



## **Maestría en Diseño Mecánico**

### **Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos**

**EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN  
3D, MODELADO DE FUSIÓN POR DEPOSICIÓN (FDM)  
Y TECNOLOGÍA POLYJET, APLICADA A LA  
FABRICACIÓN DE CONDUCTOS DE AIRE DEL  
VEHÍCULO TOYOTA STOUT 2200**

**Bryan Jhon Briceño Martínez**

Director PhD. Edilberto Llanes Cedeño  
Codirector: Ing. Gustavo Moreno Mgs.

# PROBLEMÁTICA

**Manufactura Aditiva = Impresión 3D=Prototipado Rápido**



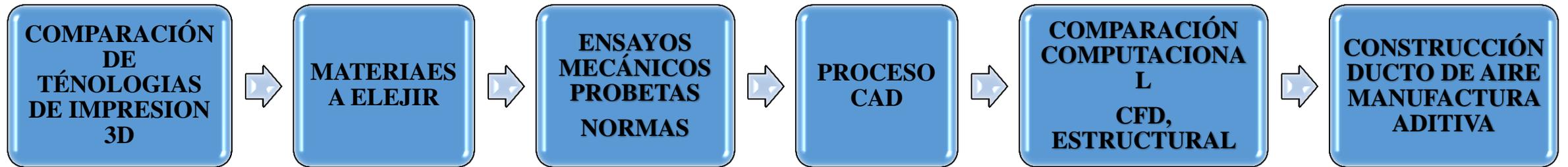
# OBJETIVO

- Evaluar las tecnologías de impresión 3D: Modelado de fusión por deposición (FDM) y Fabricación Aditiva (PolyJet), a partir de la modelación y fabricación de probetas, con materiales: Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA) y VeroWhitePlus RGD83, para la aplicación en la fabricación de conductos de aire automotriz.

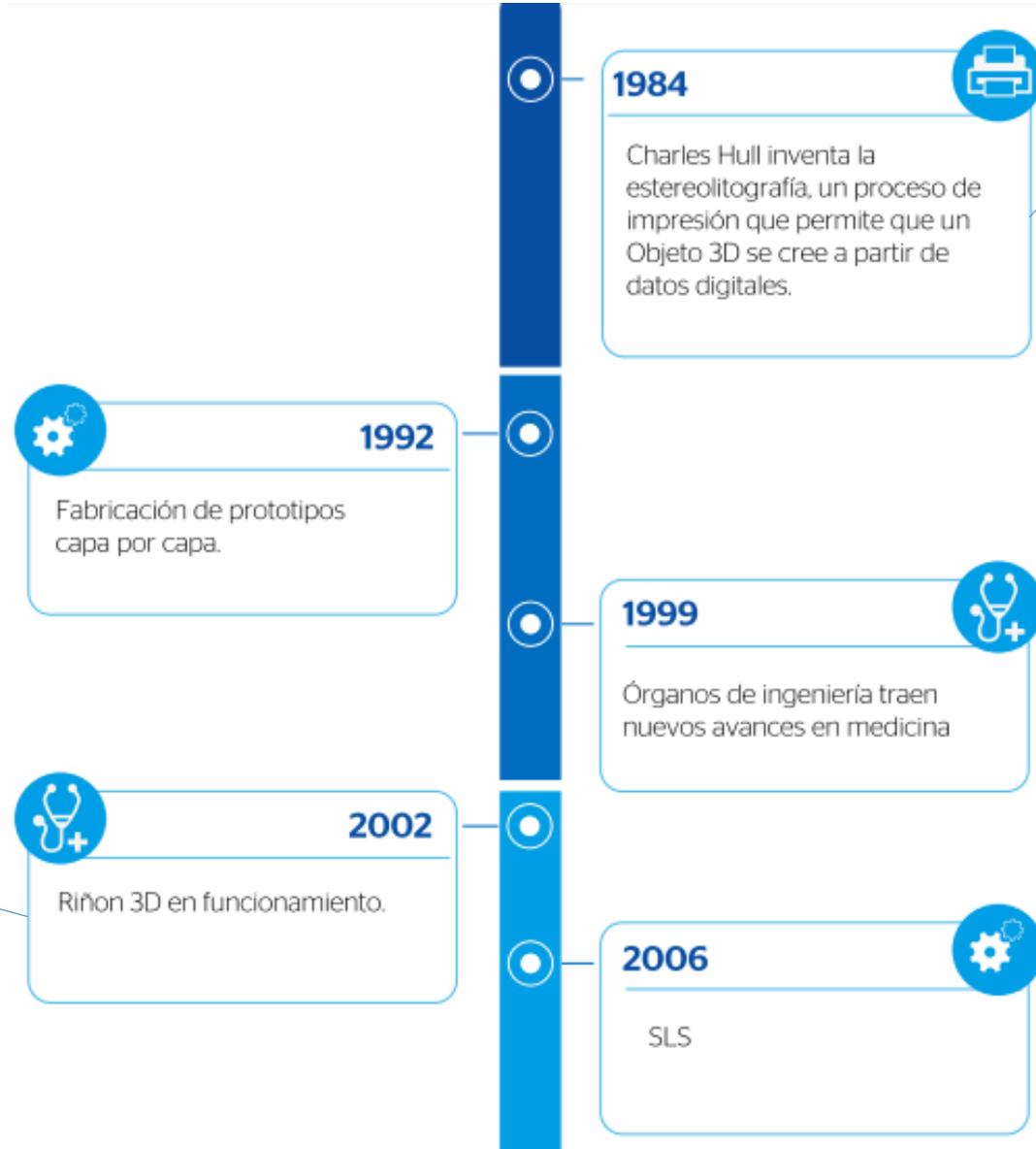
## **Objetivos específicos:**

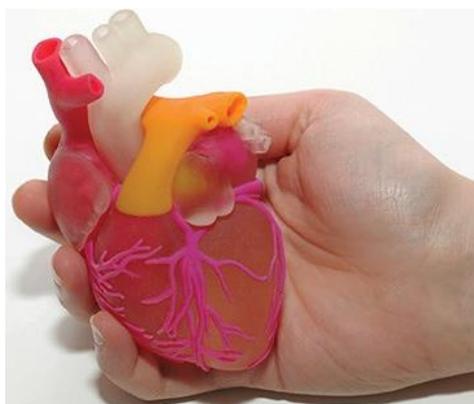
- Analizar los materiales Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA) y VeroWhitePlus RGD83, a partir de ensayos mecánicos como: Tracción (ASTM D 638-14), y Flexión (ASTM D 790).
- Comparar propiedades mecánicas de los materiales como: Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA) presentes en la tecnología Modelado de fusión por deposición (FDM) y VeroWhitePlus RGD83, Tecnología PolyJet.
- Seleccionar el material adecuado presente en la manufactura aditiva, determinando la mejor resistencia a la tracción y flexión, verificando propiedades afines al conducto original.
- Realizar un estudio de fluido dinámico computacional (CFD), por medio del software Siemens NX 11.0, y Workbench ANSYS 18.0 detallando puntos críticos en la cavidad del conducto de aire.
- Comparar los diferentes materiales de impresión 3D por medio de una simulación Estructural, por medio del software Siemens NX 11.0, y Workbench ANSYS 18.0
- Construir a través de la Manufactura Aditiva el conducto de aire automotriz del vehículo Toyota Stout 2200.

# Metodología



# Historia





**2008**

Primera impresora con capacidad autorreplica. Lanza servicios de co-creación. Gran avance en prótesis.



**2010**

Primer avión de impresión 3D. Primer coche impreso en 3D. Impresión 3D en oro y plata.



**2013**

Primeras réplicas en miniatura de órganos.



**2009**



Bio-impresión. De células a vasos sanguíneos.



**2012**



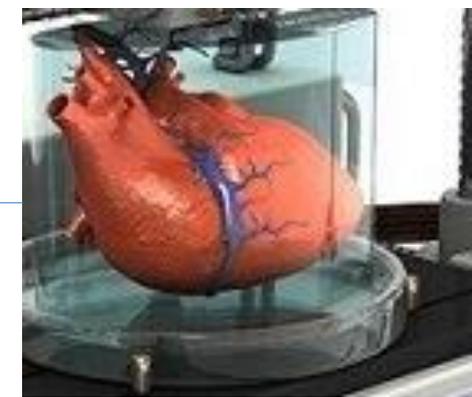
Primer implante de prótesis de mandíbula impresa en 3D.



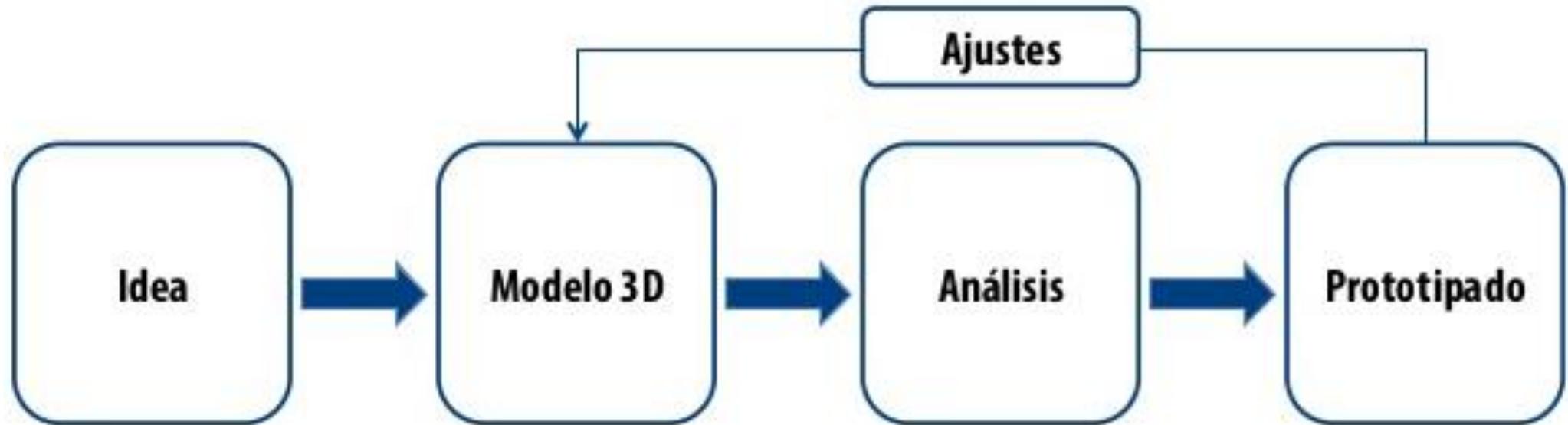
**2014**



Primer hígado funcionando creado por 3D. Impresión de trajes Ekso, que ayudan a personas discapacitadas.



# Preparación Impresión 3D



# Proceso de Impresión 3D



# Tecnologías de Impresión 3D

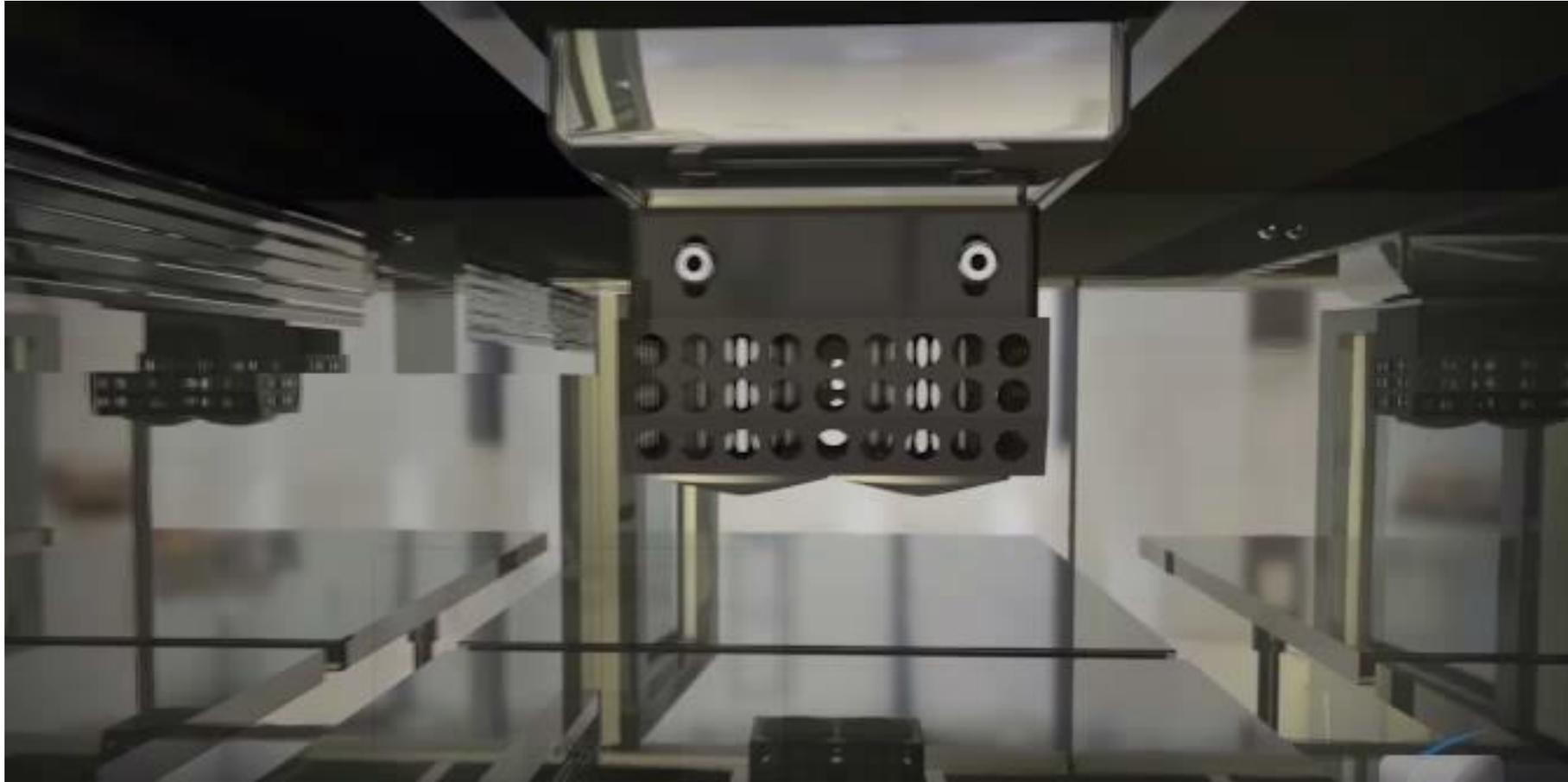


Especificaciones	PolyJet®	Modelo de Fusión por Deposición (FDM)	Estereolitografía (SLA)
Operaciones			
Tiempo de proceso	● ● ●	● ● ◐	● ● ◐
Procesado previo	● ● ●	● ● ●	● ● ◐
Post-procesado	● ● ●	● ● ●	● ●
Entorno de oficina	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Facilidad de uso	● ● ●	● ● ●	● ●
Características			
Acabado Superficial	● ● ●	●	● ●
Detalles de características	● ● ●	●	●
Precisión	● ●	● ● ●	●
Tamaño	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Materiales			
Rígidos	● ● ●	● ● ●	● ◐
Flexible	● ● ●	◐	●
Duradero	● ◐	● ● ●	● ◐
Transparente	● ● ●	●	● ●
Alto Rendimiento	●	● ● ●	●
Biocompatible	● ● ●	● ● ●	● ● ●

# Tecnología PolyJet



# Tecnología Modelado de Fusión por Deposición



# Materiales Mercado Nacional Tecnología FDM.

Especificaciones	Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA)	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	FDM Nylon 6
<b>Operaciones</b>			
Post-procesado	● ● ●	● ● ●	● ●
Facilidad de uso	● ● ●	● ● ●	● ● ●
<b>Características</b>			
Colores	● ● ●	● ●	●
Resistente Rayos UV	● ● ●	● ● ●	● ●
<b>Materiales</b>			
Rígidos	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Duradero	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Transparente	●	●	●
Alto Rendimiento	● ● ●	● ● ●	● ● ●

# Materiales Mercado Nacional Tecnología PolyJet.

	Fotopolímero VeroWhitePlus (RGD835)	Fotopolímero VeroGlaze (MED620)	Fotopolímero TangoBlack FLX973
<b>Operaciones</b>			
Post-procesado	● ● ●	● ●	● ●
<b>Acabado</b>	● ● ●	● ● ●	● ● ●
<b>Características</b>			
Colores	● ●	●	●
<b>Resistente Rayos UV</b>	● ●	●	●
<b>Materiales</b>			
Rígidos	● ● ●	● ●	● ●
Duradero	● ● ●	● ●	● ●
Transparente	●	●	●
<b>Alto Rendimiento</b>	● ● ●	● ● ●	● ●

# Comparación de materiales, PolyJet vs (FDM)

	Fotopolímero VeroWhitePlus (RGD835)	Acrylonitrilo Estireno Acrilato (ASA)
<b>Operaciones</b>		
Tiempo de proceso	● ● ●	● ● ●
Facilidad de uso	● ● ●	● ● ●
Post-procesado	● ● ●	● ● ●
<b>Características</b>		
Colores	● ●	● ●
Acabado	● ● ●	●
Precisión	● ●	● ● ●
Resistente Rayos UV	● ●	● ● ●
Tamaño	● ●	● ● ●
<b>Materiales</b>		
Rígidos	● ● ●	● ●
Duradero	● ● ●	● ● ●
Transparente	● ●	●
Flexible	● ●	● ●
Biocompatible	● ●	● ● ●
Alto Rendimiento	● ● ●	● ●
<b>Costos</b>		
Precio Total	● ● ●	●

# Composición Material VeroWhitePlus RGD 835

- Monómero acrílico <30%
- Monómero de Acrilato <25%
- Fenol, polímero con clorometil <15%
- Óxido de Fosfina <2%
- Dióxido de titanio <0,8
- Ácido acrílico éster <0,3
- Ácido fosfórico 0,002-0,015%
- Acetato de propileo de glicol 0,1-0,125%



# Impresora Object 30 PRO

Espacio de  
impresión:

Largo 29.4cm x  
Ancho 19.2cm  
x Alto 14.8cm

Material de  
Modelo

VeroWhitePlus  
RGD 835

Material de  
Soporte:

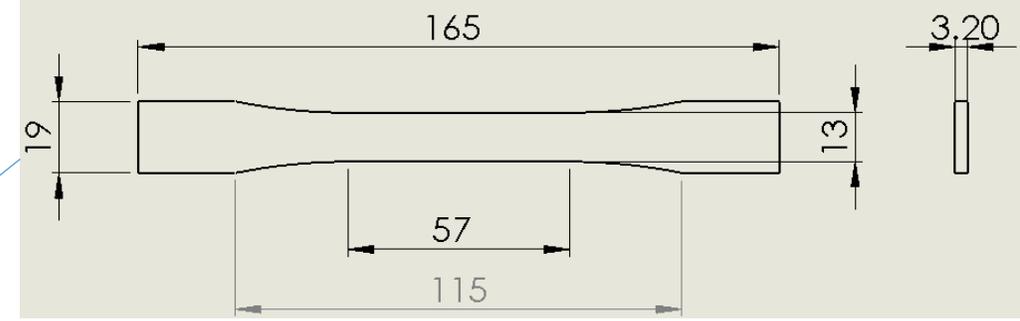
Full Care 705



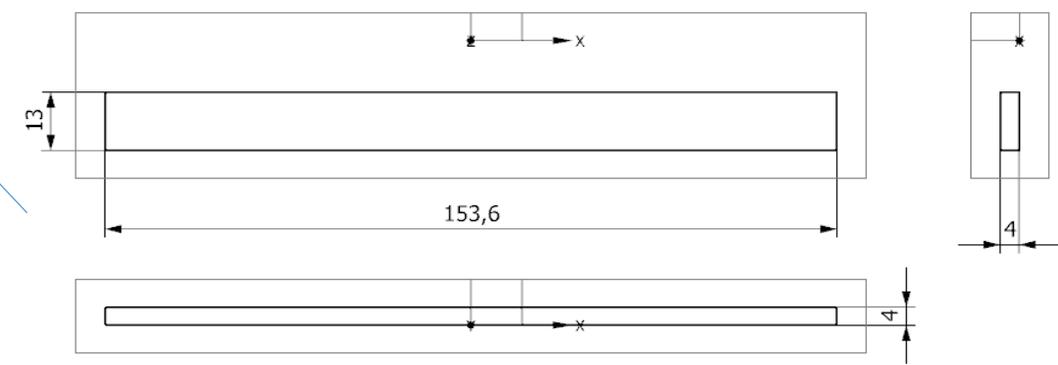
# Normas



**Designation D638-14**  
Método de Ensayo Estándar para  
Propiedades de Tracción de  
Plásticos Reforzados y no  
Reforzados

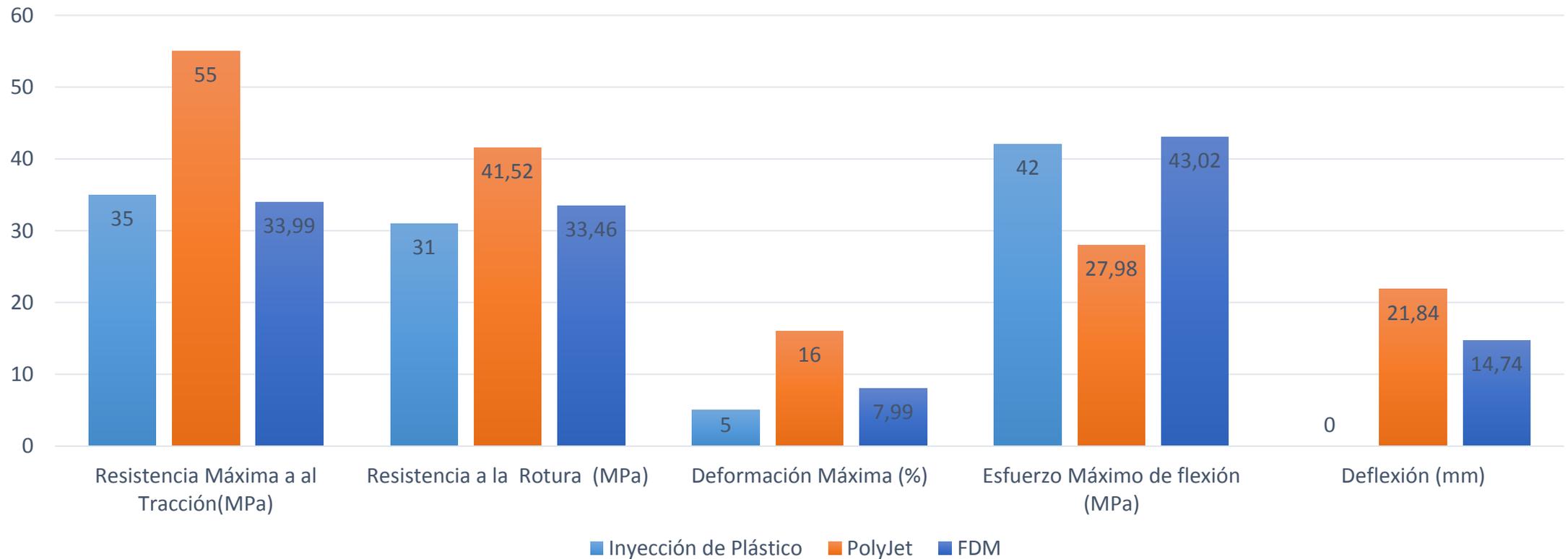


**Designación D790-14**  
Métodos de Ensayo Estándar para  
propiedades de flexión de  
Plásticos Reforzados y no  
Reforzados, Materiales Aislantes  
Eléctricos



# Resultados de Ensayos Mecánicos

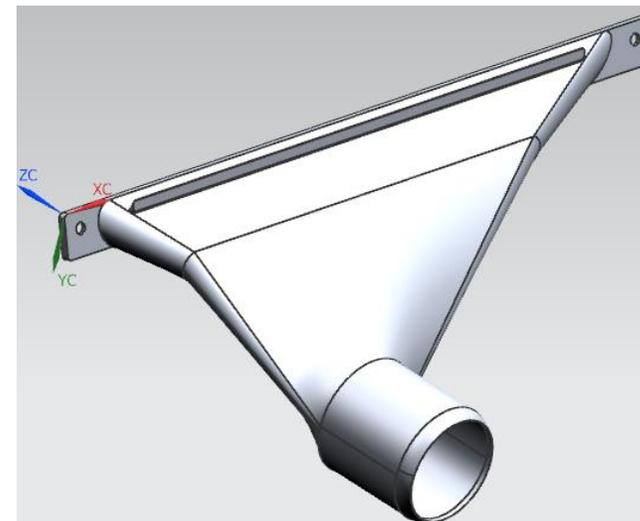
## Ensayos Tracción y Flexión



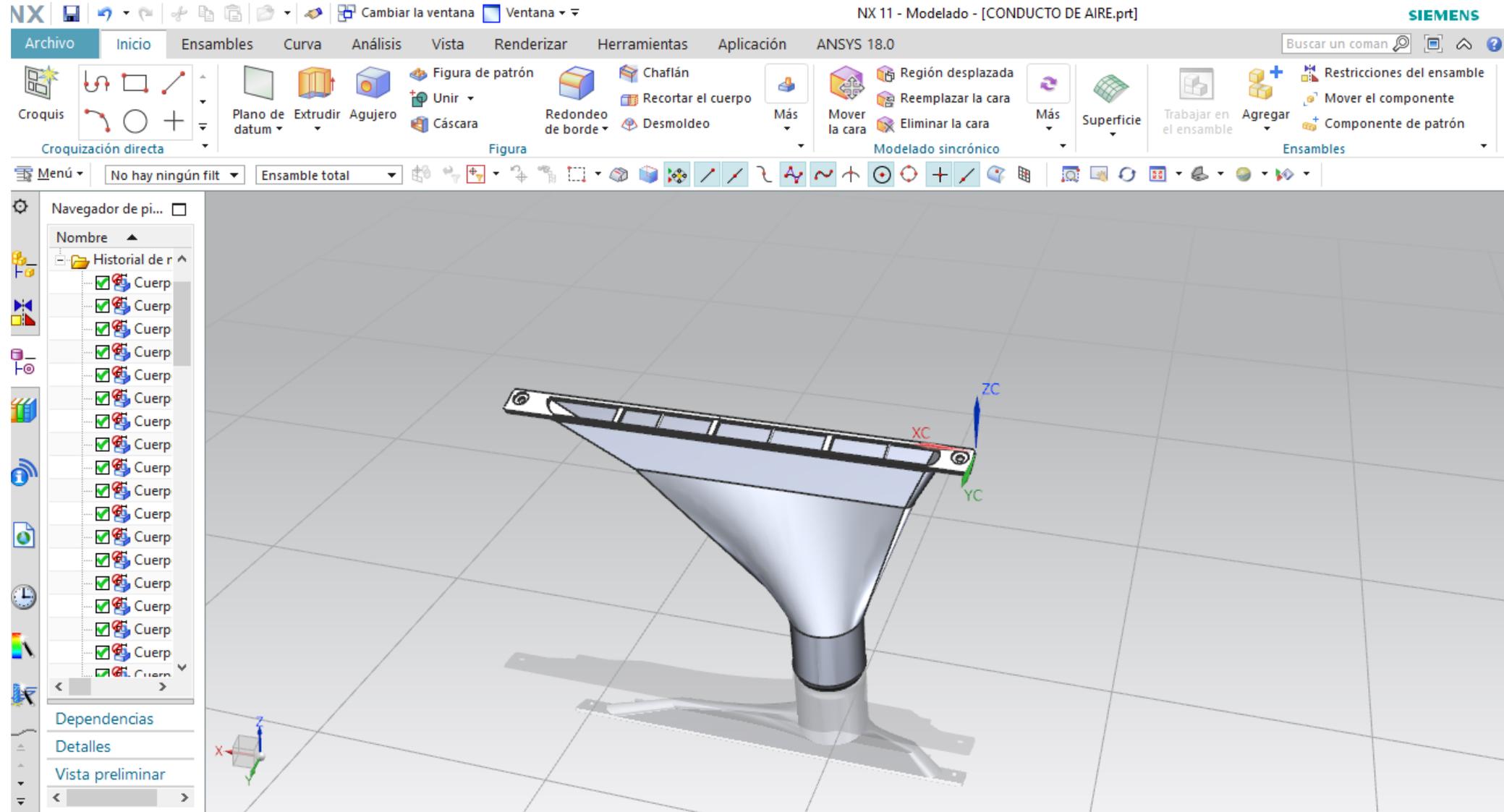
# Método Inicial Extracción de Medidas

- Herramientas utilizadas:

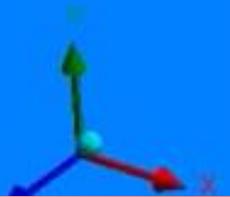
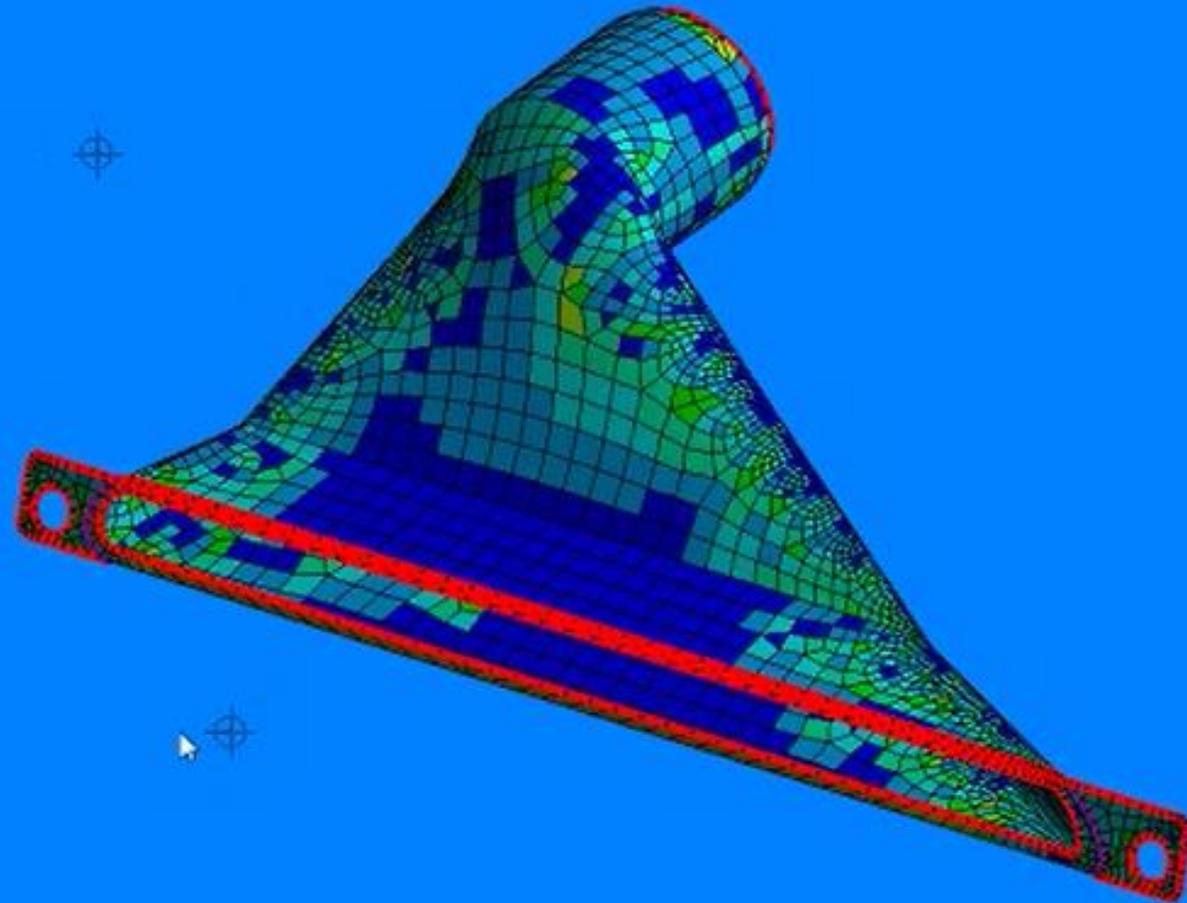
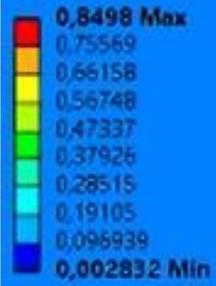
- Alexómetro
- Micrómetro
- Pie de Rey
- Flexómetro



# Software Utilizados



Mesh  
Skewness  
17/08/2017 11:44



Calidad de Malla



Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

# Análisis Estructural

Material	Módulo de Young (MPa)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Ratio de Poisson	Fuerza de Diseño
VeroWhitePlus RGD 835	3000	1,18	0,33	5,51 N
ASA	541,89	1,07	0,33	5,51 N
Polipropileno	1300	0,91	0,4	5,51 N

$F$  = fuerza generada en el interior del componente de aire acondicionado (N).

$C_x$  = coeficiente aerodinámico **0.7**

$d$  = densidad del aire **1,28 kg/ cm<sup>3</sup>**.

$V^2$  = velocidad del aire de ingreso m/s. **15Km/h**

$A$  = área de contacto interno, **0.0547m<sup>2</sup>**

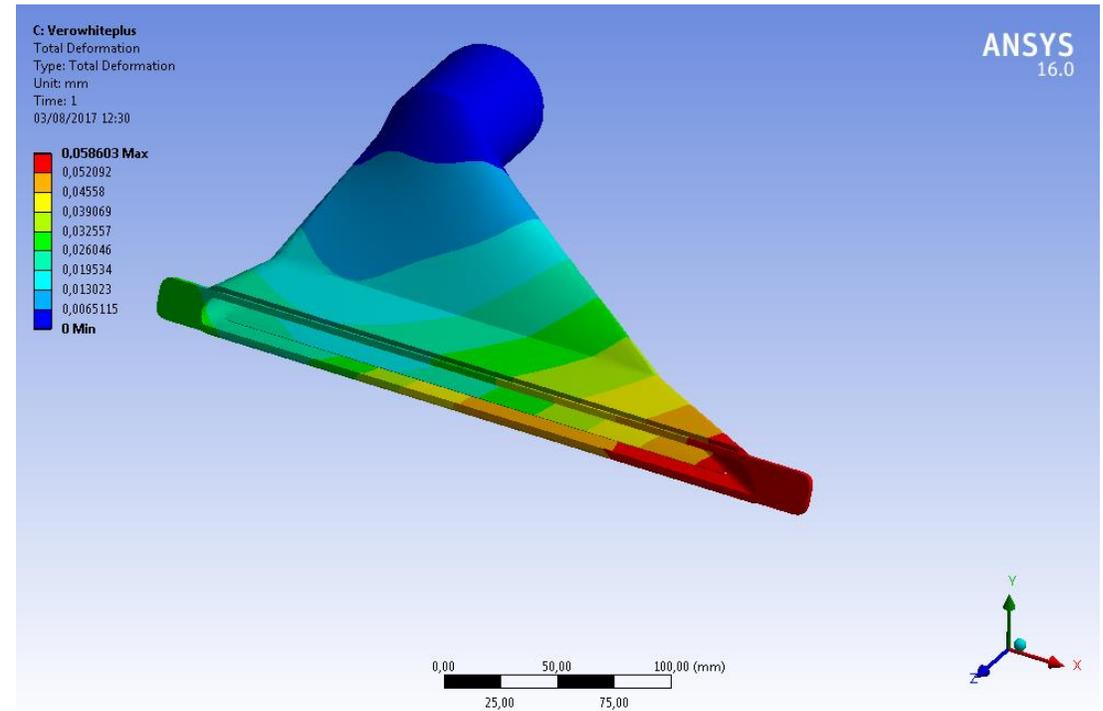
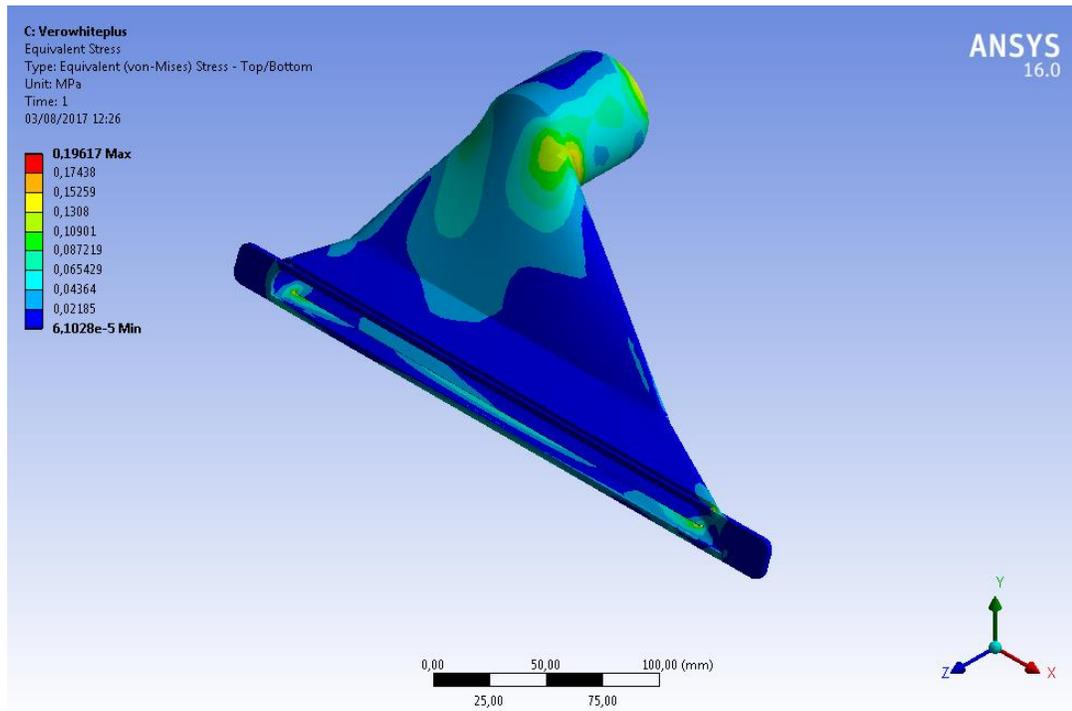
$$F = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot d \cdot V^2 \cdot A$$

$$F = 5,51 N$$

# VeroWhitePlus RGD 835.

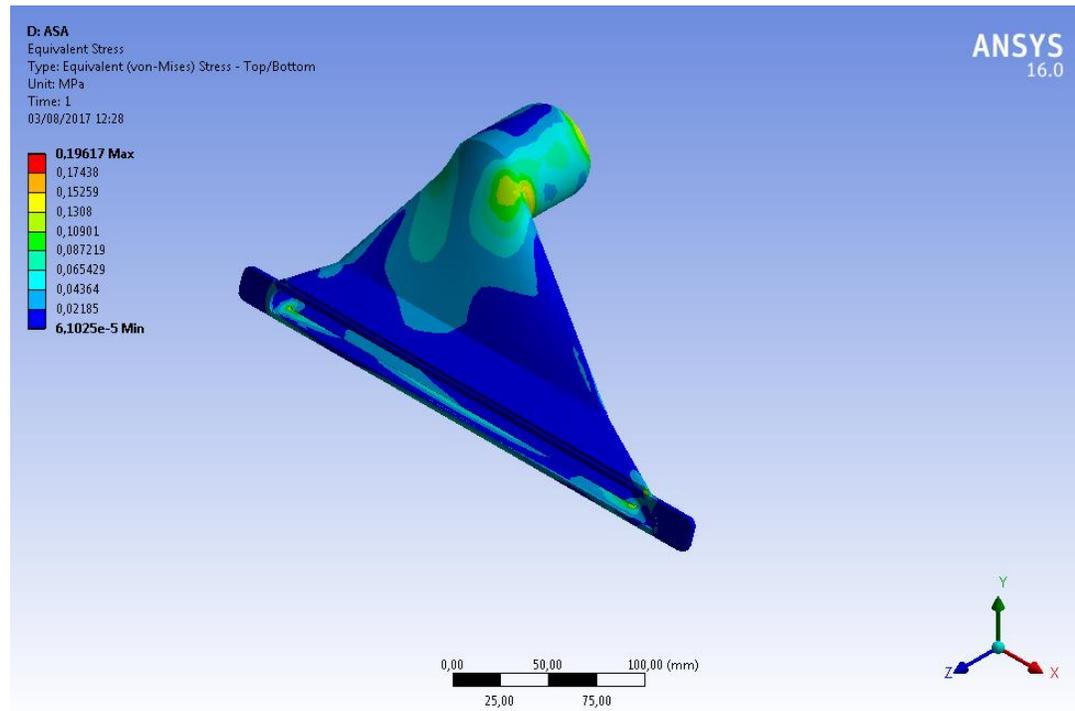
**Esfuerzo de Von Mises es de 0,19617 MPa**

**Deformación total de 0,058603 mm.**

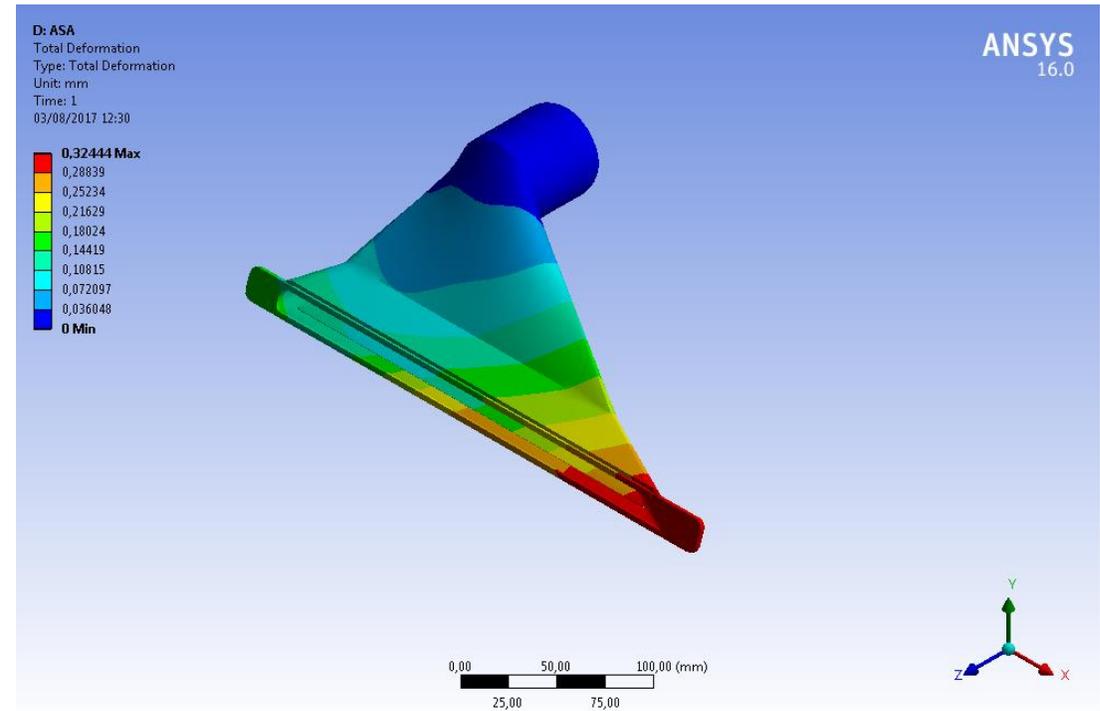


# ASA

Esfuerzo de Von Mises es de 0,19617 MPa

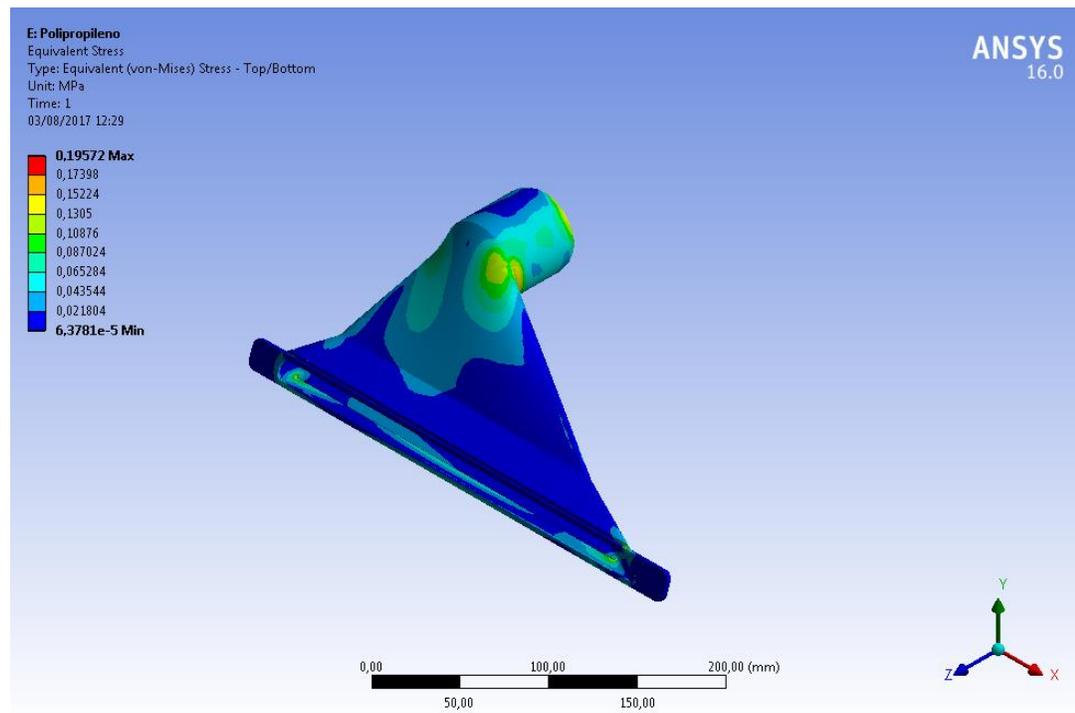


Deformación total de 0,32444 mm

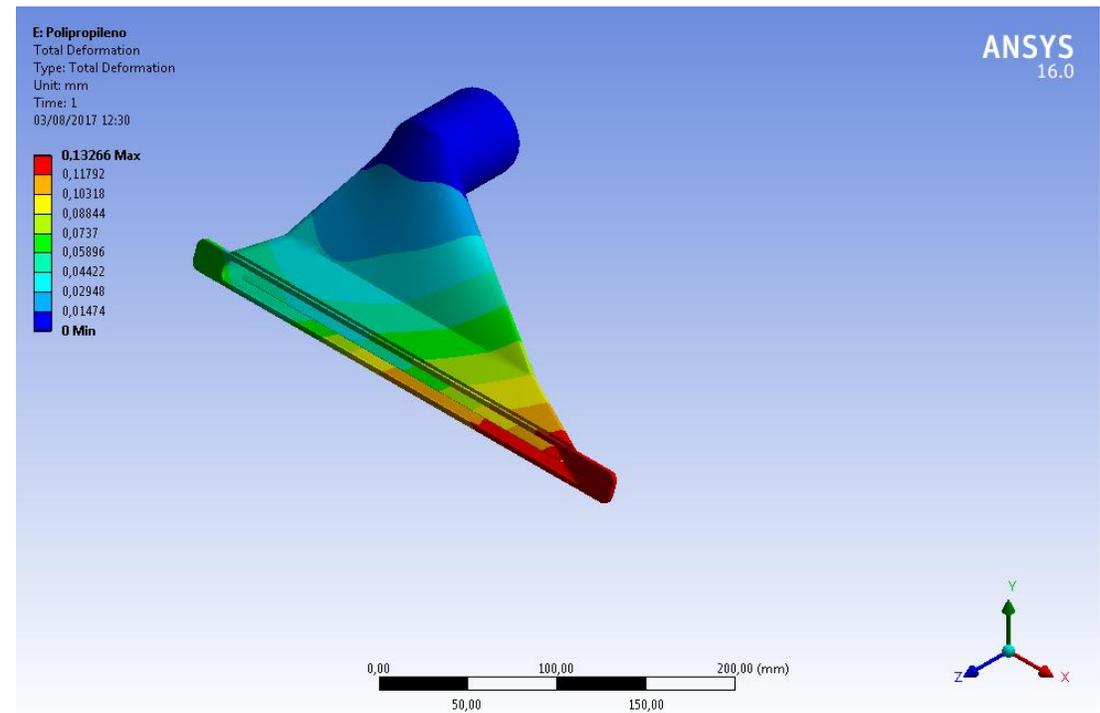


# Polipropileno

Esfuerzo de Von Mises es de 0,19572 MPa.



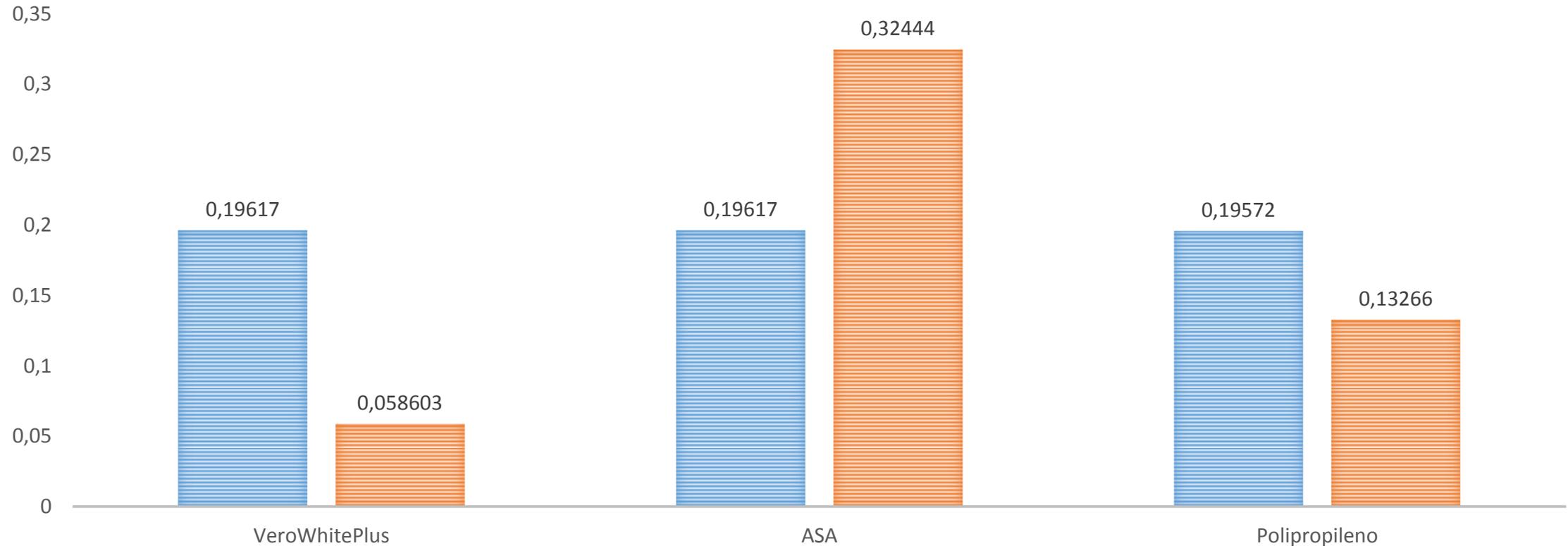
Deformación total de 0,13266 mm.



# Resultados Estudio Estructural de Materiales

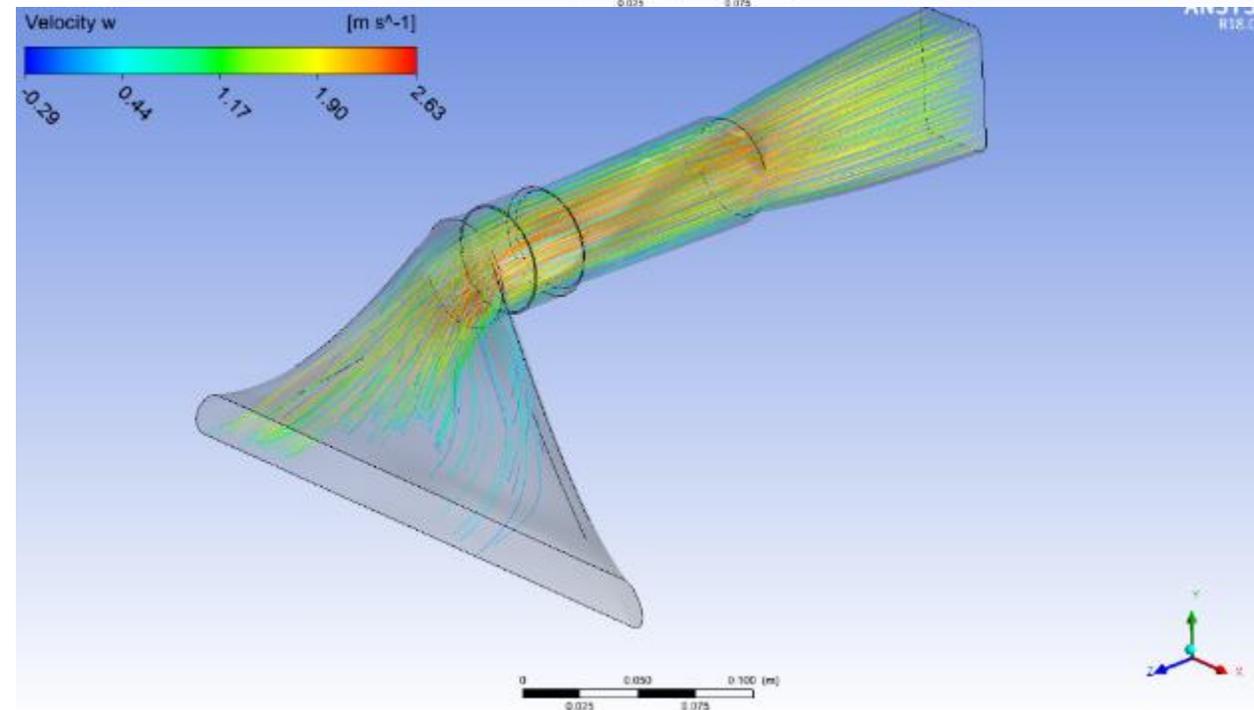
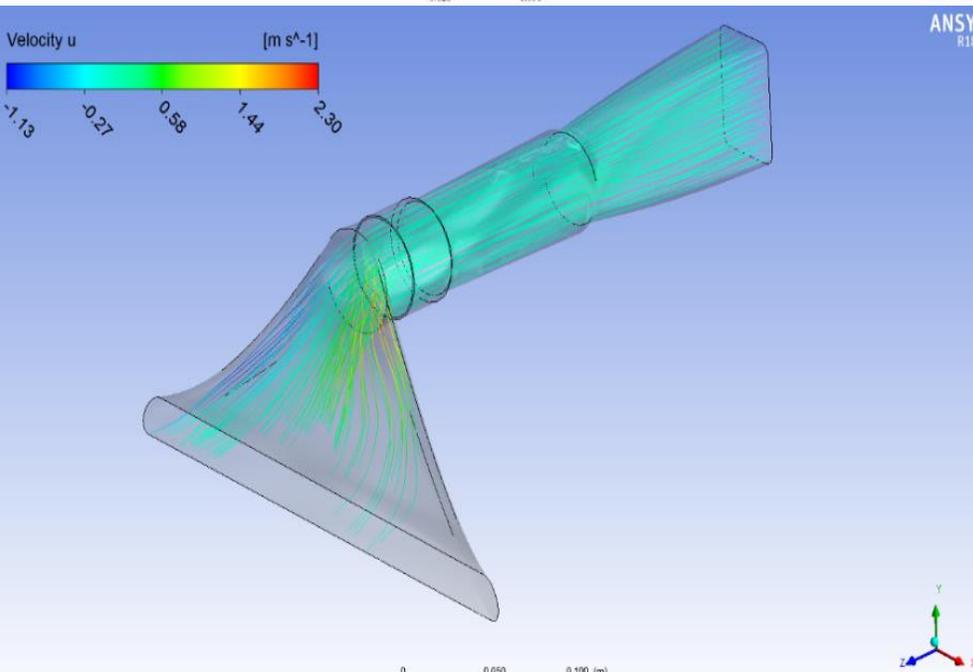
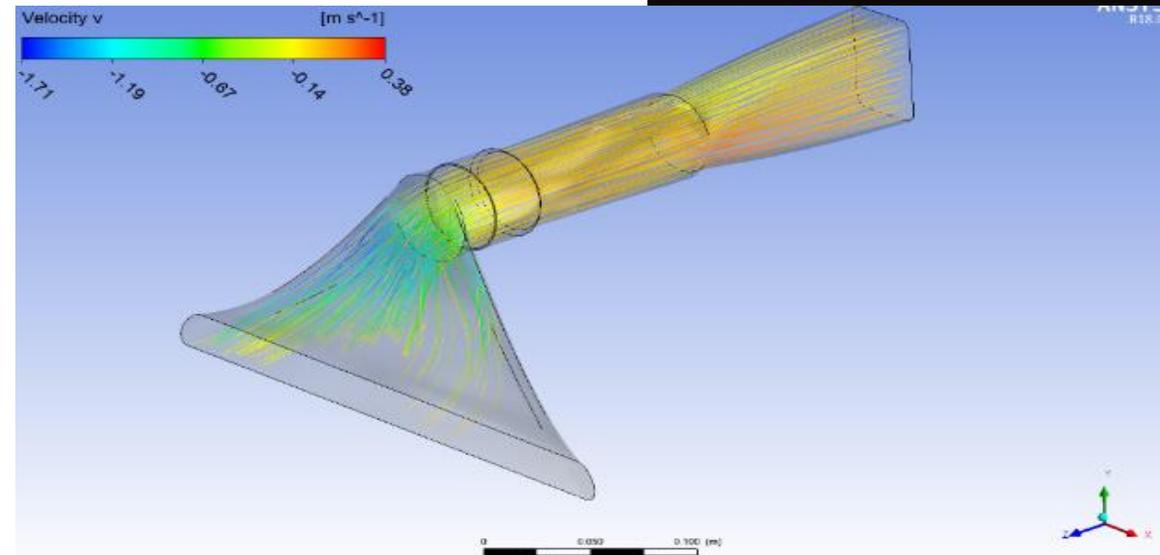
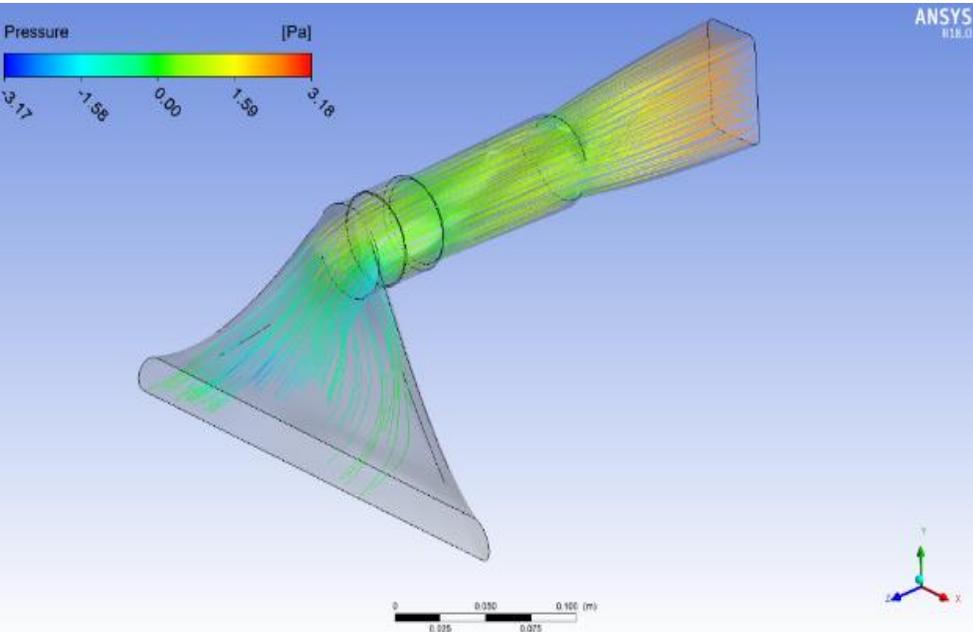
## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

■ Esfuerzo de Von Mises   ■ Deformación Total



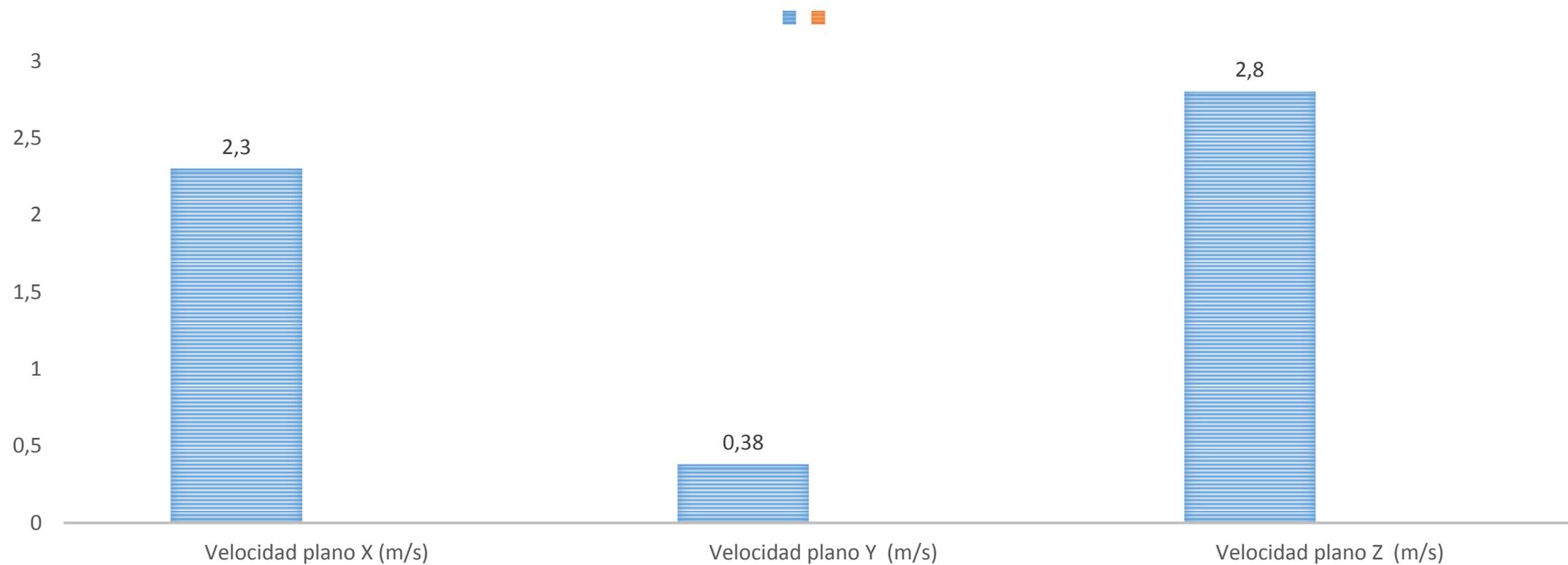
# Análisis CDF

ANSYS



# Resultados Planos

## ANÁLISIS POR PLANOS DUCTO DE AIRE



# Número de Reynolds

- *Viscosidad del aire* =  $\eta = 1.8 \times 10^{-5} \frac{N \cdot s}{m^2}$
- *Densidad del aire* =  $\rho = 1.28 \frac{Kg}{cm^3}$
- *Diámetro del Ducto* =  $D = 0.0574 m$
- *Velocidad promedio flujo* =  $v = 1.5 \frac{m}{s}$

$$N_R = \frac{v * D * \rho}{\eta}$$

$$N_R = \frac{(1.5 \frac{m}{s}) * (0.0574 m) * (1.28 \frac{Kg}{cm^3})}{1.8 \times 10^{-5} \frac{N \cdot s}{m^2}}$$

$$N_R = 6122.67$$

*NR < 2000 Flujo Laminar*  
*NR > 4000 Flujo Turbulento*

*Intervalos 2000 y 4000 Región Crítica*

*Mecánica de Fluidos*

Robert L. Mott

Joseph A. Untener

# Factor de Seguridad

- Relación Esfuerzo normal permisible y el esfuerzo normal de diseño.

$$F_S = \frac{\sigma_p}{\sigma_d}$$

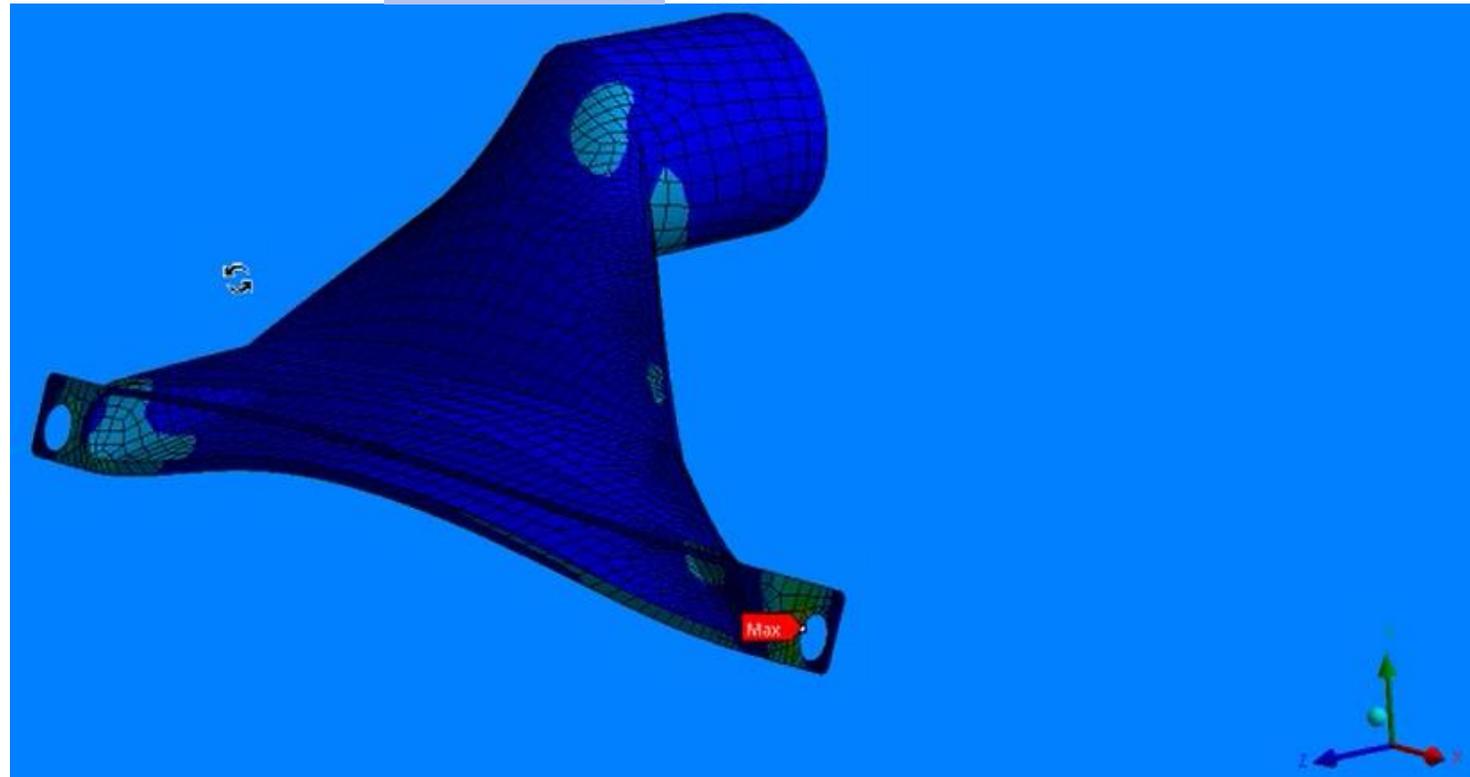
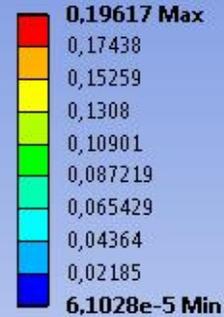
$$F_S = \frac{55 \text{ MPa}}{0.196 \text{ MPa}}$$

$$F_S = 289.47$$

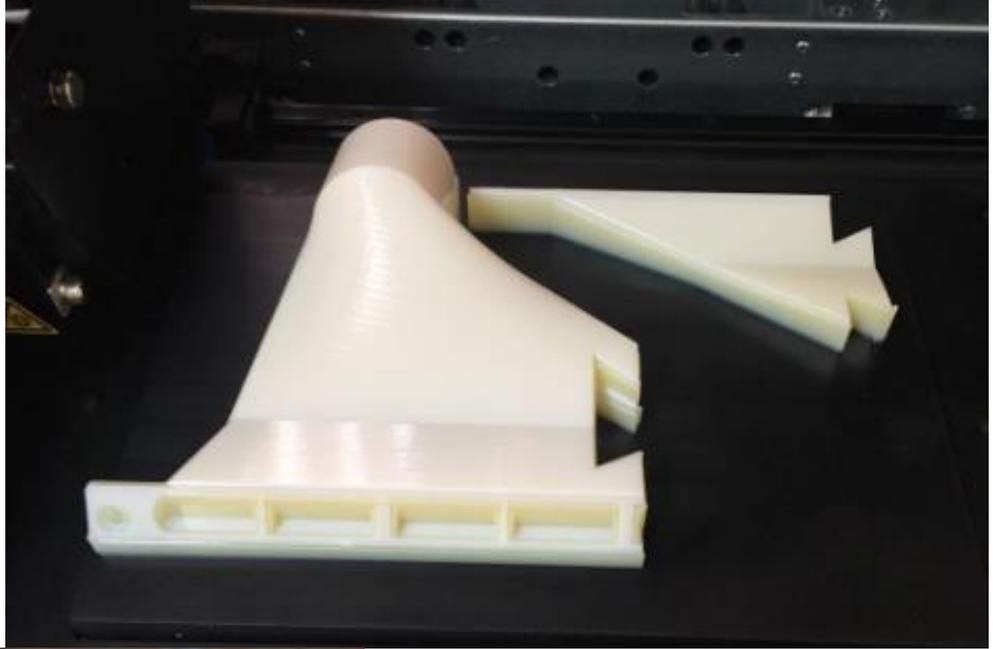
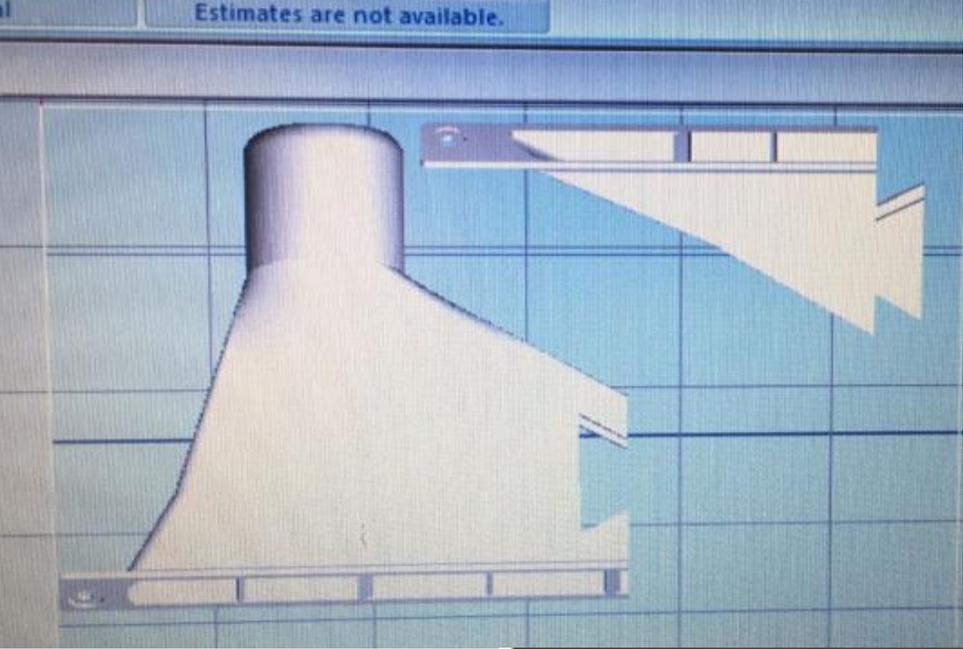
Fs. > 1 Adecuado

Nota: 55 MPa Ensayos Mecánicos Material VeroWhitePlus

C: Verowhiteplus  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-M  
Unit: MPa  
Time: 1  
03/08/2017 12:26



Estimates are not available.



# Prototipos Realizados con Tecnologías de impresión 3D

**Tecnología PolyJet**



**Tecnología FDM**



# Conclusiones

- El material VeroWhitePlus <sup>TM</sup>835 posee una elevada Resistencia a la tracción y Módulo de Elasticidad.
- El material VeroWhitePlus <sup>TM</sup> garantiza acabados debido que son homogéneos y tienen un alto desempeño en forma y funcionamiento tanto de piezas móviles como estáticas.
- El coeficiente de seguridad del ducto de aire del material VeroWhitePlus fue del 289%

# Recomendaciones

- Al momento de la Impresión en 3D del prototipo final se debe tener mucho cuidado con el material de soporte ya que al optimizar éste material se ahorraría un 20% de material.
- El método de impresión del Ducto en la Objet 30Pro se debe realizarse con el método LOSE ya que permite un ahorro del 35% del material base.
- En las pruebas de ensayos mecánicos, se debe garantizar que los materiales impresos referente a las probetas deban estar estructuradas internamente con el material 100% base, debido que al momento de ensayarse los resultados pueden dispararse a comparación con las demás probetas demarcando los resultados logrados.
- Se recomienda que este proyecto de investigación continúe con un estudio de campo aplicado al ducto de aire automotriz, para lograr extraer experimentalmente valores de duración a diferentes intervalos de velocidad y presión.

A 3D printed model of a skyscraper, possibly a tower or antenna, stands vertically against a dramatic sky. The sky is filled with soft, white and grey clouds, and a bright sun is visible on the left side, creating a warm, golden glow. The model is made of a translucent, light-colored material, possibly resin or plastic, and has a jagged, crystalline top. The overall scene is a mix of natural and artificial elements, suggesting a futuristic or technological theme.

La Impresión 3D es ya el Futuro!

Gracias

- Debes tener esta estructura:

- 1- Presentación con todos los datos

- 2- imágenes, gráficos, ect, que te permitan desarrollar la problemática

- 3- Objetivos

- 4- Método: describir como desarrollaste el trabajo: puedes hacer un diagrama

- 5- Resultados: Exponer en forma de gráficas, tablas los resultados obtenidos

- 6- Análisis y discusión de los resultados: debatir los resultados, con otros trabajos, normas, ect

- 7- Conclusiones

- 8- Recomendaciones

Trata de venir temprano para ajustar, ajustar la presentación como máximo 20 diapositivas, recuerda que el tiempo son 15 min