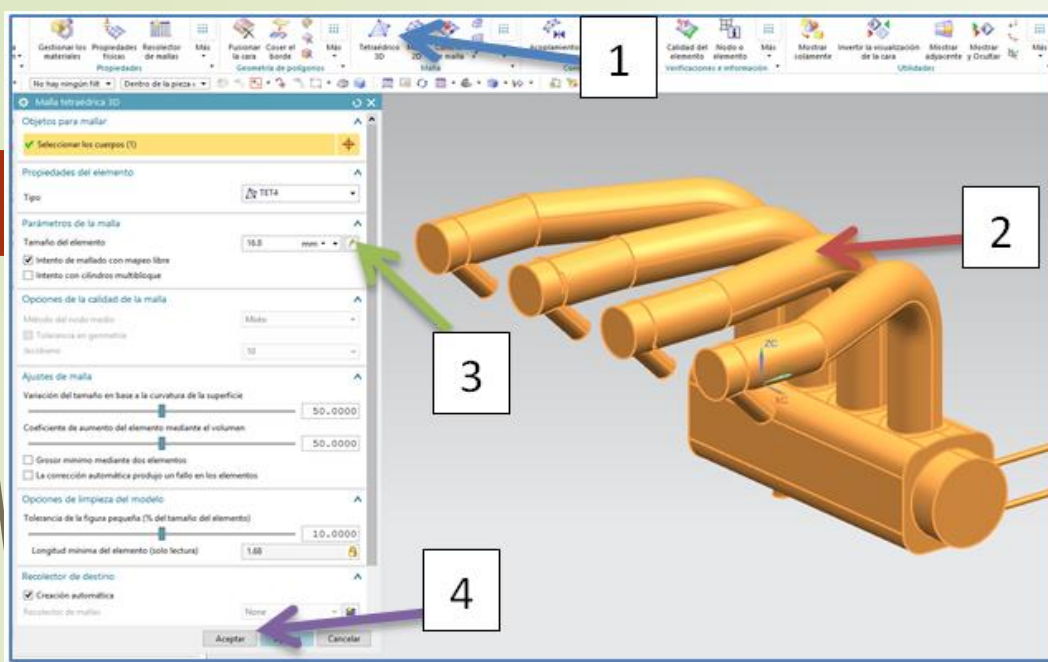
The image displays two screenshots of the NX 11 software interface, illustrating the steps to set up an air flow simulation.

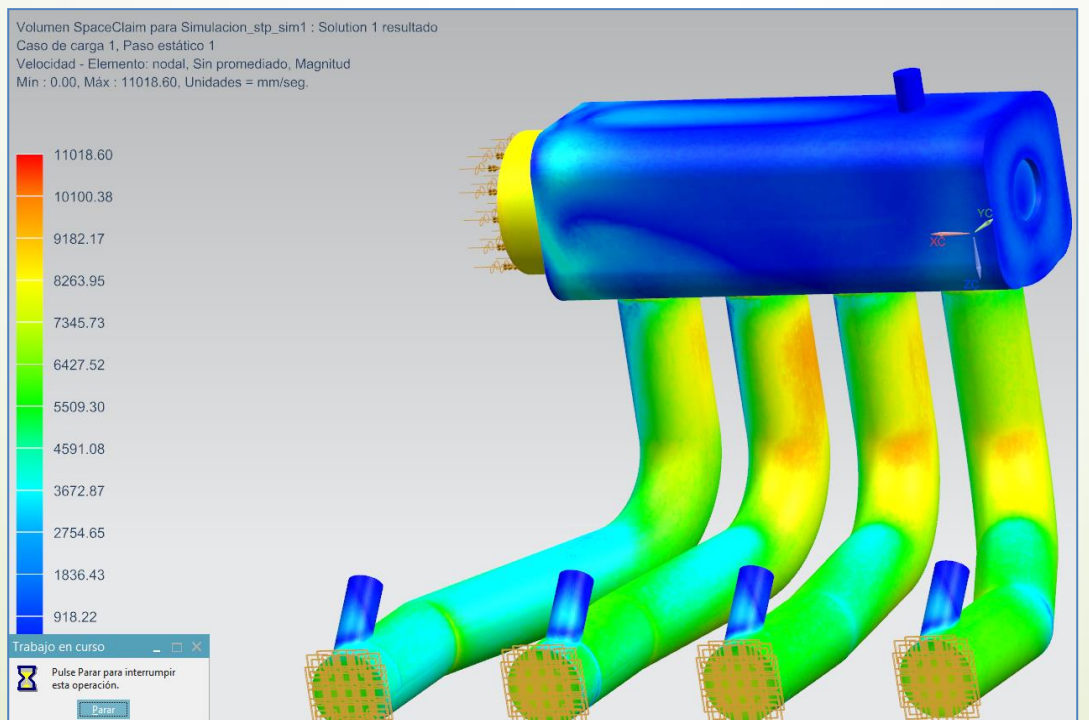
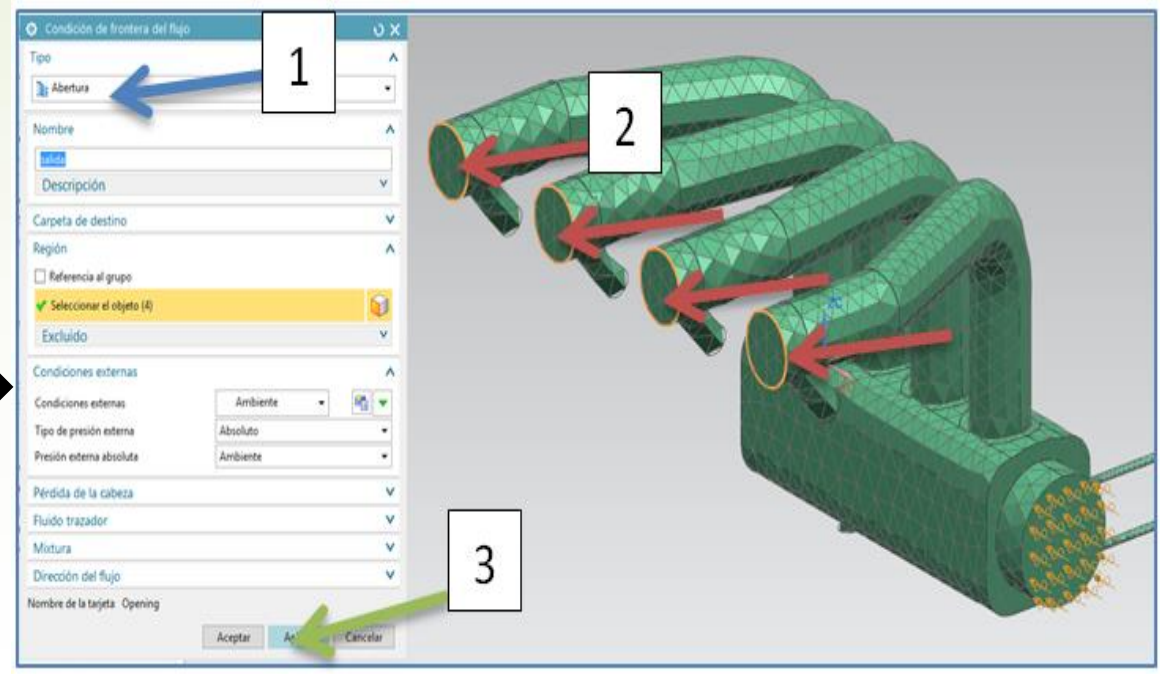
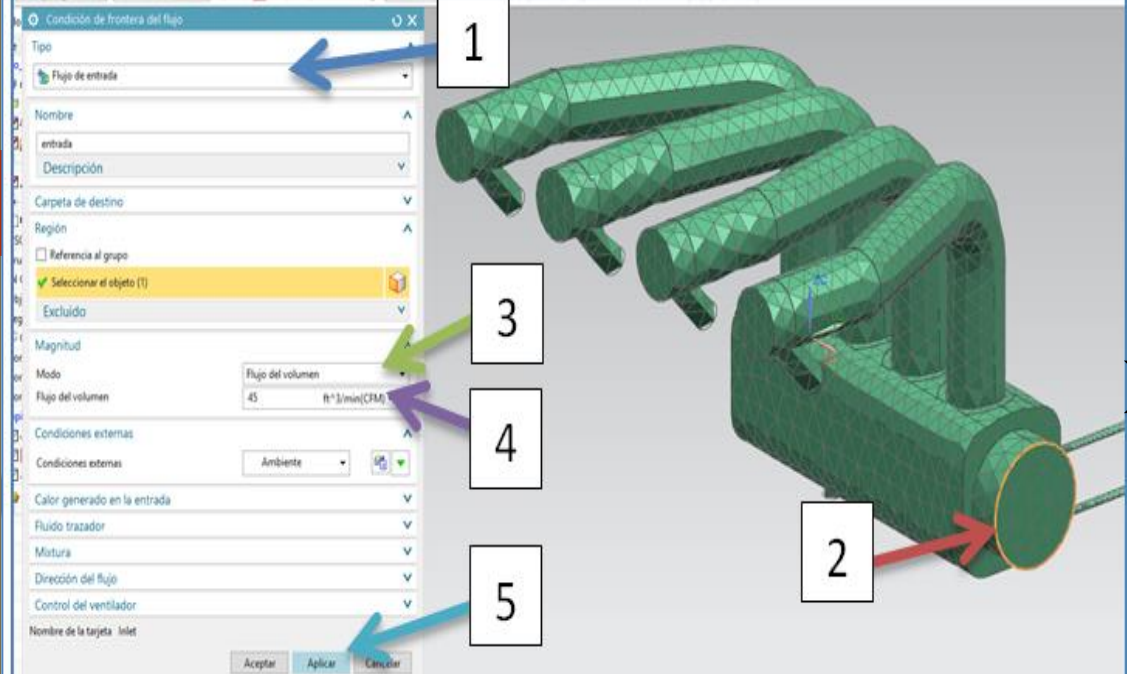
**Left Screenshot:** The 'Preprocesamiento/postprocesamiento' application is selected in the 'Aplicación' menu. A tooltip provides details: 'Preprocesamiento/postprocesamiento. Inicia la aplicación. Preprocesamiento/postprocesamiento que proporciona las herramientas completas para el modelado de elementos finitos y la visualización de resultados para satisfacer las necesidades de los analistas experimentados.'

**Right Screenshot:** The 'Entorno del Solver' dialog box is shown. The 'Solver' is set to 'Análisis térmico y de flujo de Simcenter' and the 'Tipo de análisis' is 'Flujo'. The 'Aceptar' button is highlighted.

Numbered callouts (1, 2, 3, 4) indicate the sequence of actions:

- 1: Selecting the 'Preprocesamiento/postprocesamiento' application in the menu.
- 2: Selecting the 'Análisis térmico y de flujo de Simcenter' solver.
- 3: Selecting the 'Flujo' analysis type.
- 4: Clicking the 'Aceptar' button.







# Análisis estructural

Analysis Systems

- Design Assessment
- Eigenvalue Buckling
- Eigenvalue Buckling (Samcef)
- Electric
- Explicit Dynamics
- Fluid Flow - Blow Molding
- Fluid Flow - Extrusion (Pol)
- Fluid Flow (CFX)
- Fluid Flow (Fluent)
- Fluid Flow (Polyflow)
- Harmonic Response
- Hydrodynamic Diffraction
- Hydrodynamic Response
- IC Engine
- Magnetostatic
- Modal
- Modal (ABAQUS)
- Modal (Samcef)
- Random Vibration
- Response Spectrum
- Rigid Dynamics
- Static Structural
- Static Structural (ABAQUS)
- Static Structural (Samcef)
- Steady-State Thermal
- Steady-State Thermal (ABAQUS)
- Steady-State Thermal (Samcef)

Project Schematic

Component A

- Geometry
- Geometry

Component B

- Steady-State Thermal
- Engineering Data
- Geometry
- Model
- Setup
- Solution
- Results

Toolbox

- Component Systems
- ACP (Post)
- ACP (Pre)
- Autodyn
- BladeGen
- CFX
- Engineering Data
- Explicit Dynamics (LS-DYNA Expo)
- External Data
- External Model
- Finite Element Modeler
- Fluent
- Fluent (with Fluent Meshing)
- Geometry
- ICEM CFD

Project Schematic

Component A

- Geometry
- Geometry

Component B

- Steady-State Thermal
- Engineering Data
- Geometry
- Model
- Setup
- Solution
- Results

Create standalone system

Filter Engineering Data | Engineering Data Sources

Outline of Schematic: C2: Engineering Data

| 1 | A                            | B | C      | D           |
|---|------------------------------|---|--------|-------------|
| 1 | Contents of Engineering Data |   | source | Description |
| 2 | Material                     |   |        |             |
| 3 | Polyethylene                 |   |        |             |
| 4 | Structural Steel             |   |        |             |
| 5 | ABS                          |   |        |             |

Properties of Outline Row 3: Polyethylene

| 1  | A   | B       | C                                  | D | E |
|----|---|---------|------------------------------------|---|---|
|    | Property  | Value   | Unit                               |   |   |
| 2  | Density   | 950     | kg m <sup>-3</sup>                 |   |   |
| 3  | Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion |         |                                    |   |   |
| 6  | Isotropic Elasticity                              |         |                                    |   |   |
| 16 | Tensile Yield Strength                            | 2,3E+07 | Pa                                 |   |   |
| 17 | Compressive Yield Strength                        | 0       | Pa                                 |   |   |
| 18 | Tensile Ultimate Strength                         | 3,3E+07 | Pa                                 |   |   |
| 19 | Compressive Ultimate Strength                     | 0       | Pa                                 |   |   |
| 20 | Isotropic Thermal Conductivity                    | 0,28    | W m <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>  |   |   |
| 21 | Specific Heat                                     | 296     | J kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup> |   |   |



Project | B2,C2:Engineering Data

Import... | Reconnect | Refresh Project | Update Project

Analysis Systems

- Design Assessment
- Eigenvalue Buckling
- Eigenvalue Buckling (Samcef)
- Electric
- Explicit Dynamics
- Fluid Flow - Blow Molding (Polyf)
- Fluid Flow - Extrusion (Polyflow)
- Fluid Flow (CFX)
- Fluid Flow (Fluent)
- Fluid Flow (Polyflow)
- Harmonic Response
- Hydrodynamic Diffraction
- Hydrodynamic Response
- IC Engine
- Magnetostatic
- Modal
- Modal (ABAQUS)
- Modal (Samcef)
- Random Vibration
- Response Spectrum

Project Schematic

Geometry (A)

- 1 Geometry
- 2 Geometry

Engineering Data (B)

- 1 Steady-State Thermal
- 2 Engineering Data
- 3 Geometry
- 4 Model
- 5 Setup
- 6 Solution
- 7 Results

ABS Térmico

Engineering Data (C)

- 1 Engineering Data
- 2 Engineering Data



Edge Coloring | Mesh | Update | Mesh | Mesh Cor | Mesh Edit

Outline

- Project
  - Model (B4)
    - Geometry
      - Component1(Solid2)
      - Component2(Solid2)
      - Component3(Solid1)
    - Coordinate Systems
    - Connections
    - Mesh
      - Face Sizing
    - Steady-State Thermal (B5)
      - Initial Temperature
      - Analysis Settings
    - Solution (B6)
      - Solution Information

Details of "Face Sizing" - Sizing

| Scope          |                    |
|----------------|--------------------|
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry       | 628 Faces          |
| Definition     |                    |
| Suppressed     | No                 |
| Type           | Element Size       |
| Element Size   | 1, m               |
| Behavior       | Soft               |



Outline

- Project
  - Model (B4)
    - Geometry
      - Component1(Solid2)
      - Component2(Solid2)
      - Component3(Solid1)
    - Coordinate Systems
    - Connections
    - Mesh
    - Steady-State Thermal (B5)
      - Initial Temperature
      - Analysis Settings
    - Solution (B6)
      - Solution Information

Details of "Component1(Solid2)"

Graphics Properties

Definition

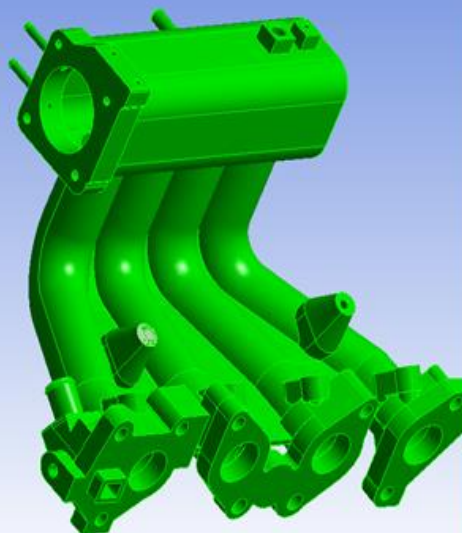
- Suppressed: No
- Stiffness Behavior: Flexible
- Coordinate System: Default Coordinate System
- Reference Temperature: By Environment

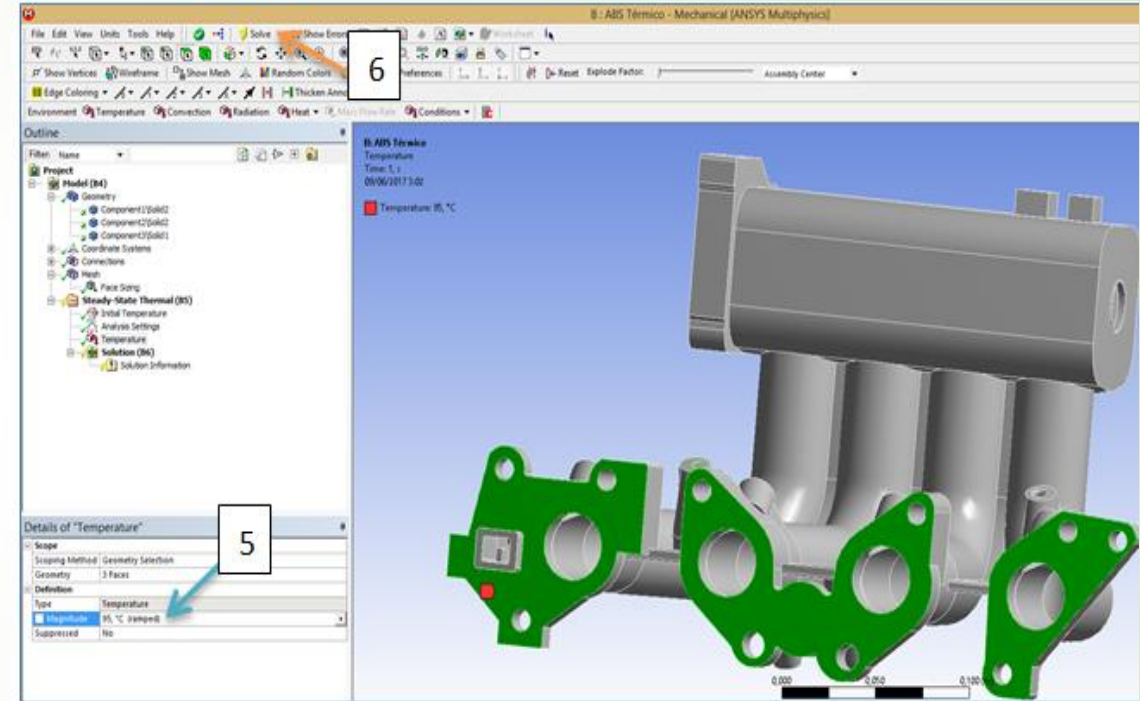
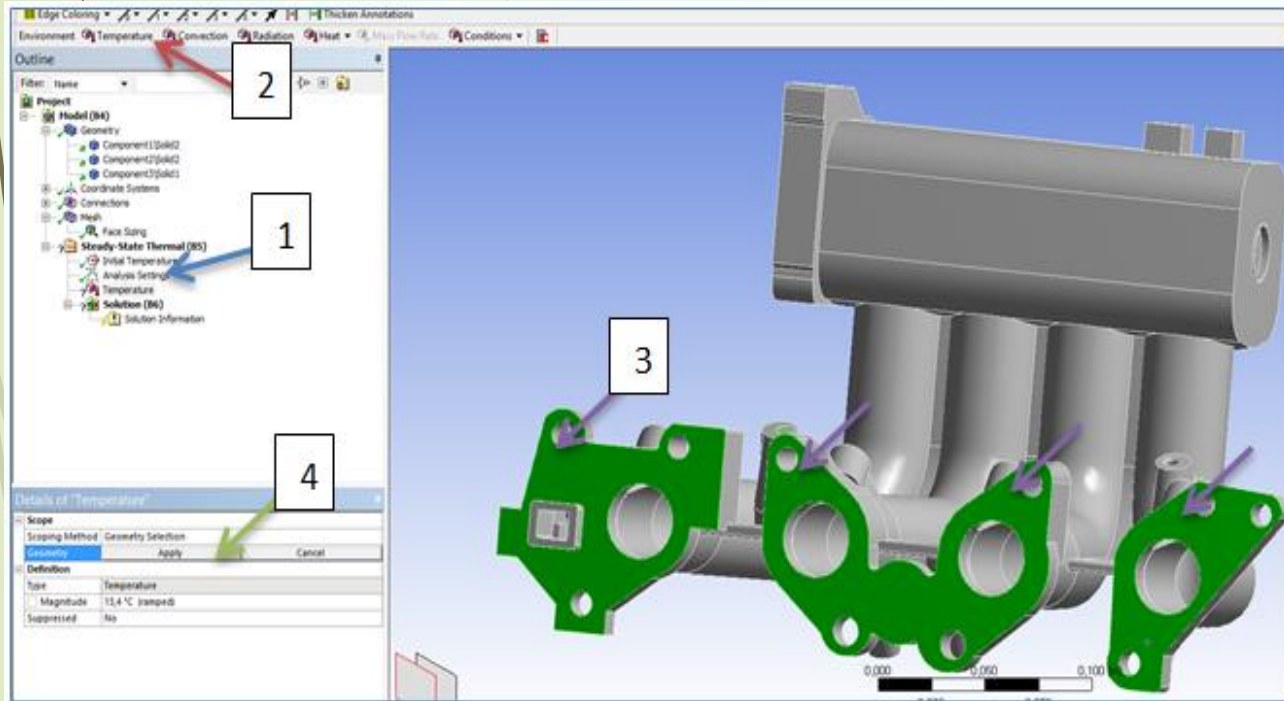
Material

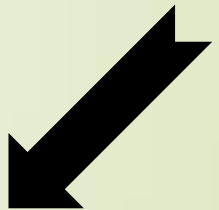
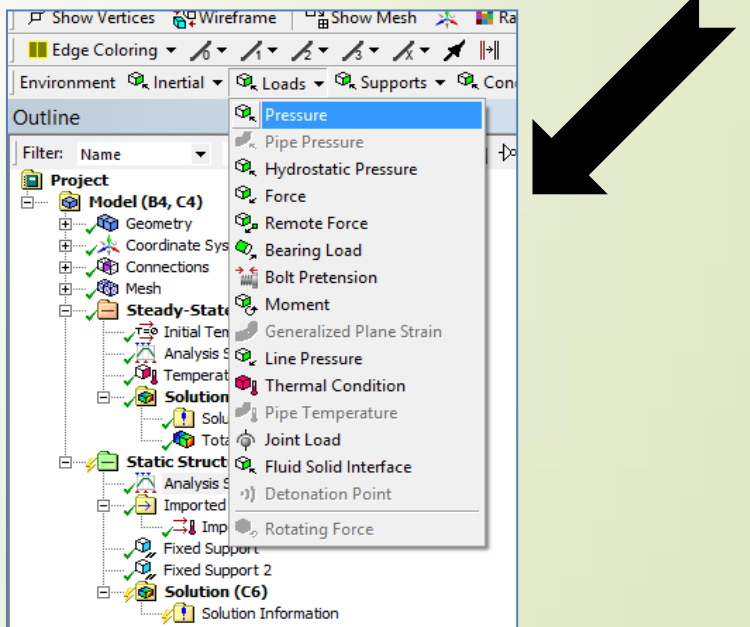
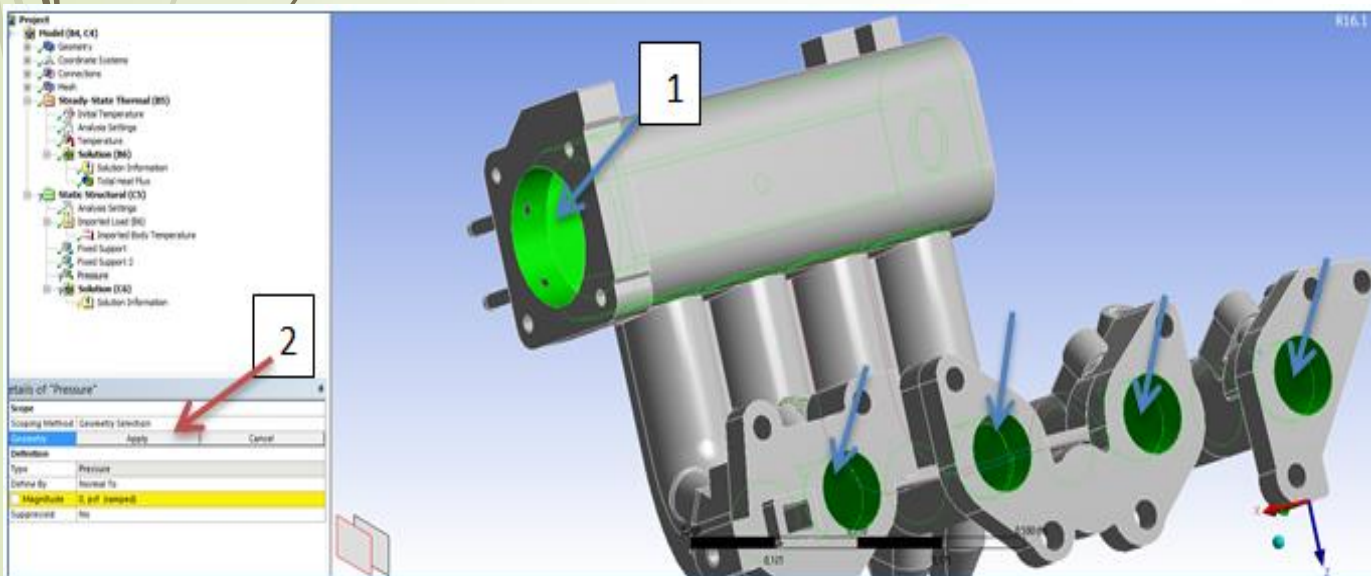
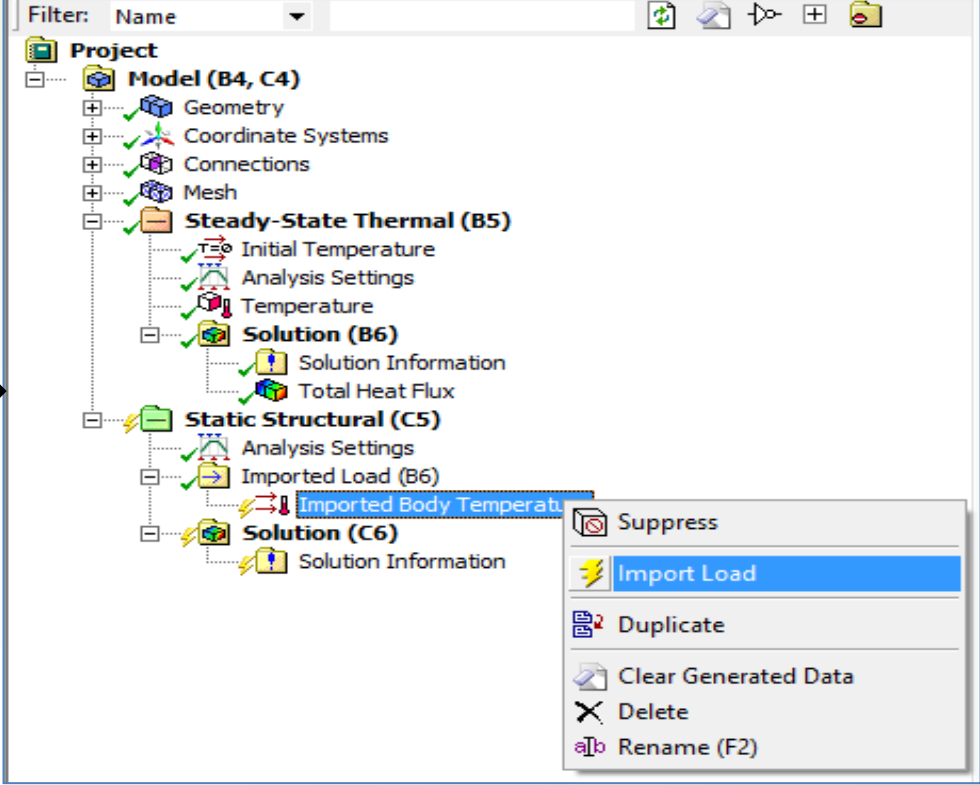
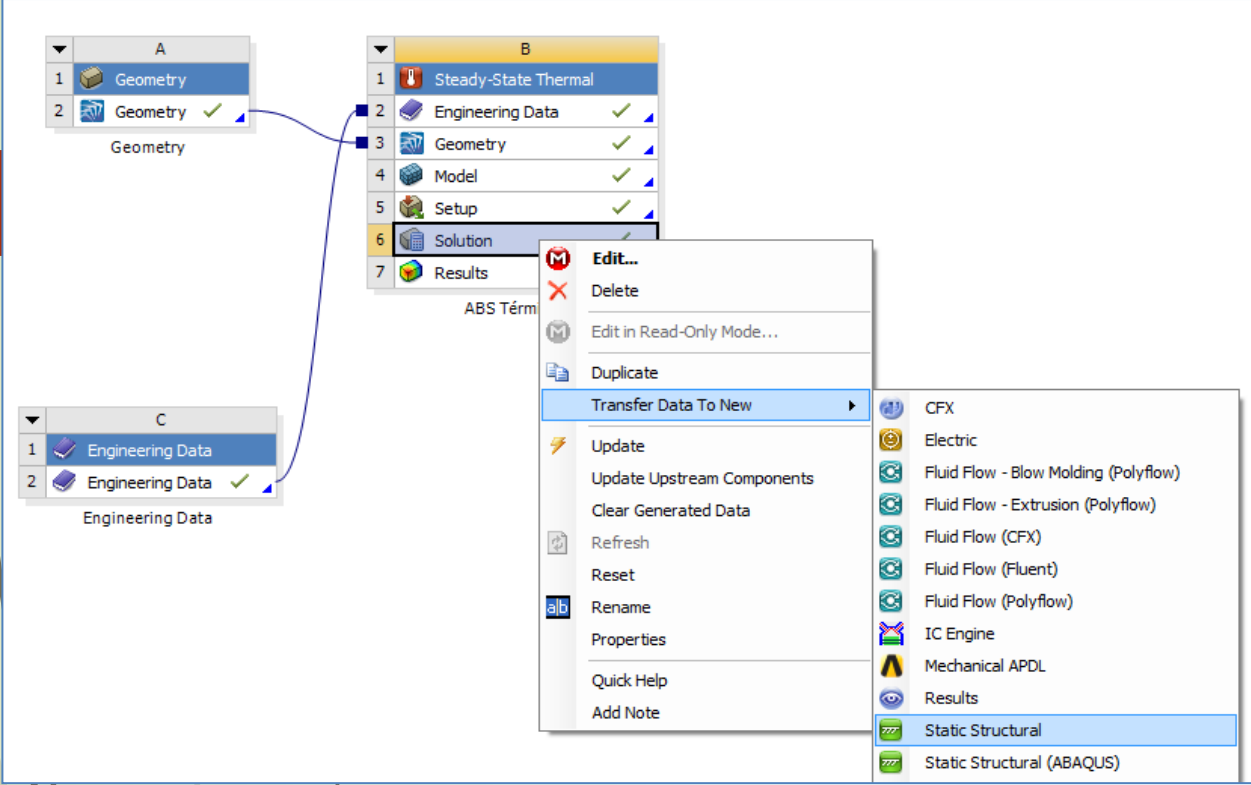
Assignment: Structural Steel

Material Selection Menu:

- New Material...
- Import...
- Edit Structural Steel...
- Polyethylene
- ABS

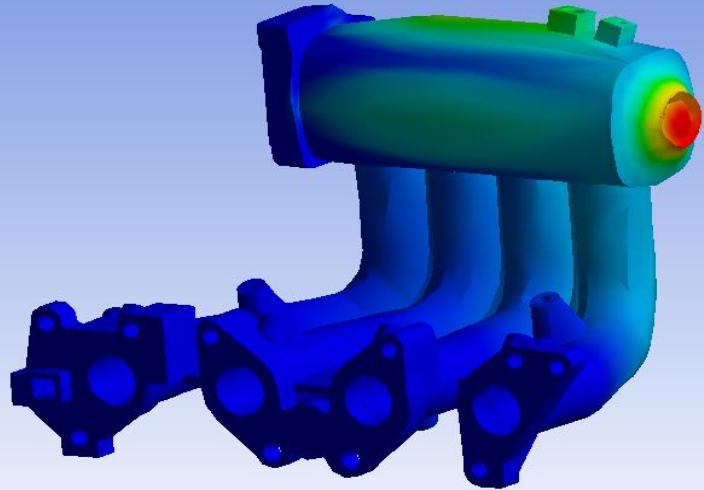




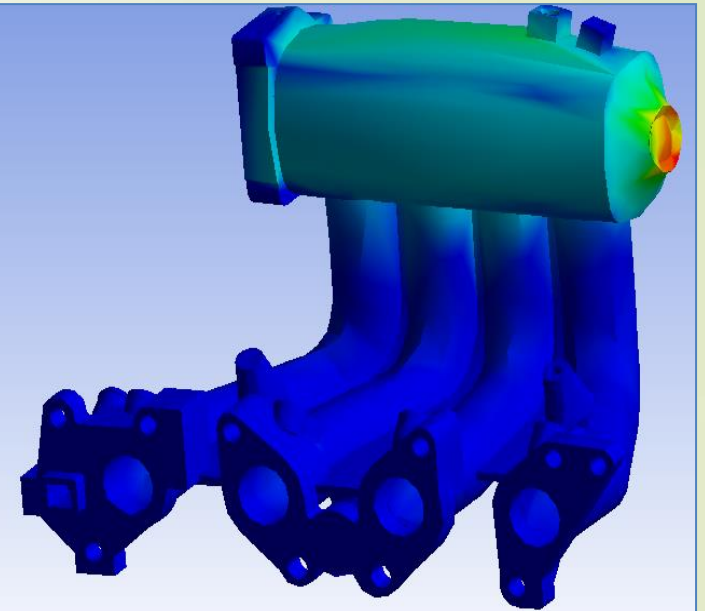


C: ABS Estructural  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1  
09/06/2017 19:11

0,038138 Max  
0,0339  
0,029663  
0,025425  
0,021188  
0,01695  
0,012713  
0,008475  
0,0042375  
0 Min

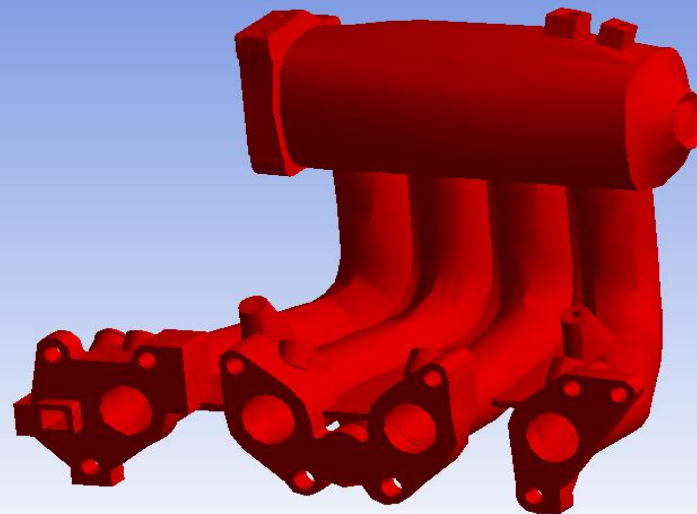


0,00091546 Max  
0,00082093  
0,0007264  
0,00063188  
0,00052067  
0,00041653  
0,0003124  
0,00020827  
0,00010413  
4,0976e-10 Min



C: ABS Estructural  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
09/06/2017 19:45

15 Max  
15 Min  
0



# Cálculos para ajuste de múltiples termoplásticos

► Fuerza máxima permisible por el material: 
$$F_{mp} = R_f * \frac{\pi * d^2}{4}$$

Donde:

$F_{mp}$  = Fuerza máxima permisible. [N]

$R_f$  = Resistencia a la fractura. [MPa] (Ver anexo E)

$d$  = Diámetro de la rodela. [mm]

► Momento de ajuste máximo,

$$M_m = 0.17 * F_{mp} * d$$

Donde:

$M_m$  = Momento máximo de ajuste. [N\*m]

$d$  = Diámetro de la rodela. [m]

ABS

$$F_{mp} = 70 \text{ MPa} * \frac{\pi * (16 \text{ mm})^2}{4}$$
$$F_{mp} = 14074,34 \text{ N}$$

$$M_m = 0.17 * 14074,34 \text{ N} * 0,016 \text{ m}$$
$$M_m = 38,28 \text{ N} * \text{m}$$

PLA

$$F_{mp} = 60 \text{ MPa} * \frac{\pi * (16 \text{ mm})^2}{4}$$
$$F_{mp} = 12063,71 \text{ N}$$

$$M_m = 0.17 * 12063,71 \text{ N} * 0,016 \text{ m}$$
$$M_m = 32,81 \text{ N} * \text{m}$$

PET

$$F_{mp} = 59 \text{ MPa} * \frac{\pi * (16 \text{ mm})^2}{4}$$
$$F_{mp} = 11862,65 \text{ N}$$

$$M_m = 0.17 * 11862,65 \text{ N} * 0,016 \text{ m}$$
$$M_m = 32,26 \text{ N} * \text{m}$$





# ***TOMA DE DATOS y ANÁLISIS DE RESULTADOS***



# Características de fábrica del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 lt.

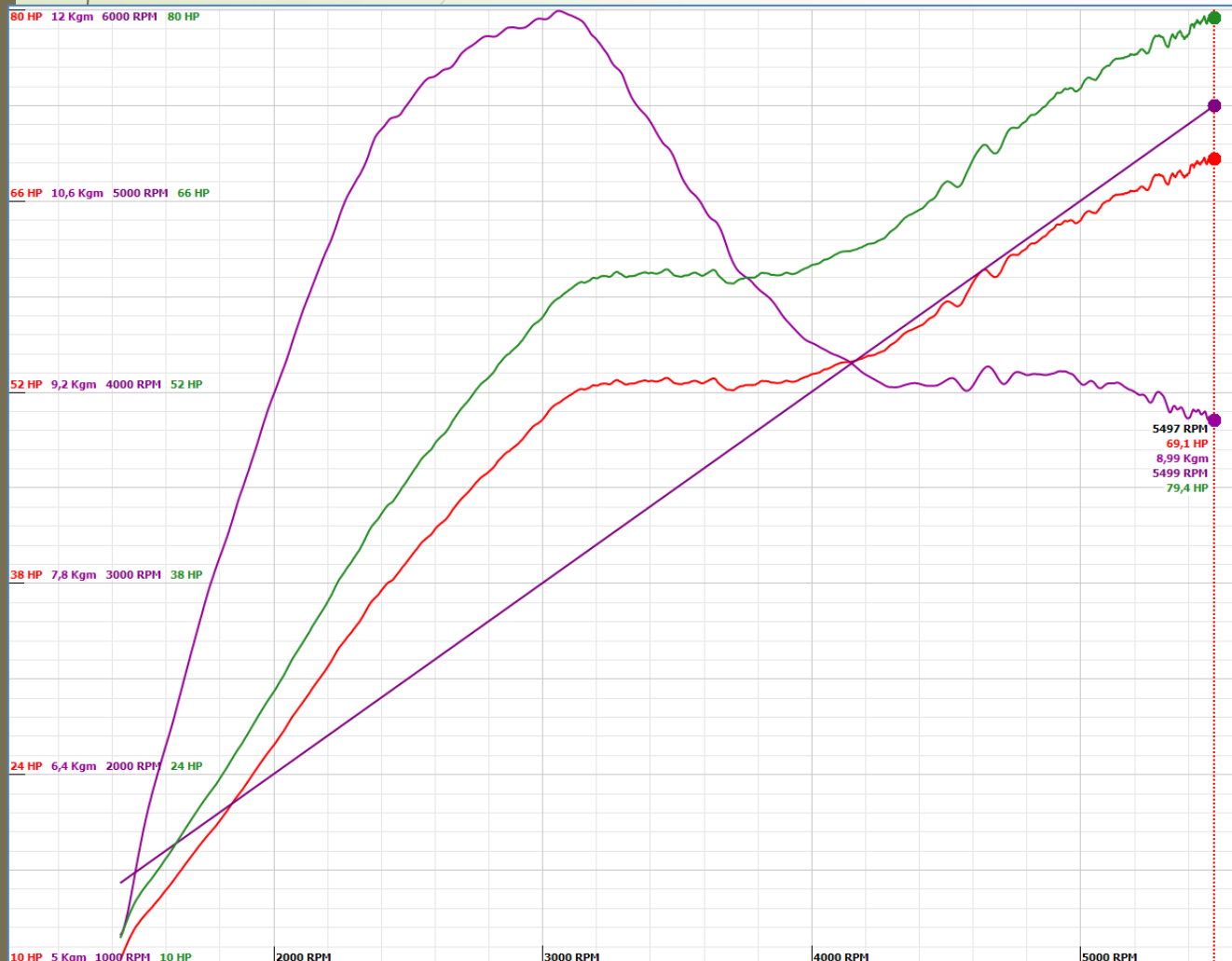


| Modelo                        | Aveo Family   |
|-------------------------------|---|
| <b>MOTOR</b>                  |   |
| <b>Posición</b>               | <i>Delantera transversal</i>                            |
| <b>Cilindrada</b>             | 1.498 cc  |
| <b>Numero de cilindros</b>    | 4   |
| <b>Numero de Válvulas</b>     | 8   |
| <b>Potencia (hp@r.p.m.)</b>   | 83@5600   |
| <b>Torque</b>                 | Lb.f@r.p.m. 94.02@3000<br>N.m.@r.p.m. <u>127,4@3000</u> |
| <b>Relación de compresión</b> | 9.5 : 1   |
| <b>Transmisión</b>            |   |
| <b>Tipo</b>                   | <i>Manual: 5 velocidades</i>                            |



# Múltiple estándar

➔ Curva de torque y potencia



|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Aceleración              | 100 %            |
| Combustible              | Gasolina extra   |
| Marcha de la prueba      | Cuarta velocidad |
| Tiempo de aceleración    | 20,82 seg.       |
| Potencia del motor       | 79,6 hp          |
| Revoluciones de corte    | 5501 rpm         |
| Torque máximo            | 11,99 Kgm        |
| Potencia efectiva medida | 69,2 hp          |



## Informe de gases

## Consumo de combustible

### ESPE

LATACUNGA  
Tel: 0000000

Email:

#### DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE: JUAN CARLOS  
APELLIDO: ORTIZ REYES  
IDENTIFICACION: 0502254907  
DISPOSITIVO: COD001

#### DATOS DEL VEHICULO

PLACA: RBA-3692      MODELO: 2014  
MARCA: CHEVROLET      LINEA: AVEO  
MOTOR:      COMBUSTIBLE: GASOLINA  
VIN: 8LATD52Y7E0231765

#### DATOS DE LA PRUEBA

##### RALENTI

| RESULTADOS | NORMA                 |
|------------|-----------------------|
| HC: 6.00   | HC LIMITE: 200.00 ppm |
| CO: 0.00   | CO LIMITE: 1.00 %     |
| CO2: 13.43 | CO2 MINIMO: 7.00 %    |
| O2: 1.73   | O2 MAXIMO: 5.00 %     |
| RPM: 695   | RPM MIN: 500 rpm      |
| TEMP: 0    | TEMP MIN: 0.00 °      |

RESULTADO APROBADA

##### CRUCERO

| RESULTADOS | NORMA                 |
|------------|-----------------------|
| HC: 2.00   | HC LIMITE: 200.00 ppm |
| CO: 0.00   | CO LIMITE: 1.00 %     |
| CO2: 14.22 | CO2 MINIMO: 7.00 %    |
| O2: 0.25   | O2 MAXIMO: 5.00 %     |
| RPM: 2,476 | RPM MIN: 2,000 rpm    |
| TEMP: 0    | TEMP MIN: 0.00 °      |

RESULTADO APROBADA

**RESULTADO GENERAL: APROBADA**

FECHA DE LA PRUEBA:  
4/26/2017 09:57:23

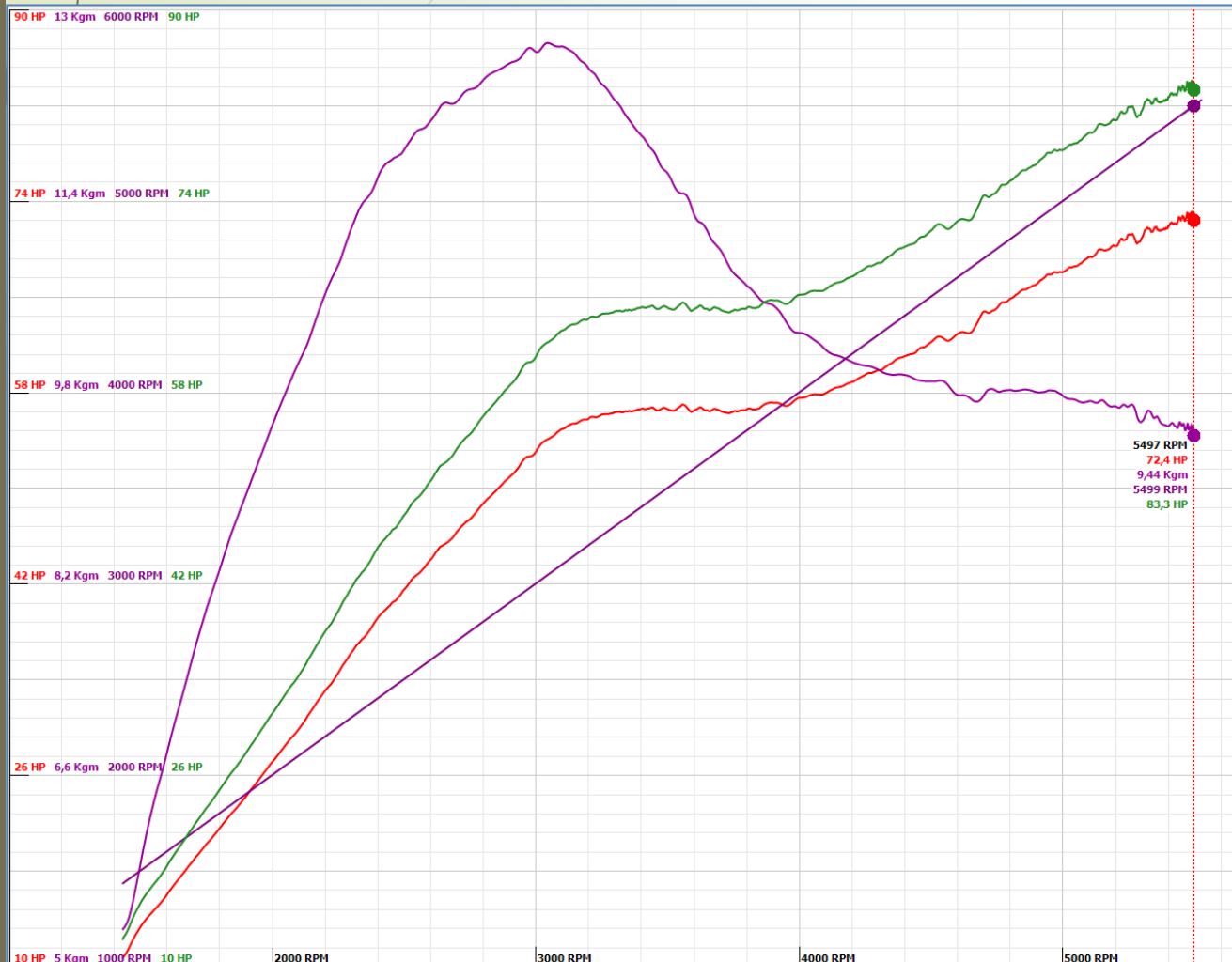
OPERARIO RESPONSABLE:

LEONIDAS QUIROZ



# Múltiple ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

➔ Curva de torque y potencia



|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Aceleración              | 100 %            |
| Combustible              | Gasolina extra   |
| Marcha de la prueba      | Cuarta velocidad |
| Tiempo de aceleración    | 25,68 seg.       |
| Potencia del motor       | 84,1 hp          |
| Revoluciones de corte    | 5494 rpm         |
| Torque máximo            | 12,73 Kgm        |
| Potencia efectiva medida | 73,1 hp          |

## Informe de gases

### ESPE

LATACUNGA  
Tel: 0000000

Email:

#### DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE: JUAN CARLOS  
APELLIDO: ORTIZ REYES  
IDENTIFICACION: 0502254907  
DISPOSITIVO: COD001

#### DATOS DEL VEHICULO

PLACA: RBA-3692      MODELO: 2014  
MARCA: CHEVROLET      LINEA: AVEO  
MOTOR:      COMBUSTIBLE: GASOLINA  
VIN: 8LATD52Y7E0231765

#### DATOS DE LA PRUEBA

##### RALENTI

| RESULTADOS         | NORMA                 |
|--------------------|-----------------------|
| HC: 9.00           | HC LIMITE: 200.00 ppm |
| CO: 0.00           | CO LIMITE: 1.00 %     |
| CO2: 13.57         | CO2 MINIMO: 7.00 %    |
| O2: 1.68           | O2 MAXIMO: 5.00 %     |
| RPM: 694           | RPM MIN: 500 rpm      |
| TEMP: 0            | TEMP MIN: 0.00 °      |
| RESULTADC APROBADA |                       |

##### CRUCERO

| RESULTADOS         | NORMA                 |
|--------------------|-----------------------|
| HC: 4.00           | HC LIMITE: 200.00 ppm |
| CO: 0.00           | CO LIMITE: 1.00 %     |
| CO2: 14.27         | CO2 MINIMO: 7.00 %    |
| O2: 0.27           | O2 MAXIMO: 5.00 %     |
| RPM: 2,405         | RPM MIN: 2,000 rpm    |
| TEMP: 0            | TEMP MIN: 0.00 °      |
| RESULTADC APROBADA |                       |

FECHA DE LA PRUEBA:  
7/20/2017 15:05:46

**RESULTADO GENERAL: APROBADA**

OPERARIO RESPONSABLE:

LEONIDAS QUIROZ

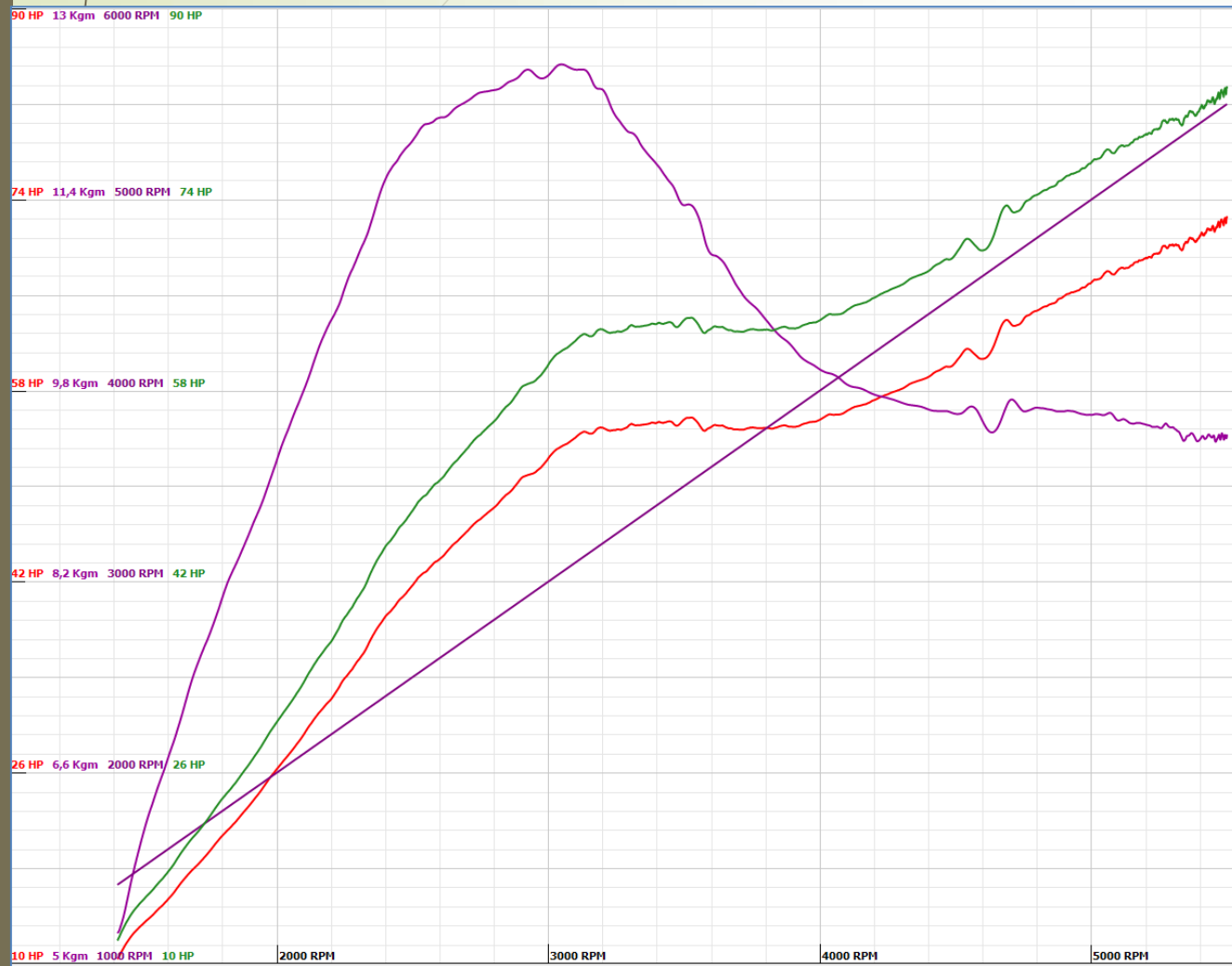
## Consumo de combustible





# Múltiple PLA (Ácido poliláctico)

➤ Curva de torque y potencia



|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Aceleración              | 100 %            |
| Combustible              | Gasolina extra   |
| Marcha de la prueba      | Cuarta velocidad |
| Tiempo de aceleración    | 24,92 seg.       |
| Potencia del motor       | 83,4 hp          |
| Revoluciones de corte    | 5501 rpm         |
| Torque máximo            | 12,54 Kgm        |
| Potencia efectiva medida | 72,6 hp          |

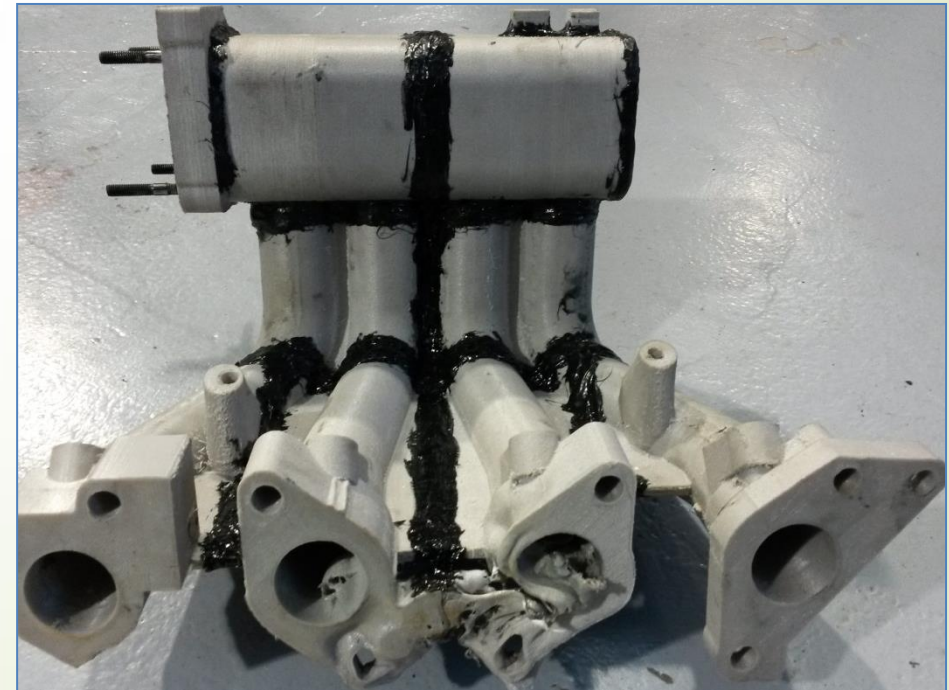
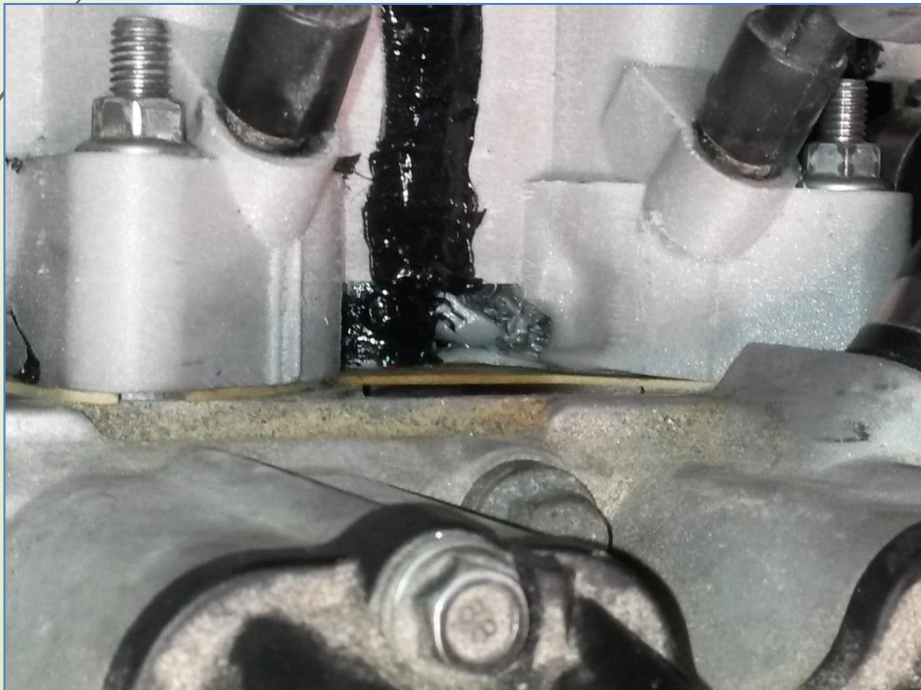
## ► Consumo de combustible



*Durante las pruebas dinamométricas y de consumo de combustible con el múltiple PLA, en la prueba número tres el colector se deformó, por lo cual no se puede realizar la siguiente prueba de análisis de gases de escape.*

## Múltiple PET (Polietileno Tereftalato)

- Al encender el vehículo para que alcance su temperatura normal de funcionamiento y proceder a realizar la prueba dinamométrica, el múltiple de material PET se deforma entre los cilindros número dos y tres.





# Cálculo de parámetros característicos

➤ Se obtuvieron los siguientes datos de los parámetros característicos al realizar el cambio del colector de admisión, en las cuales están calculadas: rendimiento efectivo, presión media del ciclo, eficiencia térmica, rendimiento mecánico y rendimiento indicado, adicional el volumen del cilindro para realizar los cálculos antes mencionados.

## Volumen del cilindro

$$V_h = \frac{\pi * D^2}{4} * s$$
$$V_h = \frac{\pi * (0.0765 \text{ m})^2 * 0.0815 \text{ m}}{4}$$
$$V_h = 3.74 * 10^{-4} \text{ m}^3$$



## Rendimiento efectivo

$$n_e = \frac{N_e}{\dot{m}_f * H_c}$$
$$50.79 \text{ KW}$$

$$n_e = \frac{50.79 \text{ KW}}{2.4684 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 43200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$n_e = 0.47$$

$$n_e = 47\% \text{ (Colector estándar)}$$

$$n_e = \frac{53.655 \text{ KW}}{2.5709 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 43200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$n_e = 0.483$$

$$n_e = 48.31\% \text{ (Colector ABS)}$$

$$n_e = \frac{53.217 \text{ KW}}{2.5314 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 43200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$n_e = 0.486$$

$$n_e = 48.66\% \text{ (Colector PLA)}$$



## Presión media del ciclo

$$P_{mc} = \frac{T}{V_h} * i$$

$$P_{mc} = \frac{117.58 \text{ Nm}}{3.74 * 10^{-4} \text{ m}^3} * 4$$

$$P_{mc} = 1257.54 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{mc} = 12.57 \text{ Bar (Colector estándar)}$$

$$P_{mc} = \frac{124.84 \text{ Nm}}{3.74 * 10^{-4} \text{ m}^3} * 4$$

$$P_{mc} = 13.35 \text{ Bar (Colector ABS)}$$

$$P_{mc} = \frac{122.98 \text{ Nm}}{3.74 * 10^{-4} \text{ m}^3} * 4$$

$$P_{mc} = 13.15 \text{ Bar (Colector PLA)}$$



## Rendimiento térmico

$$n_t = Pmc \frac{(\varepsilon - 1)(k - 1)}{P_a * \varepsilon^k * (\gamma - 1)}$$

$$n_t = 1.257 * 10^8 Pa * \frac{(9.5 - 1)(1.41 - 1)}{102811 Pa * 9.5^{1.41} * (6 - 1)}$$

$$.n_t = 35.64 \% \text{ (Colector estándar)}$$

$$n_t = 1.335 * 10^8 Pa * \frac{(9.5 - 1)(1.41 - 1)}{102811 Pa * 9.5^{1.41} * (6 - 1)}$$

$$.n_t = 37.85 \% \text{ (Colector ABS)}$$

$$n_t = 1.315 * 10^8 Pa * \frac{(9.5 - 1)(1.41 - 1)}{102811 Pa * 9.5^{1.41} * (6 - 1)}$$

$$.n_t = 37.28 \% \text{ (Colector PLA)}$$



## Rendimiento mecánico

$$n_m = \frac{N_e}{N_i}$$

$$n_m = \frac{50.79 \text{ KW}}{61.89 \text{ KW}}$$

$$n_m = 82.06 \% \text{ (Colector estándar)}$$

$$n_m = \frac{53.665 \text{ KW}}{61.89 \text{ KW}}$$

$$n_m = 86.71 \% \text{ (Colector ABS)}$$

$$n_m = \frac{53.217 \text{ KW}}{61.89 \text{ KW}}$$

$$n_m = 85.98 \% \text{ (Colector PLA)}$$



## Rendimiento indicado

$$n_i = \frac{N_i}{\dot{m}_f * H_c}$$
$$61.8931 \text{ KW}$$

$$n_i = \frac{61.8931 \text{ KW}}{2.4684 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 43200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$n_e = 0.58$$

$$n_i = 58.04\% \text{ (Colector estándar)}$$

$$n_i = \frac{61.8931 \text{ KW}}{2.5709 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 43200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$n_e = 0.557$$

$$n_i = 55.72\% \text{ (Colector ABS)}$$

$$n_i = \frac{61.8931 \text{ KW}}{2.5314 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 43200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$n_e = 0.565$$

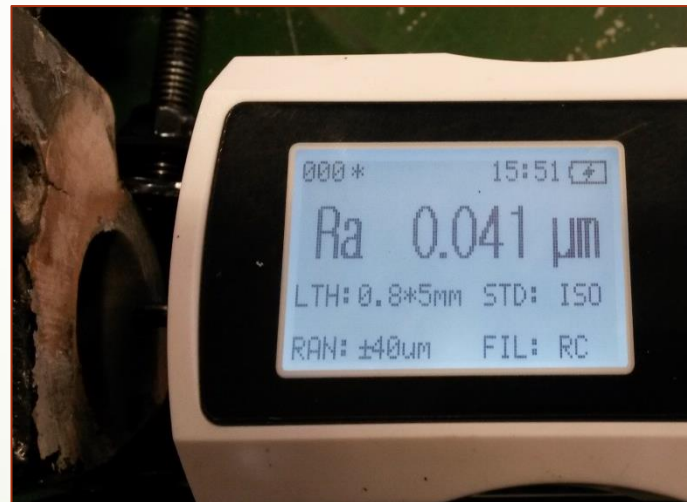
$$n_i = 56.59\% \text{ (Colector PLA)}$$

# Medición de rugosidades

- Para la medición de la rugosidad de los materiales termoplásticos se utilizó un rugosímetro, para lo cual deben estar bien fijados tanto el equipo de medición como la pieza y haciendo contacto la superficie a medir con la punta palpadora.



ABS



PLA



PET

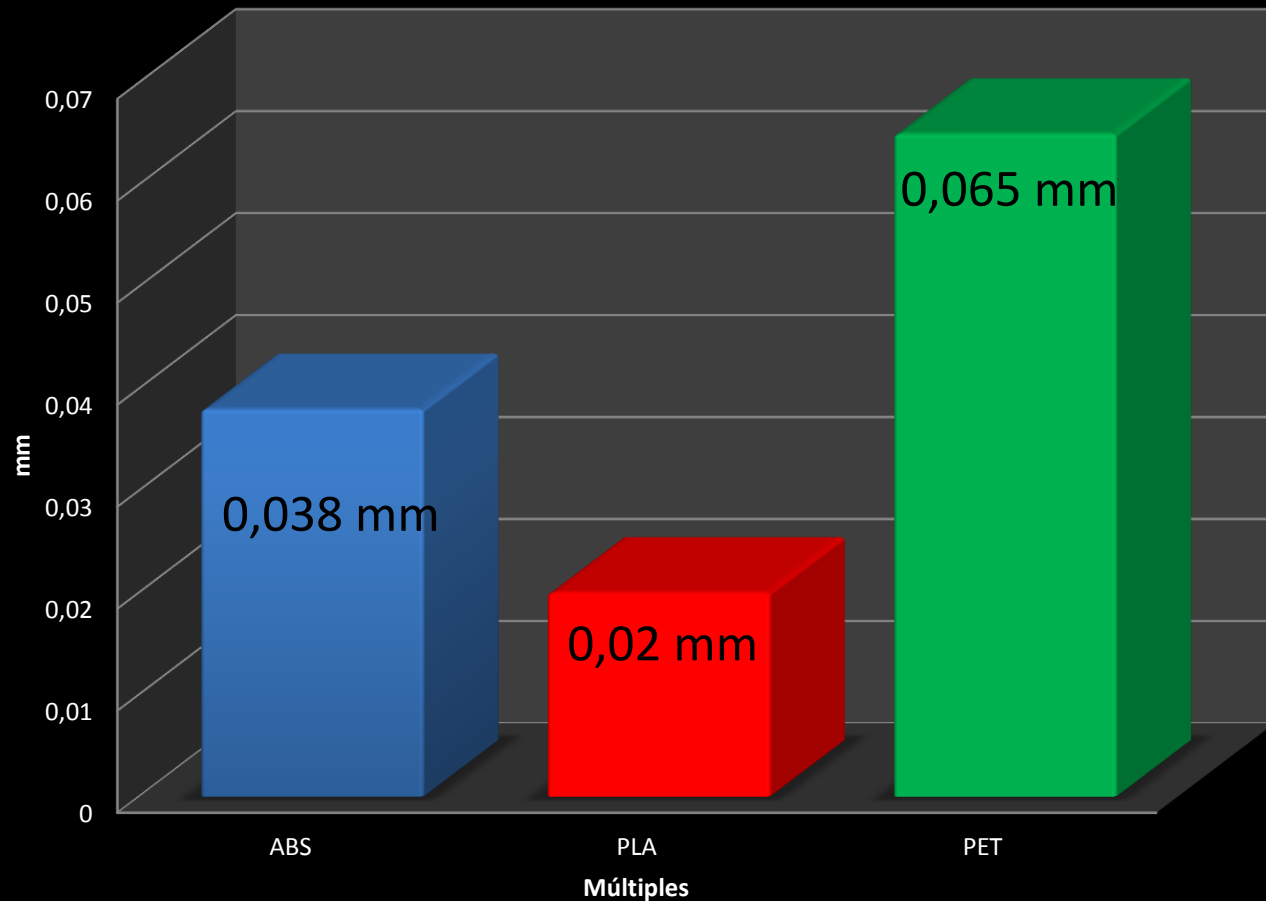
# Análisis global de los parámetros característicos

- El siguiente análisis corresponde a la combinación de los resultados obtenidos con cada uno de los diferentes múltiplos de admisión y los cálculos realizados para los mismos.



# Comparación de la deformación a 804 rpm.

Deformación máxima a 804 rpm

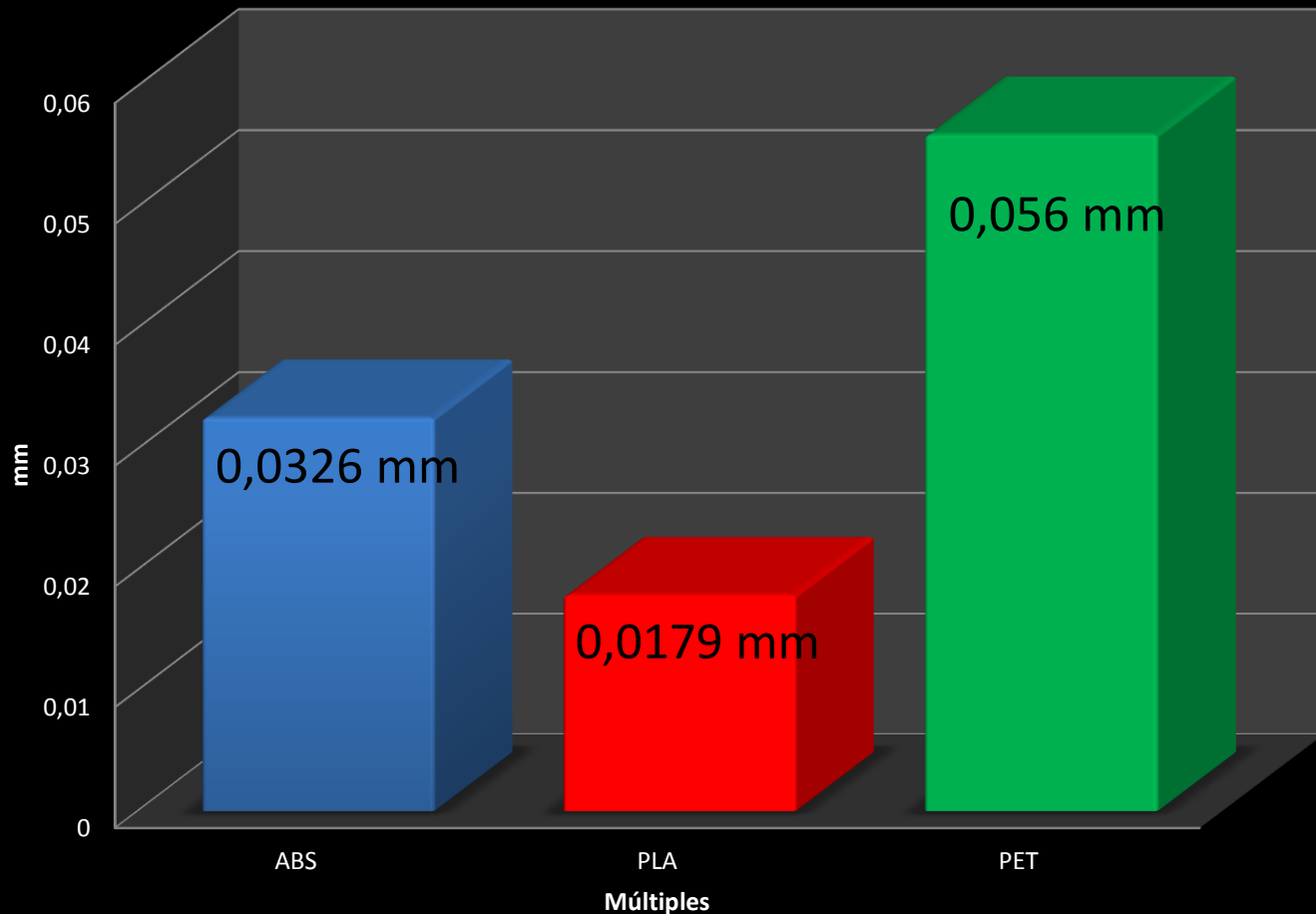


La mayor deformación a 804 rpm sufrió el múltiple de material PET con un 0,065 mm, mientras que el material con la menor deformación fue el PLA con 0,02 mm.



## Comparación de la deformación a 3033 rpm.

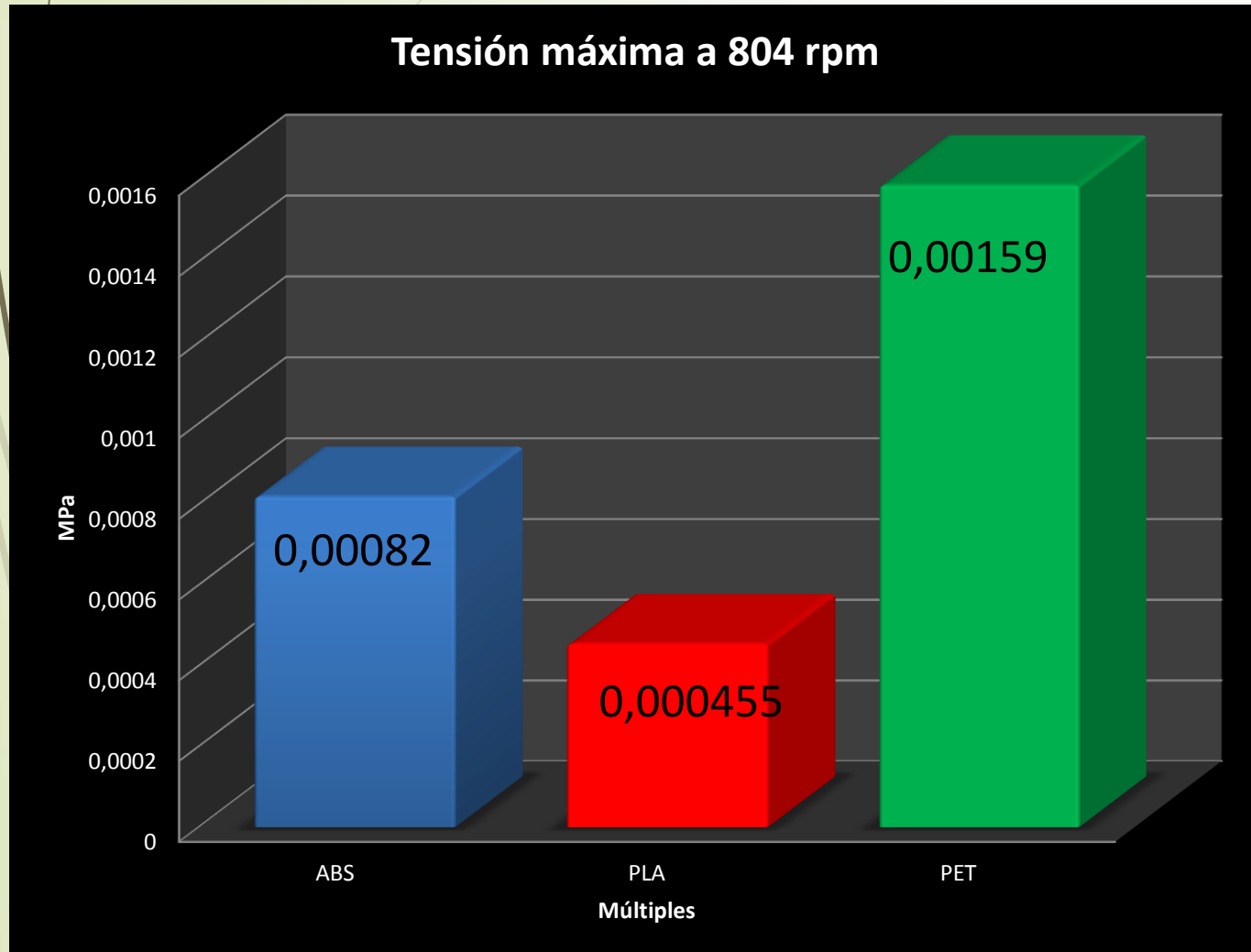
Deformación máxima a 3033 rpm



La mayor deformación a 3033 rpm sufrió el múltiple de material PET con un 0,056 mm, mientras que el material con la menor deformación fue el PLA con 0,0179 mm



## Comparación de la tensión a 804 rpm.

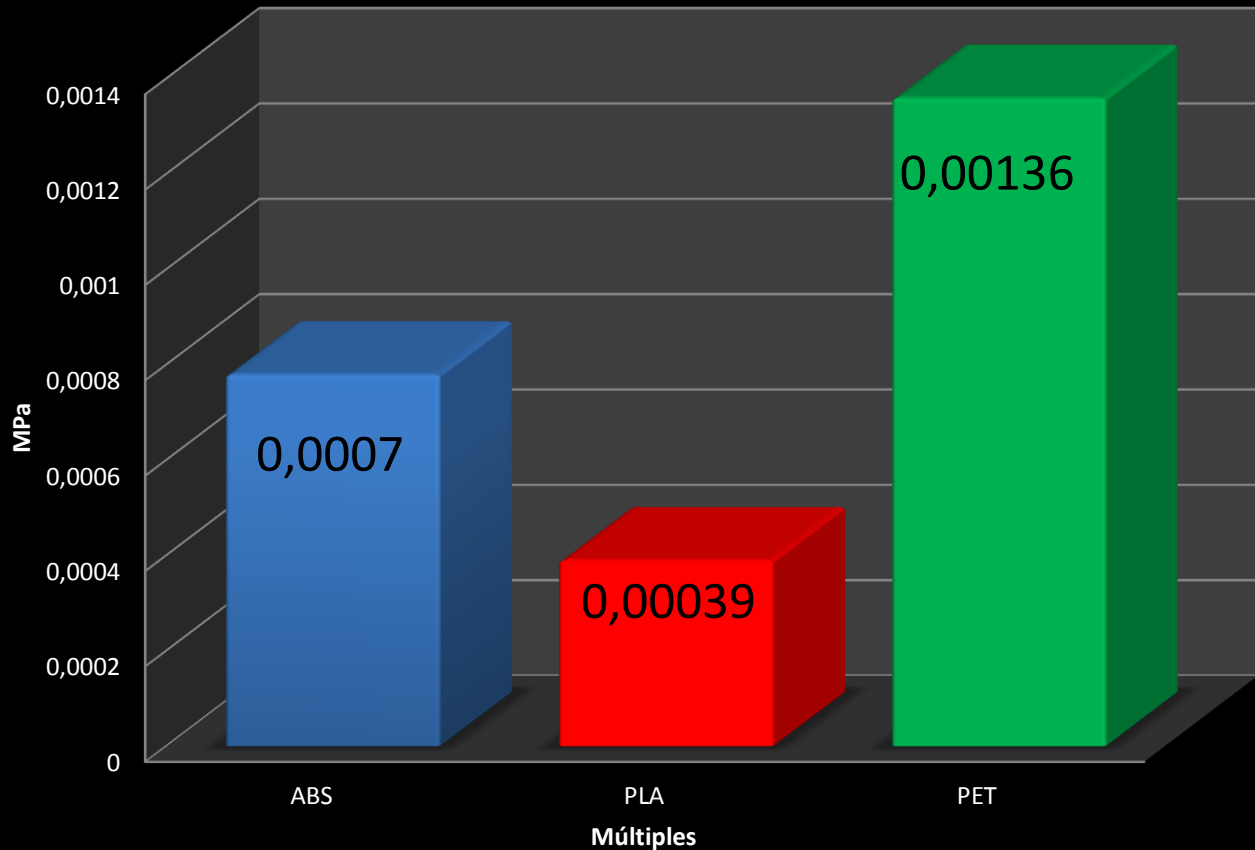


La mayor tensión a 804 rpm sufrió el múltiple de material PET con un 0,00159 MPa, mientras que el material con la menor tensión fue el PLA con 0,000455 MPa



# Comparación de la tensión a 3033 rpm

Tensión máxima a 3033 rpm

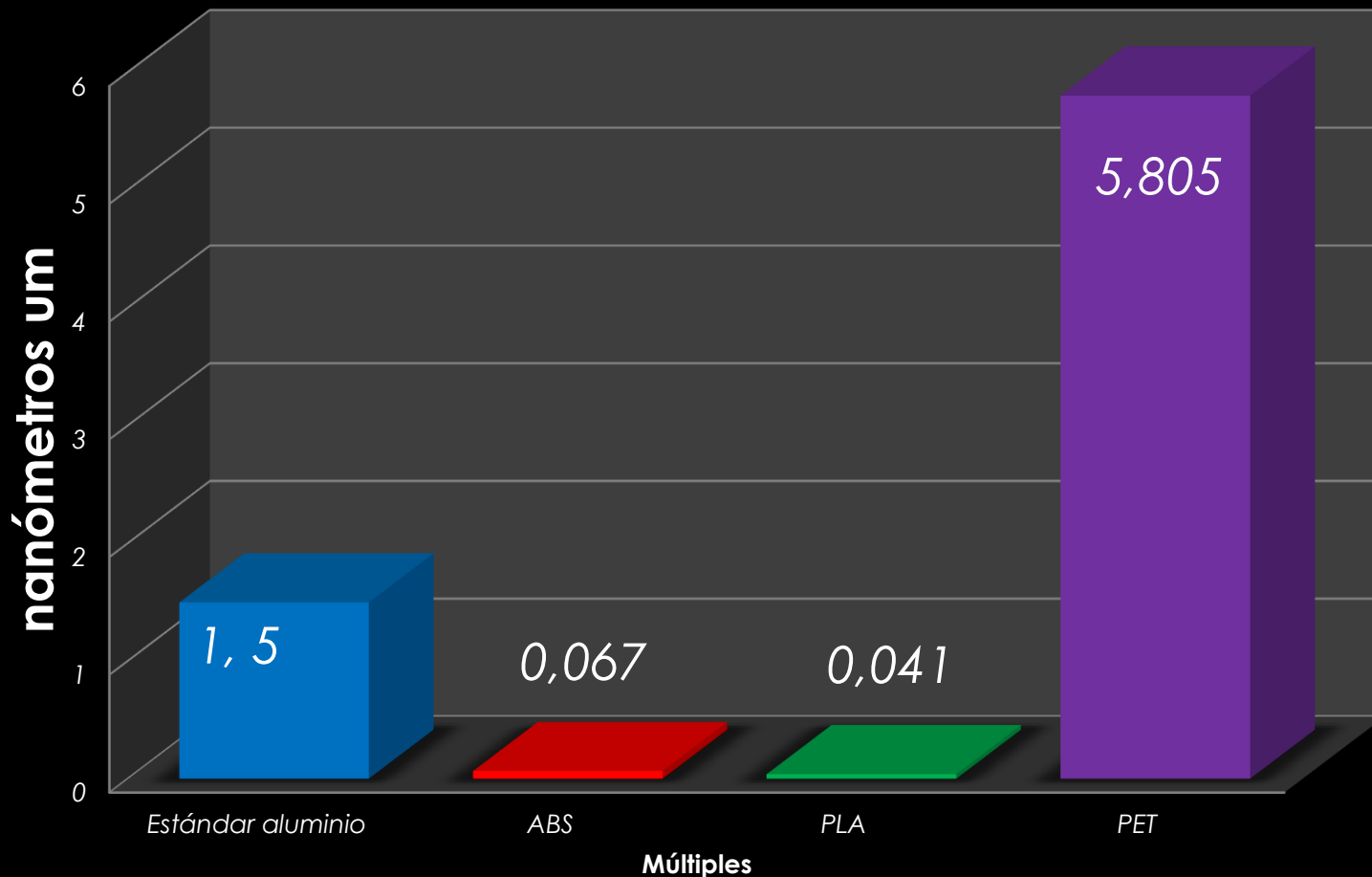


La mayor tensión a 3033 rpm sufrió el múltiple de material PET con un 0,00136 MPa, mientras que el material con la menor tensión fue el PLA con 0,00039 MPa



# Comparación de rugosidades

Rugosidades de los distintos materiales

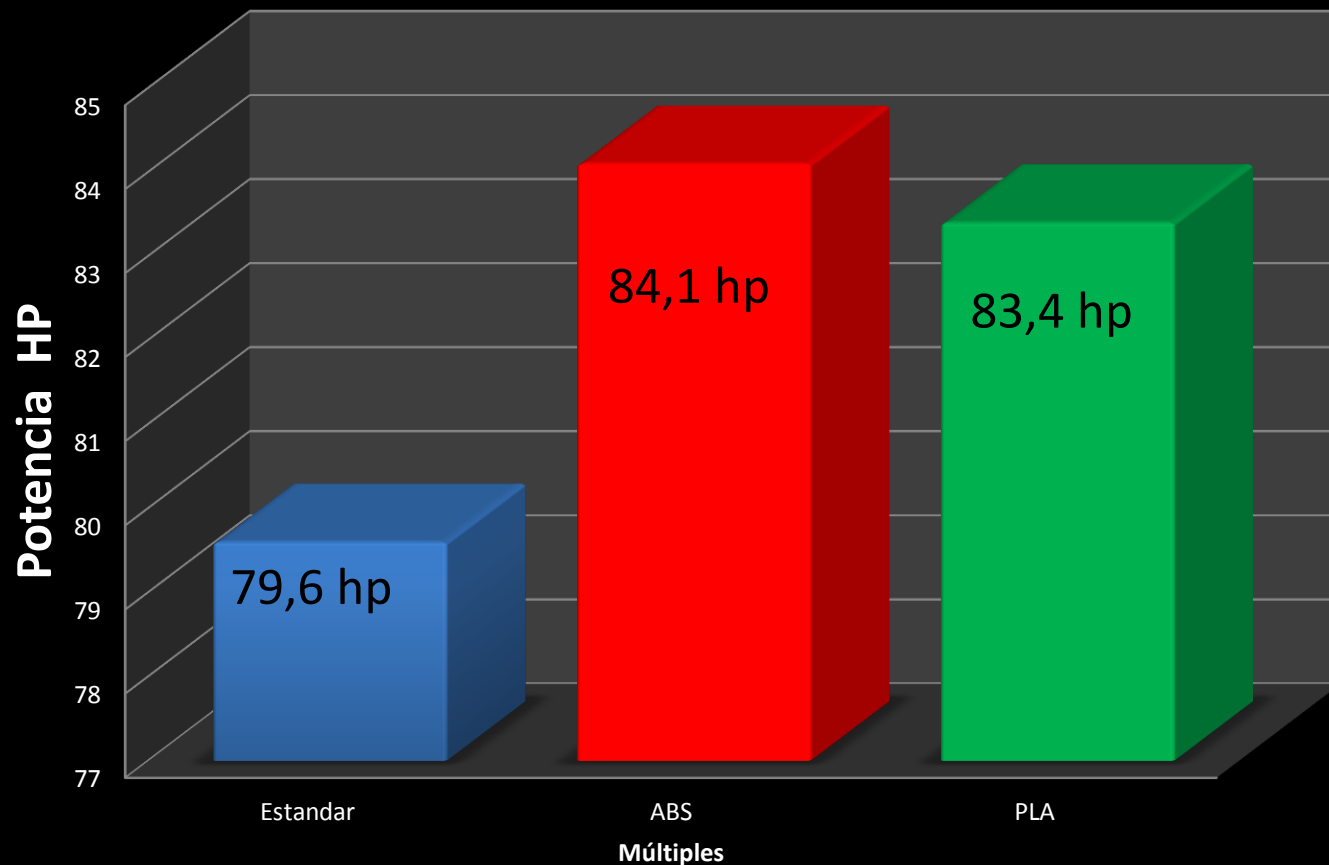


Las menores rugosidades las tienen los materiales termoplásticos ABS y PLA, siendo 0,067 um y 0,041 um respectivamente, lo que justifica que el aire tenga menos resistencia en circular hasta la salida del múltiple, por el contrario el material con mayor rugosidad es el PET con 5,805 um.



# Comparación de potencia

Potencia máxima del motor HP

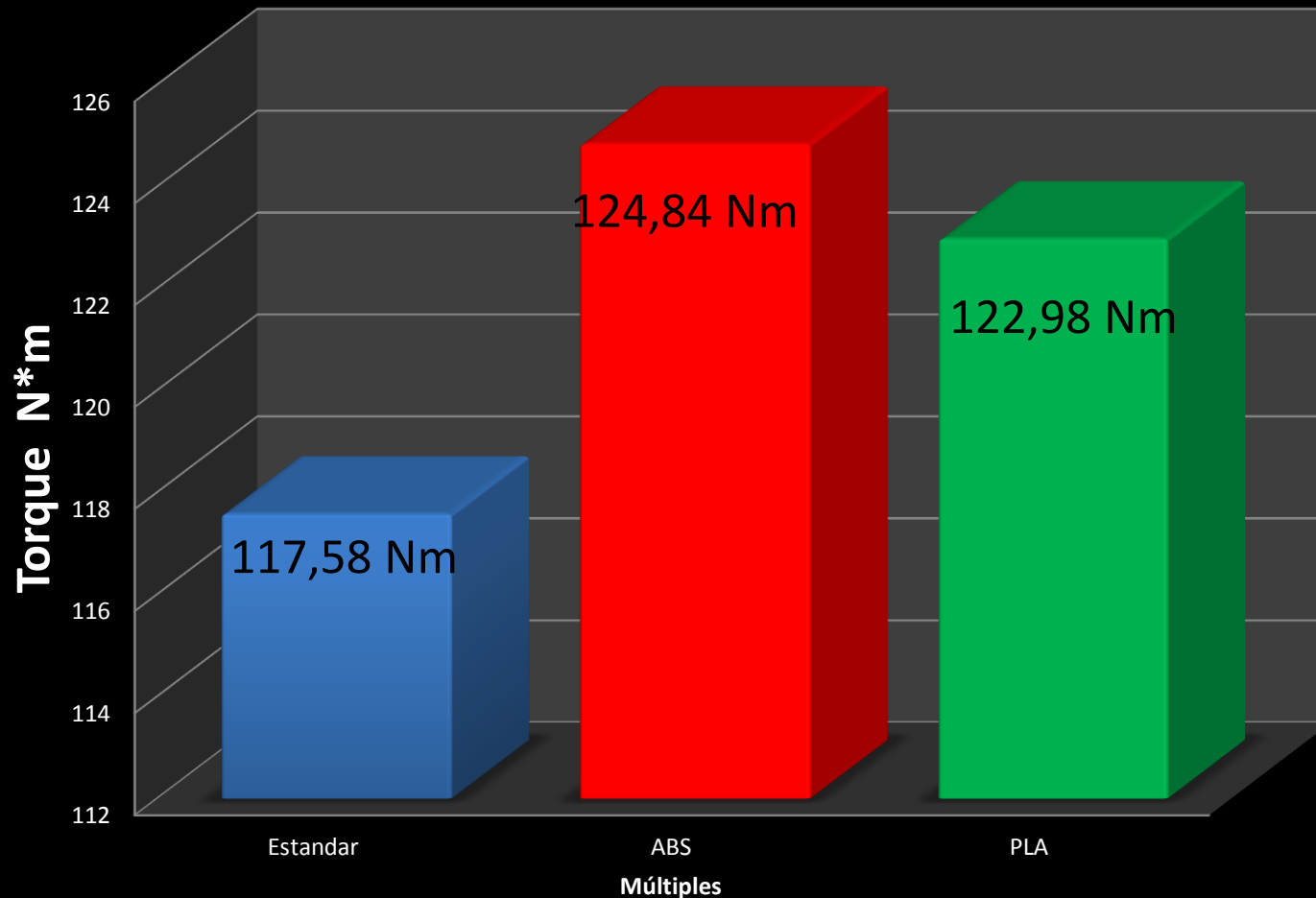


La potencia del motor con los múltiples de material termoplástico tuvo un incremento de 4,5 hp para el de ABS lo que representa un 5,65 % y de 3,8 hp para el de PLA que es un 4,77 % en comparación con el estándar.



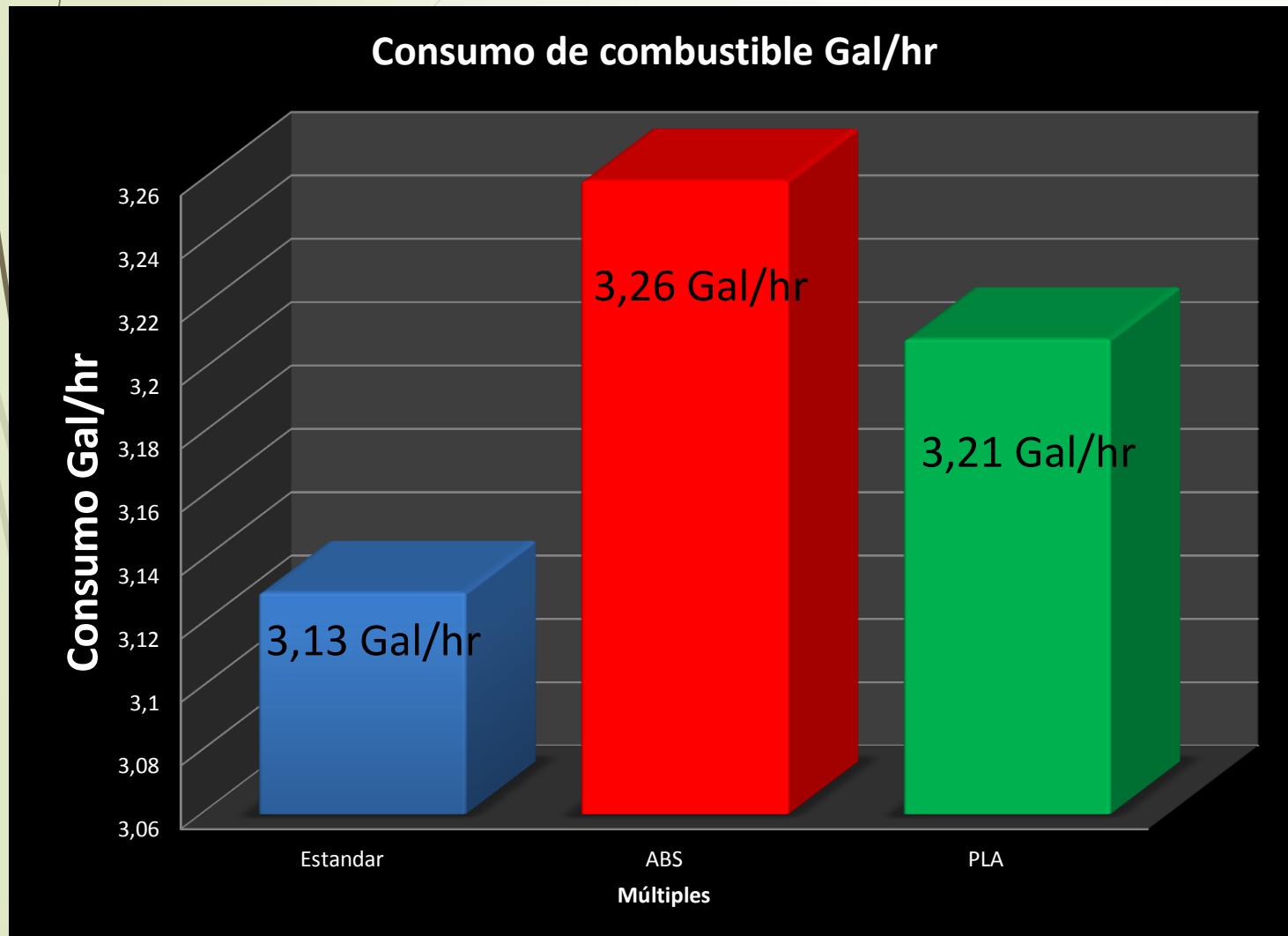
# Comparación de torque

Torque máxima del motor N\*m



El torque del motor con los múltiples de material termoplástico tuvo un aumento de 7,26 Nm para el de ABS lo que representa un 6,17 % y de 5,4 Nm para el de PLA que es un 4,59 % en relación con el estándar.

## Comparación de consumo de combustible.

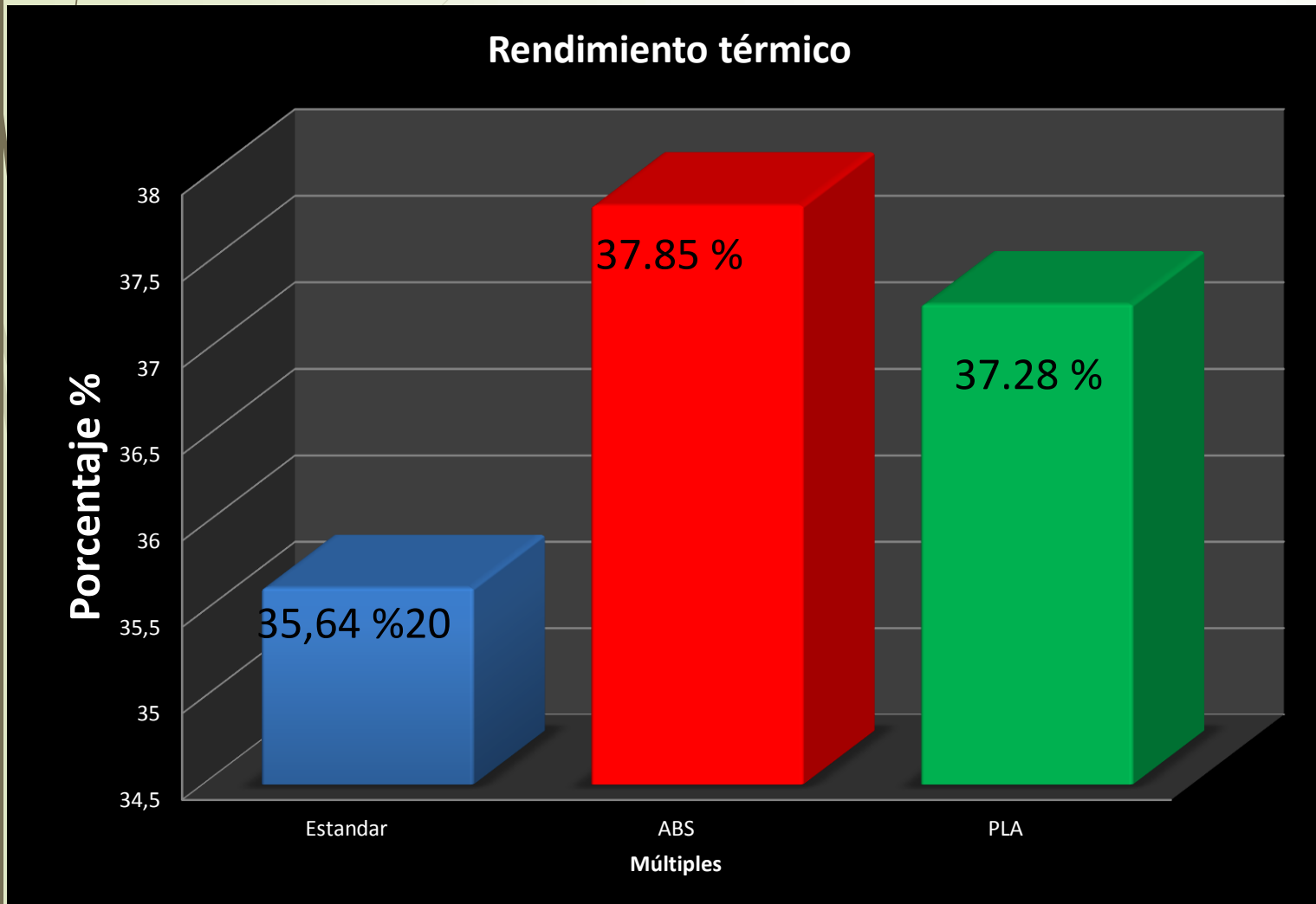


El consumo de combustible, varía en 0,13 Gal/hr para el múltiple de ABS lo que representa un 4,15%, y de 0,08 Gal/hr para el colector de PLA lo que es un 2,55 % en aumento de consumo de combustible cuando el motor llega a su máxima potencia con relación al múltiple estándar.





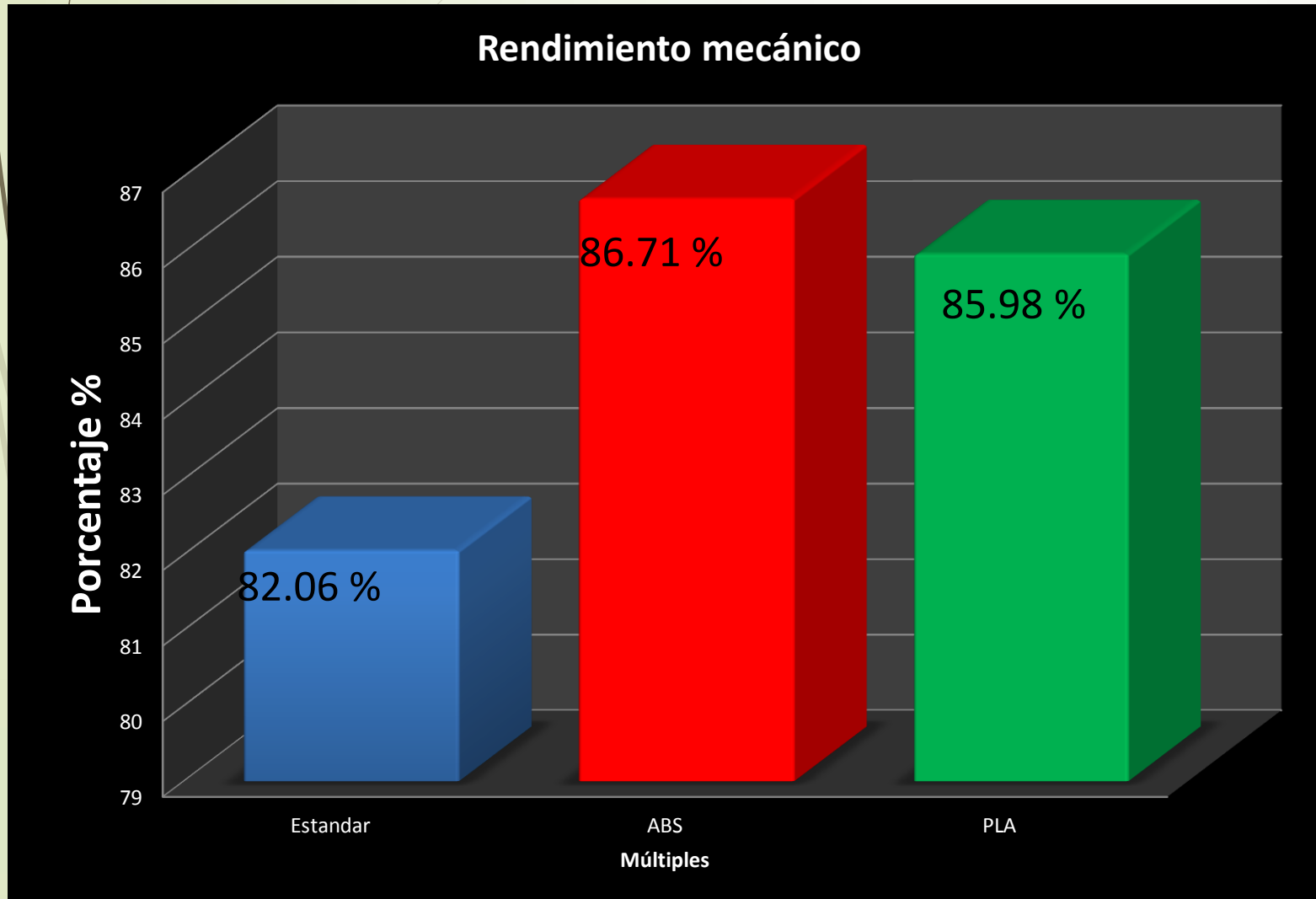
# Comparación de rendimiento térmico.



El múltiple de material ABS es el que tiene un mayor rendimiento térmico, con un 37,85% lo que representa un 2,21 % por encima del colector estándar.



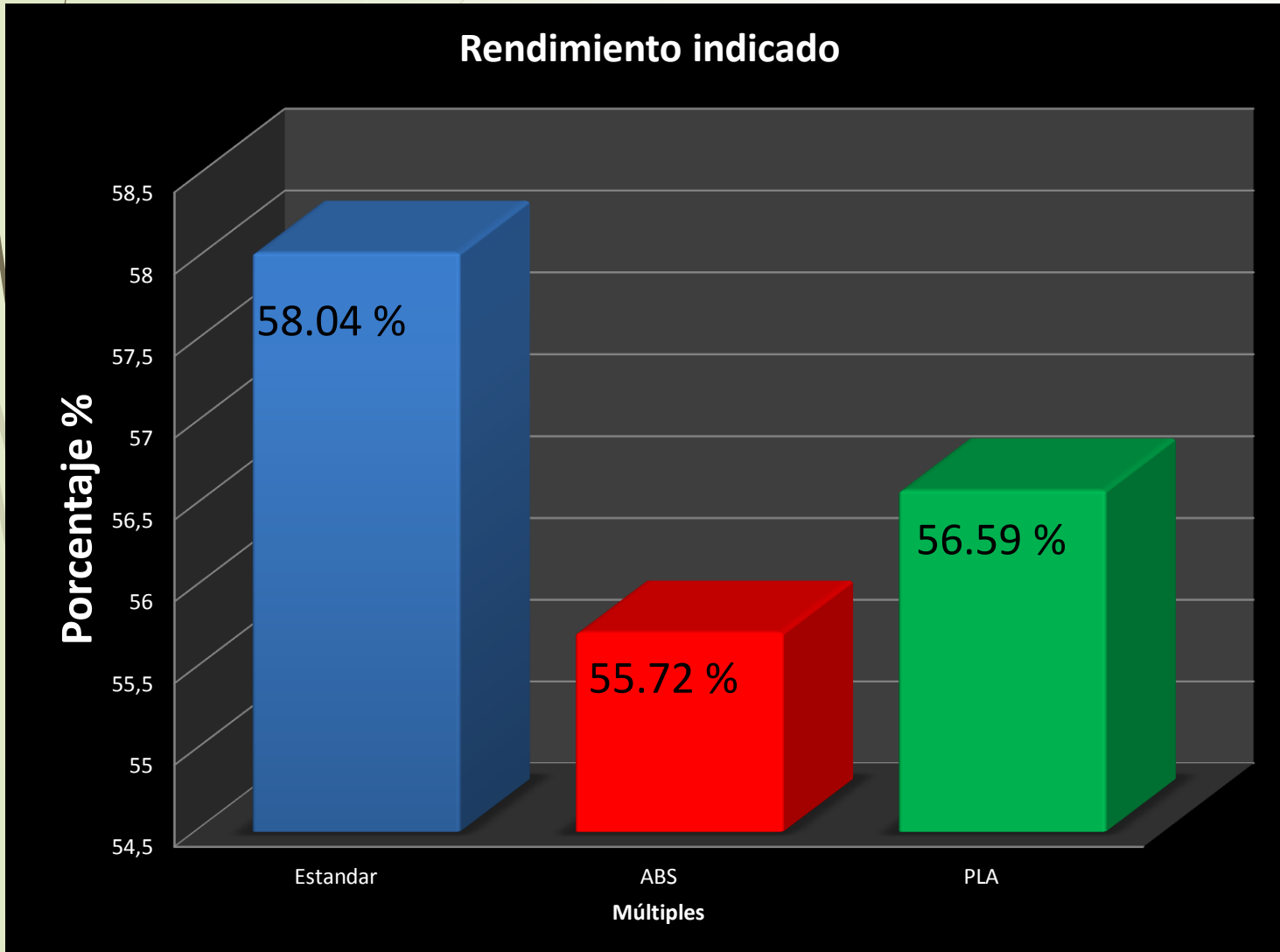
# Comparación de rendimiento mecánico.



se observa que el colector de material ABS presenta el mayor porcentaje con un 86,71 %, mientras que el múltiple estándar tiene el menor valor con 82,06 %.

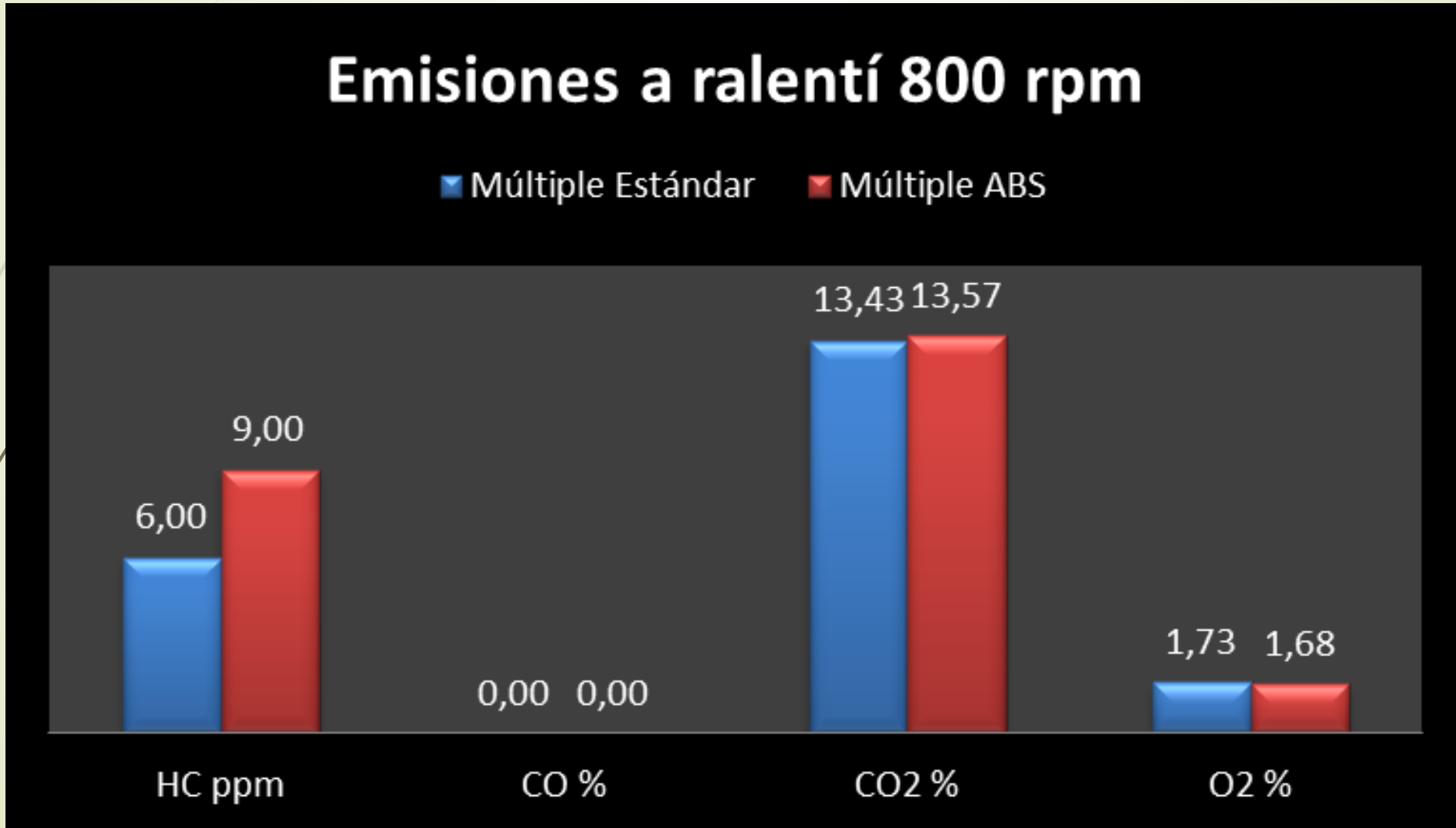


# Comparación de rendimiento indicado.

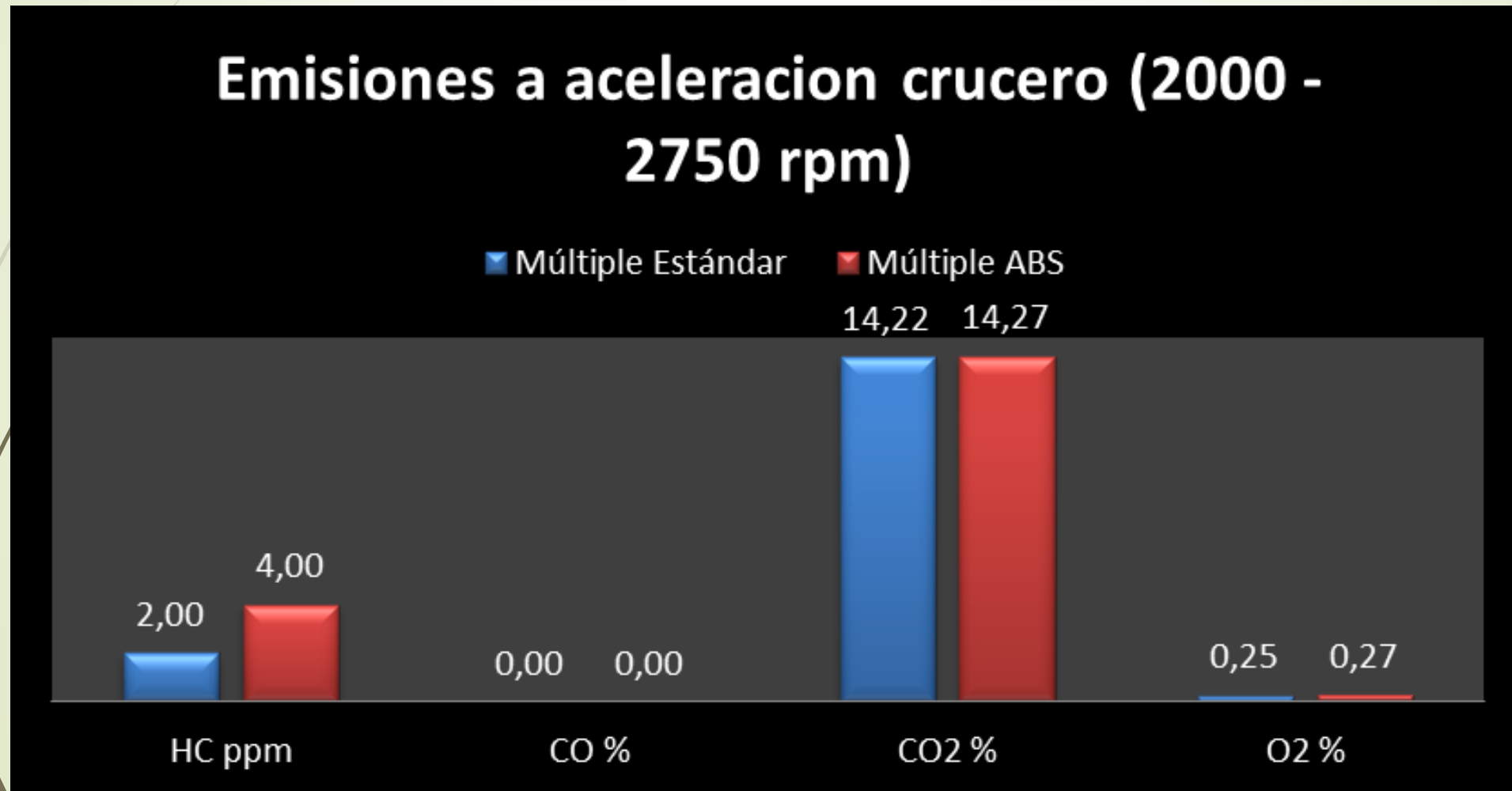


Se puede ver un porcentaje menor con el material ABS de 2,32 % por debajo del mejor rendimiento que presentó el colector estándar con un 58,04%.

# Comparación de emisiones a ralentí 800 rpm.




# Comparación de emisiones a aceleración crucero (2000 - 2750 rpm).






# CONCLUSIONES

- Se recolecto la información bibliográfica, manuales y datos técnicos que permitieron un adecuado manejo de los equipos de medición a utilizar.
- Se Modelo el múltiple de admisión, se simulo el comportamiento del flujo de aire, y se realizó un análisis estructural del colector con cada material termoplástico.
- Se Construyó diferentes colectores de admisión, en una impresora 3D de material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), PLA (Ácido Poliláctico) y PET (Polietileno Tereftalato) para comprobar los parámetros mecánicos del motor DAEWOO SOHC con respecto al fabricante.

- 
- Se instaló los colectores de admisión en el vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 lt del motor DAEWOO SOHC.
  - Se realizó las diferentes pruebas para determinar los parámetros característicos (potencia, torque, consumo de combustible y análisis de gases de escape) del motor DAEWOO SOHC del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 lt. cuando se utilizó los diferentes tipos de colectores fabricados.
  - Se tabuló los datos obtenidos, para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos del motor DAEWOO SOHC.
  - Se Comparó los resultados obtenidos durante las pruebas con los parámetros característicos del fabricante.
  - Los termoplásticos PLA y PET no resistieron las pruebas en el dinamómetro de rodillos aunque su temperatura de fusión (178 y 244 °C) respectivamente es similar que la del termoplástico ABS (250 °C); lo cual terminaron derritiéndose en el cilindro 2 y 3 tres del motor. En el cilindro 2 y 3 es donde más calor se produce ya que tiene a su lado el cilindro 1 y 4 respectivamente lo cual no permite que se disipe de una manera rápida el calor.


- Al reemplazar el colector de admisión estándar (aluminio), por un termoplástico (ABS), se logró obtener menos rugosidad de 1.5 a 0.067  $\mu\text{m}$  respectivamente, y resistencia a la fricción del flujo de aire.
- La temperatura de funcionamiento del colector de admisión termoplástico ABS es mucho más baja que el colector de aluminio (43 y 68 °C) respectivamente, lo cual es muy oportuno, ya que así el aire que ingresan a los cilindros para la combustión entra más frío, y así se tiene mayor masa de aire en los cilindros.
- La temperatura de fusión del termoplástico ABS es de 250 °C, lo cual evita que el colector de admisión resista la temperatura de funcionamiento del motor que es aproximadamente 95 °C.
- La potencia obtenida por los colectores de admisión ABS, PLA y estándar, fueron 84.1, 83.4 y 79.6 hp respectivamente; en lo cual se puede concluir que si se obtiene una mayor potencia utilizando el colector de admisión ABS, y su diferencia con el estándar es de 4.5 hp. El porcentaje en incremento es de 5.65%.



- 
- ▶ En relación al torque con el termoplástico ABS se obtuvo 124.84 Nm, y con el colector estándar se obtuvo 117.58 Nm, lo que indica que el torque también aumento considerablemente, y el vehículo por tal tendrá mejores rendimientos en carretera con pendientes con ángulos muy pronunciados. El porcentaje en incremento es de 6.17%.
  - ▶ El consumo de combustible aumento al usar el colector de admisión ABS debido al aumento de aire en los cilindros y los tiempos en que se realizó las pruebas; el aumento no es muy exaltado ya que el colector estándar obtuvo 3.13 Gal/hr y el colector ABS obtuvo 3.26 Gal/hr.
  - ▶ Al igual que el consumo de combustible, las emisiones de gases aumentaron para el termoplástico ABS; pero aun así cumple la norma INEN 2204 (CO, HC, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) para los vehículos automotores. Los valores varían por centésimas en los diferentes gases medidos lo cual se refleja en el análisis de resultado de emisiones de gases. Los porcentajes en que aumentaron son: CO<sub>2</sub>=0.1%, HC=(de 2 a 4 ppm), O<sub>2</sub>=(2.8%).

# RECOMENDACIONES

- ▶ Realizar pruebas dinámicas con el termoplástico ABS de torque, potencia, consumo de combustible, eligiendo una ruta en donde el vehículo se encuentre sometido a diferentes condiciones ambientales, de carga y conducción, con el equipo apropiado para este tipo de prueba.
- ▶ Se recomienda realizar una investigación con el termoplástico PLA, combinándolo con diferentes materiales para aumentar así su resistencia a la temperatura, ya que el termoplástico PLA también al pulirlo posee una superficie lisa en sus conductos.
- ▶ El termoplástico PET no se recomienda para aplicaciones automotrices ya que tiene una muy poca resistencia a la fractura y a la temperatura.

- 
- El porcentaje de impresión en 3d es muy importante, ya que mientras más porcentaje de impresión, se obtienen capas de material más unidas y así el prototipo será más resistente y por sus conductos no se escapara el fluido en este caso el aire. Se recomienda un porcentaje de impresión de 80%.
  - Calcular el torque correcto para cada uno de los diferentes materiales termoplásticos, ya que todos no tienen la misma resistencia a la fractura.
  - Los materiales termoplásticos son hidrofílicos, lo cual significa que reaccionan con el agua, por lo tanto; no se recomienda usarlos para admisión con tomas de agua unidas. Usar únicamente los termoplásticos para admisión el cual su fluido es el aire.
  - Para realizar cualquier prueba, tener en cuenta los métodos de seguridad industrial para así no se tenga ningún inconveniente físico.
  - Inspeccionar que todas las maquinas utilizadas en las pruebas descritas estén en perfectas condiciones de funcionamiento, para así poder obtener resultados precisos.