



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PINZA FLEXIBLE BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE ROBÓTICA BLANDA PARA MANIPULACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS CON GEOMETRÍA IRREGULAR IMPLEMENTADO EN EL BRAZO ROBÓTICO MITSUBISHI DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

AUTORES:

XAVIER ALEJANDRO NARANJO VALLEJO
JOSSBELL FABIÁN TELLO CORDONES

DIRECTOR:

ING. ANDRÉS GORDÓN

AGENDA

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

OBJETIVOS

DISEÑO PINZA FLEXIBLE

DISEÑO MODULO CLASIFICADOR

PRUEBAS Y RESULTADOS

VIDEO DEMOSTRATIVO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



INTRODUCCIÓN



Este trabajo de titulación consiste en usar la tecnología de robótica blanda, para diseñar e implementar un sistema Mecatrónico de manipulación de objetos con geometrías irregulares, en el brazo robótico Mitsubishi de la universidad, además consta de un módulo destinado a la clasificación de cada uno de los objetos manipulados.



ANTECEDENTES

1948

- Origen de la Robótica
- George Devol

1958

- UNIMATE
- Transporte y Manipulación

2013

- Robótica Blanda
- Emulación de movimientos animales
- Pionero : Harvard

JUSTIFICACIÓN

Los motivos que llevaron a investigar una nueva tecnología de pinzas o sujetadores, se centra en que los tradicionales presentan muchas limitaciones y problemas en su uso, las que ha destacar son; objetos con formas irregulares, distancia de apertura, fuerza de sujeción.

PROPUESTA

Se pretende entonces sustituir los tradicionales sujetadores metálicos por sujetadores robóticos blandos los cuales presentan mejores prestaciones para la actividad de manipulación de cualquier objeto irregular, sin importar distancia de apertura y fuerzas de sujeción, manteniendo y cuidando el producto a manipular.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una pinza flexible basada en la tecnología de robótica blanda para manipulación y clasificación de objetos con geometría irregular implementado en el brazo robótico Mitsubishi del Laboratorio de Mecatrónica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar el estado del arte para brazos robóticos industriales aplicando la tecnología de robótica blanda con el fin de conocer el tipo de aplicación en la que se usan.

Diseñar mediante un software asistido por computador el sujetador flexible para la obtención de parámetros necesarios en el diseño de la pinza

Realizar un análisis estático del sujetador flexible empleando un software de ingeniería asistida por computador para conocer factores máximos de diseño



OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar el sujetador al brazo robótico Mitsubishi mediante un acople rápido para su fácil instalación

Diseñar e implementar un sistema de control cerrado que sea compatible con el sistema de control del brazo robótico Mitsubishi

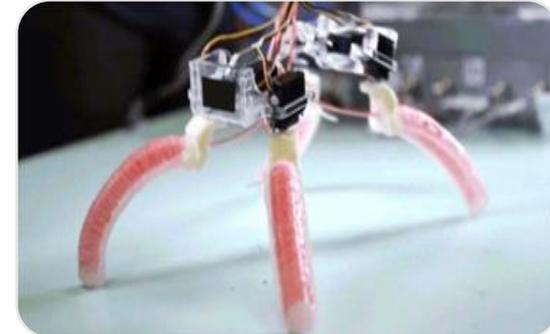
Realizar pruebas de funcionamiento del sujetador flexible acoplado al brazo robótico Mitsubishi



TEORIA DE LA ROBÓTICA BLANDA

DEFINICIÓN: Se denomina de esta forma a todos los sistemas robóticos que utilizan materiales elastoméricos en vez de plásticos rígidos o metal para su construcción

Este nuevo campo de la robótica se encuentra inspirada en los sistemas biológicos de peces, calamares o incluso en la trompa de elefantes, para llegar allá donde las estructuras rígidas no pueden hacerlo



Actuadores
dieléctricos
elastoméricos (DEA)

Aleaciones con
memoria (SMA)

Aire comprimido y
fluidos presurizados



TRABAJOS CON SOFT ROBOTICS



MANIPULACIÓN DE OBJETOS

Desarrollado por ingenieros de Soft Robotics de la universidad de Cambridge, este actuador blando ha sido implementado para servir a las industrias en el almacenamiento y transporte de alimentos debido a su capacidad de agarrar con seguridad y transportar objetos



EXOESQUELETOS INFLABLES

Desarrollado por ingenieros de la universidad de Harvard, son parecidos a guantes que contienen una membrana inflable que se expande para su activación. Usados para rehabilitación o aumento de potencia en el agarre de personas con distrofia muscular



EXPLORACIÓN EN AMBIENTES ACUÁTICOS

Investigadores de Harvard proporcionan pinzas flexibles para la recolección de especímenes submarinos delicados. El actuador blando además de proporcionar un agarre delicado, es capaz de usarse en ambientes no habituales.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DE PINZA FLEXIBLE

SELECCIÓN
DE
MATERIAL



DISEÑO
CAD

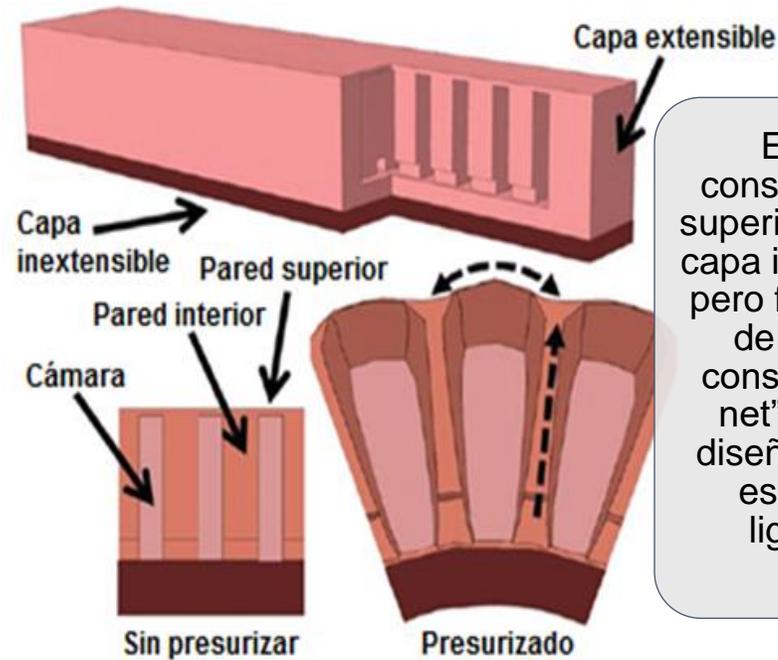


SISTEMA DE
CONTROL



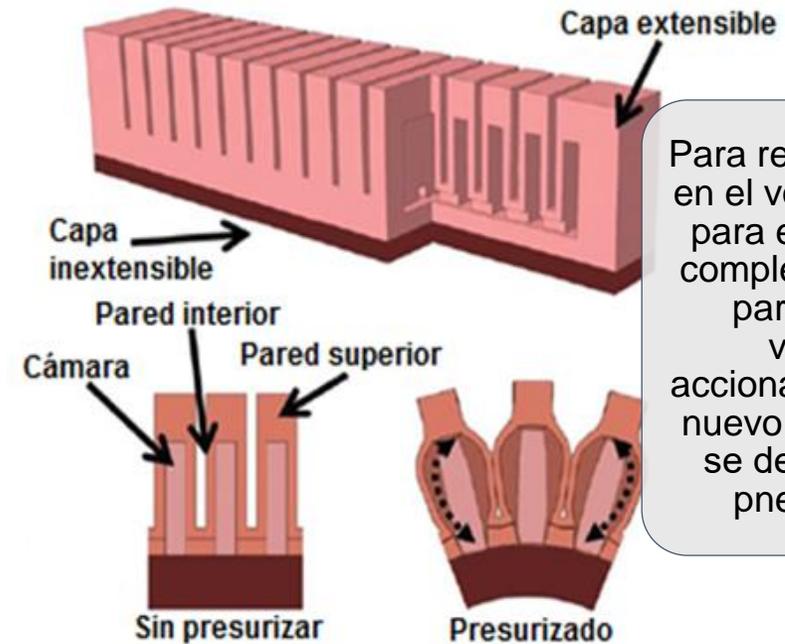
MORFOLOGÍA DE ACTUADORES BLANDOS

LENTO PNEU-NET (SPN)



Estos sistemas consisten de una capa superior extensible y una capa inferior inextensible pero flexible; a este tipo de estructura se le considera "lento pneu-net" (SPN, ya que el diseño y fabricación de estos sistemas es ligeramente más simples.

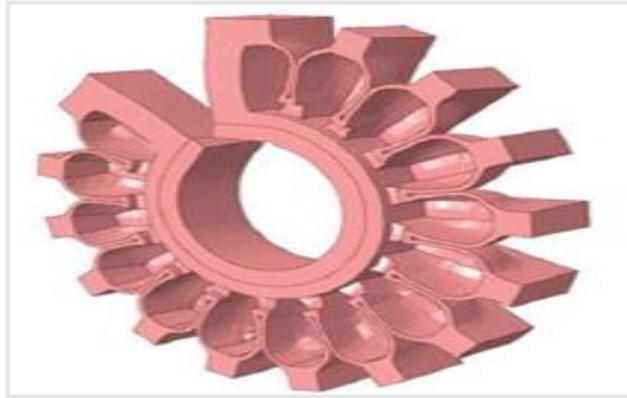
RÁPIDA PNEU-NET (FPN)



Para reducir los cambios en el volumen requerido para el accionamiento completo, y por lo tanto para aumentar la velocidad de accionamiento, surge un nuevo actuador, el cual se denomina "rápida pneu-net" (FPN).

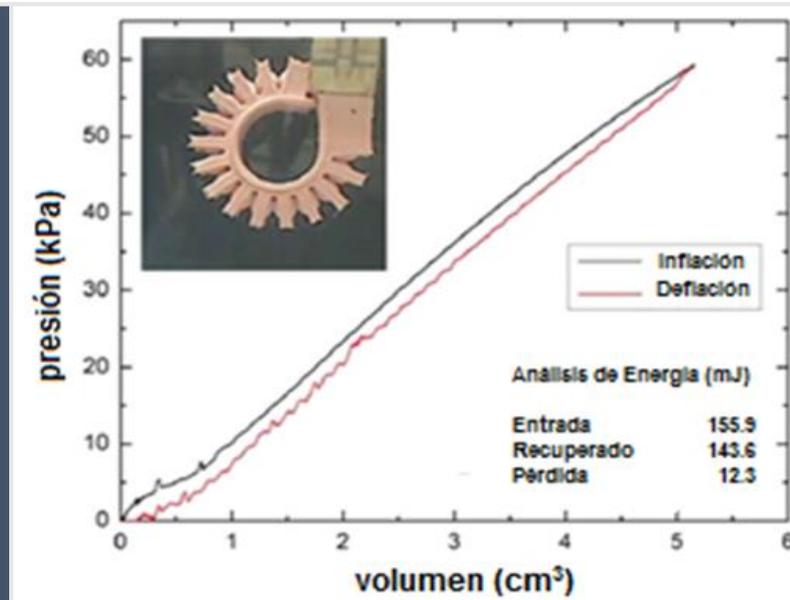


PARÁMETROS DE DISEÑO DE FPN



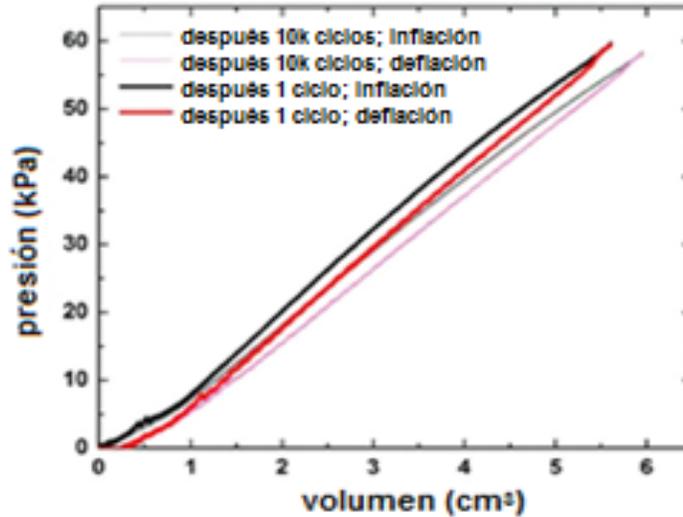
El número, altura de las cámaras, y espesores de pared generan impacto en la flexión del FPN, también mayores cámaras para una longitud dada y dentro de las paredes más delgadas permitidas generan una mayor flexión a presiones más bajas

El control del movimiento del actuador es otro importante parámetro, tiene una curva de PV casi lineal. Por consiguiente, el FPN tiene la ventaja de proporcionar una salida de complejo no lineal (es decir, un movimiento de flexión) con una simple entrada casi lineal (es decir, presión)

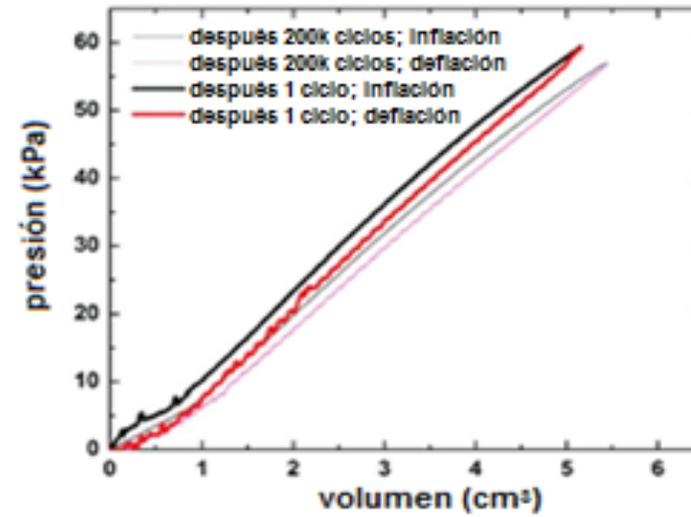


ANÁLISIS DE FATIGA DE FPN

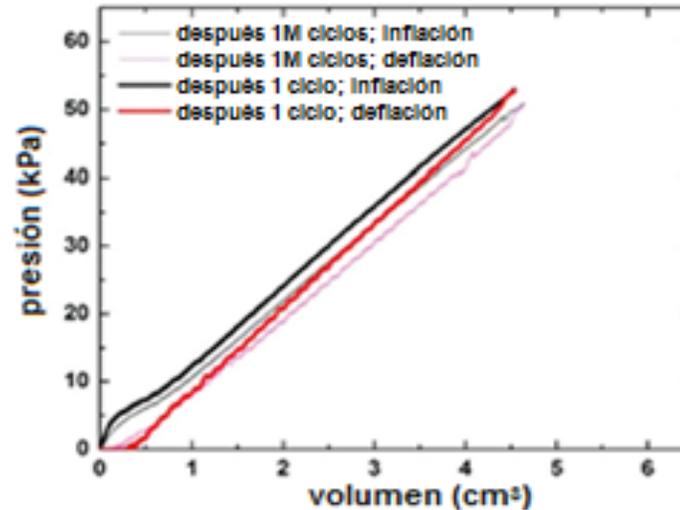
A Actuador fPn después de 10k ciclos



B Actuador fPn después de 200k ciclos



C Actuador fPn después de 1M de ciclos



MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PNEU-NET



ELASTOSIL M4601

Excelente flujo

Curado rápido y sin contracción a temperatura ambiente. El curado se puede acelerar considerablemente mediante la aplicación de calor

Dureza baja (Shore A aprox. 28)

Elevada resistencia al desgarro



ECOFLEX 30

Curado a temperatura ambiente con un encogimiento insignificante

Baja viscosidad garantiza un fácil mezclado y desairado

El caucho curado es muy suave, muy fuerte y muy "elástico"

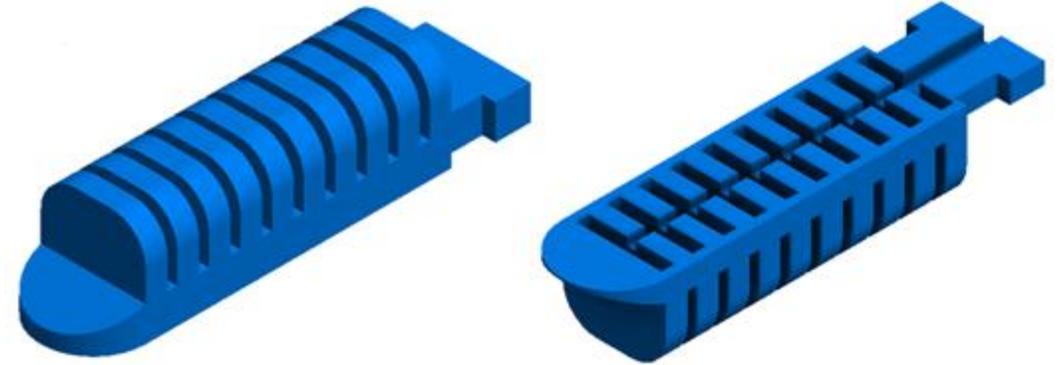
Durezas: Shore A-5



DISEÑO DE ACTUADOR BLANDO

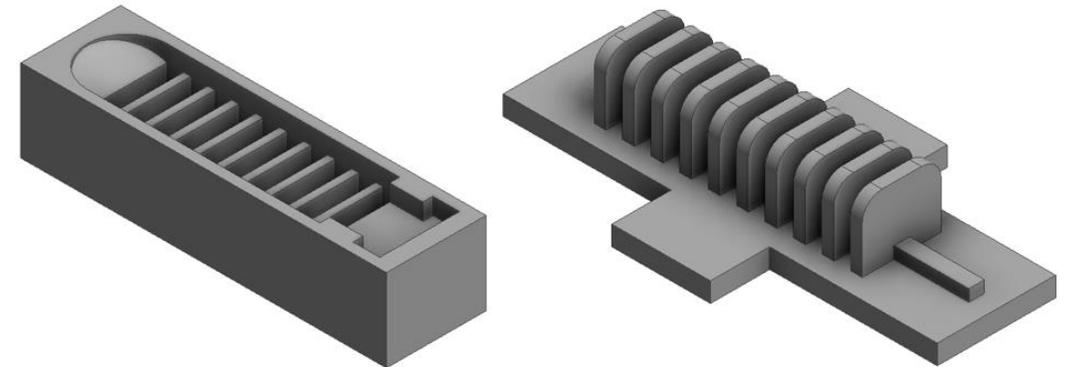
DISEÑO DE CAPA SUPERIOR EXTENSIBLE

- Consta de 10 cámaras para que facilite la flexión total del actuador con el menor consumo de aire
- Su terminación es redonda debido a la aplicación destinada del mismo, el cual es recoger objetos de geometrías irregulares



DISEÑO DE MOLDES PARA CAPA SUPERIOR EXTENSIBLE

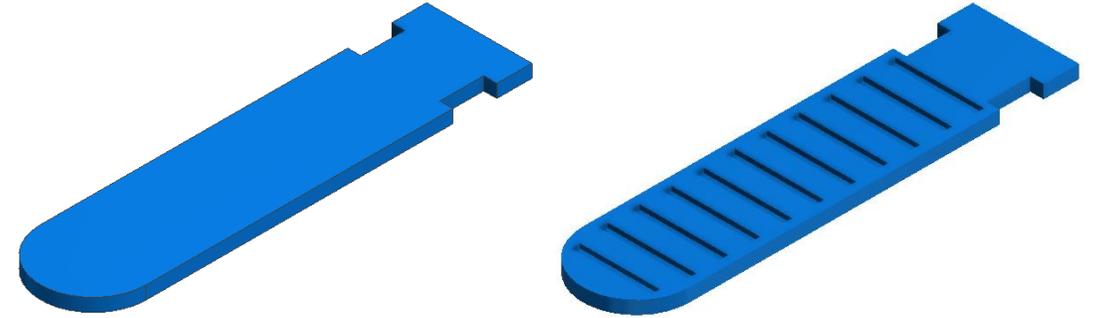
- Para la obtención del actuador blando mostrado, es necesario realizar un molde que contenga la forma descrita con anterioridad, para posteriormente depositar el elastómero y obtener el actuador deseado



DISEÑO DE ACTUADOR BLANDO

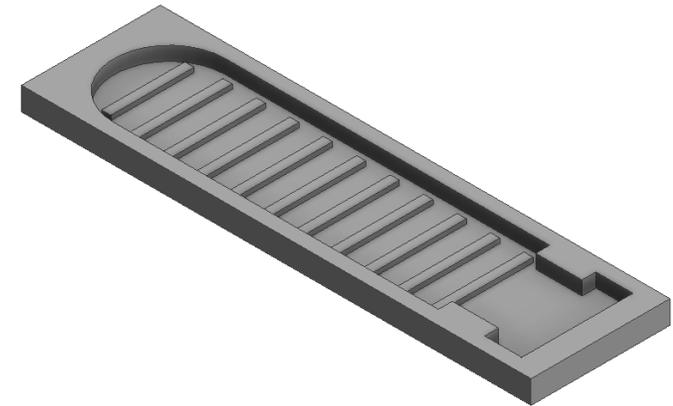
DISEÑO DE CAPA INFERIOR FLEXIBLE

- Su función es sellarse con la capa superior, debido a ello esta posee una forma similar con la capa superior.
- Además contiene unas pequeñas entradas las cuales facilitan la sujeción de los objetos irregulares.

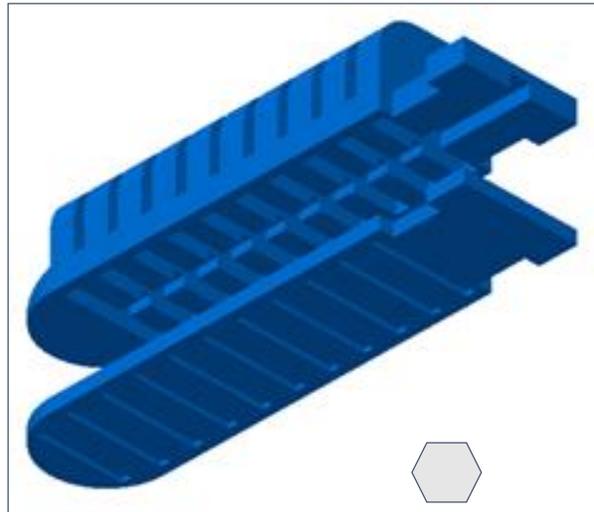


DISEÑO DEL MOLDE DE LA CAPA INFERIOR FLEXIBLE

- De igual manera es necesario la creación de un molde para obtener la capa inferior del actuador blando



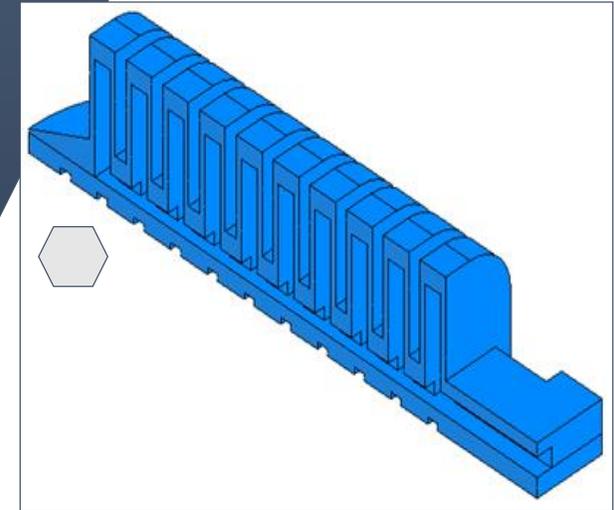
ENSAMBLE DE ACTUADOR BLANDO



Ubicación de
capas del
actuador

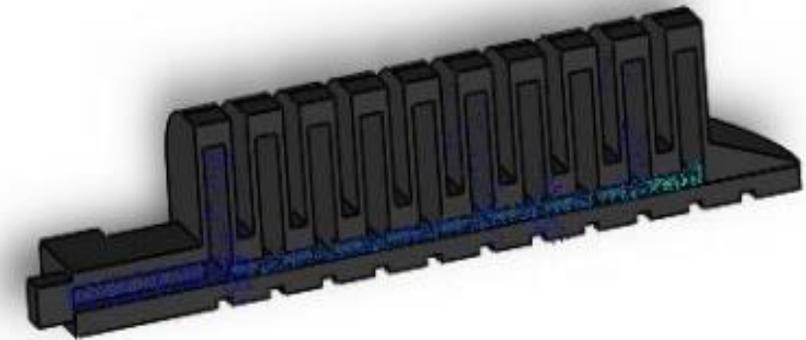
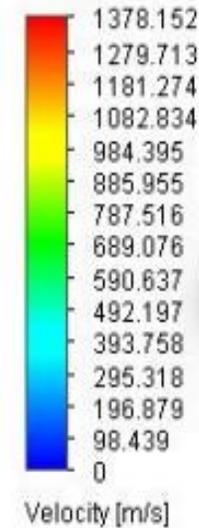


Cámaras internas
del actuador
blando



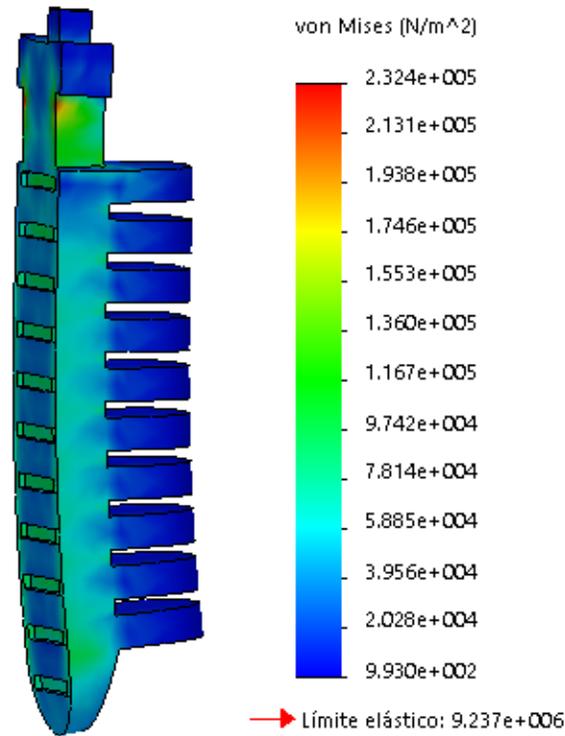
ANÁLISIS DEL ACTUADOR BLANDO

DINÁMICO

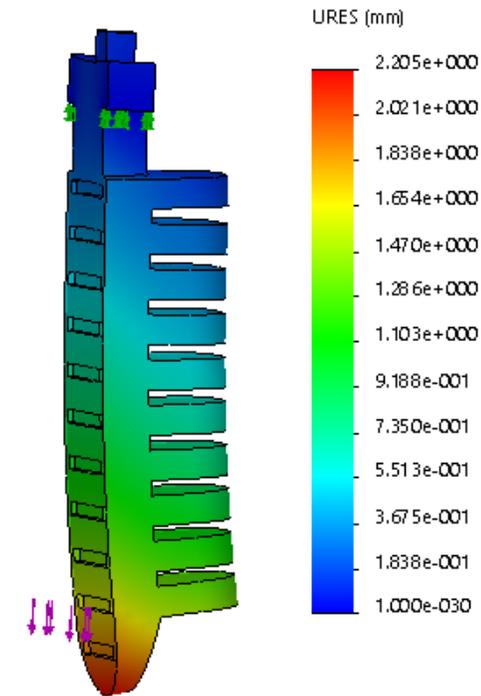


ANÁLISIS DEL ACTUADOR BLANDO

VON MISSES



DEZPLAZAMIENTO



DISEÑO MECÁNICO DE LA PINZA FLEXIBLE



Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS): Plástico de ingeniería. Los materiales de ABS tienen importantes propiedades como buena resistencia mecánica y al impacto combinado con facilidad para el procesamiento



Ácido poliláctico (PLA): Termoplástico cuya molécula precursora es el ácido láctico. Este plástico biodegradable procede de maíz o patata. Debido a esto con el pasar del tiempo irá perdiendo sus propiedades iniciales hasta descomponerse en sus elementos químicos simples



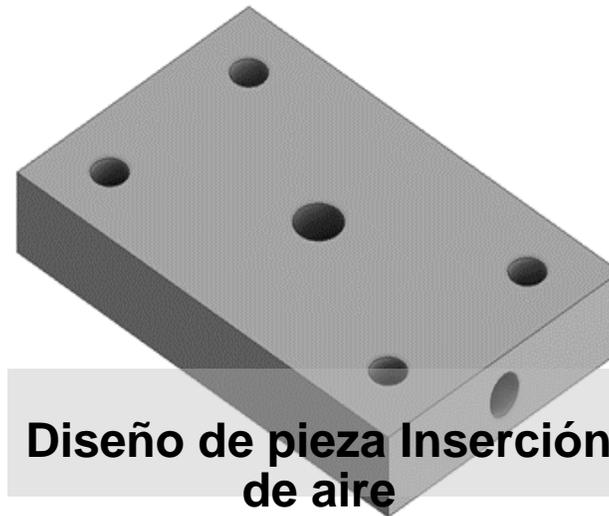
DISEÑO MECÁNICO DE LA PINZA FLEXIBLE



Diseño de pieza soporte



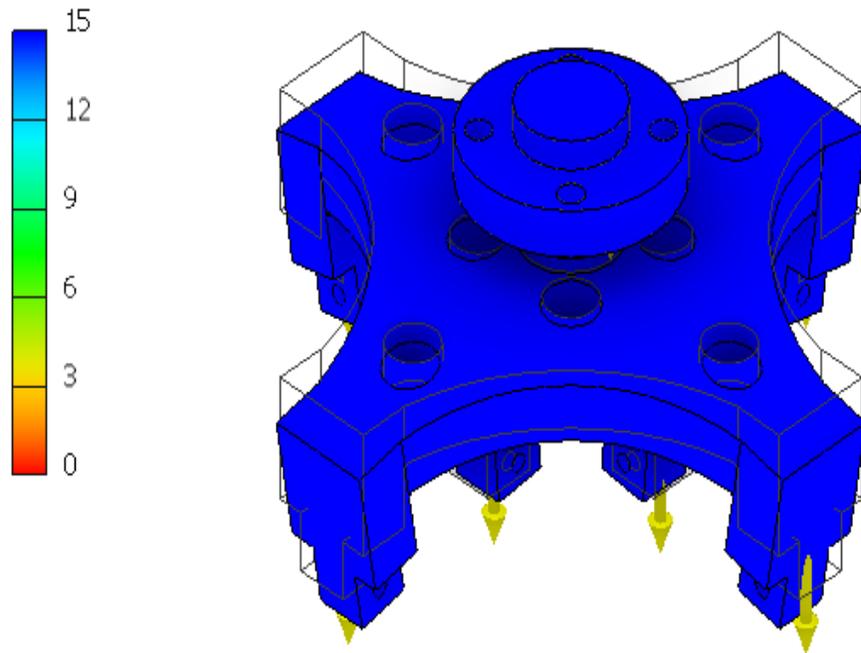
Diseño de pieza Fijador



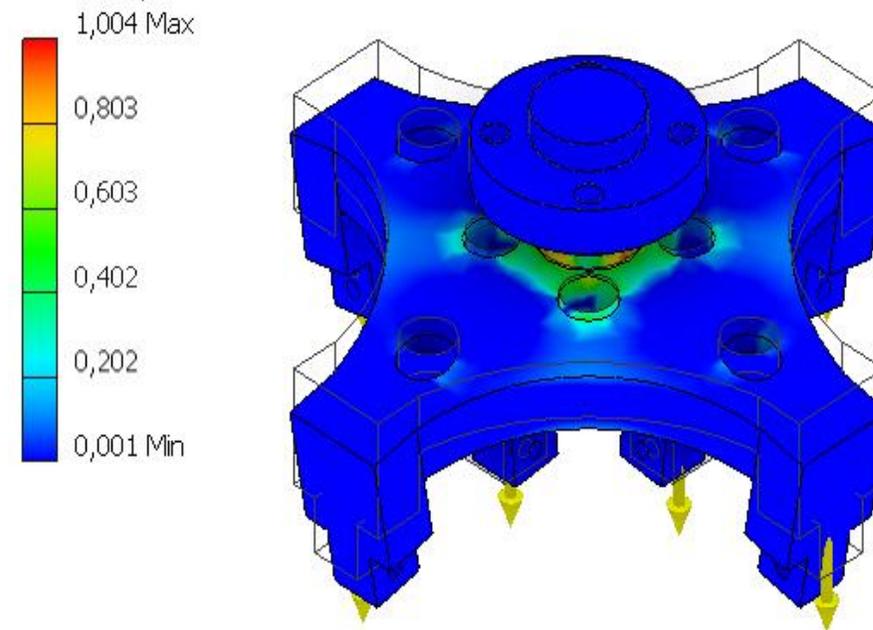
Diseño de pieza Inserción de aire



ANÁLISIS DE LA BASE

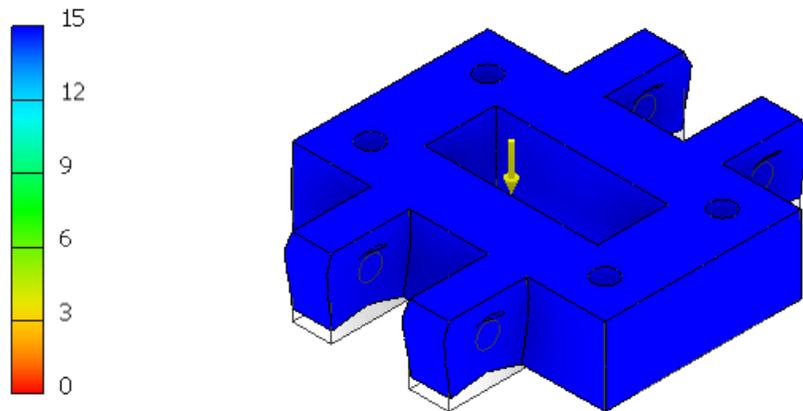


FACTOR DE SEGURIDAD

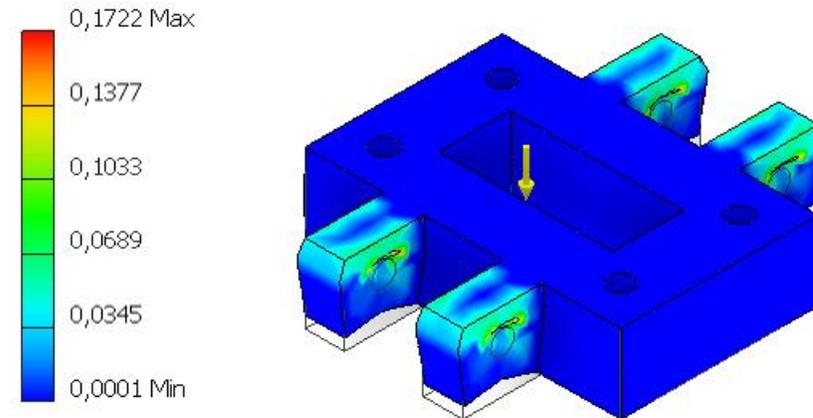


DEFORMACIÓN

ANÁLISIS DEL SUJETADOR

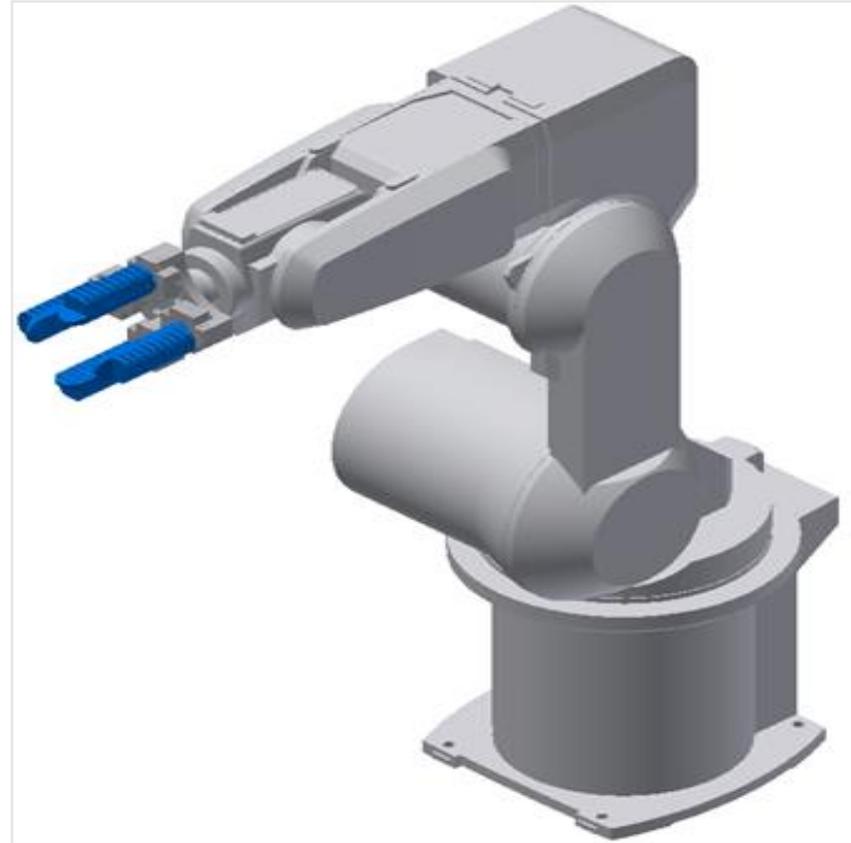
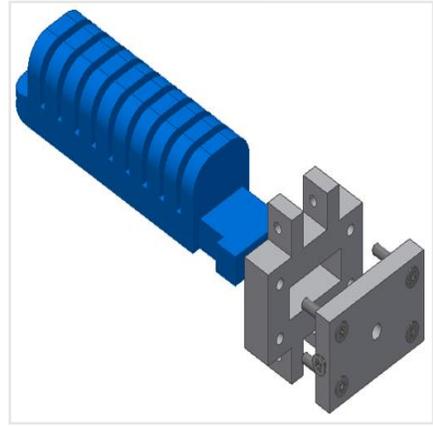


FACTOR DE SEGURIDAD



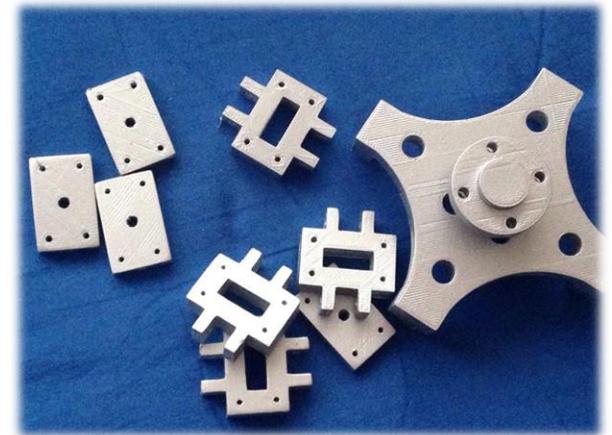
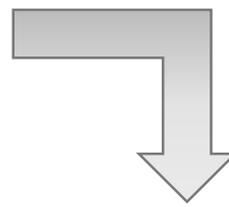
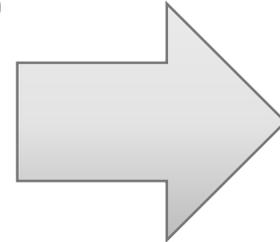
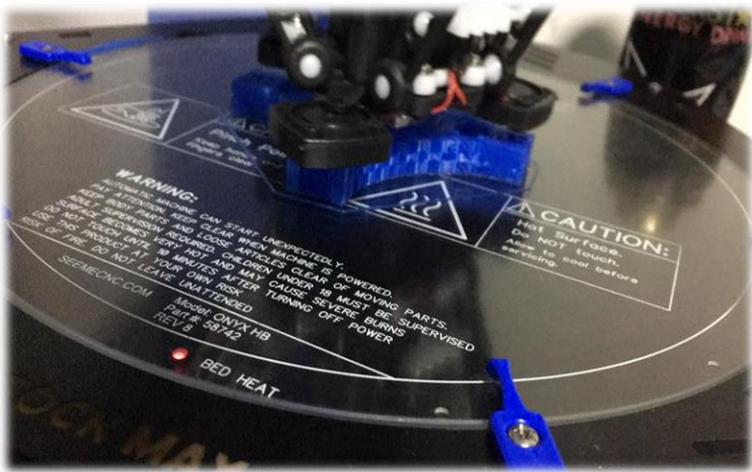
DEFORMACIÓN

ENSAMBLE DEL ACTUADOR Y GRIPPER



CONSTRUCCIÓN DE LA PINZA

IMPRESIÓN 3D



TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PINZA

Objeto	Cantidad	Peso c/u [gr]	Tiempo [horas]
Soporte	1	155,36	7
Fijador	4	2,93	1,5
Inserción de aire	4	2,95	1,5
TOTAL		178,88	10



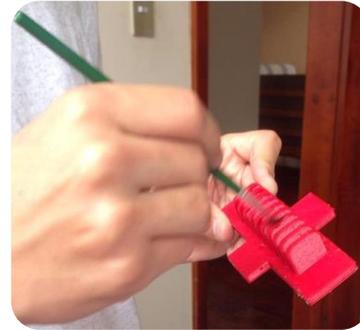
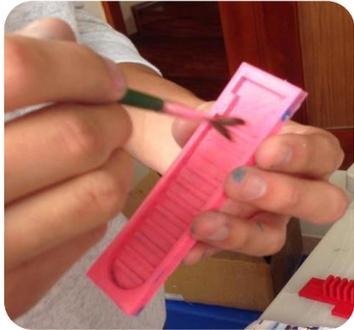
ELABORACIÓN DE ACTUADORES

Etapa	Duración [minutos]
Preparación de moldes	10
Preparación de material	30
Moldeado del actuador y cámara de vacío	20
Secado y desmolde	380
Sellado	10
TOTAL	450



ELABORACIÓN DE ACTUADORES

PREPARACIÓN DE MOLDES



PREPARACIÓN DE MATERIAL



ELABORACIÓN DE ACTUADORES

MOLDEADO DEL ACTUADOR

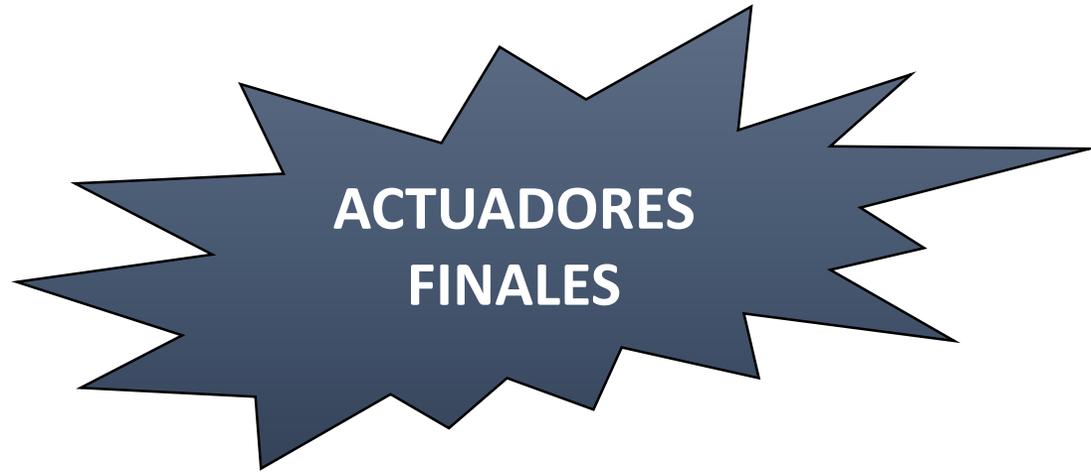


SECADO Y DESMOLDE

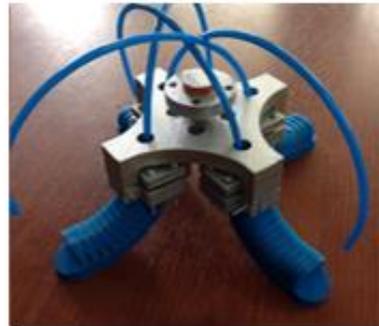
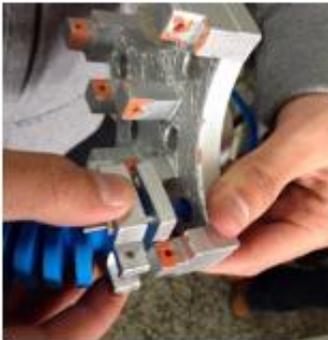
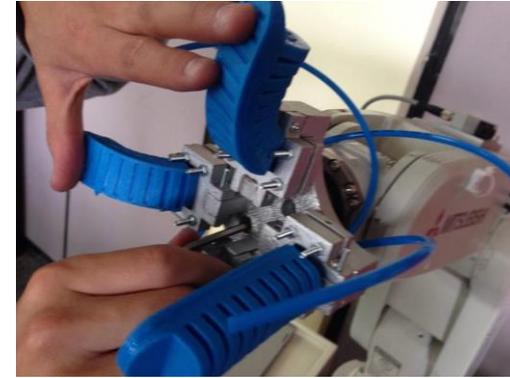
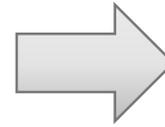


ELABORACIÓN DE ACTUADORES

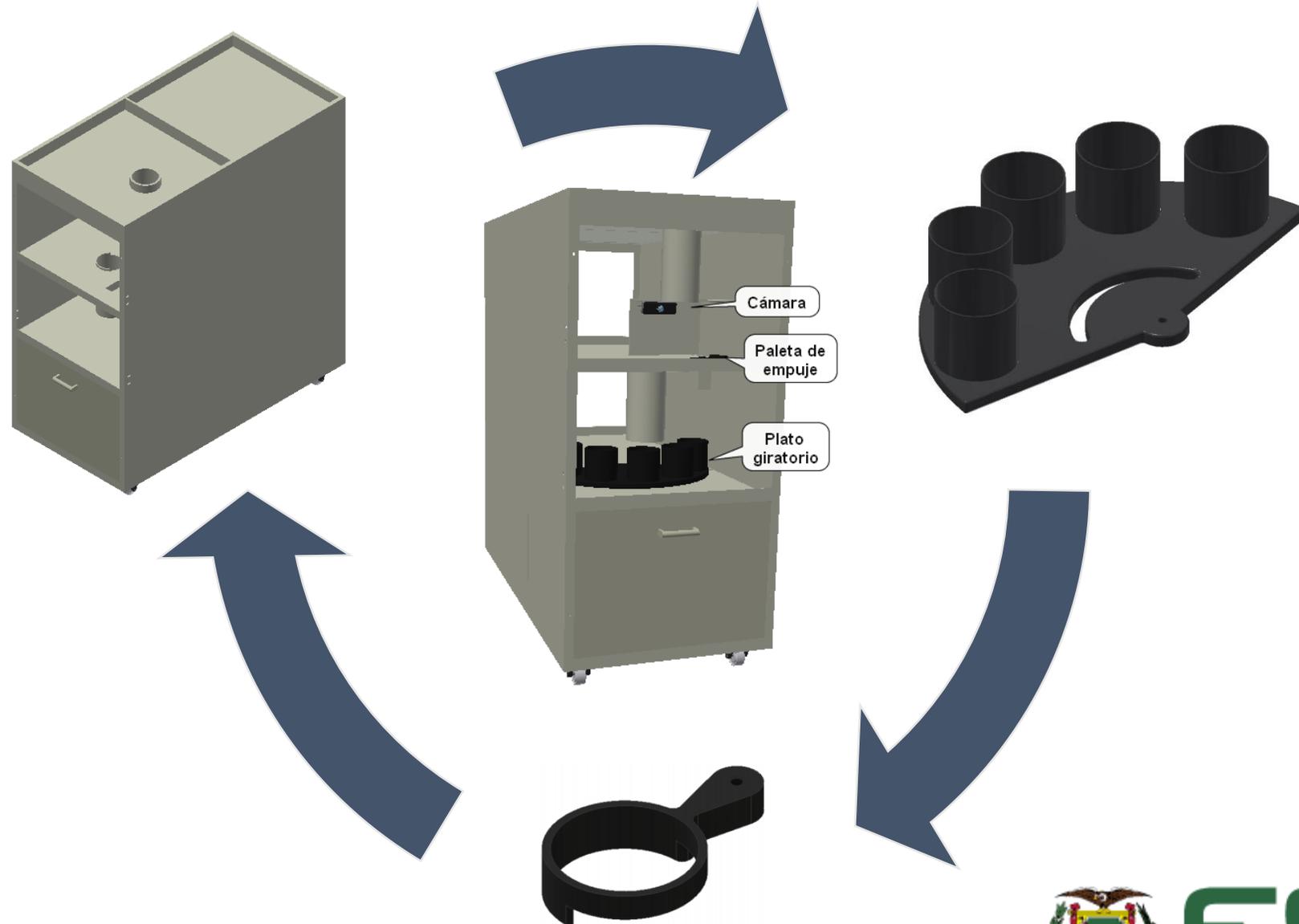
SELLADO



ENSAMBLE E IMPLEMENTACIÓN



DISEÑO MECÁNICO DEL MÓDULO DE CLASIFICACIÓN



MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EL MÓDULO

ACERO LAMINADO EN FRÍO

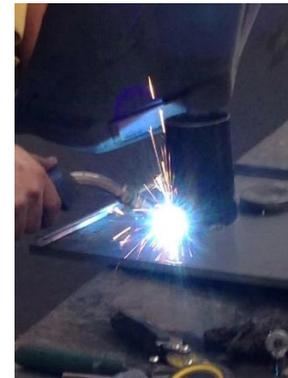
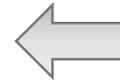
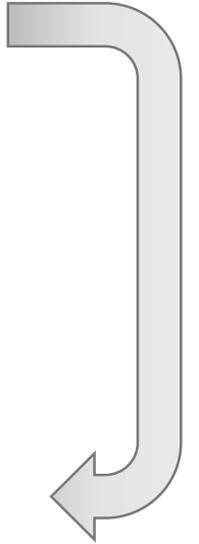
El acero laminado en frío es en esencia laminado en caliente con un mayor procesamiento. El acero es enfriado a temperatura ambiente y luego es recocido o laminado templado. Este proceso producirá acero con tolerancias dimensionales más próximas y un rango más amplio de superficies de acabado.

ALUMINIO

La lámina de aluminio tiene como características principales su excelente resistencia a la corrosión y ductilidad. Es usado en la mayoría de aplicaciones. Este producto tiene diferentes presentaciones como: lámina de aluminio lisa, lámina de aluminio en hoja, lámina natural de aluminio, lamina de aluminio pintada , lamina de aluminio en rollo y lamina de aluminio en cinta



CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE CLASIFICACIÓN



CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE CLASIFICACIÓN

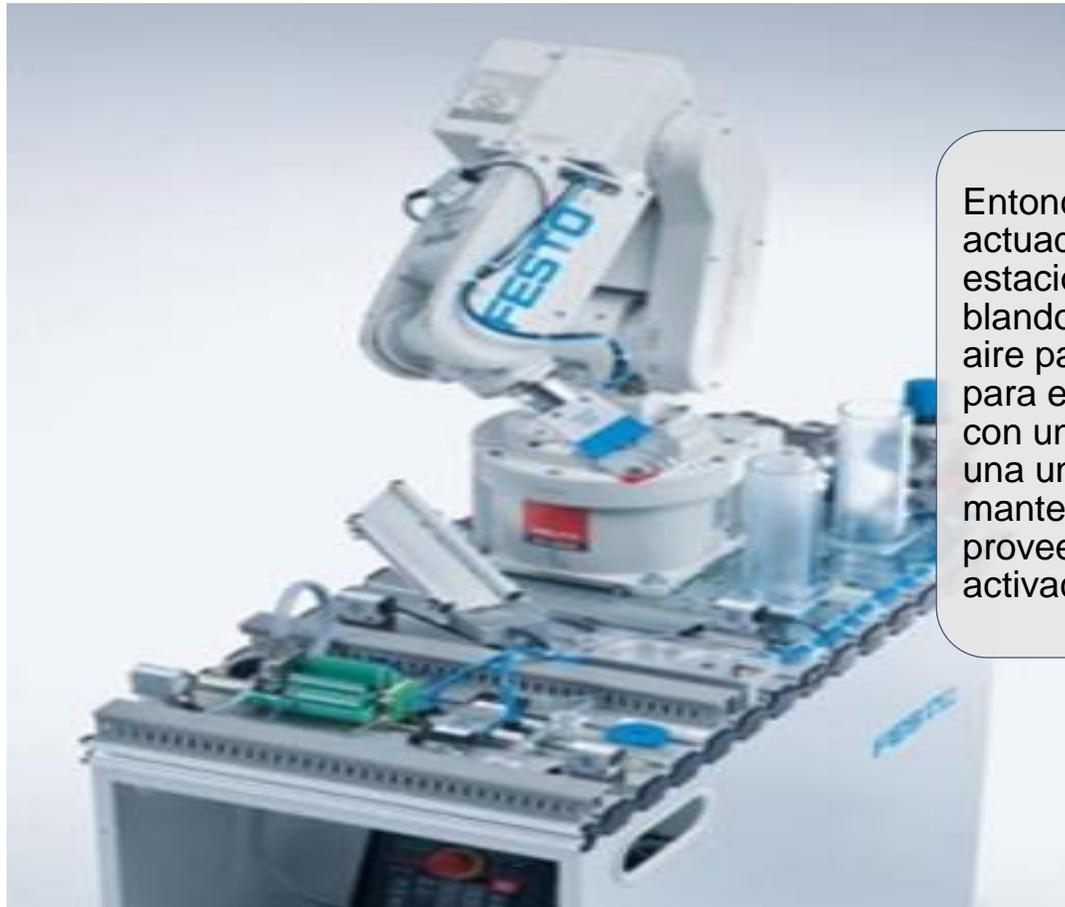


MÓDULO
TERMINADO



SISTEMA DE CONTROL DEL ACTUADOR BLANDO

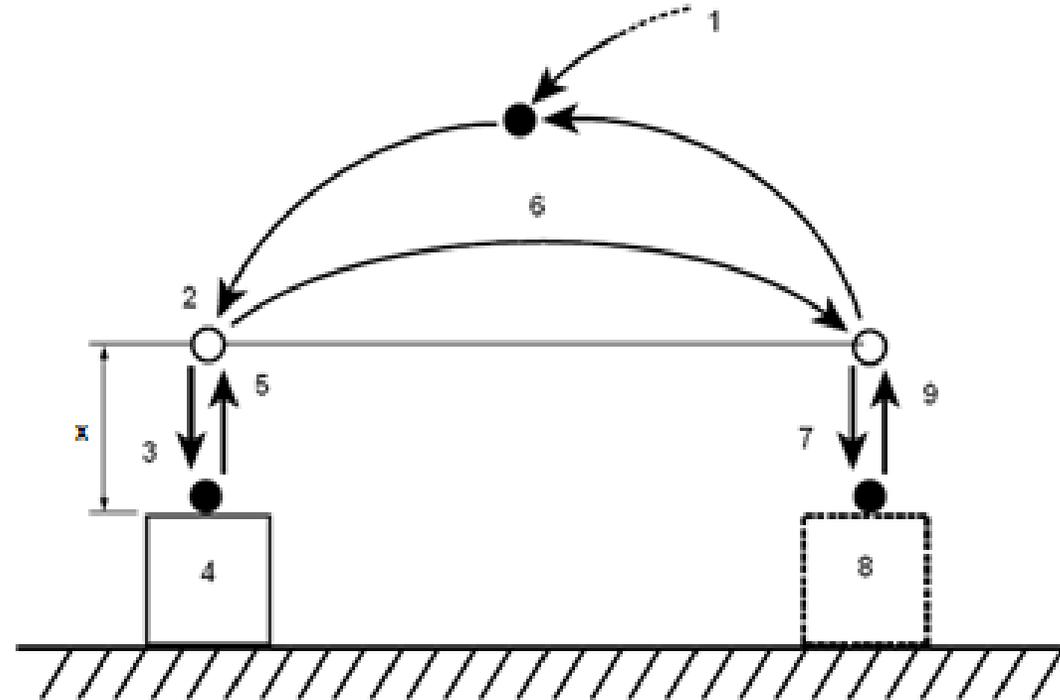
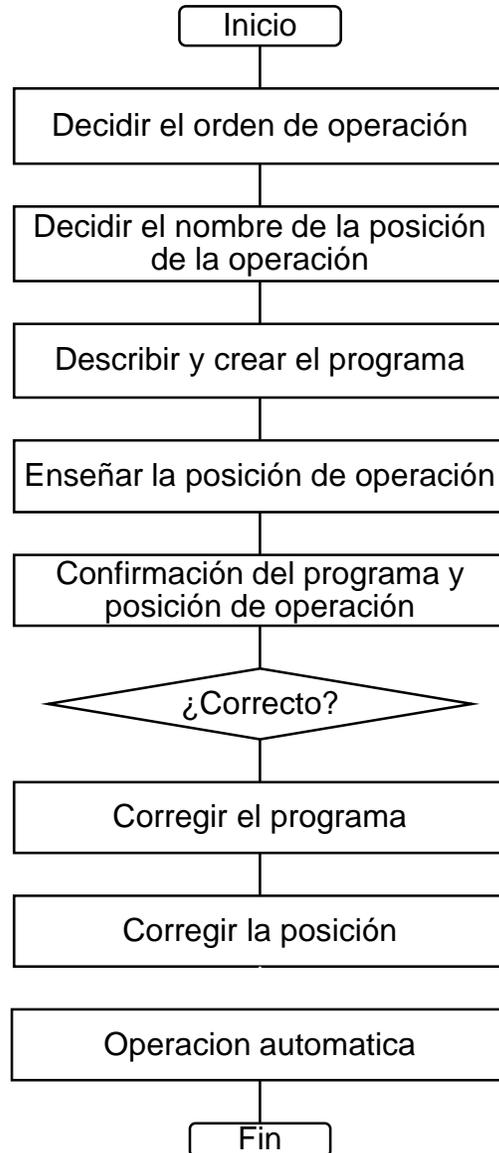
ESTACIÓN ROBOT FESTO



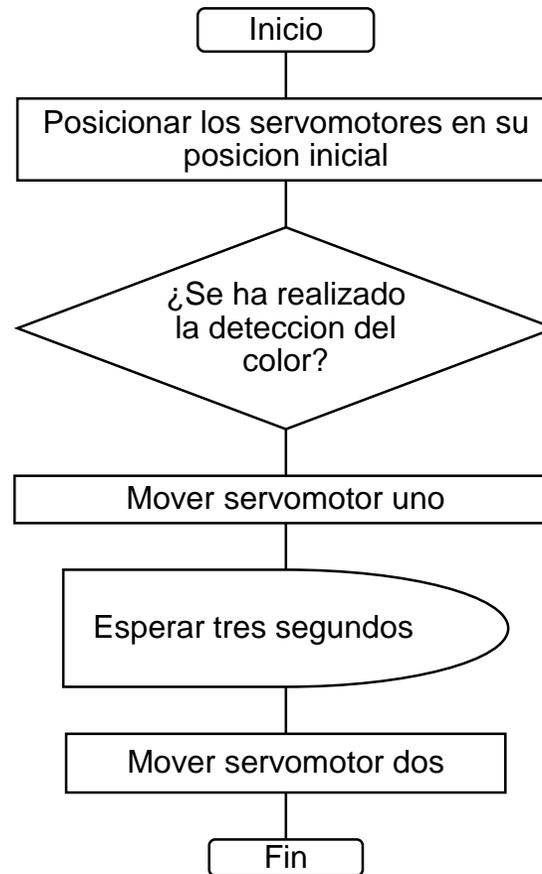
Entonces el control del actuador viene dado por la estación. El actuador blando necesita presión de aire para su activación para ello la estación cuenta con un compresor de aire y una unidad de mantenimiento los cuales proveerán de aire para su activación.



SISTEMA DE CONTROL DEL ACTUADOR BLANDO



DISEÑO ELECTRÓNICO DEL MÓDULO CLASIFICADOR



SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRONICOS - MÓDULO CLASIFICADOR



ARDUINO UNO



**RASPBERRY PI 2
MODELO B**



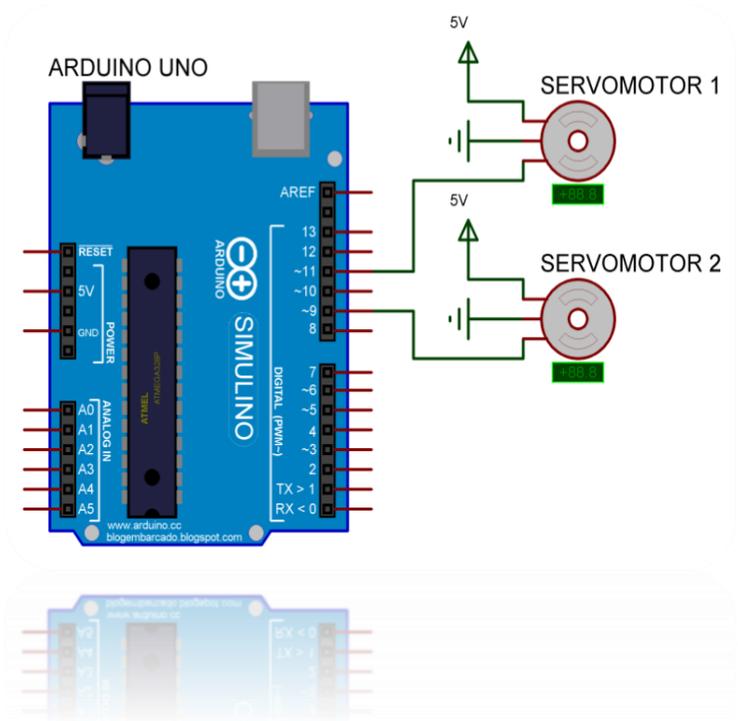
**GENIUS FACECAM
320X**



**CÁMARA WEB
LOGITECH C170**



SISTEMA DE CONTROL DEL MÓDULO CLASIFICADOR



INGENIERÍA MECATRÓNICA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

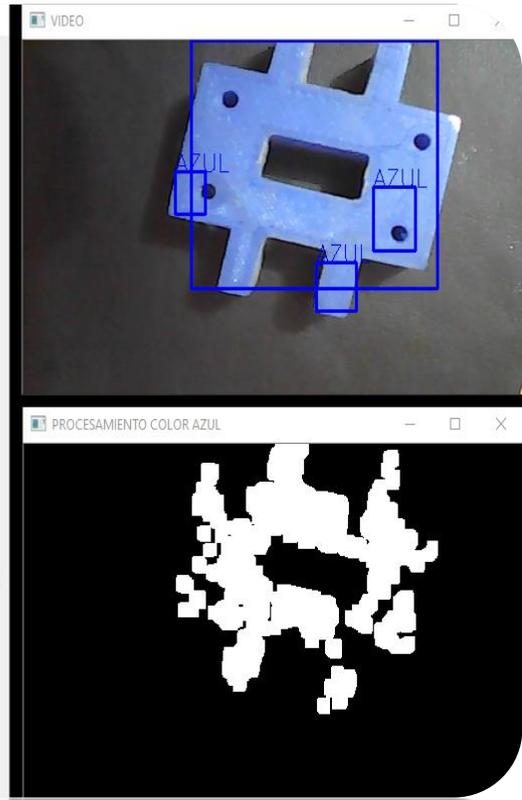
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PINZA FLEXIBLE BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE ROBÓTICA BLANDA PARA MANIPULACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS CON GEOMETRÍA IRREGULAR IMPLEMENTADO EN EL BRAZO ROBÓTICO MITSUBISHI DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

AUTORES:
XAVIER ALEJANDRO NARANJO VALLEJO
JOSSBELL FABIÁN TELLO CORDONES

INICIAR PARAR FINALIZAR

DESCARGAR SUBIR EDITAR

1022BELL FABIÁN TELLO CORDONES
XAVIER ALEJANDRO NARANJO VALLEJO
AUTORES:



PRUEBAS ACTUADOR BLANDO



Primeras pruebas del actuador blando sin presurizar



Primeras pruebas del actuador blando presurizado



Pruebas finales del actuador blando sin presurizar



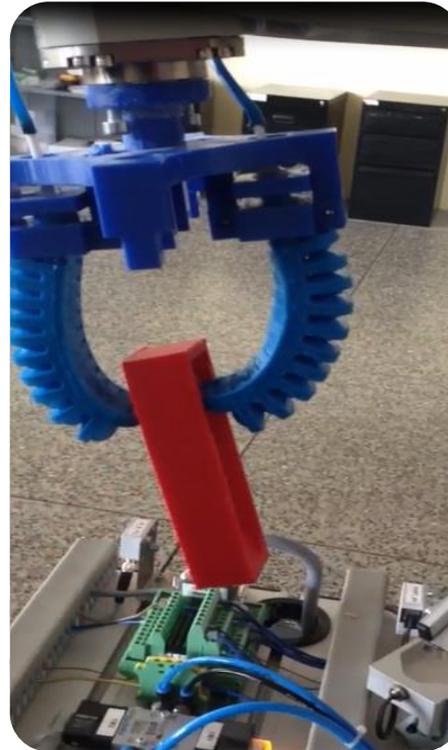
Pruebas finales del actuador blando presurizado



PRIMERAS PRUEBAS PINZA FLEXIBLE



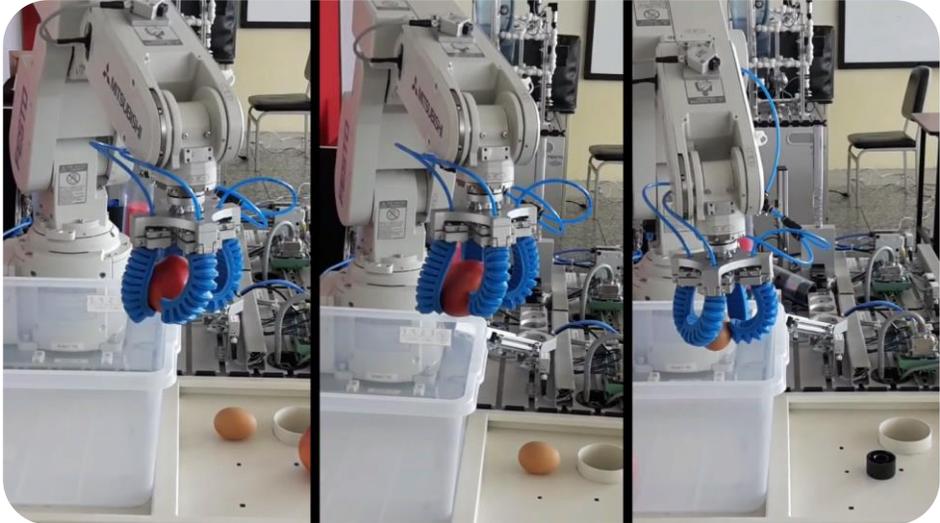
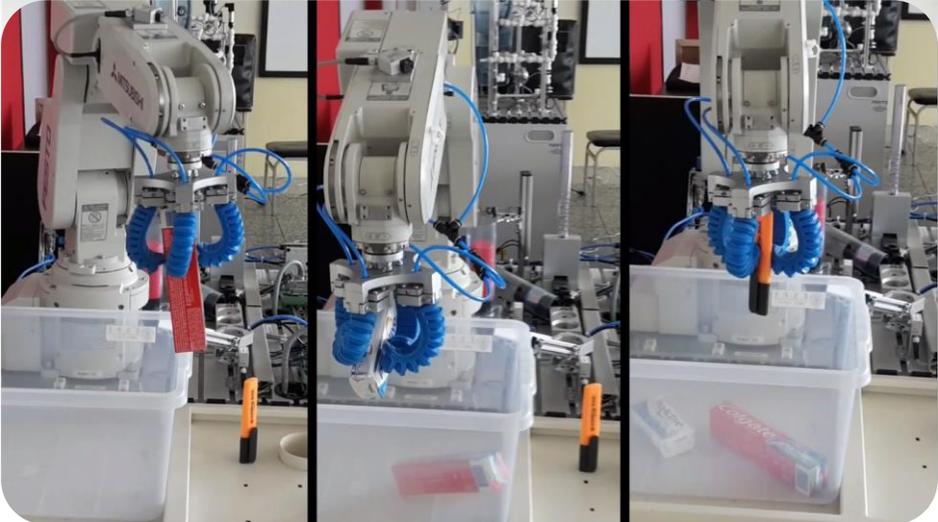
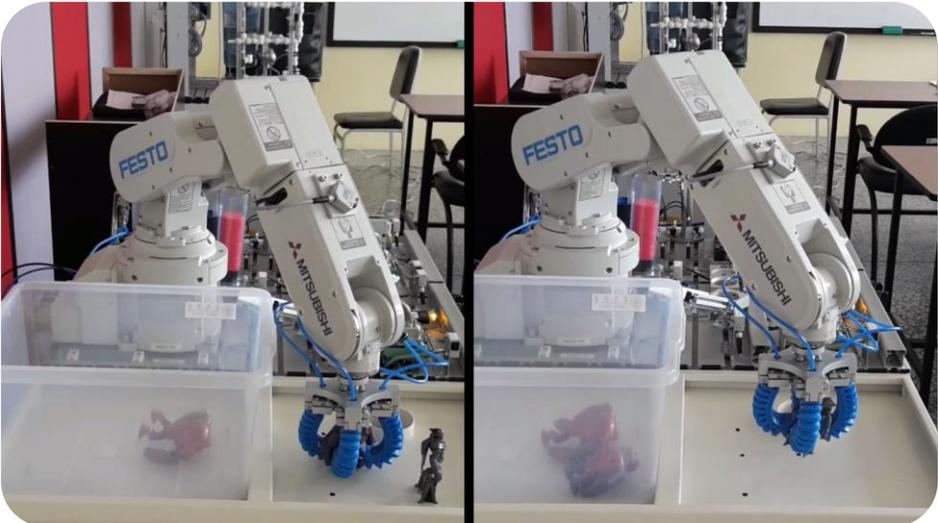
Primeras pruebas de interacción entre actuador blando y brazo robótico



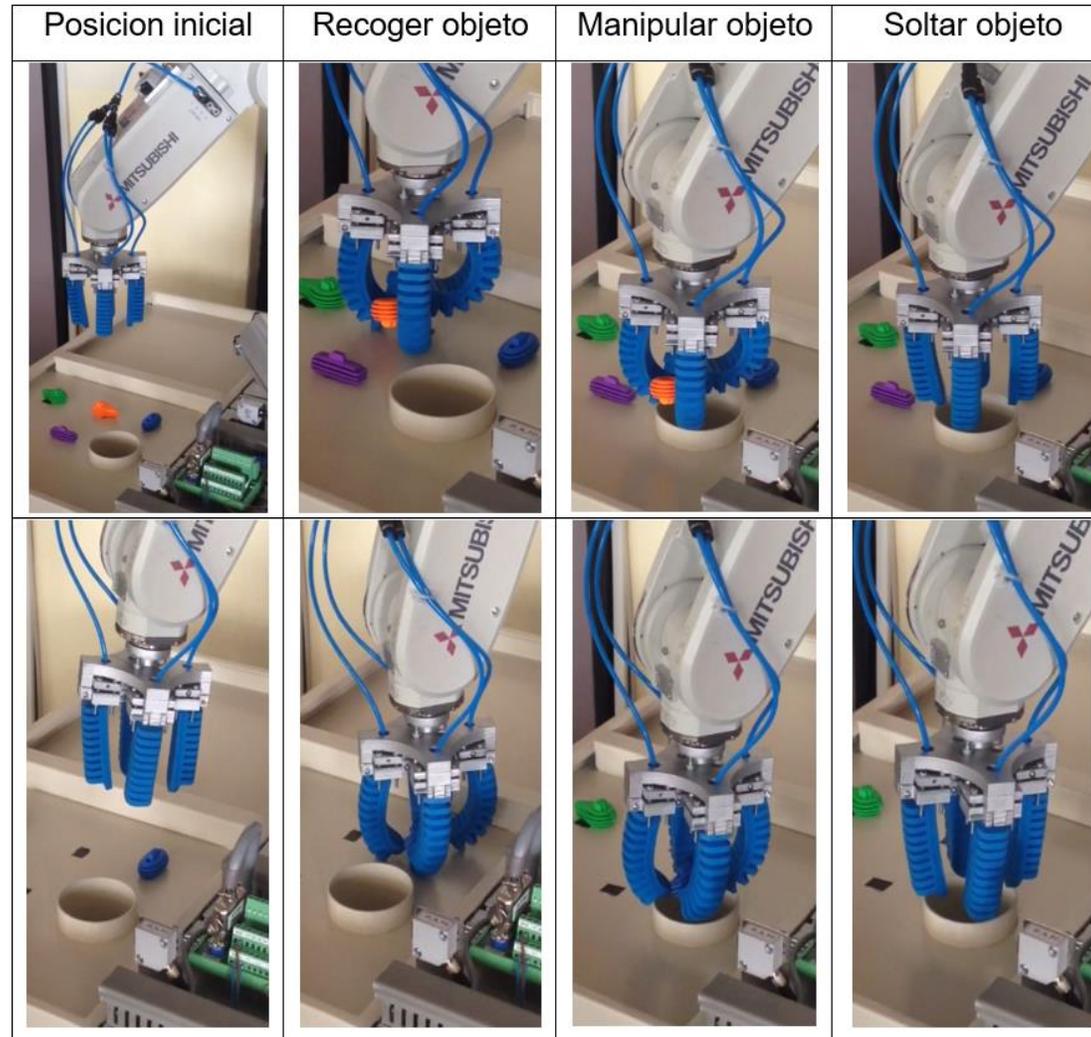
Primeras pruebas de manipulación de objetos con distintas geometrías



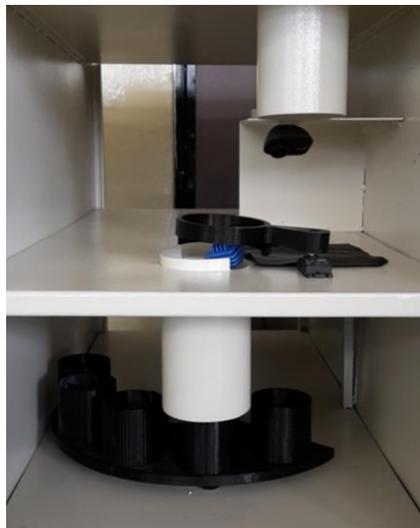
PRUEBAS FINALES PINZA FLEXIBLE



PRUEBAS MÓDULO CLASIFICADOR Y PINZA FLEXIBLE



PRUEBAS MÓDULO CLASIFICADOR Y PINZA FLEXIBLE



INGENIERÍA MECATRÓNICA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

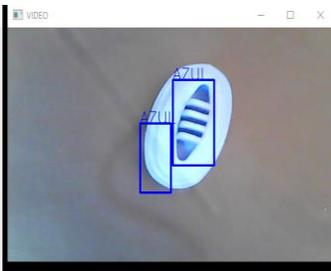
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PINZA FLEXIBLE BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE ROBÓTICA BLANDA PARA MANIPULACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS CON GEOMETRÍA IRREGULAR IMPLEMENTADO EN EL BRAZO ROBÓTICO MITSUBISHI DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

AUTORES:
XAVIER ALEJANDRO NARANJO VALLEJO
JOSSBELL FABIÁN TELLO CORDONES

INICIAR PARAR FINALIZAR



INGENIERÍA MECATRÓNICA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

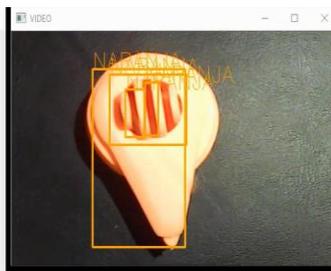
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PINZA FLEXIBLE BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE ROBÓTICA BLANDA PARA MANIPULACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS CON GEOMETRÍA IRREGULAR IMPLEMENTADO EN EL BRAZO ROBÓTICO MITSUBISHI DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

AUTORES:
XAVIER ALEJANDRO NARANJO VALLEJO
JOSSBELL FABIÁN TELLO CORDONES

INICIAR PARAR FINALIZAR



VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis planteada es la siguiente:

¿El diseño e implementación de un pinza flexible basado en robótica blanda ayudará a la manipulación y clasificación de objetos con geometría irregular?

Variable Independiente: Pinza flexible basado con tecnología de robótica blanda.

Variable Dependiente: Manipulación y clasificación de objetos con geometría irregular.

Color / Forma	Rapido (< 61 seg)	Medio (> 62 seg)	Lento (> 120 seg)	Total
Naranja A	25	15	10	50
Naranja B	28	10	12	50
Verde A	23	20	7	50
Verde B	29	19	2	50
Violeta A	21	21	8	50
Violeta B	27	10	13	50
Azul A	28	16	6	50
Azul B	29	11	10	50
Total	210	122	68	400



VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Obtención de la frecuencia esperada

$$E_{ij} = \frac{O_i * O_j}{O}$$

Obtención del valor de chi - cuadrado

$$X_{cal^2} = \sum \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Color / Forma	Rapido (< 61 seg)	Medio (> 62 seg)	Lento (> 120 seg)	Total
Naranja A	26,25	15,25	8,5	50
Naranja B	26,25	15,25	8,5	50
Verde A	26,25	15,25	8,5	50
Verde B	26,25	15,25	8,5	50
Violeta A	26,25	15,25	8,5	50
Violeta B	26,25	15,25	8,5	50
Azul A	26,25	15,25	8,5	50
Azul B	26,25	15,25	8,5	50
Total	210	122	68	400



VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Color / Forma	Rapido (< 61 seg)	Medio (62 - 119 seg)	Lento (> 120 seg)	
Naranja A	0,05952381	0,004098361	0,264705882	
Naranja B	0,116666667	1,807377049	1,441176471	
Verde A	0,402380952	1,479508197	0,264705882	
Verde B	0,288095238	0,922131148	4,970588235	
Violeta A	1,05	2,168032787	0,029411765	
Violeta B	0,021428571	1,807377049	2,382352941	
Azul A	0,116666667	0,036885246	0,735294118	
Azul B	0,288095238	1,18442623	0,264705882	Total
Total	2	9	10	21

$$X_{\text{cal}}^2 > X_{\text{tab}}$$
$$21 > 17,11$$

Cálculo del grado de libertad

$$v = (i - 1) * (j - 1)$$

$$v = 14$$

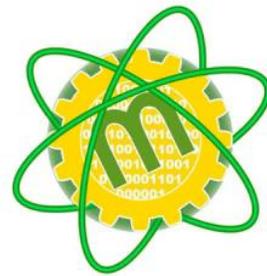
Nivel de significancia $p = 0.25$



Chi-Cuadrado tabulado = 17,11



VIDEO DEMOSTRATIVO



CONCLUSIONES

Al ser una tecnología nueva, aun en desarrollo, la investigación se centró en dos diseños predominantes en actuadores blandos, debido a mejores características se optó por la morfología FPN, posteriormente se realizó el diseño del mismo en software asistido por computador, con el fin de establecer parámetros de diseño

La activación de la pinza flexible es netamente neumática, la cual es comandada por el controlador del brazo robótico, desarrollándose así la función de manipulación de objetos

Las pruebas realizadas en la fase de manipulación de objetos fueron satisfactorias, obteniendo buenos resultados con distintos objetos con distintas morfologías, comprobando la funcionalidad de la pinza flexible en manipulación de objetos irregulares.

Se diseñaron distintos elementos que conforman la parte mecánica de la pinza flexible tomando en cuenta los requerimientos de adaptabilidad tanto del actuador blando como del brazo robótico al cual se implementó.

Evidentemente cada uno de los componentes son seguros para realizar su trabajo y además se asegura que estos trabajaran en condiciones extremas ya que gracias a los análisis realizados se comprueba que estos mantienen un alto factor de seguridad al cargar un gran peso

El modulo fue diseñado con el fin de emular la forma del sistema en el que se encuentra instalado el brazo robótico, por ende este cumple con las medidas previstas, además este permite la clasificación ideal de los objetos de una forma dinámica y rápida



RECOMENDACIONES

Para evitar errores en la clasificación de objetos por color, se recomienda no usar colores parecidos o establecer una cantidad a clasificar no tan grande.

Se recomienda seguir investigando esta nueva tecnología, debido a sus altas prestaciones en la robótica, con el fin de seguir mejorando y desarrollando nuevos prototipos funcionales.

Es importante antes de construir cada uno de los elementos del sistema Mecatrónico diseñarlos con la ayuda de un software y realizar un análisis dinámico y estático para evitar errores en el resultado final y así eliminar gastos innecesarios.

La elaboración de los actuadores se recomienda elaborarlo en lugar limpio para evitar impurezas dentro de los mismos y además tener a disposición todos los elementos necesarios para la elaboración.

La mezcla del elastosil se debe hacer de manera uniforme y siempre con la misma cantidad para la construcción de cada uno de los actuadores ya que se desea que estos se comporten de la misma manera.



