



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

### TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

#### “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN GRIPPER SUAVE PARA EL ROBOT KUKA KR-16 DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL DE LA ESPE”

**Autores:** González Gutiérrez Diego Ismael y Nacimba Ñato Bryan Enrique

**Director:** Ing. Alejandro Paul Gómez Reyes



# CONTENIDO

---

1.- INTRODUCCIÓN

---

2.- OBJETIVOS

---

3.- FUNDAMENTO TEÓRICO

---

4.- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

---

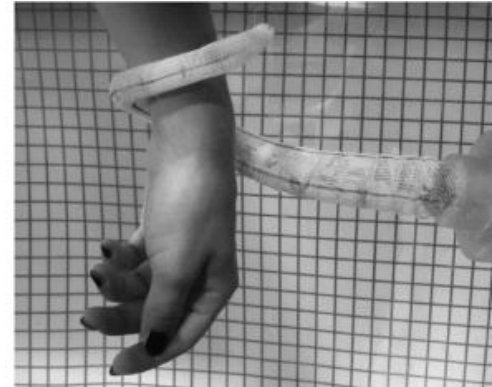
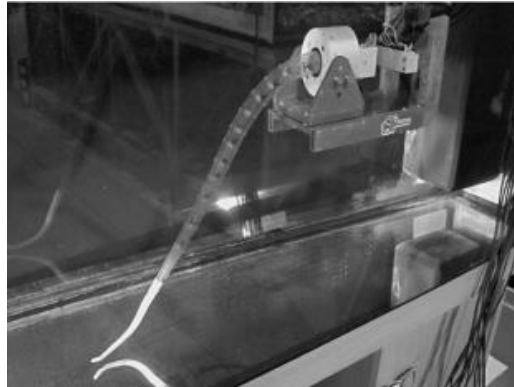
5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

---

6.- CONCLUSIONES , RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS



La robótica suave es un campo aun en desarrollos en el cual los desarrolladores usan materiales flexibles para conseguir adaptabilidad al entorno y así explotar el potencial de estos robots en distintas áreas donde se aplican.



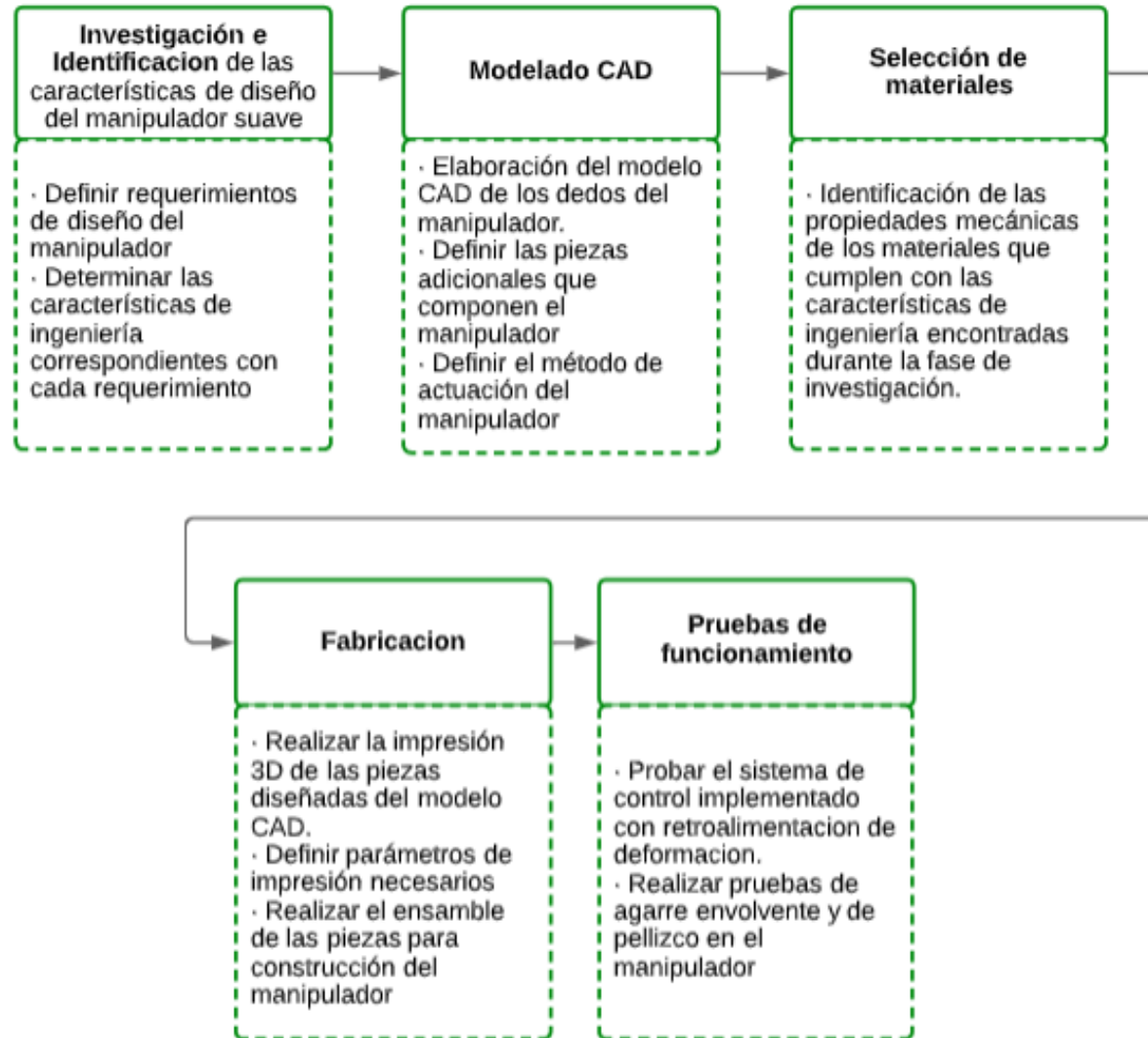
## Objetivo general

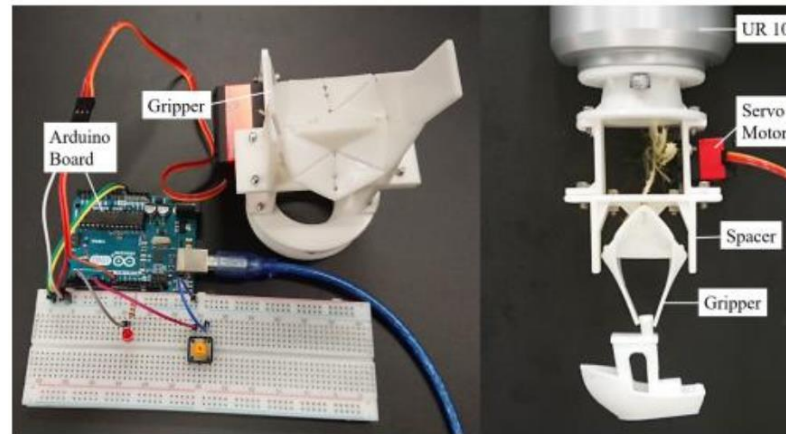
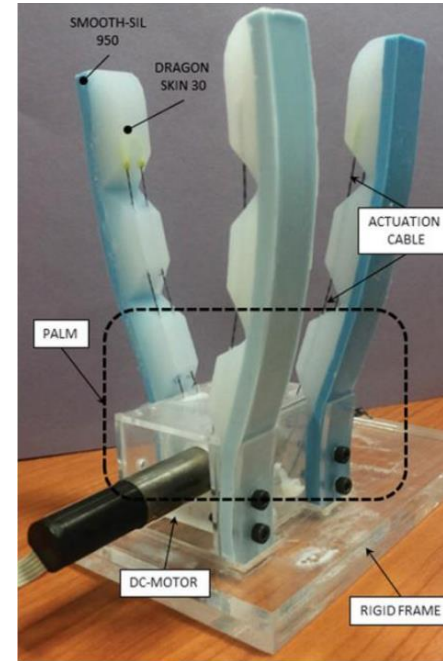
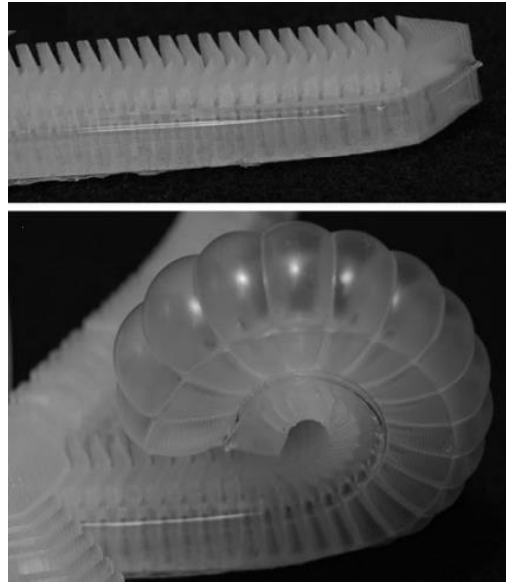
Diseñar y simular un prototipo de gripper suave para el robot KUKA KR-16 del laboratorio de robótica industrial de la “ESPE”

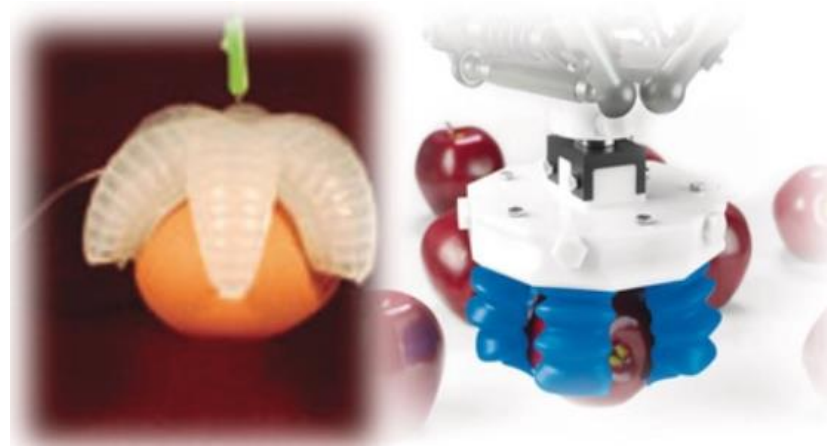
## Objetivos específicos

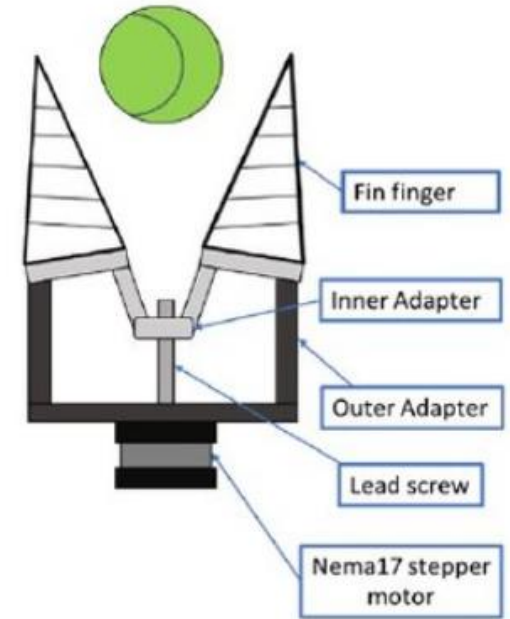
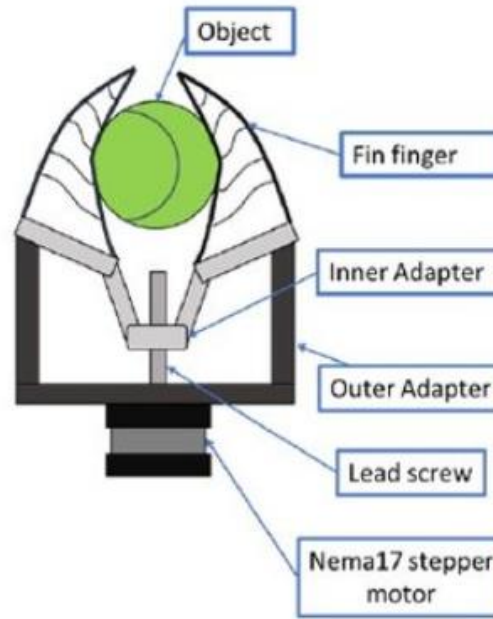
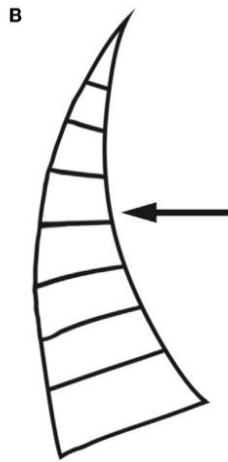
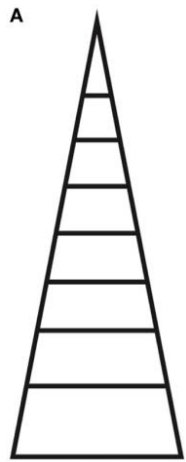
- Estudiar la cinemática, dinámica y control del brazo robótico KUKA KR-16
- Identificar los elementos necesarios del brazo robótico KUKA KR-16 que se utilizarán como parámetros para el diseño del Gripper, como por ejemplo dimensiones de la brida de acople, entradas y salidas digitales/analógicas del armario de control, capacidad de fuerza, etc.
- Diseñar un sistema de control para el agarre de objetos.
- Realizar los planos y diagramas esquemáticos para la futura construcción e implementación del sistema.







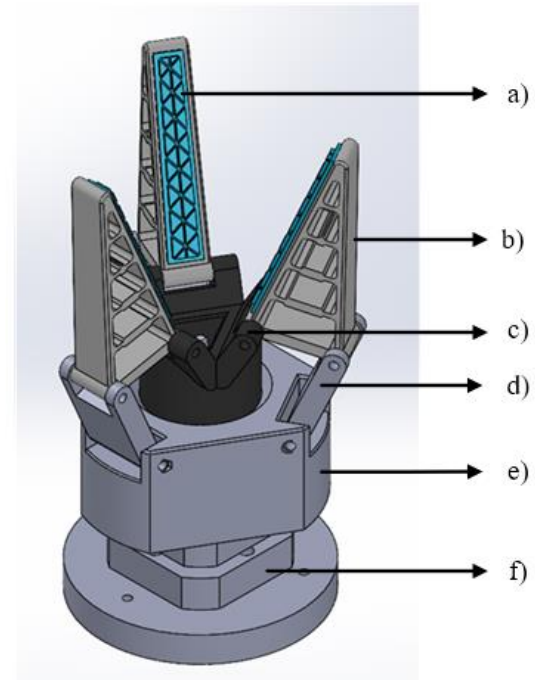
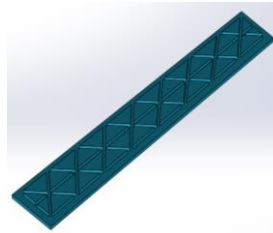
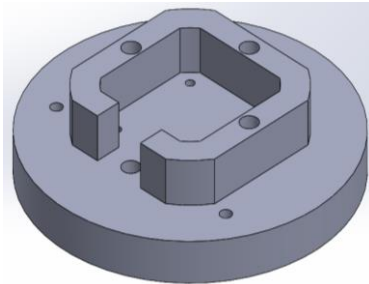
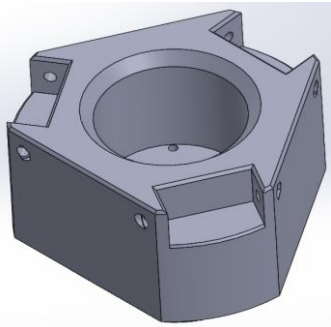
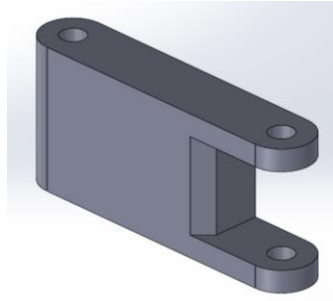
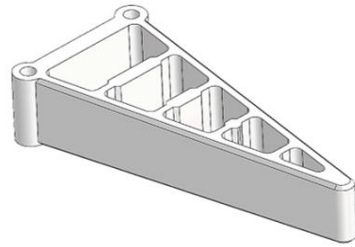
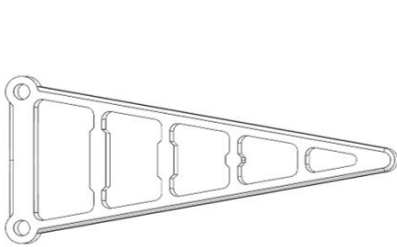




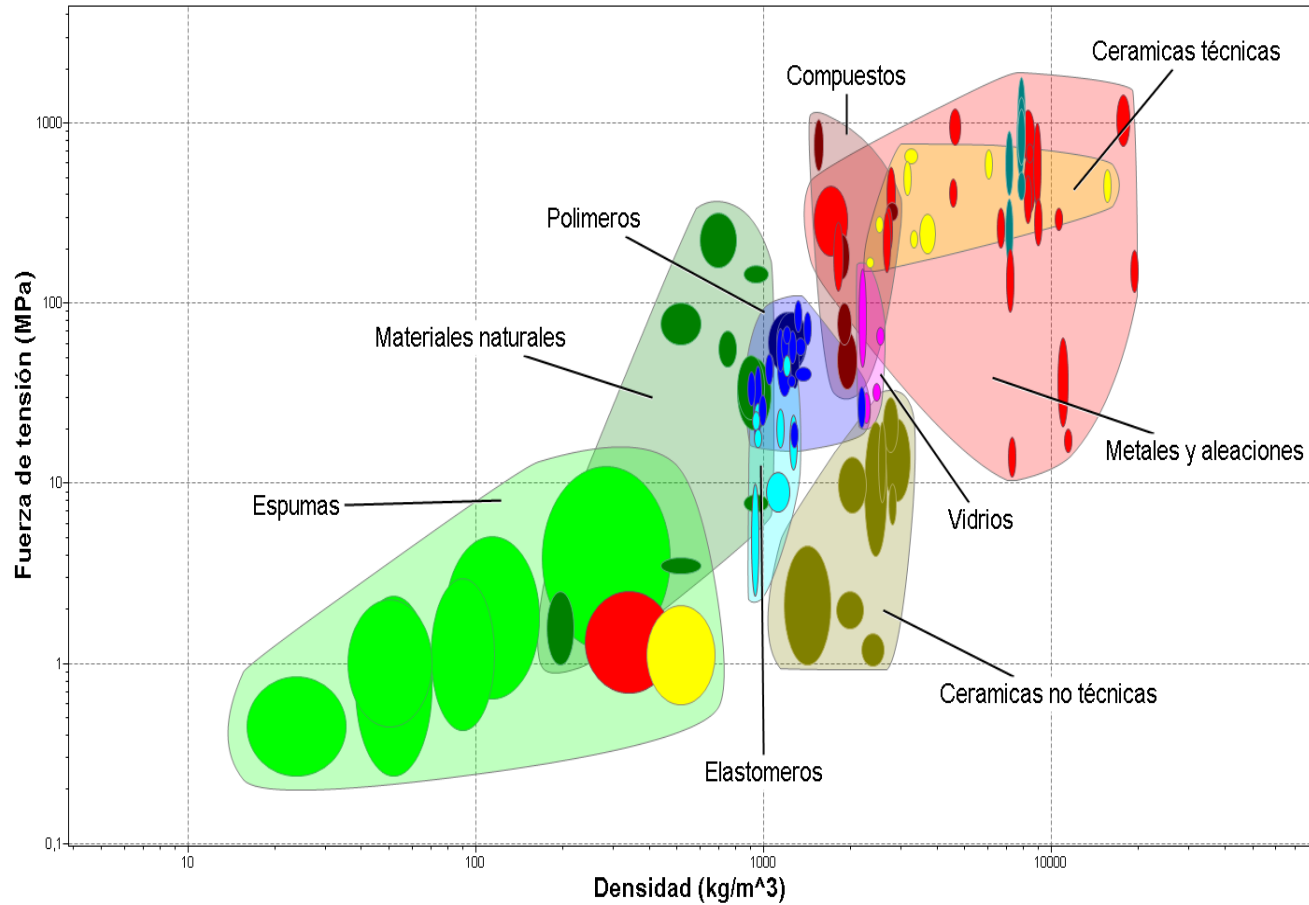


Requerimientos de diseño	Características de ingeniería
Debe ser flexible	Grados de libertad
Debe ser blando	Dimensiones
Debe ser ligero	Peso
Debe ser un sistema posible de controlar	Densidad del material
Debe soportar deformaciones repetitivas	Esfuerzo de compresión
Bajo costo	Geometría del manipulador





a) Almohadilla. b) Dedo basado en efecto Fin-Ray. c) Corredera central. d) Eslabón externo. e) Cuerpo del manipulador. f) Brida de acople al brazo robótico.



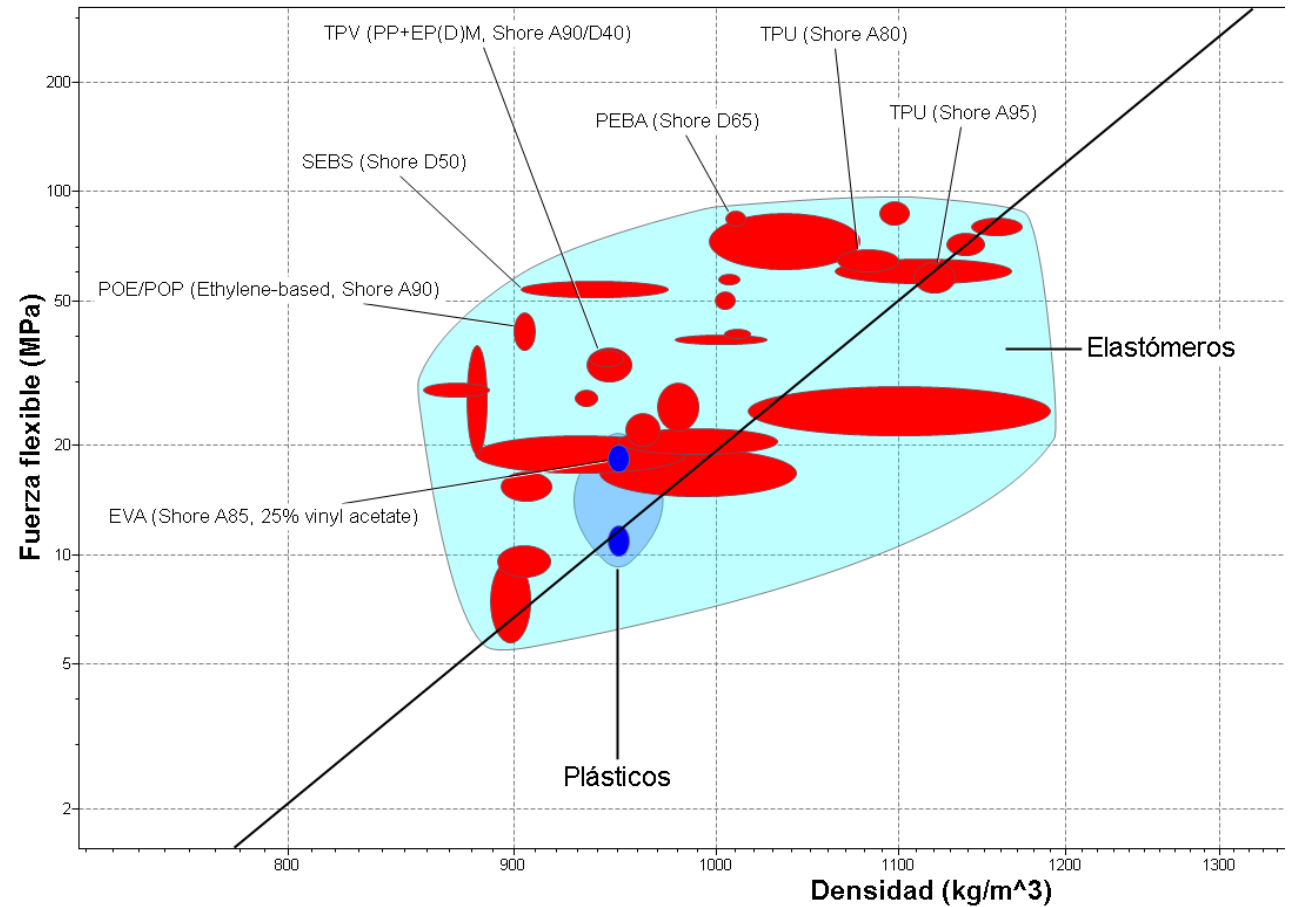
$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

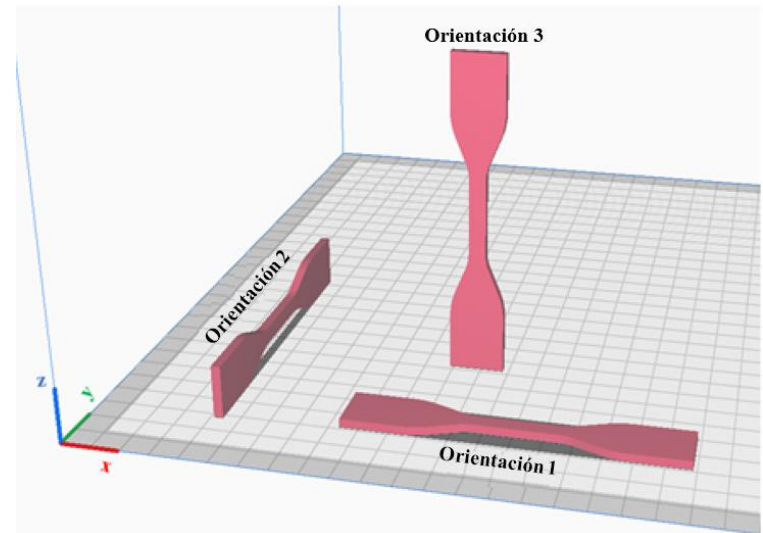
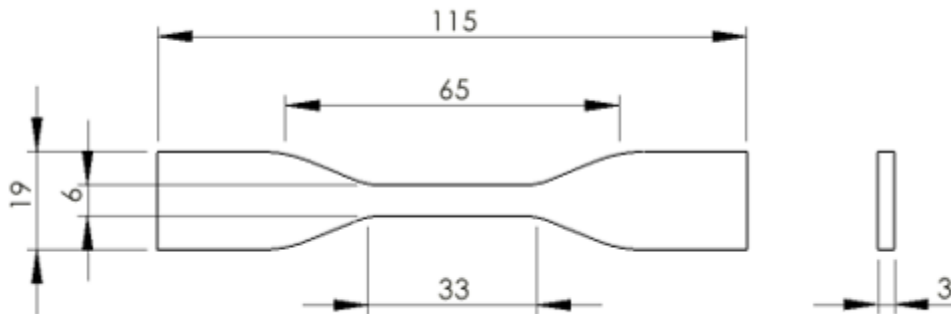
$$W = AL\rho g$$

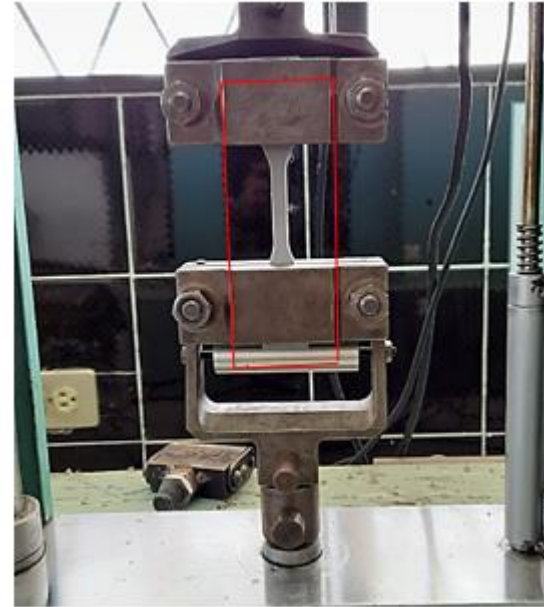
$$\frac{F}{W} = \frac{A\sigma}{AL\rho g} = \left(\frac{\sigma}{\rho}\right) \cdot \frac{1}{Lg}$$

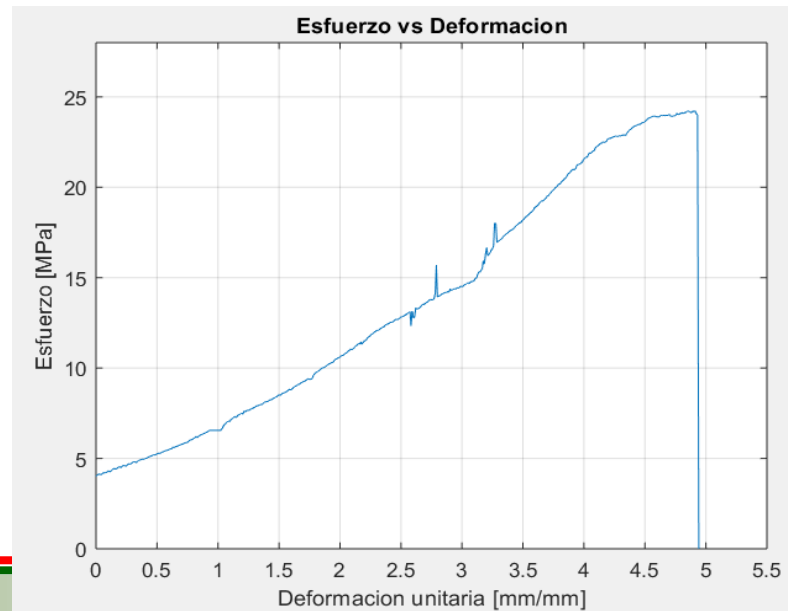
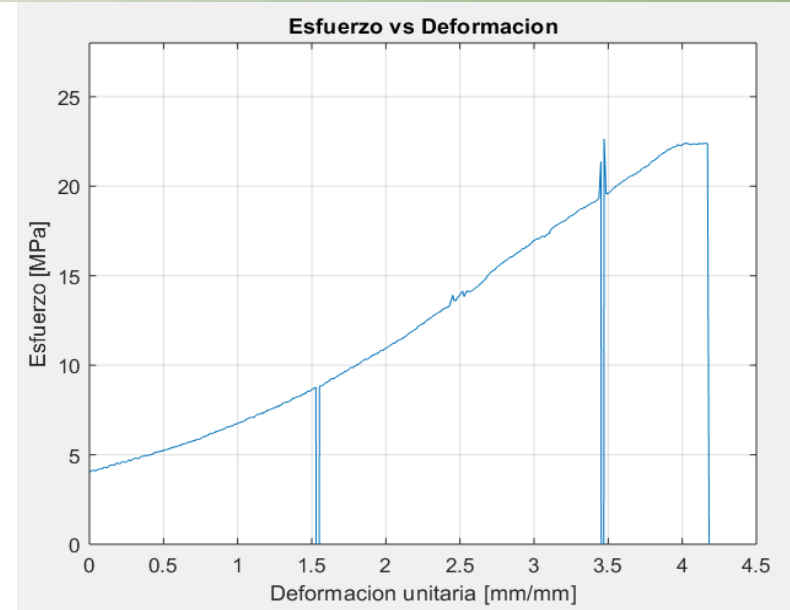
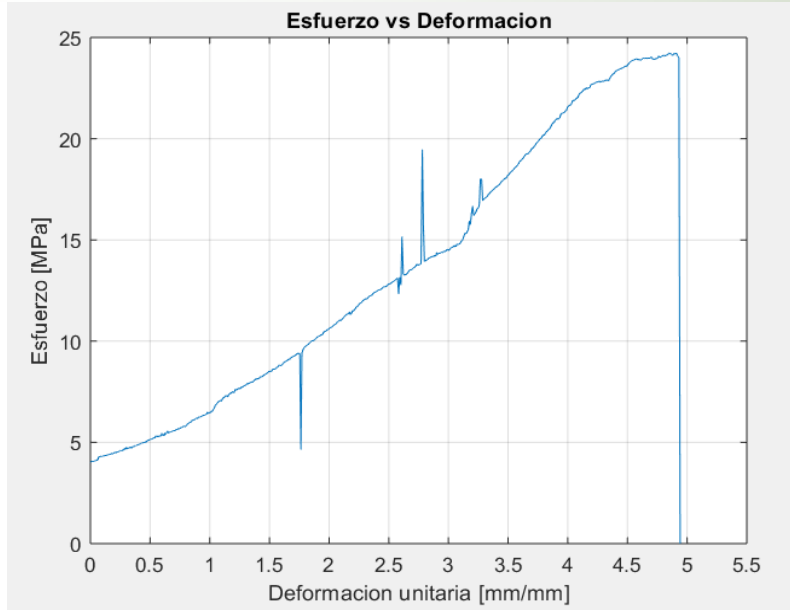
índice:  $C_i = \frac{\sigma}{\rho}$

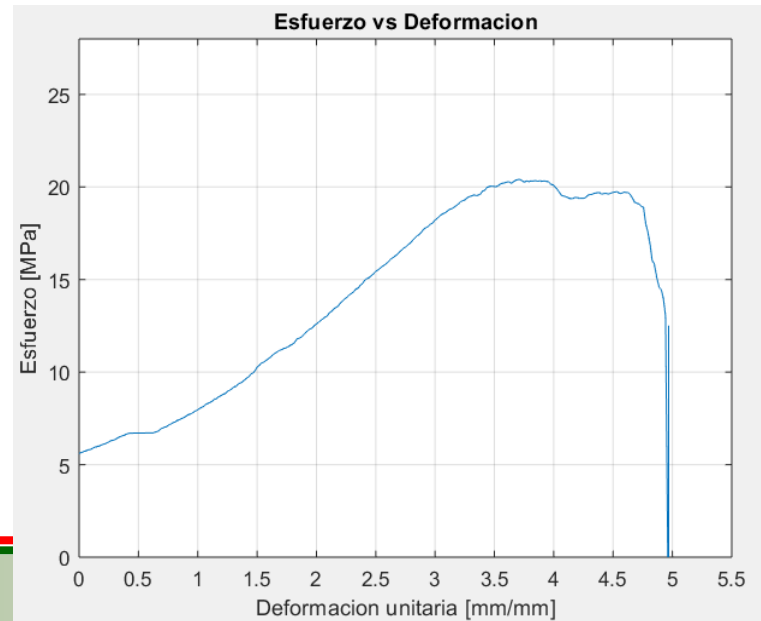
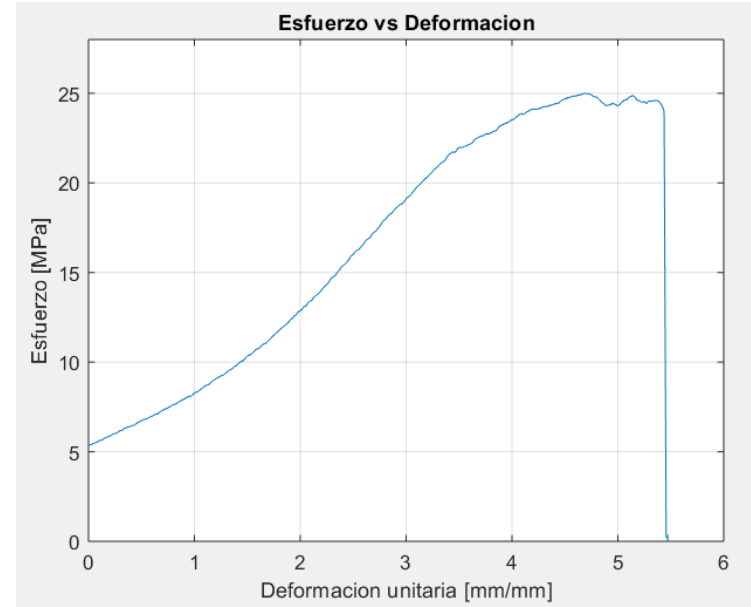
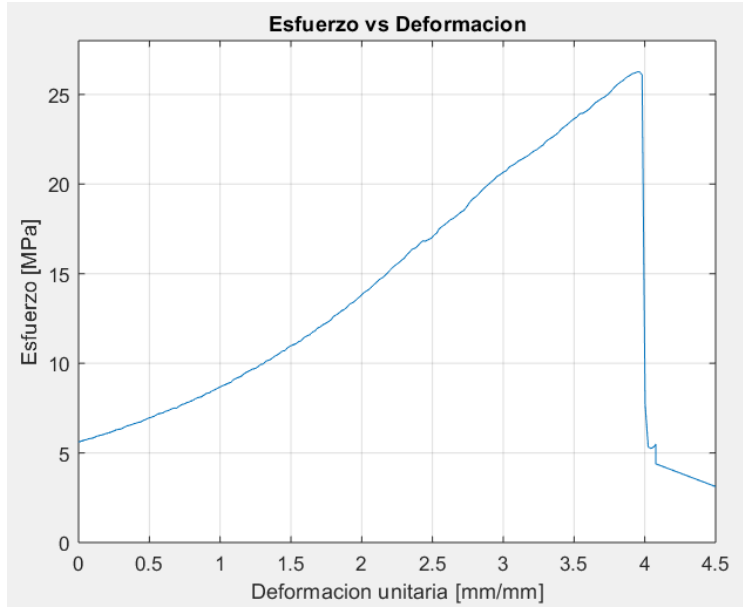


Altura de capa	Densidad de relleno	T. impresión	Velocidad de impresión	Número de capas
0.16 mm	25%	235 °C	50 mm/s	5

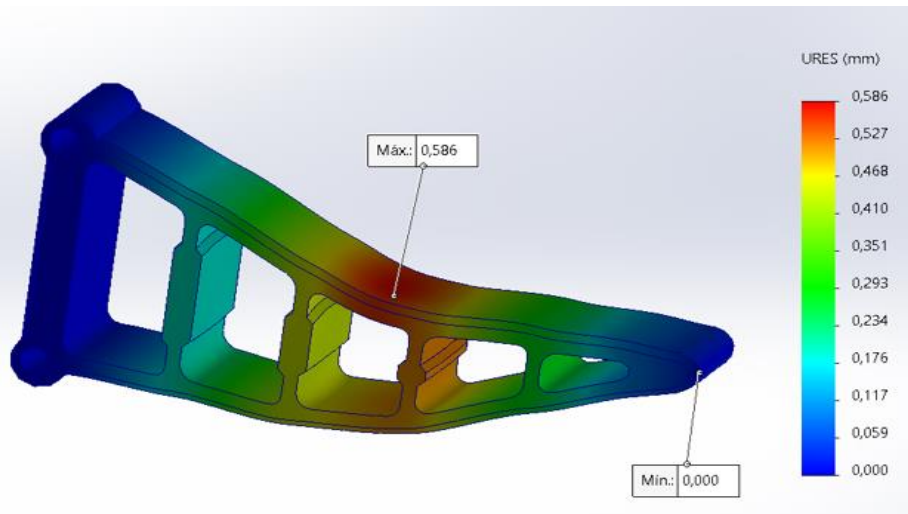
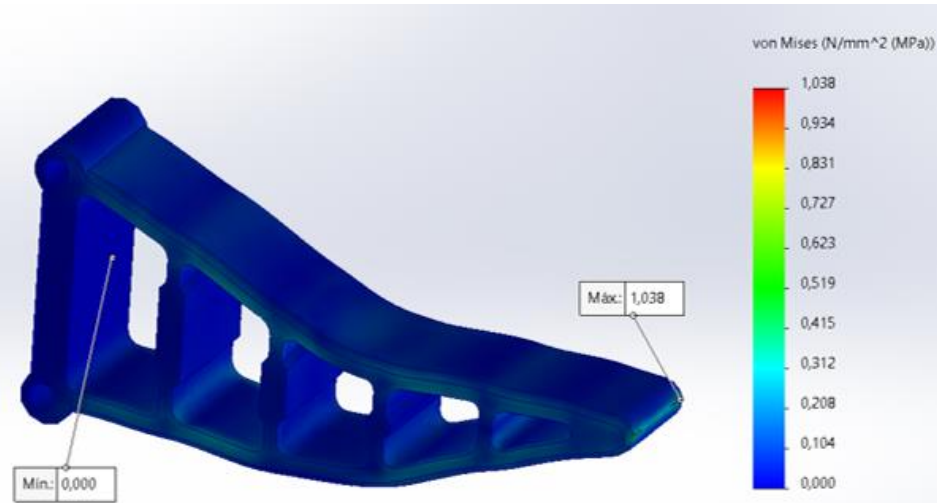
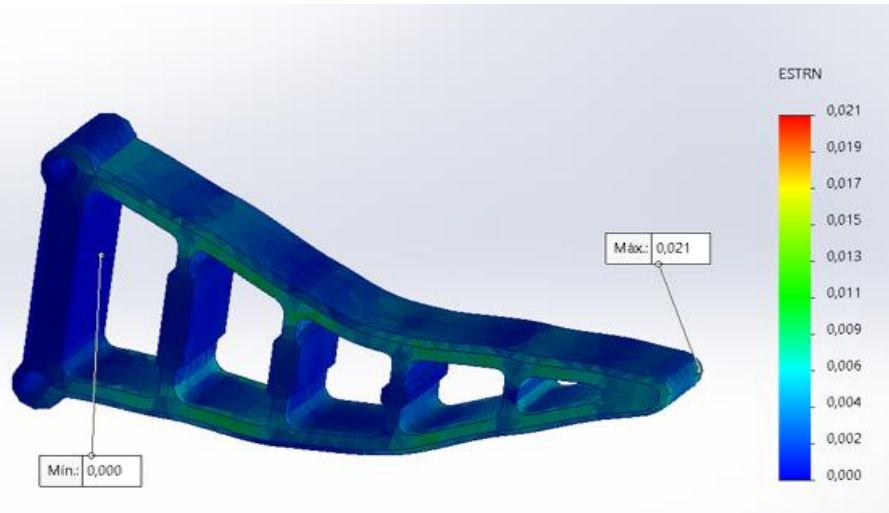




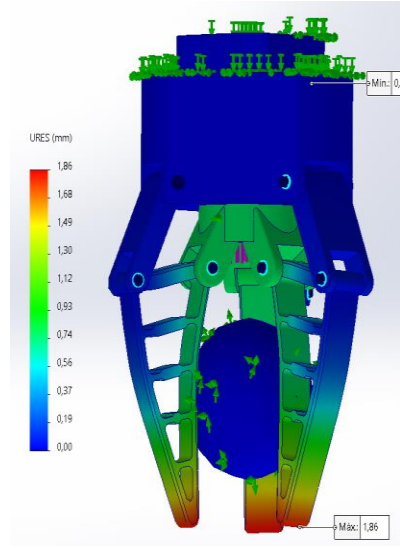
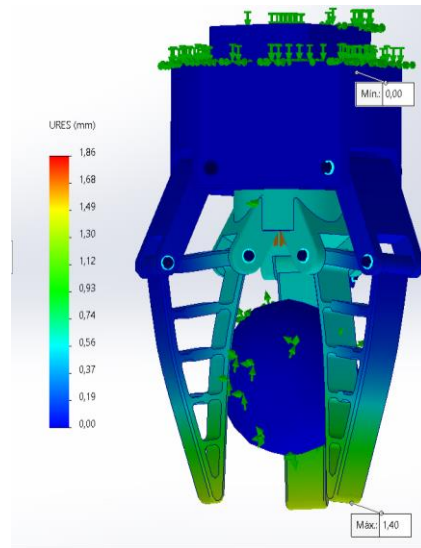
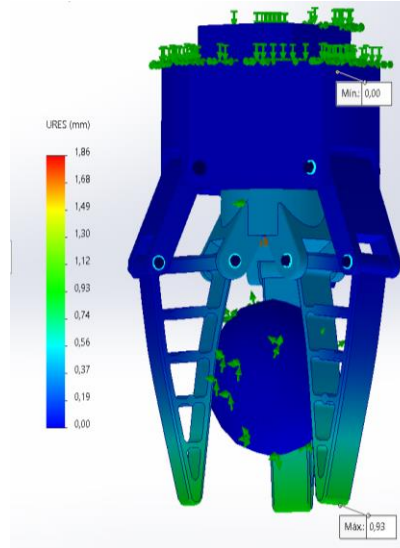
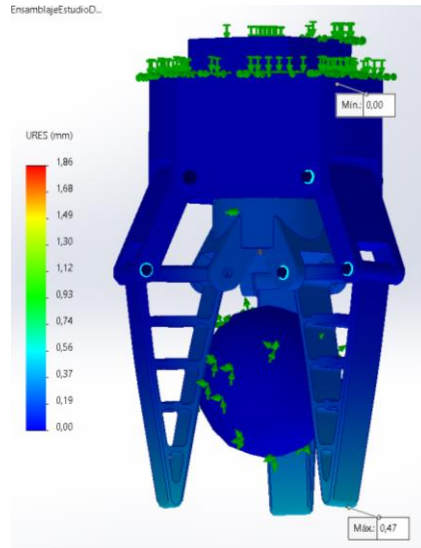


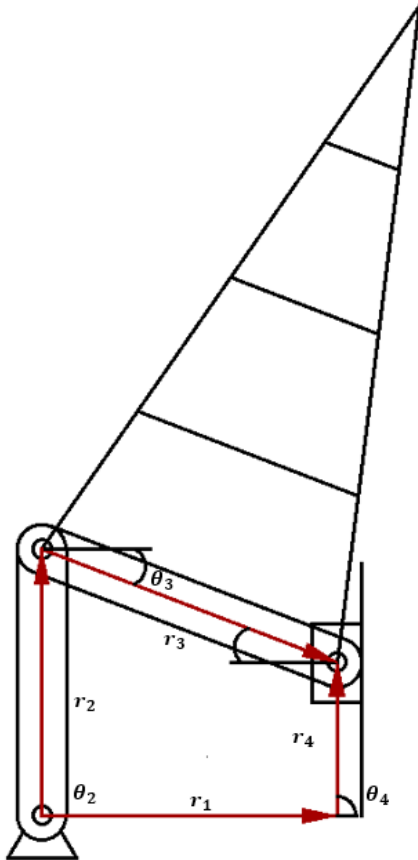






EnsamblajeEstudioD...



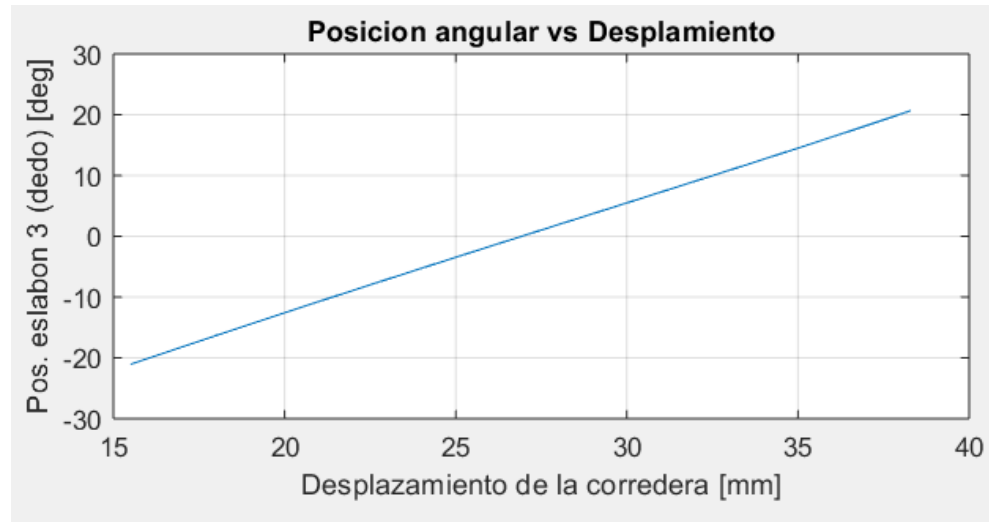
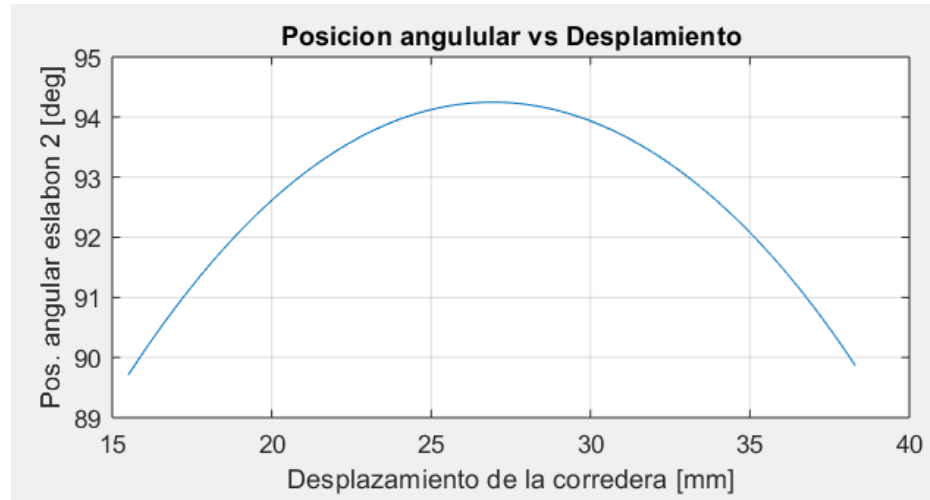


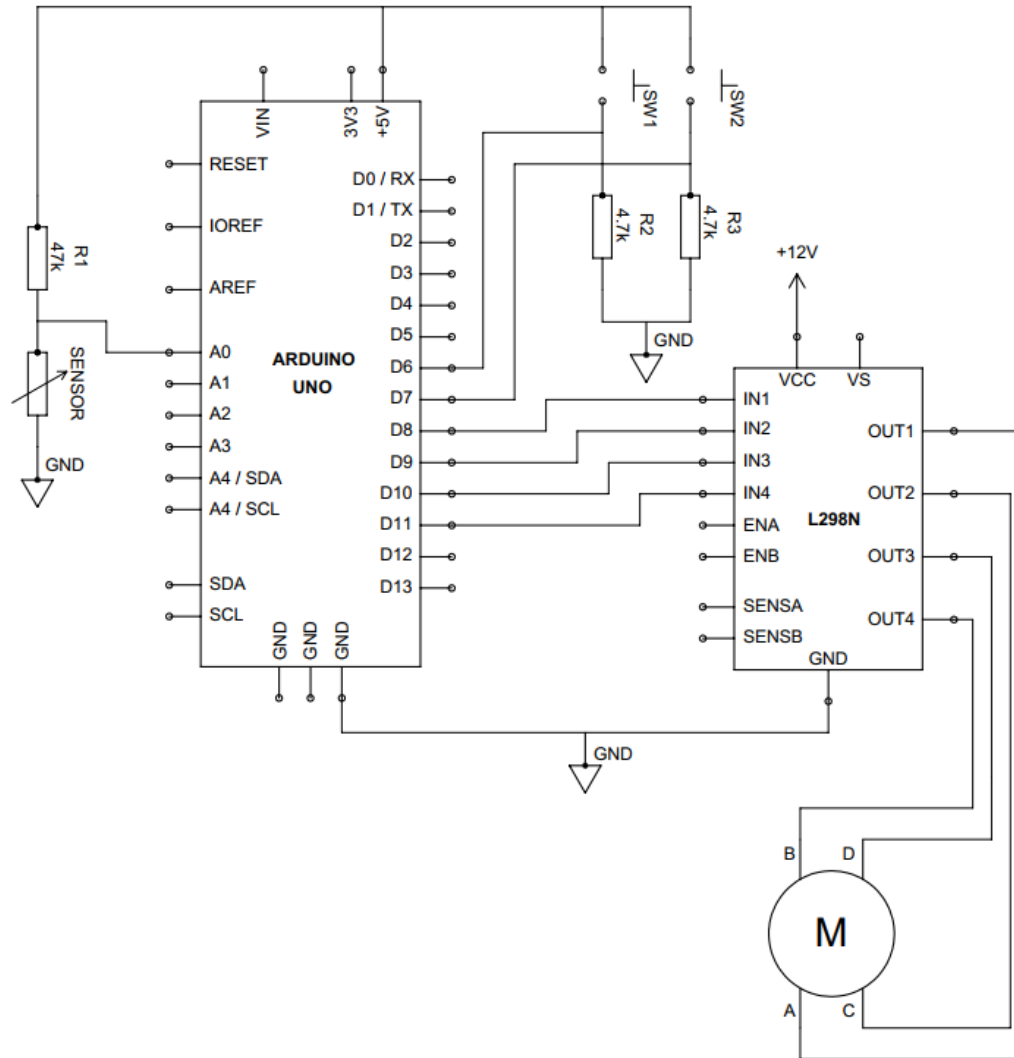
$$r_1 e^{i\theta_1} + r_4 e^{i\theta_4} = r_2 e^{i\theta_2} + r_3 e^{i\theta_3}$$

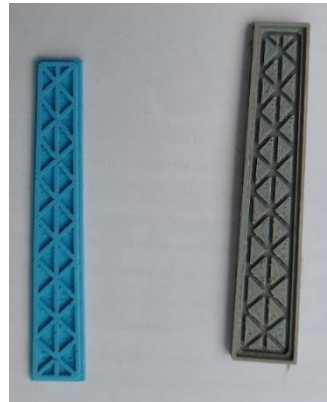
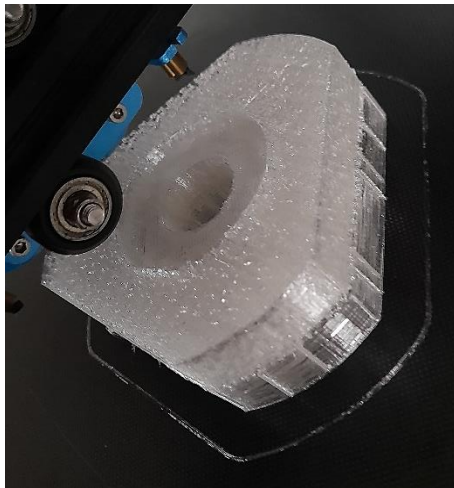
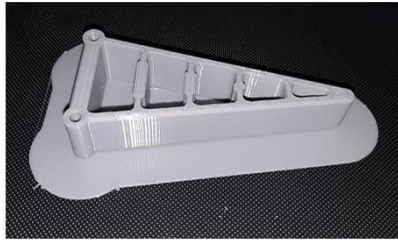
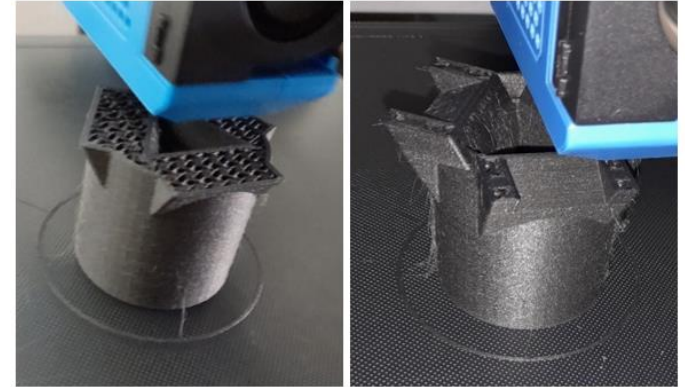
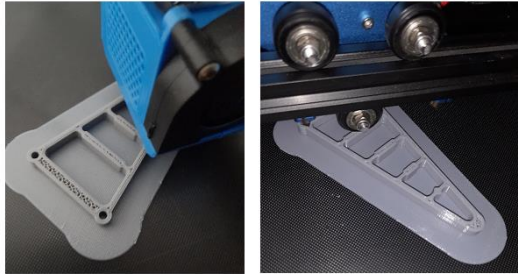
$$r_1 = r_2 \cos(\theta_2) + r_3 \cos(\theta_3)$$

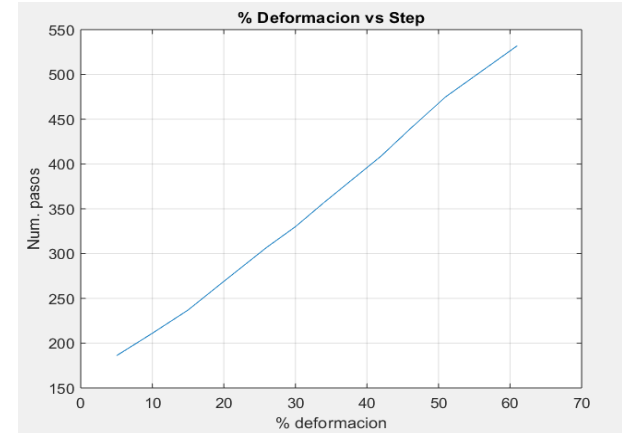
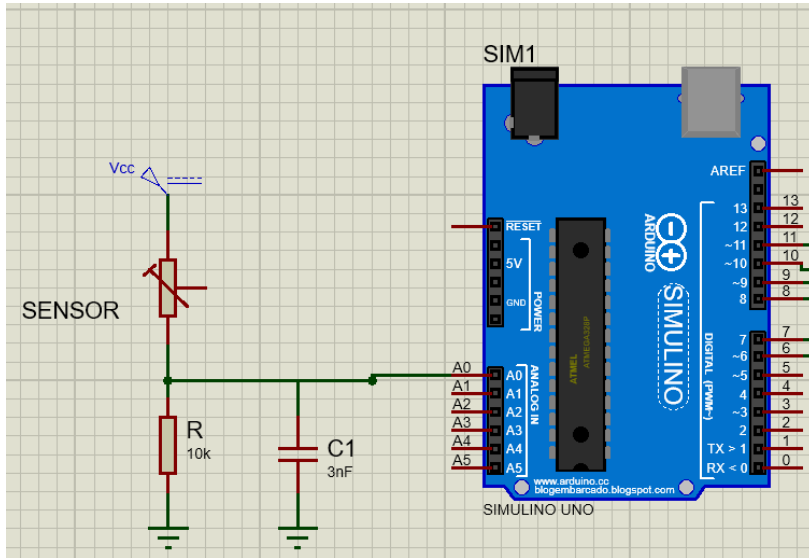
$$r_4 = r_2 \sin(\theta_2) + r_3 \sin(\theta_3)$$

$$r_1^2 + r_4^2 + r_3^2 - r_2^2 = 2r_3 r_4 \sin(\theta_3) + 2r_1 r_3 \cos(\theta_3)$$

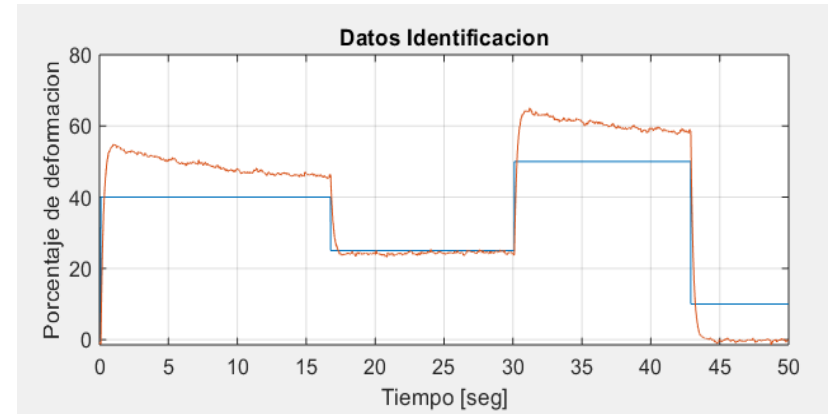
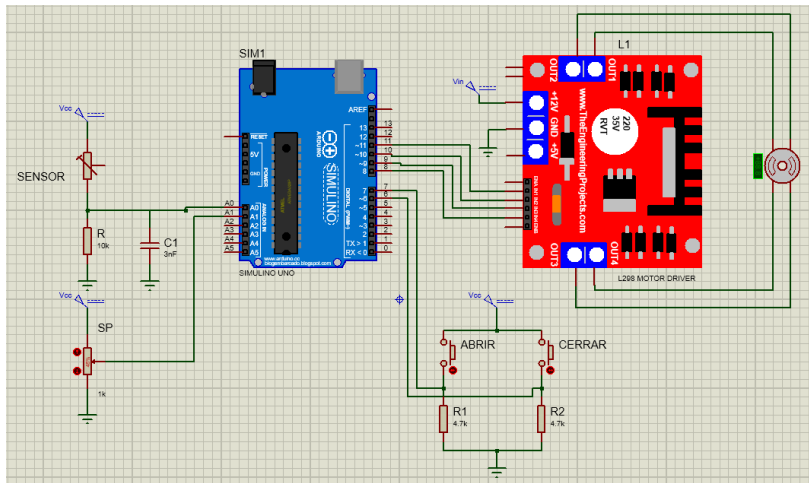


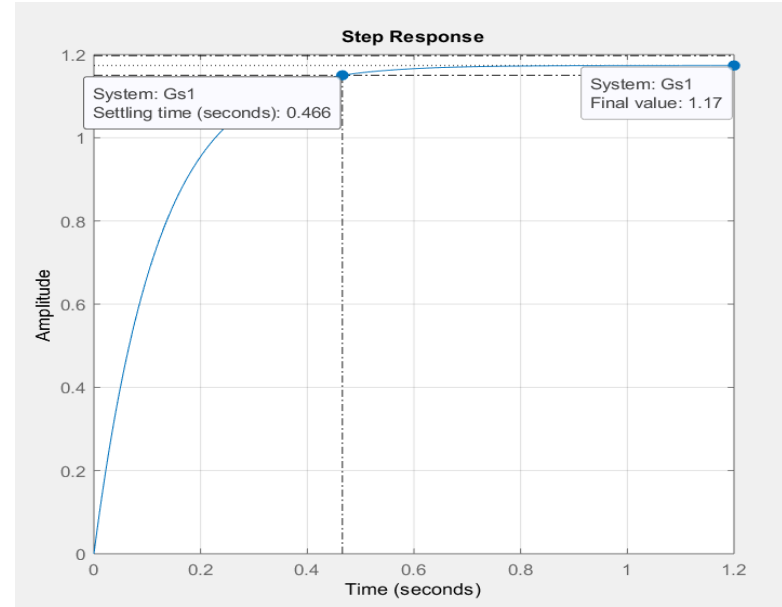
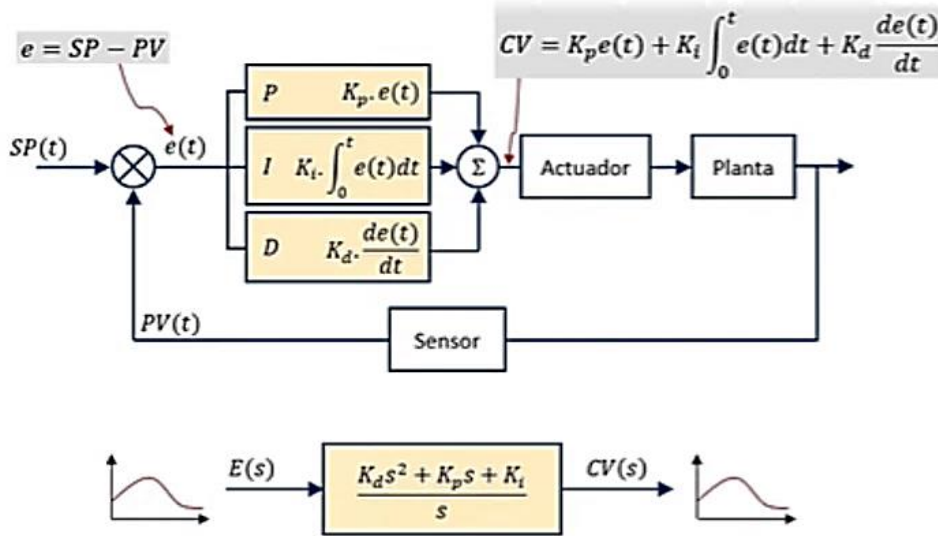






$$y = 6.32x + 145.67$$





$$C_v(s) = \left( Kp + \frac{Ki}{s} + Kds \right) E(s)$$

$$C_v(z) = \left[ Kp + Ki \left( \frac{T_s}{z-1} \right) + \frac{Kd}{T_s} \left( \frac{z-1}{z} \right) \right] E(z)$$

$$c_v(n) = c_v(n-1) + Kp[e(n) - e(n-1)] - KiT_s e(n-1) + \frac{Kd}{T_s} [e(n) - 2e(n-1) + e(n-2)]$$

$$G(s) = \frac{9.857}{s + 8.398}$$

$$G(z) = \frac{0.0943}{z - 0.9194}$$

1:  $p(1) > 0$        $-0.854 < K_{cr} < 20.35$

2:  $(-1)p(-1) > 0$

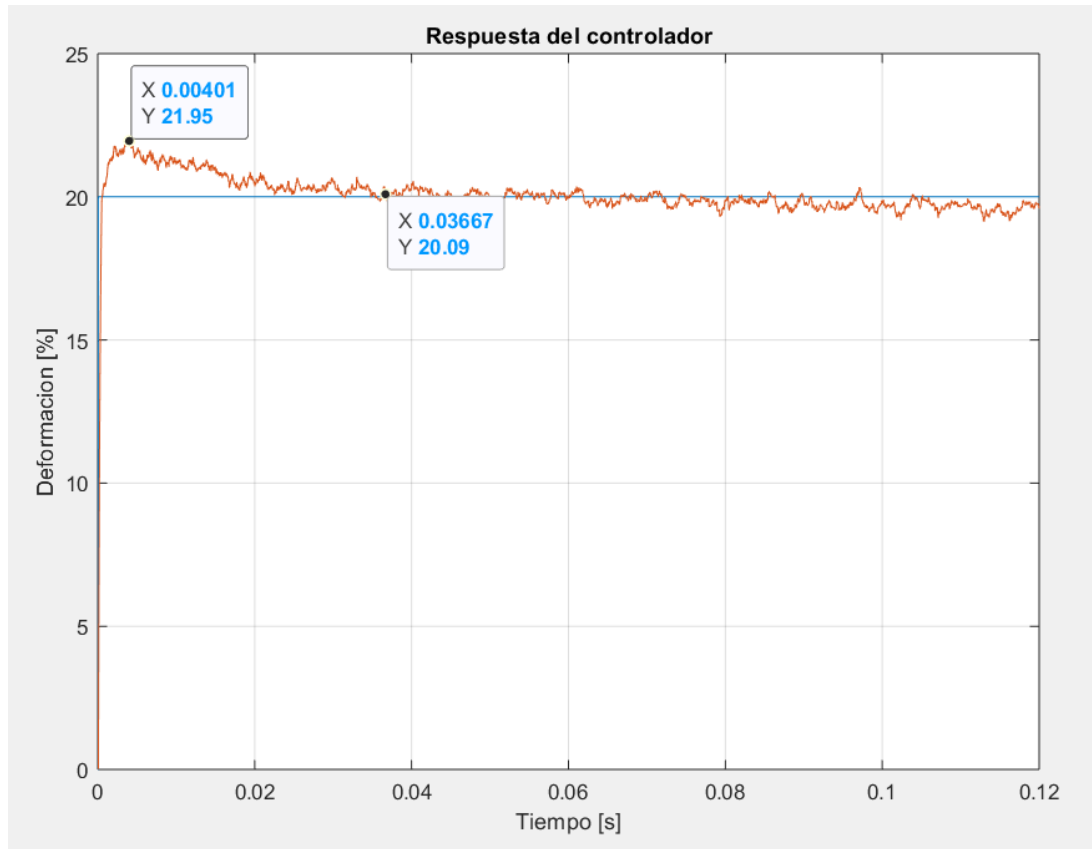
$$T_u = \frac{2\pi T_s}{\alpha} = \frac{2\pi T_s}{0.9194} = 0.06 \text{ s}$$

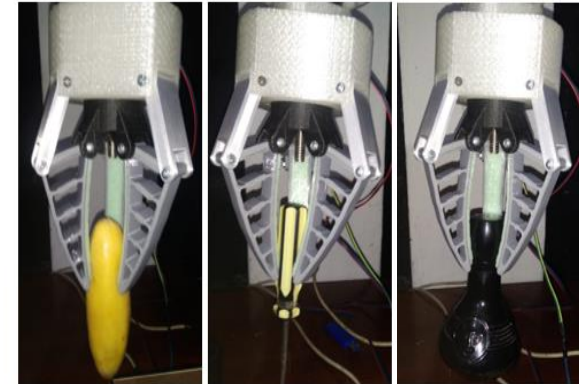
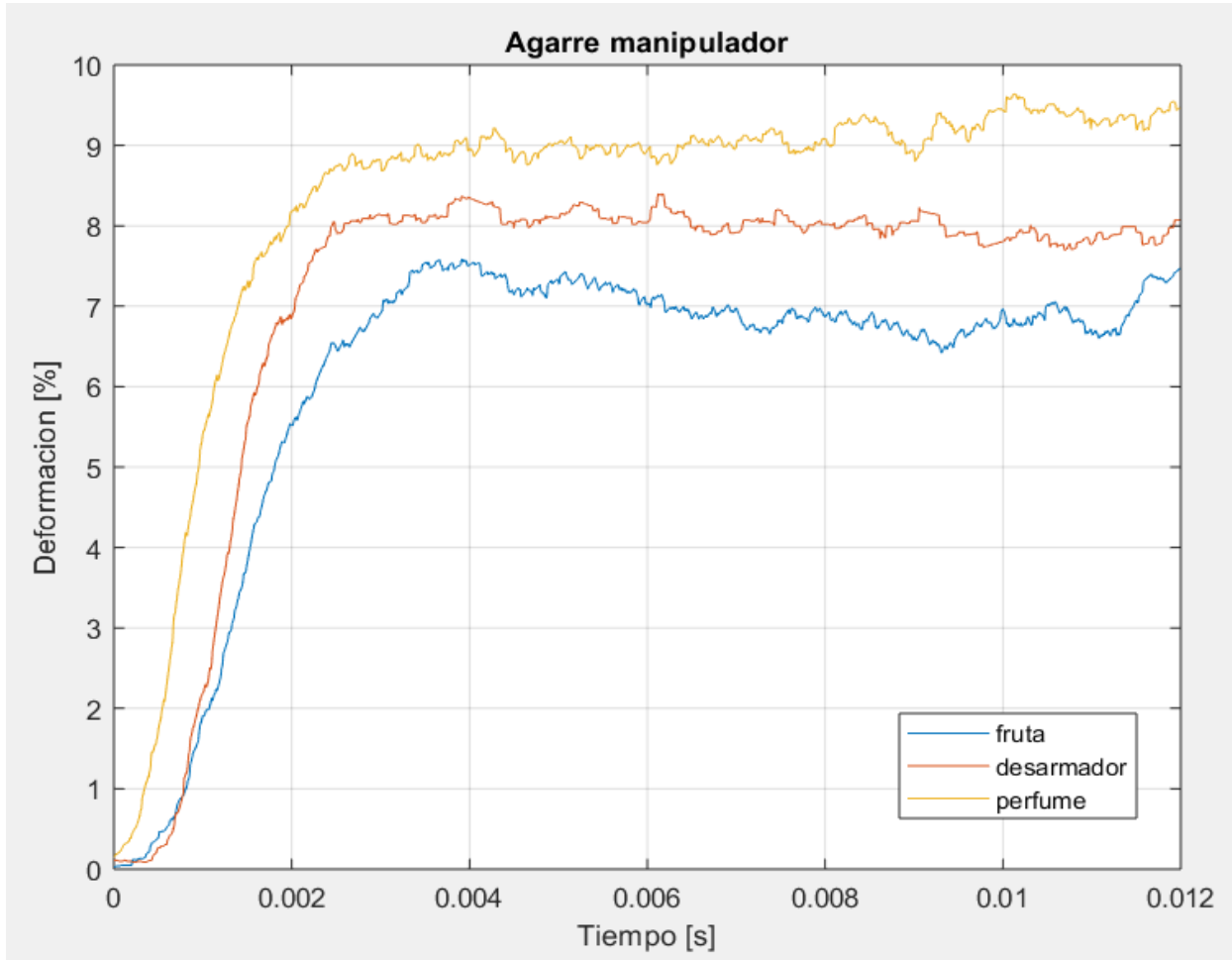
3:  $p(1) < 1$

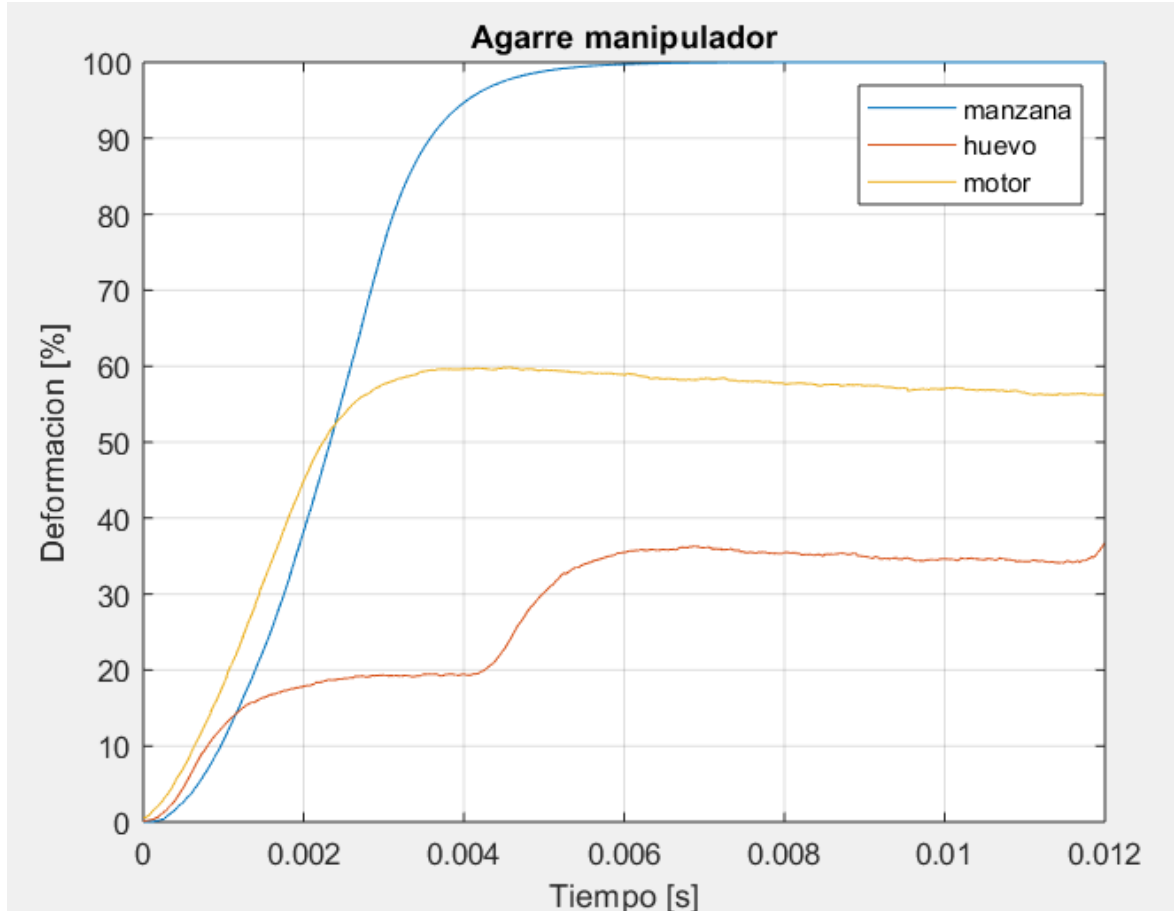




# Pruebas y resultados







# Conclusiones

La mecatrónica es una rama de la ingeniería muy importante para el desarrollo de tecnología permitiendo la sinergia entre la ingeniería mecánica, electrónica y computación, como se presenta en el desarrollo de este trabajo en el ingenio mecánico para el desarrollo de un manipulador suave.

Los parámetros de impresión y la orientación afectan directamente las propiedades mecánicas de las partes impresas en 3D, como se observo en el ensayo de tracción, los resultados del esfuerzo de tracción último y porcentaje de elongación del material cambian.

El lazo de control con retroalimentación de deformación implementado en el Gripper determina que cada objeto puede ser sujetado a un porcentaje de deformación diferente, usando el agarre envolvente los objetos pueden ser sujetados hasta con el 100% de la deformación de los dedos mientras que con el agarre de pellizco solo se puede llegar a usar el 10% de la deformación de los dedos.



# Conclusiones

El método de agarre y el porcentaje de deformación usados en el gripper es único de cada objeto por lo que para procesos de automatización del manipulador es necesario realizar un estudio previo de las propiedades geométricas del objeto para poder establecer la referencia en el lazo de control y su respectivo método de agarre.

Los dedos cumplen con el criterio de deformación planteada, pero este puede variar de acuerdo al número de bandas transversales internas, un número mayor de bandas trasversales vuelve el dedo más rígido impidiendo su deformación, mientras que un número menor de bandas ocasiona que el dedo no tenga la suficiente fuerza para agarrar los objetos.

El dedo Fin-Ray cuando está en contacto con el objeto es capaz de adaptarse pasivamente al perfil del objeto, haciéndolo seguro para la interacción del manipulador con el ser humano en un entorno educativo y aplicaciones industriales.



# Recomendaciones

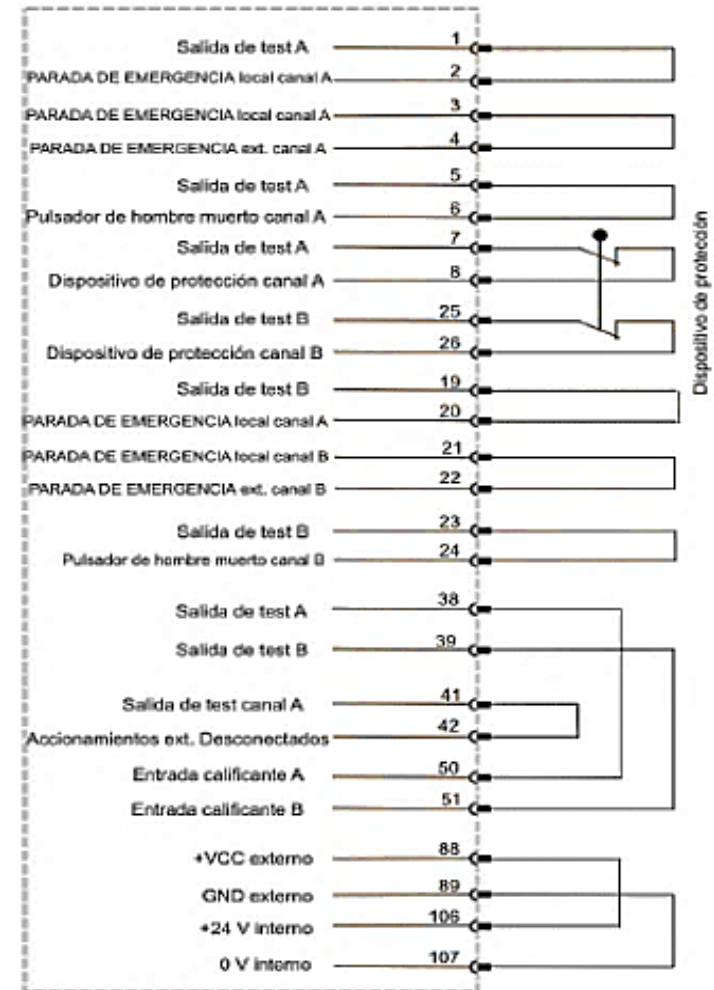
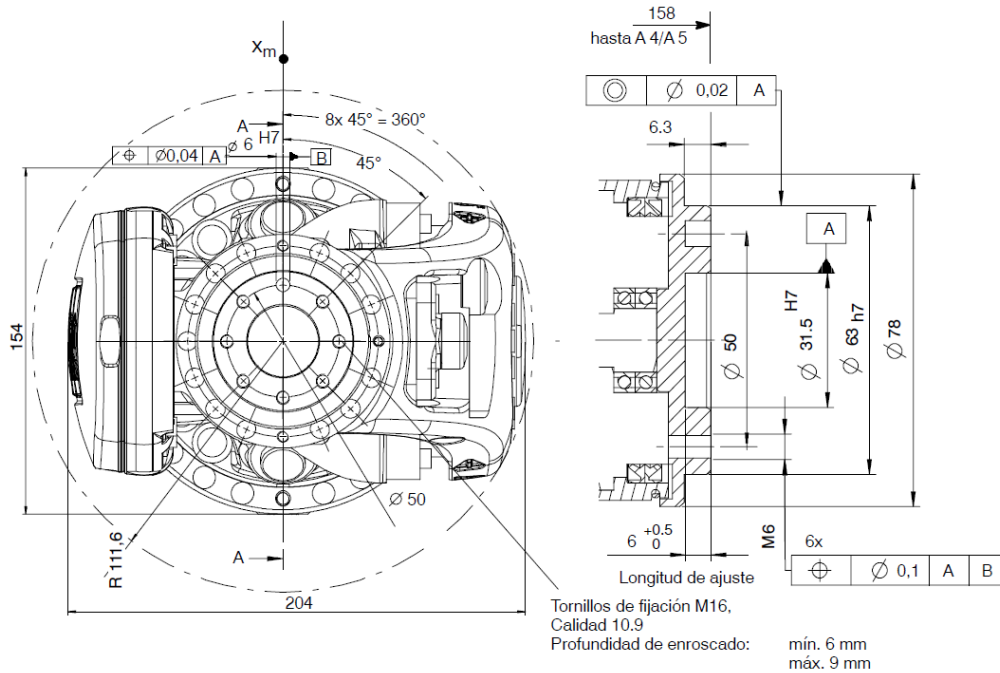
Realizar un perfeccionamiento en las piezas que componen el manipulador (cuerpo, eslabones, corredera y brida), ya que el manipulador diseñado al ser un prototipo se construyó al 100% por impresión 3D para reducir los costos de fabricación, el fin del perfeccionamiento es mejorar los acabados superficiales de las piezas, eliminación de aristas vivas, el control de tolerancias geométricas y superficiales mejorando el rendimiento del manipulador.

Incorporar un sensor de fuerza flexible de alta repetibilidad, buena resolución y alta sensibilidad con el fin de relacionar el porcentaje de deformación de los dedos con la fuerza que ejercen sobre el objeto que sujeta y así implementar un sistema de control más robusto con ambas variables (deformación y fuerza).

Ejecutar un estudio experimental sobre el diseño del dedo FinRay para optimizar el diseño del dedo, dentro de los parámetros del diseño experimental se sugiere las siguientes variables para el estudio, el número de bandas transversales dentro del dedo, el porcentaje en la densidad del relleno al momento de la impresión y la posición de las bandas transversales internas.



# Trabajo Futuro



**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# ¿Preguntas?



# Referencias

Albu-Schaffer, A., Eiberger, O., Grebenstein, M., Haddadin, S., Ott, C., Wimbock, T., Wolf, S., & Hirzinger, G. (2008). Soft robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 15(3), 20–30. <https://doi.org/10.1109/MRA.2008.927979>

Basson, C. I., Bright, G., & Walker, A. J. (2017). Validating object conformity through geometric considerations of gripper mechanisms. *2017 24th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/M2VIP.2017.8211497>

Ching-Ping Chou, & Hannaford, B. (1996). Measurement and modeling of McKibben pneumatic artificial muscles. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 12(1), 90–102. <https://doi.org/10.1109/70.481753>

Choi, H. R., Jung, K., Ryew, S., Nam, J.-D., Jeon, J., Koo, J. C., & Tanie, K. (2005). Biomimetic Soft Actuator: Design, Modeling, Control, and Applications. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 10(5), 581–593. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2005.856108>

Chossat, J.-B., Park, Y.-L., Wood, R. J., & Duchaine, V. (2013). A Soft Strain Sensor Based on Ionic and Metal Liquids. *IEEE Sensors Journal*, 13(9), 3405–3414. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2263797>

Cianchetti, M., Ranzani, T., Gerboni, G., Nanayakkara, T., Althoefer, K., Dasgupta, P., & Menciassi, A. (2014). Soft Robotics Technologies to Address Shortcomings in Today's Minimally Invasive Surgery: The STIFF-FLOP Approach. *Soft Robotics*, 1(2), 122–131. <https://doi.org/10.1089/soro.2014.0001>

Coulter, F. B., & Ianakiev, A. (2015). 4D Printing Inflatable Silicone Structures. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2(3), 140–144. <https://doi.org/10.1089/3dp.2015.0017>



# Referencias

Deimel, R., & Brock, O. (2016). A novel type of compliant and underactuated robotic hand for dexterous grasping. *The International Journal of Robotics Research*, 35(1–3), 161–185. <https://doi.org/10.1177/0278364915592961>

Elango, N., & Faudzi, A. A. M. (2015). A review article: Investigations on soft materials for soft robot manipulations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 80(5–8), 1027–1037. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7085-3>

Grijalva, J. G. G., & Hazbun, J. S. A. (2012). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GRIPPER MULTIFUNCIONAL PARA EL LABORATORIO DE ROBOTICA INDUSTRIAL DE LA ESPE*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Gudiño Márquez, J. W.-H., Gudiño Lau, J., Chávez Montejano, F., Charre Ibarra, S., Alcalá Rodríguez, J., & López Luiz, N. L. L. (2019). Robótica suave: Diseño y construcción. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(Especial), 42–49. <https://doi.org/10.29057/icbi.v7iEspecial.4168>

Gullapalli, H., Vemuru, V. S. M., Kumar, A., Botello-Mendez, A., Vajtai, R., Terrones, M., Nagarajaiah, S., & Ajayan, P. M. (2010). Flexible Piezoelectric ZnO-Paper Nanocomposite Strain Sensor. *Small*, 6(15), 1641–1646. <https://doi.org/10.1002/sml.201000254>

H, J. M., & N, P. V. (2014). “Soft Robotic”: Una nueva generación de robots. *Maskana*, 5, 109–118.

Hao, Y., Wang, T., Ren, Z., Gong, Z., Wang, H., Yang, X., Guan, S., & Wen, L. (2017). Modeling and experiments of a soft robotic gripper in amphibious environments. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(3), 172988141770714. <https://doi.org/10.1177/1729881417707148>

