



unitec

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO DE UN EFECTOR FINAL PARA EL MANEJO DE ALIMENTOS
MEDIANTE LA ROBÓTICA SUAVE**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21541164 MARCEL ANDRES TOSTA MANZANARES

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDOÑEZ ÁVILA

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; JULIO, 2021

DEDICATORIA

Esto va dedicado a cada una de las personas que confi3 en m3 y a lo largo de los a3os trataron de educarme de la mejor manera, y me ayudaron a no solo ser un profesional, tambi3n pusieron de su esfuerzo para educarme como persona.

Agradecerles infinitamente a mis padres Marcel Tosta y Rosibel Manzanares que, a pesar de todas las dificultades, siempre pusieron mi educaci3n como algo primordial, y que todos estos a3os de esfuerzo sean reflejados en m3.

Tambi3n a todos esos amigos que encontr3 en el camino y siempre estuvieron en las buenas y en las malas. Sin duda siempre hay grandes personas que te encuentras en el camino.

AGRADECIMIENTO

Este ha sido un camino largo de 18 años, en lo cual me forme profesionalmente, desde lo que fue mi segundo hogar durante mi niñez el Instituto MHOTIVO, lo cual me ayudo a obtener la disciplina que se necesita en la edad adulta y la cual fue de base para poder ingresar a la universidad y enfrentar todos los retos que este conlleva.

Agradecer infinitamente a mis padres, Marcel Tosta y Rosibel Manzanares, ya que ellos fueron el apoyo que tuve, fueron el pilar fundamental de mis éxitos y sin ellos nada de esto sería posible, ya que se esforzaron día y noche por darme la mejor educación, y siempre pusieron los estudios como la parte primordial de mi vida. Ahora es momento de que su esfuerzo se vea reflejado. A mi círculo de amigos, ya que ellos en momentos difíciles estuvieron para apoyar, agradecerles cada vez que los necesite y que, a lo largo de estos 5 años de carrera, me dieron su mano. Sin ellos mi vida en la universidad hubiera sido completamente aburrida.

A los licenciados e ingenieros con los cuales tuve oportunidad de compartir a lo largo de estos años, agradecerles compartirme su conocimiento y su paciencia para poder educar un profesional. Hacer una mención a dos en particular Ing. Hegel López y al Ing. Erick Aguilar ya que ellos fueron de los profesores que más compartí y tuve el honor de recibir clases de ellos en las matemáticas y físicas especialmente. Y cada vez que necesite un consejo ahí estuvieron.

Por último, agradecer a mi asesor, el Ing. Luis Ordoñez que a pesar de todas las dificultades de pandemia siempre estuvo presente para ayudarme, también fue el ingeniero con el cual tuve más clases en mis últimos semestres de universidad y sabía que podía confiar en el para poder realizar mi proyecto de investigación, también agradecer a UNITEC por abrirme las puertas de la educación superior.

EPÍGRAFE

"No se puede enseñar nada a un hombre, sólo se le puede ayudar a descubrirse a sí mismo"

--Galileo Galilei

Resumen Ejecutivo

En el siguiente proyecto de investigación se expone el diseño y la fabricación de un prototipo de efector final de tres dedos a base de un elastómero, este proyecto de investigación se observan las razones por la cual se eligió el tema y que antecedentes hay sobre este tema en particular. Se planteó una solución para mejorar la automatización de la industria mediante el empleo de efectores finales, en este caso fue la industria agrícola, ya que los antecedentes, eran indicadores que la industria alimenticia no produce la suficiente cantidad de alimentos con poca mano de obra y era oportuno encontrar soluciones. El prototipo creado ayuda en el área de recolección y empaque de la agroindustria. El efector final está diseñado para que obtenga un agarre firme y preciso sobre alimentos, sin alterar la calidad de este. Para el diseño del efector final, se empleó el uso de aplicaciones de diseño asistidas por computadora, también se ejecutó una amplia investigación acerca de los materiales nuevos para el efector final como ser ECOFLEX 00-30, que es un elastómero que puede adaptarse para las tareas que se realizaron. Se obtuvo información acerca del manejo del aire comprimido, y el compresor que se utilizó para la parte mecánica del prototipo. Para la elaboración, de este efector final lo primordial es el diseño de los actuadores, es decir los dedos. Para ello, se elaboró un molde en Solidworks y posteriormente se imprimió en una impresora 3D. El material que se utilizó fue un elastómero de la empresa ECOFLEX, ya que nos permite un fácil moldeo y también de estirar este material hasta 10 veces su tamaño. Antes de la creación de los actuadores fue necesario conocer el comportamiento de este incluso antes de elaborarlo, por la cual se optó por el uso del software ABAQUS, que permite la simulación real del actuador y así ver el comportamiento en distintos escenarios. Y poder observar los errores del diseño y así corregirlos. Por último, se necesita que este prototipo opere en la agroindustria, es necesario un manipulador que pueda adaptarse a diferentes robots que observamos en las líneas de recolección y empaque, se empleó el uso del software Solidworks para la creación de uno.

Palabras Claves: ABAQUS, Agroindustria, Aire Comprimido, Ecoflex, Efector Final, Elastómero

ABSTRACT

In the following research project, the design and manufacture of a prototype of a three-finger end effector based on an elastomer is exposed, this research project observes the reasons why the topic was chosen and what background there is on this topic. A solution was proposed to improve the automation of the industry using end-effectors, in this case it was the agricultural industry, since the antecedents were indicators that the food industry does not produce enough food with little labor, and it was opportune to find solutions. The prototype created helps in collection and packaging of the agribusiness. The end effector is designed to give you a firm and precise grip on food, without altering the quality of the food. For the design of the end effector, the use of computer aided design applications was used, extensive research was also carried out on new materials for the end effector such as ECOFLEX 00-30, which is an elastomer that can be adapted for tasks that were performed. Information was obtained about the handling of compressed air, and the compressor that was used for the mechanical part of the prototype. For the elaboration of this end effector, the main thing is the design of the actuators, that is, the fingers. To do this, a mold was made in Solidworks and later printed on a 3D printer. The material used was an elastomer from the ECOFLEX company since it allows us an easy molding and to stretch this material up to 10 times its size. Before the creation of the actuators, it was necessary to know its behavior even before elaborating it, for which it was decided to use the ABAQUS software, which allows the real simulation of the actuator and thus see the behavior in different scenarios. And to be able to observe design errors and thus correct them. Finally, this prototype needs to operate in agribusiness, a manipulator is necessary that can adapt to different robots that we observe in the collection and packaging lines, the use of Solidworks software was used to create one.

Key Words: ABAQUS, Agroindustry, Compressed Air, ECOFLEX, Elastomer, End Effector.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción	15
Capítulo II. Planteamiento del Problema	17
2.1 Precedentes Del Problema	17
2.2 Definición Del Problema.....	18
2.3 Justificación	18
2.4 Preguntas De Investigación.....	19
2.5 Objetivos.....	19
2.5.1 Objetivo General	19
2.5.2 Objetivos Específicos	20
Capítulo III. Marco Teórico	21
3.1 Métodos para control del Robot	21
3.1.1 Algoritmo para controlar un brazo antropomórfico usando una transformación lineal	21
3.1.2 Controlador evolutivo inteligente para brazo robótico flexible.....	22
3.1.3 Brazo robótico controlado por aplicación de Android a través de conexión Bluetooth para manipulación de células solares orgánicas	23
3.1.4 Desarrollo de la función de señal de electromiografía para controlar el funcionamiento del brazo del robot de forma adaptativa en la dirección inversa del movimiento del brazo humano.	24
3.2 Robots Suaves.....	25
3.2.1 Fabricación de robots suaves: una revisión	25
3.2.2 Diseño, control y aplicaciones de un brazo robótico suave	26
3.2.3 Algoritmos de visión para detectar robots suaves	27
3.3 Diseño y Análisis.....	27
3.3.1 Diseño de un sistema de control de robot de 2 brazos DOF mediante sensor ultrasónico	28
3.3.2 Modelado y análisis de brazos robóticos articulados para aplicaciones de manipulación de materiales.....	29
3.3.3 Diseño y Fabricación de Brazo Robótico para el montaje de Selector de Fase.....	30

3.3.4 Diseño e implementación de un robot manipulador autónomo para Planificación Pick & Place	30
3.3.5 Gestión de educación en seguridad en laboratorio robótico de soldadura	32
3.4 Evaluación de Elastómeros	33
3.4.1 Evaluación experimental y análisis del mecanismo de falla de elastómero causado por descompresión rápida del gas	33
3.4.2 Investigación sobre la estructura y el rendimiento de elastómero de poliuretano /compuesto de polvo de talco superfino.....	34
3.4.3 Elastómero de silicona relleno de partículas de titanato de bario compuesto: Preparación y evaluación de morfología y comportamiento mecánico.....	35
3.4.4 Información sobre las propiedades de los elastómeros termoplásticos naturales caucho y caucho reciclado	36
3.5 Medidas y Posicionamiento del robot.....	36
3.5.1 Investigaciones sobre la influencia del cambio de longitud de los cables conductores en precisión de posicionamiento de un brazo robótico	37
3.5.2 Reducción del error posicional en una trayectoria de un plano en serie de 2 DOF manipulador	37
3.5.3 Efecto final magnético y dispositivo para guiar y posicionar el mismo	38
3.5.4 Generalización de las trayectorias de un brazo robótico utilizando primitivas de movimiento dinámico y regresión de procesos Gaussianos.....	38
3.6 Áreas de aplicación de un efector final	39
3.6.1 La agroindustria acoge la llegada de nuevas técnicas de la Industria 4.0	39
3.6.2 Robots médicos, otra arma de batalla contra el COVID-19.....	40
3.6.3 Tecnología robótica hacia la industria 4.0: robot de Clasificación automática de objetos brazo con sensor kinect.....	40
3.6.4 Los efectores finales, claves para romper las barreras de la automatización	41
3.6.5 En que industria se emplea un brazo robótico	41
Capítulo IV. Metodología.....	42
4.1 Enfoque.....	42
4.2 Variables de Investigación.....	43
4.3 Técnicas e instrumentos aplicados.....	43
4.3.1 Materiales.....	44

4.4 Metodología de estudio.....	44
4.5 Requerimientos	45
4.6 Efactor Final	45
4.7 Nivel de Sistemas	47
4.7.1 Sistema mecánico.....	47
4.8 Nivel de Subsistemas.....	47
4.8.1 Subsistema de Robótica Suave	47
4.8.2 Subsistema neumático.....	47
4.8.3 Subsistema de control	47
4.8.4 Subsistema de medición.....	48
4.9 Elaboración de Partes.....	48
4.10 Integración de Sistemas y Subsistemas.	48
4.11 Metodología de validación	48
4.12 Cronograma de Actividades.....	49
Capítulo V. Análisis y Resultados	50
5.1 Análisis del Elastómero	50
5.2 Diseño del molde y elastómero	52
5.3 Diseño y análisis del manipulador suave (Housing)	55
5.4 Análisis de la inyección de Aire comprimido al dedo de elastómero	59
5.5 Parte mecánica para la inyección de aire.....	62
5.6 Prueba de Agarre	63
Capítulo VI. Conclusiones.....	69
Capítulo VII. Recomendaciones.....	70
Bibliografía	71
ANEXOS	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

<i>Ilustración 1 Mapa Conceptual del efector final.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 2 Metodología en v.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 3 Diagrama de Flujo.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 4 Diagrama de Gantt.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 5 Comparación de Elastómeros.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 6 Molde para elastómero.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 7 Molde de elastómero vista por dentro.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 8 Piezas del molde elaboradas en Solidworks. A) Molde cuerpo principal arriba B) Molde cuerpo principal arriba C) Molde parte inferior D) Moldes impresos en 3D.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 9 Dedo Terminado.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 10 Parte inferior del dedo.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 11 Manipulador Suave.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 12 Ensamble de manipulador y actuador suave.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 13 Prueba de tensiones en housing.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 14 Prueba de desplazamiento.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 15 Deformación Unitarias.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 16 Comportamiento Experimental.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 17 Densidad en ABAQUS.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 18 Prueba 1 comportamiento del elastómero con una presión de (0.080MPa= 11.6 Psi).....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 19 Prueba 2 comportamiento del elastómero con una presión de (0.080MPa= 11.6 Psi).....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 20 Prueba 1 comportamiento del elastómero con una presión de (1.1MPa=15.3 Psi).....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 21 Prueba 2 comportamiento del elastómero con una presión de (1.1MPa=15.3 Psi).....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 22 Circuito Neumático.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 23 Mangueras en el Manipulador.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 24 Efector final tomando un cuaderno.....</i>	<i>64</i>

<i>Ilustración 25 Efecto final sujetando una esfera</i>	64
<i>Ilustración 26 Sujeción de chile dulce (0.6 lb)</i>	65
<i>Ilustración 27 Sujeción de chile dulce (0.5 lb)</i>	66
<i>Ilustración 28 Sujeción de chile dulce (0.8 lb)</i>	66
<i>Ilustración 29 Sujeción de chile dulce (0.9 lb)</i>	66
<i>Ilustración 30 Sujeción de chile dulce (0.9 lb)</i>	67
<i>Ilustración 31 Sujeción de chile dulce (1 lb)</i>	67
<i>Ilustración 32 Sujeción de chile dulce (0.9 lb)</i>	68

ÍNDICE DE TABLAS Y ECUACIONES

<i>Tabla 1 Parámetros de Investigación</i>	42
<i>Tabla 2 Comparación de Elastómeros</i>	51
<i>Tabla 3 Propiedades del ECOFLEX</i>	51
<i>Tabla 4 comparación entre el peso y la presión necesaria</i>	68
<i>Ecuación 1 Lobo Gris</i> _____	31
<i>Ecuación 2 Densidad del elastómero</i>	60

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1- Herramienta</i> _____	76
<i>Anexo 2- Molde parte Inferior</i> _____	76
<i>Anexo 3- Molde del cuerpo principal arriba</i> _____	77
<i>Anexo 4- Molde del cuerpo principal</i> _____	77

Capítulo I. Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad, se han creado distintas herramientas y programas para ayudar al hombre a ser su vida más fácil, en las industrias recientemente han optado por la automatización de sus plantas. La automatización ha venido a dar un cambio drástico en las empresas, ya que permiten hacer el mismo trabajo, pero de una forma más rápida, segura y precisa. Para esto, se ha implementado el uso de robots, en todas las áreas, y estos robots conllevan otras herramientas para el funcionamiento de estos. En este proyecto se hará una de las herramientas más importantes del robot, un efector final. Ya que es necesario encontrar diferentes tipos de materiales resistentes y funcionales, que ocupen menos espacio en el área de trabajo y manteniendo la misma calidad de siempre. La solución fue el diseño de un efector final de tres dedos mediante el uso de un elastómero, que funcionará en tareas relacionadas a la de sujeción de alimentos u objetos. Mediante el uso de softwares comprobaremos el comportamiento del prototipo, antes de realizarlo en lo real. La presente investigación está compuesta de varios capítulos y ayuda a la comprensión de la tesis, a continuación, se dará una introducción a cada uno de los capítulos.

Capítulo II. En este capítulo veremos el problema del cual parte la investigación, estaremos hablando de la agroindustria y sus problemas con la automatización. Estaremos presentando el problema, sus precedentes y la justificación de este. Así sustentamos el objetivo de la investigación.

Capítulo III. Se estará hablando del marco teórico de la investigación en el cual afianzaremos conceptos y también recabamos información para la elaboración del prototipo final, así como el material que usaremos y las formas de controlarlo.

Capítulo IV. En este capítulo se explica la metodología a utilizar en la investigación, nos cita un preámbulo de como estará conformado el proyecto y como lo realizaremos.

Capítulo V. En este capítulo estaremos viendo el diseño y el análisis, de las partes que componen el proyecto, se estará explicando paso a paso como fue diseñada cada una de las piezas que componen el efector final. Se analizará el marco teórico y se elegirá el mejor material a utilizar. También se explicará el uso de distintos softwares para el análisis de cada una de estas partes y por último se desarrollará el prototipo final en físico y también se le harán las pruebas correspondientes.

Capítulo VI. Este capítulo cuenta con las conclusiones que hemos encontrado, nos explica que objetivos logramos alcanzar y también cual es la aplicación que puede tener el robot en el área agroindustrial.

Capítulo II. Planteamiento del Problema

El planteamiento del problema en una investigación son las razones, secuelas y pronósticos de la temática abordada que ayudan a la comprensión del objetivo de dicha indagación.

2.1 Precedentes Del Problema

El uso de la robótica suave en la industria ha ido en aumento, se han realizado efectores finales mediante el uso de la robótica suave anteriormente, pero este presenta problemas ya que solo contienen dos pinzas, es decir que son perfectos para tomar formas regulares. Pero no son capaces de tomar objetos con formas irregulares, como los vegetales. Pero para la sujeción de objetos es necesario, el diseño de actuadores suaves resistentes y sin defectos que pueda causar una falla, como ser el retirado del elastómero del molde, para esto es necesario múltiples pruebas en softwares y múltiples pruebas del prototipo ya fabricado.

(Wolfgang Hanz Rodas, 2020) menciona "El material logra resistir los pequeños maltratos del molde al retirarlo de este. Sin embargo, cabe mencionar que al retirarlo se debe tener mucho cuidado ya que el material tiene una muy baja resistencia al corte. Se realizaron varios intentos antes de lograr conseguir el primer actuador suave exitoso. Se revisó que no tuviese burbujas o puntos débiles en caso de que si, se les aplico más material en la zona para poder reforzarlo." (pág. 63)

(Berkowitz, 2019) nos dice" La manipulación de las materias primas, los ingredientes utilizados en la elaboración y los productos terminados es varia y diversa. Actualmente se tiende a reducir al mínimo la manipulación manual mediante la mecanización, el "proceso continuo" y la automatización. La manipulación mecánica puede abarcar el transporte interior autopropulsado con o sin embandejación o la disposición en grandes sacos a granel (que contienen a menudo varios miles de kilogramos de material en polvo seco); cintas transportadoras"

Según (Kuka Robots, 2020) "Hoy en día, el empaque manual de alimentos implica más del 40 por ciento de los costos de producción, y el gasto se incrementa constantemente por mano de obra e higiene. En este contexto, el uso de robots aumenta la productividad en casi todas las áreas de aplicación, reduce los costos y colabora así para alcanzar mayor

competitividad. Las soluciones de automatización flexible e inteligente tienen un papel fundamental para hacer frente a estos desafíos de forma rápida y rentable. Los robots altamente eficientes, especialmente los que cuentan con sistema de visión artificial, se han establecido desde hace tiempo, junto a las máquinas de empaque con ajuste automático de formato, como pilar fundamental en la industria alimenticia. A través de su red de compañías especialistas reconocidas como socias oficiales, Kuka provee soluciones a la medida de cualquier requerimiento. Sus robots se encargan de la carga y descarga de máquinas empacadoras, encartonadoras, etiquetadoras, paletizadoras y acomodadoras, así como de incrementar inmediatamente la eficiencia del proceso”

2.2 Definición Del Problema

Según (Interempresas, 2019) “ Los alimentos son productos sensibles que requieren el máximo nivel higiénico de las instalaciones de producción, así como un procesamiento rápido y preciso. De esta manera, todos los medios de producción empleados deben cumplir requerimientos específicos. Su diseño se debe ajustar a unas determinadas pautas como facilidad de limpieza y ausencia de esquinas y aristas. Los materiales han de resistir detergentes que contengan ácidos, alcoholes o disolventes, por lo que en muchos casos solo se pueden utilizar aceros inoxidable y plásticos especiales. Asimismo, sólo se pueden aplicar grasas especiales para lubricar las articulaciones. Estos inconvenientes en el tipo de herramienta o mecanismo utilizado en el sector agrícola necesitan ser estudiado para lograr el desarrollo en diseño y fabricación de mecanismos más eficientes en comparación con los ya existentes, orientándolo hacia la creación de dispositivos adaptables para ser operados por autómatas(robots) y potenciar el desarrollo de maquinaria agrícola de precisión.”

Por lo cual es necesario crear efector final que puedan adaptarse a cualquier tarea y que pueda mantener la calidad de producción, sin perder el ritmo y productividad.

2.3 Justificación

Con el progreso de la humanidad y la gran cantidad de personas que nacen a diario en los países, la demanda de los granos básicos se incrementa de una manera acelerada, es necesario el uso de mano obrera, pero las empresas han decidido automatizar sus líneas de

empaque para aumentar la producción. Por ello han implementado artefactos novedosos y a la misma vez desean ahorrar lo máximo de recursos necesarios.

Por otra parte (Interempresas, 2019) nos dice” Para el sector del envase y el embalaje, las medidas estándar de los palés son decisivas. Los robots encargados de apilar bandejas de alimentos en un palé deben presentar un alcance suficiente que lo abarque por completo. Los robots de tipo ‘Scara’ instalados en la pared o el techo, ahorran espacio. La filial alemana de Epson se ha especializado en este tipo de automatización y brinda una amplia oferta de robots con un alcance de 175 mm para el ‘Micro-Site-Assembling’ hasta Scaras con un alcance de 1000 mm, que mueven cargas de hasta 20 kg.”

Con ello es necesario crear las partes que puedan tomar los alimentos, es decir un efector final, pero son alimentos, es decir que se necesita una sujeción suave para no dañar el producto, que afecte el resultado final y por ende al consumidor. Y a la misma vez que este sea duradero, sin necesidad de un mantenimiento costoso.

2.4 Preguntas De Investigación

- ¿Cuál son los pasos para diseñar un efector final suave de tres dedos?
- ¿Se puede comprobar el funcionamiento de los actuadores suaves antes de fabricarlos y así poder corregir errores?
- ¿La forma y el peso del objeto varia la presión necesaria para poder sujetarlo?

2.5 Objetivos

El objetivo de investigación es el fin propuesto a alcanzar con la investigación y que rige los parámetros de esta. A continuación, se presenta el objetivo global y los objetivos más concretos.

2.5.1 Objetivo General

Diseño y fabricación de efector final sujeción que disminuya la intervención manual en el campo y automatice el proceso de empaque en la agroindustria.

2.5.2 Objetivos Específicos

- Mostrar cada paso para la elaboración del efector final mediante un diagrama de flujo y posteriormente mostrar el diseño de los actuadores, el manipulador y el sistema mecánico.
- Verificar el funcionamiento del actuador suave, mediante simulaciones en el software ABAQUS. Realizando numerosas pruebas con las propiedades reales del elastómero.
- Explicar mediante pruebas experimentales y una tabla comparativa que efecto tiene la forma del objeto que se está sujetando sobre la presión de aire comprimido requerido para el funcionamiento del efector final.

Capítulo III. Marco Teórico

En este capítulo se analizará la implementación de la robótica suave en la industria, así como los métodos de control y las herramientas, como el efector final, y los materiales para la elaboración del prototipo.

3.1 Métodos para control del Robot

Existen diversos métodos para controlar un robot y sus efectores finales, en los siguientes puntos se estará viendo que opciones existen para la realización del prototipo.

3.1.1 Algoritmo para controlar un brazo antropomórfico usando una transformación lineal

En los últimos años encontrar una manera para automatizar y manejar un robot ha sido una de las líneas importantes a seguir por los investigadores en la materia, la realidad es que un robot simplemente hace la vida humana más fácil, pero con eso no basta. Con la nueva tecnología, que van apareciendo, conforme transcurren los años, estas van siendo agregadas a la nueva generación de robots. Por ejemplo, una pantalla táctil, que es común verla en nuestras computadoras o celulares, que, con solo poner nuestro dedo sobre ella, podemos realizar múltiples acciones. El uso de robots ha sido beneficioso en el área médica y en el área industrial, ya que permiten realizar trabajos complejos. En el pasado, los robots en estas áreas únicamente eran manejados por joysticks, pero los nuevos avances en la ciencia han hecho que existan formas más sencillas de controlar un robot.

El uso del joystick es beneficioso, para toda persona que pueda manejarlo. ¿Pero qué pasa con las personas con algún tipo de discapacidad?, ¿Qué pasa con esas personas que están en los hospitales y apenas tienen fuerza para moverse?, es un trabajo complicado para ellos incluso manejar un joystick. Por eso el uso de un algoritmo y una pantalla táctil es una excelente opción para estas personas, ya que no requiere de energía y coordinación para ejecutarla.

El algoritmo está pensado para manejar un brazo robótico, así como lo estipula la (Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática et al., 2020)

El algoritmo está pensado para que el brazo robótico antropomórfico llegue al punto deseado a más tardar en un segundo, es decir, todas las articulaciones se moverán para que el brazo robótico llegue al punto deseado en menos de un segundo si la posición es menor que a la posición máxima, en otro caso, las articulaciones se mueven para que el brazo robótico llegue en un segundo si la posición es la máxima. Por ejemplo, este algoritmo está pensado para que una articulación llegue como máximo en 1 segundo a 180 grados, por lo que los grados α serán menor o iguales a 180 grados ($\alpha = 180$) en sentido horario o antihorario dependiendo el punto que se haya tocado en la pantalla LCD. (pág. 2)

Para presentar una de estas coordenadas que se toca en la pantalla LCD se obtienen cuatro condiciones en los cuales normalmente el valor siguiente es igual o mayor que el valor anterior, luego al realizar la simulación de Matlab se encuentra las coordenadas correspondientes a utilizar el brazo robótico. Se calcula la cinemática, ya sea directa o inversa y con ello definir la trayectoria que necesita que el robot realice.

3.1.2 Controlador evolutivo inteligente para brazo robótico flexible

Con la demanda de robots para facilitar el trabajo de la industria, los robots han ido evolucionando de una forma que cada vez son más ligeros y fáciles de usar, y con ello el beneficio de que se reduce el error humano y aumenta la producción de estas industrias, pero como toda máquina, los robots pueden tener fallas, que generalmente son causadas por la fatiga y el uso de estos. La vibración del robot es uno de los problemas a solucionar ya que, al ser de uso industrial, si este presenta fallas podría generar pérdidas a la empresa.

Una solución fiable para este problema es un controlador inteligente evolutivo, este se basa en un Controlador PID, este permite que el robot tenga un lazo de retroalimentación, esto nos permite regular la velocidad y el posicionamiento de nuestro robot. El PID está basado en 3 partes, la parte proporcional permite analizar el error actual del sistema, la parte integral que permite analizar los errores pasados y, por último, la parte derivativa, permite ver la posibilidad como el robot se puede llegar a comportar en un futuro, todo esto gracias a las matemáticas. Al tener el conocimiento de cómo el robot se

comporta en determinadas situaciones, se puede elaborar un control inteligente que evite estos errores futuros y así mejorar la durabilidad de nuestra máquina.

Así como lo indica (Jamali & Mat Darus, 2020)

El algoritmo evolutivo es un algoritmo genérico de optimización metaheurística basado en la población. En esta investigación, el controlador basado en PID está ajustado por optimización de enjambre de partículas (PSO) y el algoritmo de abejas artificiales (ABC). El controlador desarrollado rastreará de manera óptima el ángulo de cubo deseado y suprime la vibración del DLFRM. Estos nuevos enfoques permiten ajustar los parámetros basados en PID en el modelo identificado de una planta real utilizando la técnica de identificación del sistema no paramétrico, que representa la característica dinámica del sistema. El rendimiento del controlador basado en PID ajustado por PSO se compara con ABC. El mejor método está validado experimentalmente. (pág.6)

3.1.3 Brazo robótico controlado por aplicación de Android a través de conexión Bluetooth para manipulación de células solares orgánicas

Una forma teóricamente más fácil, de controlar un robot es mediante una aplicación de celular, el usuario conlustración los datos correspondientes en la aplicación y mediante el mundialmente conocido Arduino nano, se transmite una señal bluetooth a nuestro robot, se conecta una fuente de energía de 5V, y se hace funcionar los servomotores y sensores del robot.

Es algo sencillo de hacer, así como lo explica (Szolga & Fluera, 2021)

Presentamos el diseño y la implementación de un brazo robótico para manipulación de OSC. El diseño incorpora tres partes principales: diseño electrónico, diseño mecánico y aplicación de software dedicada al diseño para dispositivos móviles para controlar el robot. El robot imita el movimiento de una mano humana. La implementación del robot fue un verdadero éxito, probado por las pruebas de laboratorio para la manipulación de OSC, donde las sondas se movieron de un lugar a otro lugar bien definido. (pág. 7).

3.1.4 Desarrollo de la función de señal de electromiografía para controlar el funcionamiento del brazo del robot de forma adaptativa en la dirección inversa del movimiento del brazo humano.

Normalmente un humano necesita un par de brazos para poder realizar todas las tareas en la vida cotidiana, pero que pasa si por algún trágico accidente se pierde la habilidad de usar los brazos a un 100%. Con los avances en tecnología y los robots ahora es posible simular un brazo humano mediante la electromiografía, que prácticamente es usar los nervios de los músculos. Uno de los dispositivos más famosos en el mercado es el brazalete de MYO, este dispositivo puede captar las señales EMG en los músculos de nuestro brazo.

Ya con las señales de uno de los brazos podemos, proseguir con el siguiente paso, que es transmitir esta señal al brazo robótico, mediante una señal bluetooth, en un Arduino. Luego se prepara el algoritmo y mediante un microcontrolador, se envía la señal al brazo robótico y este actúa en conjunto al brazo humano.

Así como nos explica (Siregar et al., 2021)

La respuesta adaptativa del brazo robótico que funciona como brazo izquierdo o derecho también tiene lugar en tiempo real. En este caso, el sistema que se construyó identificó con éxito la ubicación de brazalete MYO y luego lo procesó utilizando un algoritmo desarrollado por el investigador dando una respuesta opuesta al movimiento del brazo hacia la izquierda o hacia la derecha del cuerpo del usuario. (pág. 9)

El brazo robótico responde a las señales obtenidas de el brazalete, así que no está exento de fallas, por un mal funcionamiento del brazalete, puede obtener datos inválidos y causar el mal funcionamiento del robot, tener errores en la posición y ejecución de cada tarea. Es muy importante tener esto en cuenta y dar el mantenimiento necesario, para evitar que el robot deje de funcionar.

3.2 Robots Suaves

Los robots suaves han venido a revolucionar la industria, se ha buscado una manera de dejar de utilizar los robots rígidos, y se han buscado formas que puedan tener las mismas funciones de una mano o el tentáculo de un pulpo.

3.2.1 Fabricación de robots suaves: una revisión

En los últimos años la necesidad de contar con robots suaves, en las industrias ha ido incrementando, ya que muchas de las tareas no pueden ser realizados por los grandes robots rígidos. Las empresas han buscado una opción, económica y con la misma calidad de siempre. Estos robots están hechos de materiales homogéneos, por ejemplo, un elastómero. La mayoría de estos materiales son fáciles de manejar y se les puede dar la forma requerida, a base de aire comprimido, o un algún fluido. El material por utilizar en los robots suaves siempre ha sido un dolor de cabeza para los investigadores, pero varios científicos han desarrollado soluciones a partir de energía alternativa o estímulos de activación, lo cual permite a los diseñadores de estos robots, más opciones de diseño.

Algunos de estos pueden cambiar su forma dependiendo el estado en el que se encuentren, por ejemplo, el Shapememory alloys, (al tener una estructura cristalina) cuando estos están fríos, adoptan la forma que deseamos para nuestro robot, pero al calentarse, vuelven a su estado original.

Normalmente, los robots son formados por la estructura, los actuadores que hacen que el robot funcione y también el sistema de control que nosotros incorporemos al mismo, pero gracias a que existen materiales que reaccionen al estímulo de la luz, temperatura, etc. Es posible combinar las funciones de control con los actuadores de este, ya que obtenemos una respuesta pasiva de estos materiales. Pero un punto a tomar en cuenta es que algunos trabajos deben hacerse con robots rígidos, así que una característica a desarrollar en el futuro sería cambiar de un robot suave a un robot rígido.

Un problema que se origina cuando necesitamos fabricar estos robots a una menor escala, es decir, no de un uso industrial. No todos los materiales se pueden adaptar a estas escalas, o son

limitadas. Así que la mejor solución posible es usar técnicas de la microelectrónica, que permite moldear el espesor y tamaño que necesitamos. Esta técnica permite controlar y cortar con gran precisión el material con el cual está trabajando, Es fundamental crear una capa delgada homogénea de material para moldear películas delgadas correctamente. Esto es posible mediante técnicas como el revestimiento de la cuchilla, donde se mueve una cuchilla a lo largo del área de fabricación, eliminando el exceso de material para asegurar que el espesor de la capa permanezca constante.

También es necesario tener en cuenta consideraciones arquitectónicas, así como nos explica (Schmitt et al., 2018)

Al fabricar un sistema robótico suave, el material y los métodos de fabricación no son los únicos elementos que deben tenerse en cuenta. Aunque la mayoría de los actuadores rígidos clásicos tienen la capacidad de moverse naturalmente en ambas direcciones alrededor de su eje de movimiento, los actuadores suaves son a menudo actuadores de acción simple. Si la aplicación requiere movimientos en las dos direcciones, la arquitectura del sistema debe adaptarse. (pág. 10)

3.2.2 Diseño, control y aplicaciones de un brazo robótico suave

Un punto para destacar es que la mayoría de los robots blandos son inspirados en animales, por ejemplo, un pulpo que tiene tentáculos que podrían hacer todo si tuvieran dedos. Los tentáculos son suaves pero elásticos y pueden adoptar cualquier forma que uno desee. Pero al igual que un pulpo, algunos robots no tienen una estructura predeterminada y puede ser tedioso controlarlos. O también podemos inspirarnos desde una trompa de elefante, tiene una estructura más sólida, no da la misma libertad de movimiento, pero sin duda tiene la capacidad de realizar lo que necesitamos en un brazo robótico.

Manejar estos brazos robóticos es necesario tener un sistema de control apropiado para ello, esto ya depende también de los grados de libertad que, al momento de diseñarlo, tendrá. Para analizar y controlar los robots debe utilizarse un modelo matemático, que puede demostrar el comportamiento de este.

Normalmente, los robots rígidos son más grandes y difíciles de usar, solo pensar en la cantidad de recursos que gastamos en mantenimiento o energía, hace pensar que otras opciones hay, para realizar los trabajos. Mientras que los robots suaves son más pequeños y seguros de usar, también permite ahorrar recursos. La principal característica de un Robot suave es que realiza una labor pasiva. Y la principal diferencia con los robots rígidos son los grados de libertad infinitos, pero sin duda una gran desventaja, es que, al ser un robot más pequeño, el uso de actuadores es limitado.

El uso de estos robots es muy importante en la vida diaria, así como nos dice (Jiang Hao et al., 2020)

Se han desarrollado una variedad de aplicaciones potenciales de robots blandos, que incluyen locomoción, agarre, manipulación y aplicaciones médicas, utilizan redes neumáticas para construir robots que se arrastran, lo que demuestra que los robots blandos no necesitan un diseño o control complejos para generar movilidad. Además, se pueden lograr movimientos efectivos al emular criaturas naturales. (pág. 5)

3.2.3 Algoritmos de visión para detectar robots suaves

Una de las formas más fáciles de censar es la cámara del celular, es increíble cómo podemos llegar a controlar un robot mediante el celular. Y todo esto es posible mediante el uso de los algoritmos correctos en el robot.

(Oguntosin et al., 2019) menciona "Los sensores integrados o los algoritmos de procesamiento visual se utiliza a menudo para obtener datos de rendimiento de medición de estos robots. Los sensores con robots pueden ser costosos, que también limita el rendimiento de un actuador suave." (pág. 1)

3.3 Diseño y Análisis

Como todo prototipo se debe comenzar con un diseño primario e ir realizando modificaciones que se ajusten a lo que se desea, a la misma vez es necesario ejecutar un análisis antes de fabricarlo.

3.3.1 Diseño de un sistema de control de robot de 2 brazos DOF mediante sensor ultrasónico

Los microchips y microcontroladores han hecho cambiar todo, gracias a estos pequeños artefactos ya no es necesario construir aquellas grandes máquinas para realizar una pequeña tarea, ha venido a innovar el mundo y a construir nuevas tecnologías, como por ejemplo los celulares o los robots. Los robots fueron creados para hacer la vida más fácil a los humanos, realizar tareas riesgosas sin necesidad de poner en peligro la vida humana. Por ejemplo, en la industria automotriz, antes los autos eran ensamblados pieza por pieza, por un operario y sin duda que las partes de un auto son muy pesadas, ahora gracias a los robots, estas piezas pueden ser transportadas sin esfuerzo alguno por toda la fábrica, también hay robots que permiten ensamblar estas piezas.

Como toda máquina de los últimos años, los robots están hechos mediante actuadores y sensores, en este caso se utilizará un sensor ultrasónico, este sensor permite obtener la distancia, contando el tiempo entre la emisión y la recepción, a través de ondas ultrasónicas.

Por ejemplo, un robot de dos grados de libertad, que puede hacer tres rotaciones y al final tiene una pinza, con una articulación en el fondo de la base que permite rotar el brazo del robot, puede detectar el tamaño del objeto a mover gracias al sensor ultrasónico.

Como todo robot necesita una programación para poder funcionar, el método más común para un robot a pequeña escala es mediante un microcontrolador y un Arduino, el programa puede estar elaborado de la siguiente manera, como nos muestra (Sekarsari et al., 2019)

El programa se realiza con entrada en la forma de los valores d_1 , θ_1 , θ_2 y la salida en forma de posición del efector final en el robot. Valores de entrada d_1 , θ_1 , θ_2 , están limitados según el espacio de conllustración de cada junta. Si el valor de entrada del sensor excede o es menor que la distancia especificada, el programa genera un mensaje de error. Este sistema sirve para determinar los movimientos reales que ocurren en el manipulador y ver la precisión del sistema de control de movimiento alcanzando el punto de referencia deseado. (pag.4)

Como todo, los actuadores tienen su límite, en este caso los servomotores tienen un límite para hacer rotaciones y un ángulo máximo. Por ende, hay que tener cuidado de no excedernos para no dañar los dispositivos, para obtener estos ángulos es necesario hacer los cálculos correspondientes.

3.3.2 Modelado y análisis de brazos robóticos articulados para aplicaciones de manipulación de materiales

En los últimos años los robots articulados han ido en aumento y esto más que todo porque permiten una gran precisión y realizar tareas sumamente complicadas. Pero como toda máquina esta debe pasar por un proceso de diseño y de pruebas, en esta ocasión se utilizará una de las aplicaciones más usadas, SolidWorks CAD. Con el análisis que permite realizar esta aplicación pueden ver donde estará el punto débil en la estructura, así como el punto más fuerte.

El primer paso es hacer un dibujo que permita visualizar el modelo, una vez hecho el dibujo preliminar del robot, crearlo en SolidWorks para poder visualizarlo en 3D y como se miraría en físico. El siguiente paso es pasar el diseño de Solidworks, a la aplicación ANSYS que es un software que nos permite, agregarle los materiales que se utilizara en el robot.

El siguiente paso es realizar el análisis estructural del diseño, la mejor forma de realizar este análisis es forzando la estructura y agregándole peso, lo siguiente es para poder ver la distribución del estrés y las deformaciones en la estructura.

Un paso importante por realizar es el Meshing o el mallado, consiste en dividir el diseño en múltiples partes, y aplicarles la fuerza necesaria, para analizar la respuesta, de cada pieza a la fatiga

(Jain et al., 2019) menciona "El acero estructural y la aleación de aluminio 356 se asignan como material del brazo robótico debido a su gran fuerza ya que pueden acomodar una gran fuerza." (pág. 4)

Luego de realizar las pruebas necesarias, se debe comprobar que cada pieza pudo soportar las deformaciones y estrés, de los límites establecidos. Luego comparamos los resultados entre el

aluminio y el acero, posteriormente se elige el material que obtuvo mejores resultados en las pruebas.

3.3.3 Diseño y Fabricación de Brazo Robótico para el montaje de Selector de Fase

Sin duda los robots, desde su creación ha revolucionado cualquier sector industrial, ya que permite realizar cualquier tarea, antes las líneas de producción eran realizadas a mano, ya con los robots, se ha podido disminuir el error humano.

Por lo tanto, es necesario la fabricación de un brazo robótico de selección y ubicación neumática que sea completamente automatizado y sea de una tarifa baja. Este robot debe poder soportar una fuerza de 35 N.

Con la ayuda de un software de neumática se obtiene un funcionamiento limpio por parte del robot. Como la mayoría de los robots a pequeña escala este podrá ser controlado por un microcontrolador y un Arduino. Hará uso de un cilindro neumático y una válvula solenoide, para poder girar el robot. Al ser un robot preciso, disminuirá los gastos que puedan ser causados por el error humano, este tipo de robot pueden ser utilizados en cualquier industria.

Al tener más robots como estos los gastos se reducirán y la producción aumentara, así como Dr. (Sowmya Dhanalakshmi et al., 2021) menciona:

De una manera comparable, se piensa fabricar otras 11 palmas robóticas y seis brazos encada línea de montaje de las herramientas de transferencia debe realizarse para su correcto montaje. Esto hará crecer el precio de producción de la empresa y reducirá los errores que a su vez aumentarán los ingresos de la industria. (pág. 9)

3.3.4 Diseño e implementación de un robot manipulador autónomo para Planificación Pick & Place

Nos enfocaremos en el diseño de un robot manipulador automatizado Pick and Place, este tendrá cuatro grados de libertad. Se tendrá en cuenta una técnica de inteligencia artificial. Esta empleará una estrategia de optimización, basada en un enfoque metaheurístico que nos permitirá planificar la trayectoria del robot, también añadir que se utilizarán sensores como ser el infrarrojo

y ultrasónico, estos nos permitirán colisionar con objetos y evitarlos, lo controlaremos con un microcontrolador, y un software. Y se moverá mediante motorreductores y servomotores.

Uno de los inconvenientes a encontrar es que, al ser un robot giratorio, el espacio de rotación no es amplio, y también el ángulo del movimiento se puede volver un problema, para solucionar este problema podemos usar la cinemática inversa en un plano cartesiano. Sin duda esto se vuelve más favorable cuando tenemos espacio en el que un operador pueda trabajar, por ejemplo, en una fábrica, no es común ver un robot en una casa, ya que ocupa espacio para poder operarlos.

Regresando al tema de la técnica de inteligencia artificial, es prácticamente crear una máquina que se adapte a las necesidades del ser humano, emulando alguna de las acciones que podemos realizar con nuestras manos. También lo podemos definir como un tipo de agente inteligente, que analiza el campo a trabajar y permite la maximizar las posibilidades de lograr los objetivos propuestos, para definir la trayectoria del robot Pick and Place existe una técnica llamada lobo gris.

Así como nos menciona (Nayab Zafar et al., 2019)

Es bastante simple, alta flexibilidad en naturaleza y tiene habilidades superiores para evitar situaciones óptimas locales. Esta técnica define la jerarquía de liderazgo en grupo y sistema aplicado a la caza de presas para la supervivencia de los lobos. Que puede expresarse como:

$$D = \sqrt{C Xp(t) - X(t)} \quad (1)$$

$$x(r + t) = Xp(t) - AD \quad (2)$$

$$A = 2an - a \quad (3)$$

$$C = 2 r^2 \quad (4)$$

Ecuación 1 Lobo Gris

Este código del lobo gris puede ser utilizado en MathLab, y al mismo tiempo simularlo para obtener los resultados deseados. Luego se diseña el brazo robótico y por último la programación de este.

3.3.5 Gestión de educación en seguridad en laboratorio robótico de soldadura

Un tema muy importante al momento del diseño y manejo del robot es la seguridad y precauciones que se debe tener al momento de manipularlo. Esto es esencial ya que deseamos que ningún humano salga lastimado.

Garantizar la salud y comodidad del operador, permite una mejor producción, ya que se puede realizar el trabajo de una manera más rápida y sencilla. Uno de los problemas que surgen, es el análisis y el diseño del espacio donde el robot, trabajara. Si también se debe tener en cuenta detalles como el tamaño, rango, cobertura, diseño de mesas y sillas, etc.

Un método muy común utilizado en la industria es el Zerosicks, este método permite la gestión de procesos en una determinada área de trabajo, estudia accidentes para poder dar posibles soluciones y que estos no se repitan. Zerosicks significa varios términos utilizados en el mundo de la educación de seguridad y accidentes, como peligro, medio ambiente, oportunidad, riesgos, solución, implementación, etc. En pocas palabras Zerosicks es la continuación de buscar los posibles peligros, identificar los posibles riesgos y pensar las posibles soluciones, al momento que fortalecemos el conocimiento y el clima, basado en los eventos causados por un accidente.

También cabe mencionar que este método estudia las fuentes potenciales de peligro. Fuentes de peligro, peligros físicos, peligros biológicos, peligros psicológicos, peligros ambientales y mecánicos, etc.

Otro aspecto por considerar es poder educar al operador acerca de lo atento que debe estar a estos factores, ya que ellos son los que lo manejan, ellos deben tomar las precauciones necesarias. También una forma de hacer consciencia a los operadores es el uso de alarmas, para alertar posibles fallas, pero también es importante enseñarle al operador que significa cada alarma.

Todos estos pequeños detalles deben ser tomados en cuenta, e incluso el uso de artefactos personales, así como (Ismara & Prianto, 2020) menciona:

Los análisis de Zerosicks relacionados con los EPI en el aprendizaje práctico del laboratorio de robots de soldadura son seguridad casco para evitar colisiones en la cabeza, vidrio de seguridad para proteger los ojos del peligro de exposición al polvo, tapones para los oídos para protegerse de los peligros del ruido del motor, protectores faciales para proteger varios riesgos de lesiones faciales de accidentes en el lugar de trabajo y máscaras de seguridad para protegerse contra los peligros de la mala calidad del aire. Como el protector corporal contra peligros mecánicos, los estudiantes también deben usar un paquete de desgaste. Además, los zapatos y guantes de seguridad son muy importantes para proteger las extremidades de los accidentes laborales. (pág. 5)

3.4 Evaluación de Elastómeros

El prototipo que se diseñara es a base de elastómeros, un material altamente flexible y resistente, se analizarán diferentes tipos y diferentes moldeos con este material.

3.4.1 Evaluación experimental y análisis del mecanismo de falla de elastómero causado por descompresión rápida del gas

Los elastómeros son aquel tipo de materiales, que en su composición no tienen ningún metal, y son elásticos, también se le llama goma. Una de las formas más comunes de darle forma a un elastómero es por medio de gas comprimido, el mejor ejemplo de esto es el neumático de un automóvil, toma su forma completamente redonda, al ser llenado con aire comprimido.

Ahora para evaluar un elastómero, siempre hay que tener los problemas que estos pueden presentar, por ejemplo, cuando el gas disuelto del elastómero no tiene la posibilidad de liberarse, este se expandirá y formara burbujas en el elastómero, esto posteriormente formara burbujas en la matriz del elastómero y terminará provocando una ruptura o falla del material. Esto pasa en los neumáticos de los automóviles, luego de un tiempo cuando la goma se comienza a deteriorar, se puede generar una burbuja y esto hará que posteriormente la llanta explote, si no es cambiada. A este fenómeno le podemos llamar descompresión rápida de los gases o falla de

descompresión explosiva. Algunos elastómeros presentan problemas debido a la reacción química que pueda reaccionar con el material, como la corrosión. Así que es importante analizar el comportamiento del elastómero, debido al dióxido de carbono que este pueda estar expuesto.

Ahora necesitamos analizar el elastómero, por siguiente debemos realizar pruebas experimentales sobre el material, debemos forzar el material para poder su capacidad, agregamos aire comprimido al elastómero.

Y realizamos las pruebas correspondientes, así como (Suling et al., 2019)

Para monitorear cuantitativamente los cambios geométricos de las muestras en toda la presurización, etapas de estabilización, descompresión y compresión, cuatro reactores con ventana de cristal de zafiro fueron seleccionados, así como la fuente de gas CO₂ y la bomba de presión. La geometría de las muestras en este experimento es 100 × 1,6 × 2,0 mm. Se colocan en el reactor, se llenan con CO₂ hasta 3, 6, 9, 15MPa respectivamente, estabilizado durante 4 horas y luego descomprimido a la atmósfera, presión con una velocidad de 2MPa / min. El cambio de tamaño geométrico de las muestras se controla y mide durante todo el proceso. (pág. 3)

En la microestructura de los elastómeros las cadenas moleculares se absorben y estos se juntan con la del carbón, y forman una estructura de rejilla. Bajo la presión externa y el movimiento browniano, las moléculas de gas se introducen en la rejilla esto hace que haya una expansión tridimensional en el elastómero y haya un mayor de volumen de material, por último, esto hará que el material falle o explote.

3.4.2 Investigación sobre la estructura y el rendimiento de elastómero de poliuretano /compuesto de polvo de talco superfino

Al momento de elegir un elastómero siempre es bueno tener en cuenta la estructura de este, de que está compuesto. Analizaremos un elastómero de poliuretano. La resina del material está elaborada por una reacción de isocianato y polioliol con segmentos de uretano. Unidad de la estructura del material polimérico, el módulo de elasticidad del entre el caucho y el plástico. Esto nos da rigidez en la estructura y que se un material que pueda moldearse gracias a su elasticidad.

Este material es caracterizado por su buen rendimiento al usarse, por tener una buena resistencia a la abrasión, resistencia a los impactos que este pueda tener, resiste muy bien a las altas y bajas temperaturas, ya que es un elastómero modificado para utilizarlos en proyectos de ingeniería y ciencia.

A este material se le pueden agregar otros compuestos para hacerlos más resistentes y también poder disminuir su costo de fabricación. En el relleno de polímero orgánico, hecho de compuesto de mineral inorgánico permite reducir los costos de este. Uno de estos de materiales es el polvo de talco ultrafino, que prácticamente es una composición de silicio, aluminio y magnesio. Debido al blanco del talco, el material terminado presenta un buen color y transparencia. Eso hace que el material sea traslucido. Cabe mencionar que el polvo de talco en la mayoría de las reacciones químicas este se vuelve inerte, es un mal conductor de electricidad, tiene una baja conducción térmica y a una temperatura alta de 900 C, aun no falla. Por eso es un material excelente para la fabricación de partes de robots o en cualquiera otra pieza industrial. Ya que mejora las propiedades mecánicas y las propiedades térmicas.

Podemos realizar varios análisis para comprobar lo antes dicho, (Ma & Zhu, 2020) menciona:

El análisis FTIR demuestra que después de agregar talco en polvo, elastómero PUR y talco en polvo, forman polvos de talco como núcleo. El análisis de TG mostró que la adición de talco en polvo tiene una tendencia a mejorar la temperatura y estabilidad del material compuesto, pero el impacto no es grande. La cantidad adecuada de polvo de talco de relleno puede mejorar la mecánica integral y propiedades del elastómero PUR. (pág. 5)

3.4.3 Elastómero de silicona relleno de partículas de titanato de bario compuesto: Preparación y evaluación de morfología y comportamiento mecánico

El siguiente elastómero por analizar es uno a base de titanato de bario compuesto, es un material muy resistente, así como los antes analizados, pero con una estructura molecular diferente, tiene sus pequeñas diferencias. Hay que conocer que los elastómeros de silicona están en auge, últimamente se piensa que es un buen material para la elaboración de sensores y actuadores. También en un futuro, se piensa utilizarlos para la elaboración de la energía, a partir de la energía del océano, ya que este es un material dieléctrico. Esto es gracias a la presencia de

oxígeno y silicio en su compuesto molecular. Y por último para mejorar cualquier deficiencia que el material pueda tener, a este compuesto se le añade titanato de bario, para mejorar sus propiedades dieléctricas y también sus propiedades mecánicas.

(Kumar et al., 2019) menciona "Se estudió la mejora de las propiedades mecánicas y eléctricas y se observó que la constante dieléctrica aumenta con aumento del contenido de relleno en los materiales base". (pág. 3)

El titanato de bario es un material ferroeléctrico, es decir que muestra propiedades piezoeléctricas y foto refractivos. Es normalmente usado en micrófonos, placas, comunicaciones, microondas y transductores, gracias a su gran capacidad dieléctrica.

3.4.4 Información sobre las propiedades de los elastómeros termoplásticos naturales caucho y caucho reciclado

Una de las medidas que han implementado de las empresas es reciclar y reusar los materiales ya usados, así se pueden ahorrar recursos. Pero es importante el procesado de cada uno de ellos para que estos sean de la mejor calidad, y una de las soluciones es el termoplásticos.

(Mohamad et al., 2021) menciona:

El caucho de desecho no es degradable y, por lo tanto, es difícil de reciclar. Se ha convertido en una amenaza para el medio ambiente y salud humana. La mejor manera de resolver el problema es reutilizar el caucho de desecho, por lo tanto, numerosos. Se han realizado en todo el mundo tipos de investigación sobre el reciclaje de residuos de caucho. (pág. 2)

3.5 Medidas y Posicionamiento del robot

Como todo robot y efector final es necesario conocer la posición en el que este se encuentra antes de ejecutar una tarea, la posición al momento de ejecutarla y la posición de este al terminar la tarea y posteriormente hacer un análisis de lo que se ha ejecutado.

3.5.1 Investigaciones sobre la influencia del cambio de longitud de los cables conductores en precisión de posicionamiento de un brazo robótico

Como ya sabemos, el posicionamiento y la precisión que debe tener un robot es una parte esencial para que funcione de la mejor manera, el área alrededor y todo lo que tenga que ver con el funcionamiento del robot, es algo a tomar en cuenta, en este caso se estudiara si la longitud de los cables conectados al robot, pueden afectar la precisión de este. Determinar las posibles variaciones que la longitud del cable pueda tener, hay que tomarlo en cuenta al programar el algoritmo que opera el robot, el análisis de este consiste en substituir los parámetros ya conocidos de la estructura y cambiarlos por valores de las posibles longitudes de cable que obtendremos.

(Ciofu & Stan, 2016) considera que:

La variación de la longitud de los cables conductores es diferente y particular para cada articulación del brazo robótico. Estas variaciones son (directamente)proporcional al ángulo de rotación. El número de articulaciones previamente accionado a la articulación analizada es otro factor que participa en el aumento de la longitud de los alambres.

3.5.2 Reducción del error posicional en una trayectoria de un plano en serie de 2 DOF manipulador

En la industria, la precisión en los robots es importante, una de las formas para mejorar esto es creando un camino a seguir desde el inicio hasta el final. Un tema por analizar es la cantidad de potencia que se necesita en los motores del robot para que siga el curso deseado, para esto es necesario calcular la corriente que tendrán nuestros servomotores. Todo esto puede ser realizado por un software que controla las secuencias de los comandos. Este software proporciona información acerca de las posiciones y la orientación de los efectores finales, informándolos en un sistema coordinado en conjunto con el tiempo.

(Tatte et al., 2020) menciona que:

Generalmente, la ruta completa se genera mediante el uso de un solo polinomio y se utiliza en la mayoría de las computadoras comandaban robots industriales que no son lo suficientemente exactos como para que la diferencia entre la posición real y la deseada

pueden ser significativas. Pueden ser posibles diferencias de hasta 10 mm para los robots con una repetibilidad de aproximadamente 0,1 mm. Si la función utilizada de polinomio de menor grado, la diferencia es alta. (pág. 2)

Para evadir este error de posicionamiento se recomienda una variable un polinomio de mayor grado en la articulación. Pero esto no significa que será la solución del problema, porque se necesita más de un polinomio para que el robot siga el camino indicado. La computadora necesita hacer más cálculos y requiere más datos de almacenamiento.

3.5.3 Efecto final magnético y dispositivo para guiar y posicionar el mismo

Una de las aplicaciones comunes de un efector final es en el campo de la medicina, se hablará acerca de un robot que pueda guiar magnéticamente una sonda y otro dispositivo. En la medicina existen herramientas medicas como ser las cápsulas, sondas o catéteres endoscópicos, estas herramientas tienen un imán y por consecuencia generan un campo magnético alrededor de ellos. Por este campo magnético es posible controlar la orientación o posicionamiento de estas herramientas.

(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010) menciona:

La orientación guiada manualmente del generador de campo magnético de diseño compacto tiene la ventaja de que la estructura puede presentar una complejidad mínima. Los ejemplos de realización comprenden el movimiento de un imán permanente sujeto a mano y sistemas de soporte guiados a mano, pasivos, es decir, no accionados para la compensación de peso del generador de campo magnético de diseño compacto. (pág. 1)

El dispositivo es capaz de tener una gran precisión debido al campo magnético generado por la herramienta, la precisión al momento de salvar una vida puede ser clave.

3.5.4 Generalización de las trayectorias de un brazo robótico utilizando primitivas de movimiento dinámico y regresión de procesos Gaussianos

Se estudiará el movimiento de un robot de articulaciones, controlado por el sensor kinetic de la consola Xbox de Microsoft, la codificación de señales del robot las podemos denominar

como primitivas de movimiento dinámico. Mientras que la reconstrucción se realiza mediante regresión de procesos gaussianos.

Eso nos menciona (Suárez & Hernández, 2015)

GPR permite, además, generalizar los movimientos de entrenamiento a nuevas trayectorias, cuando cambian tanto la posición inicial de la mano como la ubicación del objeto. La técnica de generalización se compara contra un algoritmo basado en distancia de Mahalanobis y distribución gaussiana, que utiliza los datos de la trayectoria sin codificar, para realizar la estimación. La técnica propuesta presentó bajos tiempos de codificación y errores pequeños con respecto a los valores objetivo al probarlo con 30 puntos de consulta para el valor inicial de la mano, y 30 puntos para la posición final. (pág. 1)

3.6 Áreas de aplicación de un efector final

Los efectores finales pueden ser utilizados en distintas áreas de la industria o incluso en el hogar, para distintas tareas. Como ser el empaque o la recolección de objetos.

3.6.1 La agroindustria acoge la llegada de nuevas técnicas de la Industria 4.0

Uno de los sectores que más han hecho uso de los robots con efector final, es la agroindustria, ya sea para la colección de cultivos o para el procesamiento de este. Toda industria quiere mejorar la calidad de su producto y también aumentar la productividad. Utilizar los robots ha sido la solución más viable, no se pretende dejar la mano humana, pero se pretende que tanto como robots y humanos puedan trabajar juntos.

Así como (TECNOVA, 2019) menciona:

El campo agrícola almeriense también está experimentando esta serie de cambios, ha visto como las máquinas y sistemas han pasado a estar interconectados a la adaptabilidad y trazabilidad de los sistemas de producción y la eficiencia de la optimización del uso como el riego, los fertilizantes o los fitosanitarios. Se puede observar cómo no solo cambia una parte de la industria agroalimentaria, sino que ha cambiado la forma de relacionarse del

cliente con la industria, de un cliente multicanal en el que la empresa busca que experimente una experiencia de compra similar en los diversos canales por donde se mueve. (pág. 1)

3.6.2 Robots médicos, otra arma de batalla contra el COVID-19

Con el creciente problema de la lucha contra la pandemia, se buscan nuevas soluciones, para evitar el contagio del virus. Un problema que le ha costado la vida a muchos profesionales de la medicina es el constante contacto con las personas infectadas con el virus, los científicos buscaron la manera de evitar estos contactos. En varios países del mundo implementaron los robots móviles con un brazo para realizar tareas complejas, como el tomar muestras de los pacientes, ultrasonidos y escuchar los órganos de los pacientes, también desinfectarse cuando sea necesario. Sin embargo, esto puede causar un problema social y económico luego.

(Juan Rachal, 2019) considera “La robótica y la inteligencia artificial «amenazan» con automatizar una buena parte de tareas que hasta ahora realizan los seres humanos y será un gran problema social y económico para resolver, pero en casos como este de grandes pandemias serán una buena ayuda” (pág. 1)

3.6.3 Tecnología robótica hacia la industria 4.0: robot de Clasificación automática de objetos brazo con sensor kinect

El uso de robots sigue aumentando y la forma de controlarlos sigue innovándose, el sensor kinect de Microsoft es una herramienta novedosa que normalmente funciona para jugar con una consola de videojuegos, que capta tus movimientos y lo transfiere a la consola. Con este sensor podremos controlar un brazo robótico, que junto a los sensores integrados podrá detectar los objetos por color y tamaño, posteriormente clasificarlos automáticamente.

(Apriaskar et al., 2020) nos explica el diseño del dispositivo:

La estructura articular del brazo robótico consta de una base, un hombro, un codo y pinza. Cada articulación está controlada y accionada por un servomotor. Un servo impulsa la base para girar horizontalmente. Dos servomotores enfrentados accionan el hombro. El codo también es impulsado por un servomotor que tiene el mismo eje de rotación que el

hombro. Porque el codo debe girar en el mismo eje con el hombro, se hizo un mecanismo de engranaje entre el codo y el hombro.

Este robot es capaz de ayudar en las industrias o incluso en casa, permite agilizar los procesos y hacer las tareas que varias personas harían, ayuda a ahorrar recursos. Sin duda que es una idea novedosa.

3.6.4 Los efectores finales, claves para romper las barreras de la automatización

(Thierry Delmas, 2019) menciona:

Históricamente, las mayores barreras de la automatización eran el coste y las limitaciones de tiempo asociadas a la conllustración de la producción, puesto que todo el procedimiento debía ser realizado por parte de un grupo de profesionales de la robótica especializados en lenguajes de programación e ingeniería avanzada, áreas desconocidas para muchos profesionales. (pág. 1)

Y esto ha sido uno de los grandes avances de la época, el ahorro de recursos por parte de las empresas, este ayuda a la industria y también al consumidor final.

3.6.5 En que industria se emplea un brazo robótico

(ESNECA, 2019) menciona "El avance de la tecnología es imparable y trae a menudo diferentes tipos de máquinas e inventos que facilitan los trabajos. Uno de ellos es el brazo robótico que hoy en día se emplea en grandes fábricas". (pág. 1)

Y si, las industrias de automóviles, la agroindustria, el sector médico, el sector aeronáutico, el sector maquilero y toda industria con su línea de producción, comienzan a usar los brazos robóticos para agilizar sus procesos de fabricación.

Capítulo IV. Metodología

En este capítulo se estará explicando la metodología a utilizar en el proyecto de investigación, se acordarán las variables dependientes, junto a sus variables independientes. Estaremos enlistando los materiales, con los cuales llevaremos a cabo el proyecto, así como los procesos a seguir realizarlo. Cabe mencionar que, se diseñara las piezas en la aplicación Solidworks, esta aplicación también nos permite hacer las pruebas pertinentes.

4.1 Enfoque

El enfoque de nuestra investigación es mixto, y aplicaremos la Metodología en V. Mediante el uso de esta metodología se puede diseñar nuestro efector final para la sujeción de objetos en el área industrial. Con el uso robótica suave podremos obtener un agarre preciso y firme. Cabe destacar que este efector final podrá sujetar objetos de diferentes simetrías.

Problema	Solución	Investigación	Objetivos	Variables
Dificultad en la manipulación de una forma rápida, precisa y segura de piezas de automóviles, con distintas formas y diámetros,	Realizar un efector final que sea capaz de sujetar piezas de distintos diámetros y formas. Para usarlos en el proceso de sujeción de alimentos,	¿Como mejora la industria agrícola, con la utilización de robots en el proceso de ensamble?	Implementar la robótica suave en la agroindustria.	Fuerza de sujeción del efector final.
	ayudando a la automatización de la industria.	¿Qué mejoras otorgar un efector final a la automatización en las líneas de empaque de las agroindustrias?	Ayudar en la recolección y empaque de alimentos.	Capacidad de operar en distintos ambientes y espacios de operación.
		¿Como diseñar un efector de final eficiente para la manipulación de alimentos?	Diseñar un efector de final eficiente para la manipulación de piezas de alimentos.	Material para el efector final.

Tabla 1 Parámetros de Investigación

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Variables de Investigación

Las variables son clasificadas como dependientes e independientes. Un efector final está compuesto de muchas variables independientes que son estudiadas, es decir, que estas son estudiadas y medidas para que, al obtener los datos de estas, puedan dar como resultado, el correcto funcionamiento de la variable dependiente. Que, en nuestro caso seria, el efector final. La lectura que podamos obtener del medidor de presión es indispensable para el correcto funcionamiento y la precisión. Otras variables independientes por estudiar es la densidad del elastómero ya que es necesario para poder analizar la resistencia que este, presentara al aire comprimido y también la geometría del objeto para saber los puntos de contacto.

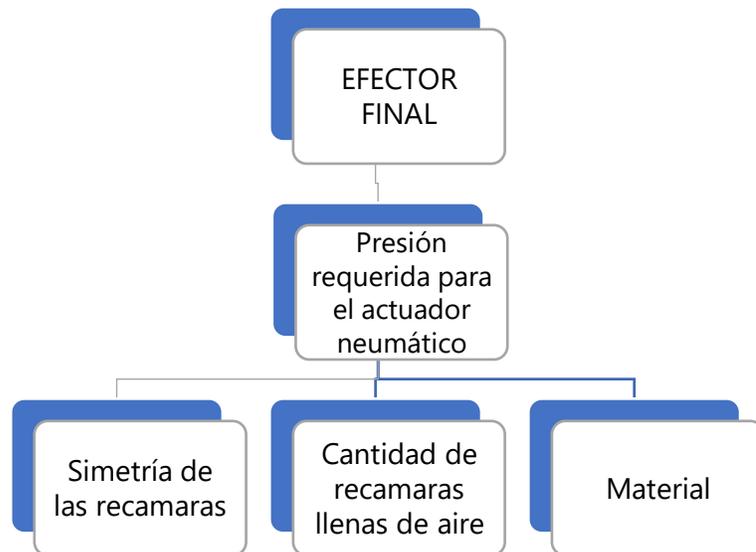


Ilustración 1 Mapa Conceptual del efector final

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Técnicas e instrumentos aplicados

La aplicación que se utilizara para diseñar las piezas es la muy bien conocida Solidworks, la razón por la cual elegimos esta aplicación es porque permite múltiples opciones para el diseño de las piezas necesarias, pero lo importante es que también permite realizar distintas pruebas a las partes que se van diseñando. Permite calcular la cantidad de fatiga que puede aguantar un material antes de quebrantarse. Para el diseño del actuador será necesario crear un molde en

Solidworks y verter un elastómero líquido en él para que obtenga la forma deseada. Por último, también se diseñarán las piezas faltantes, para armar el efector final.

4.3.1 Materiales

A continuación, enumeraremos algunos materiales a utilizar en nuestro efector final.

- ✓ Fitting
- ✓ Elastómero ECOFLEX
- ✓ Valvula
- ✓ Mangueras
- ✓ Partes elaboradas en Solidworks
- ✓ Compresor de aire comprimido
- ✓ Plástico PLA+

4.4 Metodología de estudio

Con el desarrollo de un efector final se empleará la metodología V ya que esta sería la más correcta para evaluar los actuadores que utilizaremos y a la vez el sistema mecánico que irán integrados para poder evaluar un mayor funcionamiento en el efector final en el cual este constará de dos ciclos en el cual será el ciclo A para las pruebas y errores, en el que si se ve una mejor será cambiada para el ciclo B como prototipo final. La función principal es poder desarrollar un producto que cumpla con los requerimientos necesarios de un efector final, para poder sujetar objetos. En la presente sección se remite a los métodos utilizados para el desarrollo del problema planteado anteriormente, especificando las actividades que se realizaron basándose en la metodología adecuada para la validación del proyecto.

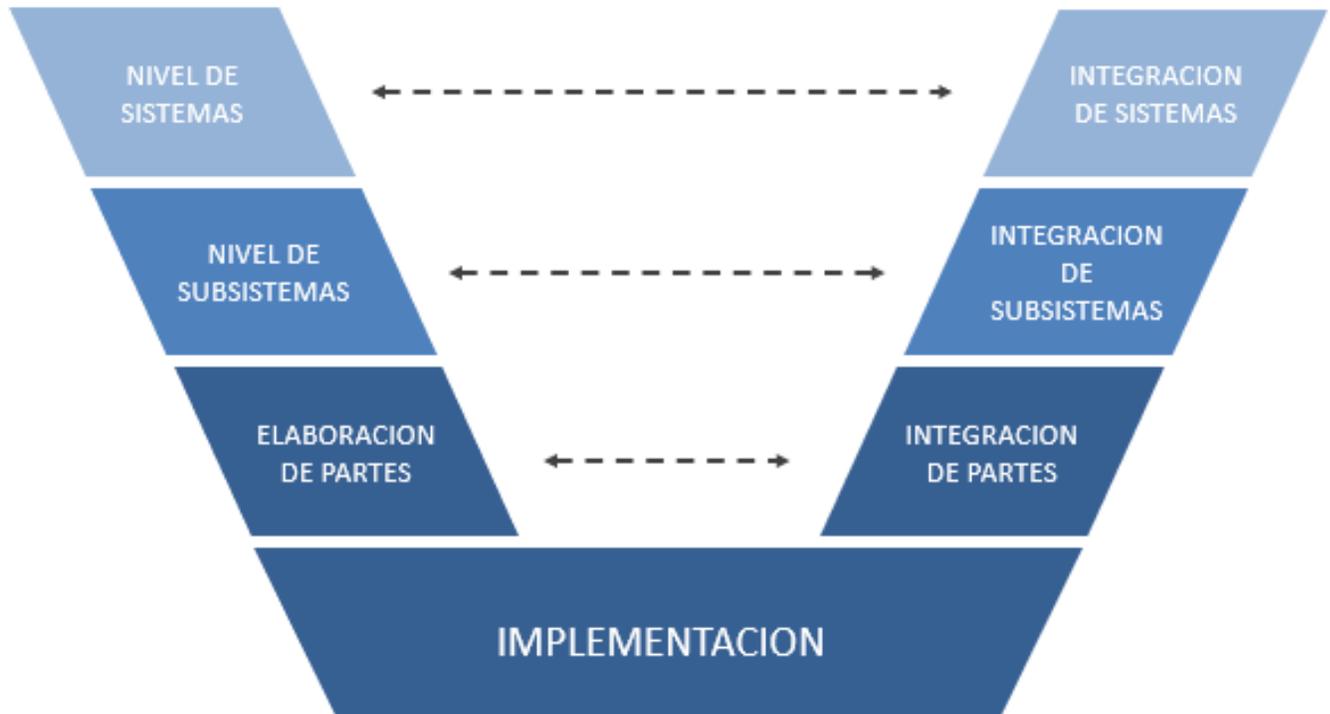


Ilustración 2 Metodología en v

Fuente: (Standard Industrial Guideline for Mechatronic Product Design)

4.5 Requerimientos

El uso que tendrá este efector final es para la industria agrícola. Es decir, diseñar un robot que pueda ayudar en la realización de tareas básicas en el empaque de alimentos, es decir que es necesario que tenga una gran precisión para la superación de las piezas y ponerlas en el lugar estipulado.

4.6 Efactor Final

A continuación, en la Ilustración.3 vemos el diagrama de flujo en el cual se observan cada uno de los procesos a realizar, y en caso de respuesta negativa se debe revisar el proceso anterior.

Diagrama flujo

Marcel Tosta | July 25, 2021



Ilustración 3 Diagrama de Flujo

Fuente: Elaboración propia

4.7 Nivel de Sistemas

Ahora se explicará el sistema que compone el prototipo es una parte esencial ya que permite accionarlo.

4.7.1 Sistema mecánico

Este sistema contara con la carcasa y los acoples, y todas las piezas que diseñemos en Solidworks, es la unión de todas las partes importantes de nuestro efector final, incluyendo nuestros dedos a base de elastómeros. Y por último se comprobará el funcionamiento de este, mediante las pruebas necesarias.

4.8 Nivel de Subsistemas

En el nivel de subsistemas del prototipo se emplean todas las variables disponibles y todo lo que debe tomarse cuenta al momento del análisis del prototipo.

4.8.1 Subsistema de Robótica Suave

Esta etapa incluye todo lo que tiene que ver con la manipulación de alimentos, y la delicadeza que se debe de tener al momento de manipularlas. Para ello nuestro brazo estará hecho de elastómeros, estos brazos serán diseñados en Solidworks mediante moldes, en el cual luego se verterá el líquido del elastómero para que tome la forma deseada.

4.8.2 Subsistema neumático

El accionamiento del actuador de elastómero es mediante neumática. Las válvulas y el compresor serán controlados mediante el robot, un viper 660. Este se encarga del control del sistema neumático. Las válvulas se abren y cierran dejando pasar el aire cuando los dedos de elastómero requieren cerrarse y así mismo después abrirlos. Para cerrarlos se suministra aire y para abrirlos se deja salir el aire suministrado, esto hace que regrese a su forma normal.

4.8.3 Subsistema de control

Este será el encargado de controlar el flujo neumático que el efector final recibe, controlando las válvulas.

4.8.4 Subsistema de medición

Ya que es un efector a base de elastómeros y este un material muy flexible, es necesario el medidor del compresor para poder conocer exactamente cuanta presión de aire se le está suministrando al actuador.

4.9 Elaboración de Partes

Para elaborar las partes es necesario realizar las pruebas correspondientes para poder elegir cual es la mejor forma y el mejor molde para la elaboración de nuestra pieza a base de elastómeros, ya que es difícil poder saber cómo se comportará la pieza antes de realizarla. Lo siguiente a realizar serán los acoples y todas las piezas faltantes que son necesarias para nuestro efector final, estas deben acoplarse a las piezas de elastómero.

4.10 Integración de Sistemas y Subsistemas.

Los subsistemas fueron probados individualmente, y luego de ver que todo funcionaba correctamente estos fueron añadidos. Todas las partes fueron unidas junto a las piezas diseñadas y el elastómero.

4.11 Metodología de validación

Se realizaron las pruebas pertinentes, para validar lo antes expuesto, se probó el proyecto y se pudo constatar que realiza de una manera precisa el trabajo para el cual fue hecho, es compatible en el ambiente de trabajo de la industria alimenticia.

Lo cual ayudara mucho en la automatización de las industrias y para el futuro. Sin duda es un efector final que ayudara hacer el trabajo de una forma rápida, precisa y segura.

4.12 Cronograma de Actividades

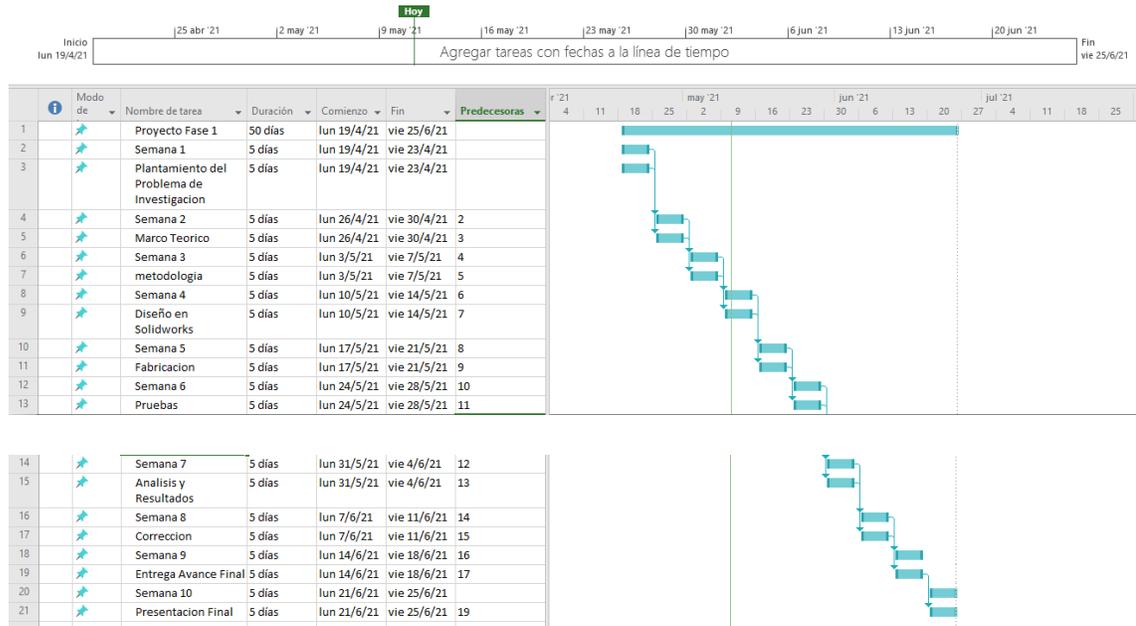


Ilustración 4 Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo V. Análisis y Resultados

En el presente Capítulo presentaremos el diseño de las partes elaboradas del proyecto y también ejecutaremos los respectivos análisis de las estructuras, que hemos realizado en la aplicación de diseño SolidWorks.

5.1 Análisis del Elastómero

Cabe recordar que estamos elaborando un efector final mediante el uso de robótica suave, para ello ocuparemos diseñar un modelo que cumpla las expectativas que necesitamos. Un actuador a base de elastómero y un prototipo que nos permita manipular este actuador. Y por último este elastómero será manejado mediante la neumática, es decir mediante la presión de aire comprimido.

El primer paso por realizar es investigar acerca de los elastómeros y elegir el apropiado para el proyecto. En la siguiente ilustración podemos ver una pequeña comparativa entre dos polímeros muy usados el ECOFLEX 00-30 de Smooth On que es el elastómero que vamos a utilizar y el Elastosil.

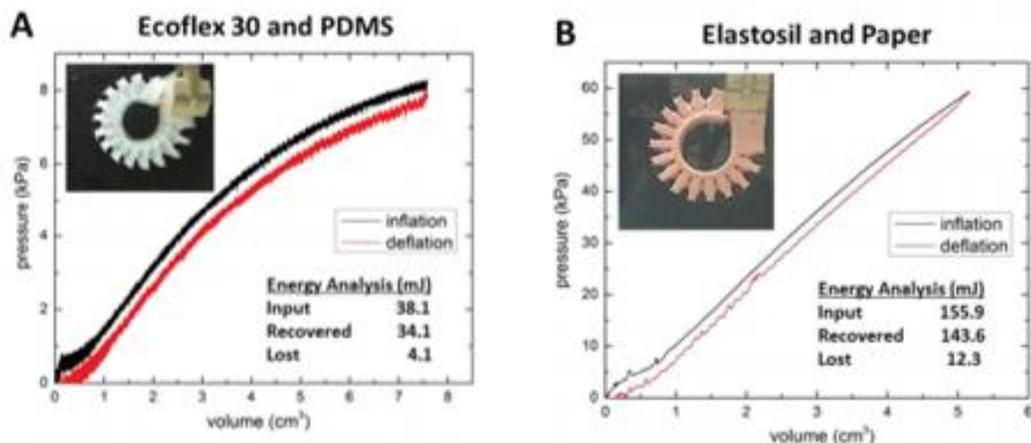


Ilustración 5 Comparación de Elastómeros

Fuente: (Smooth On, 2020, p. 2)

Podemos observar en la gráfica, que el polímero ECOFLEX es capaz de alcanzar su forma final con menos presión requerida. A continuación, apreciaremos una tabla comparando ciertas propiedades de distintos polímeros.

Elastómero	Máxima Elongación	Máxima Presión que puede Soportar	Precio
Elastosil M4601	700%	100 psi	895.07 + envió
ECOFLEX 20	875%	160 psi	1010.28 + envió
ECOFLEX 30	900%	200 psi	1074.94 + envió

Tabla 2 Comparación de Elastómeros

Fuente: Elaboración Propia

El elastómero que se utilizara es el ECOFLEX 30 por su gran capacidad expandirse sin romperse. Ya que puede expandirse 900% su tamaño original y es capaz de soportar 200 psi. Y un precio accesible en comparación a un efector final de cerámica "Efector Final cerámico SC-20 tiene un precio de \$400 (9,536.72) "(End Effectors Inc, 2012, pág.2)

En la siguiente tabla podremos observar algunas características del polímero.

ECOFLEX 00-30	
Gravedad específica	1.07 g/cc
Vida útil	45 minutos
Tiempo de curación	4 horas
Dureza de la orilla	00-30
Fuerza de tensión	200 psi
Máxima elongación	900 %
Contracción	<.001 in. / in.
Temperatura mínima	-65 °F
Temperatura máxima	450 °F

Tabla 3 Propiedades del ECOFLEX

Fuente: (Smooth On, 2020, p. 2)

Una vez ya teniendo en cuenta todas las especificaciones del elastómero es necesario crear un molde para poder dar la forma que se necesita en el proyecto. Así que se utilizara la aplicación de solidworks y harán un molde de 3 capas para poder darle la forma requerida, para que funcione.

5.2 Diseño del molde y elastómero

En este momento se presentará el diseño en solidworks del molde de elastómero. Debemos realizar un actuador de flexión PheuNets, elegimos este diseño porque nos permite ciertas ventajas, así como lo estipula (Suárez & Hernández, 2015)

“Estos actuadores resultan muy interesantes porque pesan poco, se fabrican de forma sencilla, y proporcionan un movimiento no lineal. El comportamiento del actuador dependerá de los materiales utilizados y de la forma de las cámaras. En este proyecto se ha realizado un estudio sobre cómo influye la morfología y materiales en las propiedades de estos actuadores que se puede ver más adelante.” (pag.30) En la Ilustración.6 podemos ver el molde

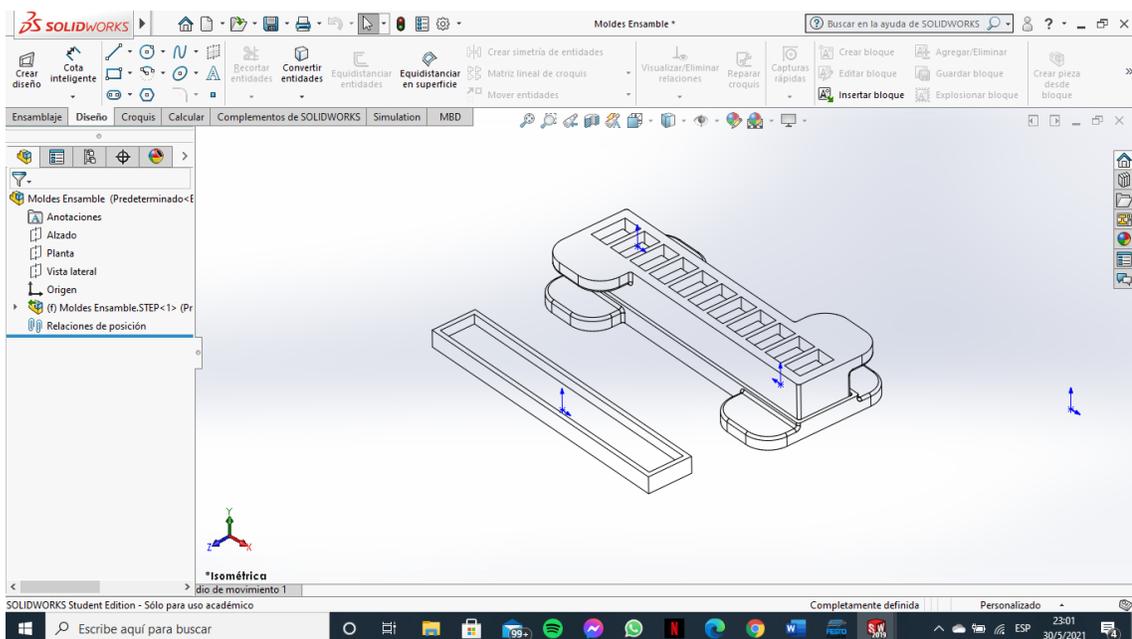


Ilustración 6 Molde para elastómero

Fuente: Elaboración Propia

Este molde fue realizado en solidworks, podemos ver la parte inferior y la parte del cuerpo en el cual verteremos el elastómero, para que éste tenga las divisiones necesarias para que puedas sujetar cualquier objeto. Así como lo apreciamos en la Ilustración.7

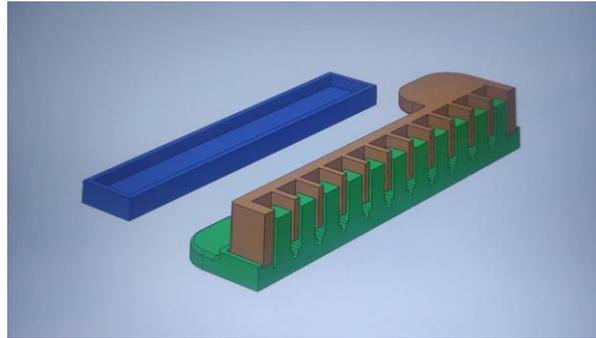
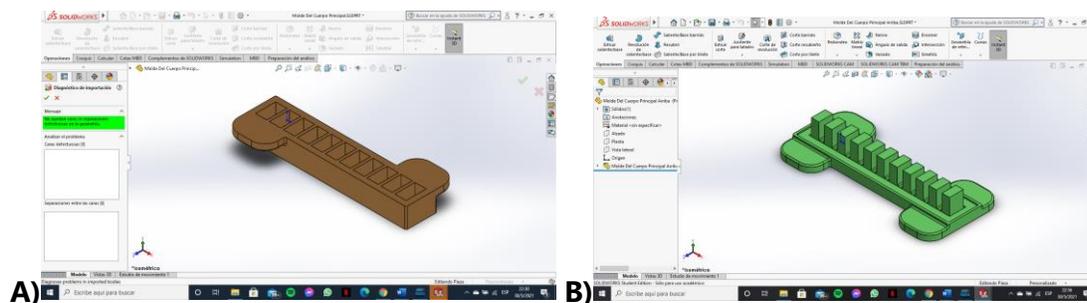


Ilustración 7 Molde de elastómero vista por dentro

Fuente: Elaboración Propia

Para la morfología de este actuador en la medida de las paredes de la recámara hemos usado un grosor de 1.5 mm en nuestro diseño el actuador tiene 11 recámaras como podemos ver en la ilustración 3 y estos se deforman al aplicar presión en ellos. Debemos recordar que estos moldes son dos sólidos que se han creado en solidworks y posteriormente se fabricaron en una impresora 3D.

Ahora en este momento se mostrará los 3 molde por separados. En la A esta el molde del cuerpo principal, en el B observamos el molde principal de arriba y por último, en el C esta lo que es la parte inferior del molde. Así como lo apreciamos en la Ilustración.8



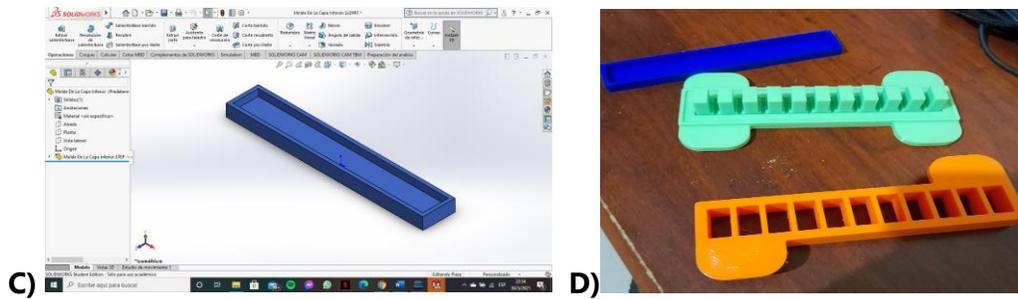


Ilustración 8 Piezas del molde elaboradas en Solidworks. A) Molde cuerpo principal arriba B) Molde cuerpo principal arriba C) Molde parte inferior D) Moldes impresos en 3D

Fuente: Elaboración propia

Ahora se presentarán, como debería de verse las piezas terminadas, esto solo es una demostración, no es la pieza con el polímero elegido. En la ilustración 5, observamos como se verá el dedo terminado, ya luego de haber hecho el uso de los moldes, es un dedo con 11 ranuras. Se diseño así porque es apto para poder suministrarle la cantidad de aire comprimido que se desea y también que sea capaz de tener un mejor agarre y tenga la fuerza necesaria para cargar cualquier tipo de objeto. Así como lo podemos ver en la Ilustración.9

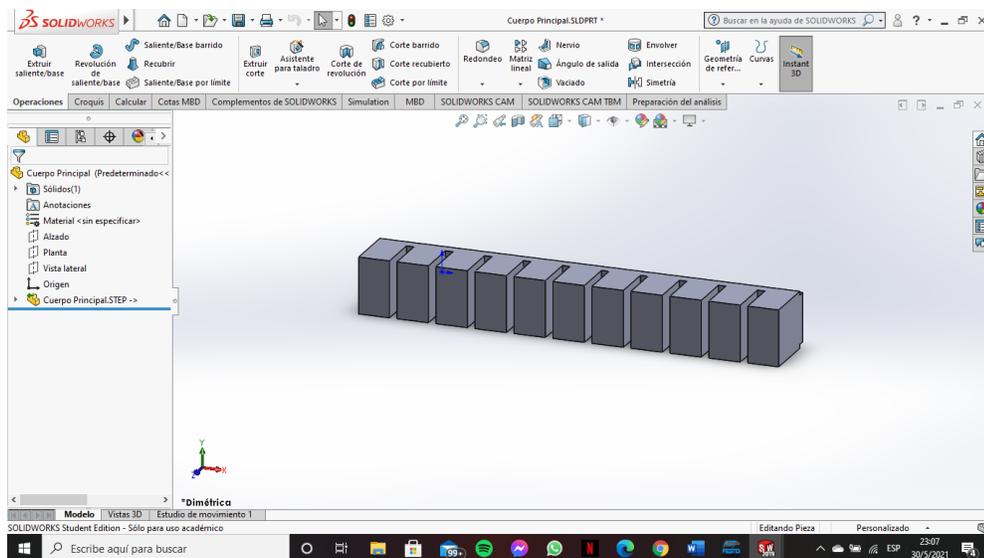


Ilustración 9 Dedo Terminado

Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración.10, observaran la parte inferior del dedo, con esta pieza se pretenderá darle un agarre firme a nuestra pieza ya terminada.

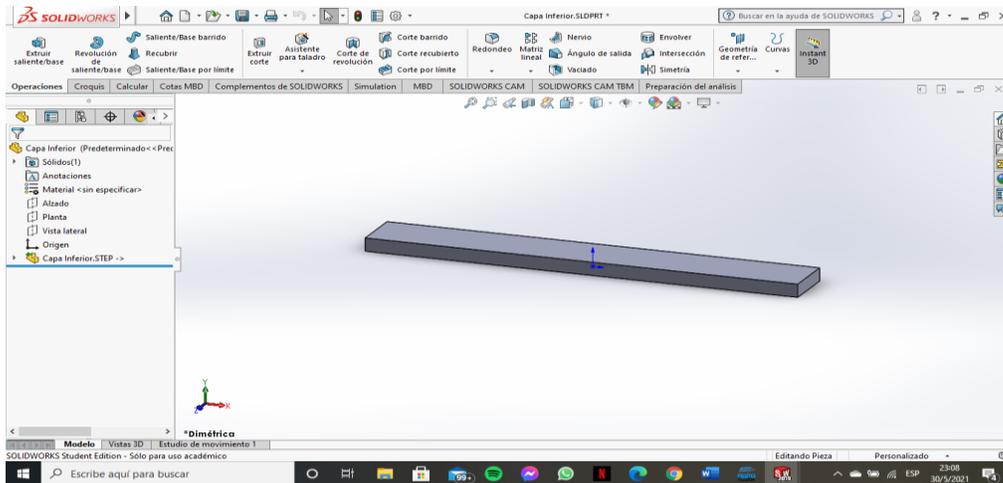


Ilustración 10 Parte inferior del dedo

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Diseño y análisis del manipulador suave (Housing)

El siguiente diseño realizado es el housing, con esta pieza controlarán los dedos y podrán adaptarlos a un robot viper 360. Este housing así como el molde también fue creado en solidworks y fue fabricado en una impresora 3D. En este manipulador suave están las ranuras donde se ensamblan los dedos de elastómero en este caso fueron 3. También observaran las ranuras u hoyos dónde van a entrar las mangueras, con las cuales pondrán la presión neumática a los elastómeros. Cabe resaltar que fue diseñado para adaptarse a un Viper660, así que fue hecho con las 4 ranuras para poder usar los tornillos, con un diámetro de 4 x M6 x 0.8.

En la siguiente Ilustración.11 pueden observar el ensamblaje completo del manipulador suave y cómo se verá al final ya con los dedos en las ranuras del housing.

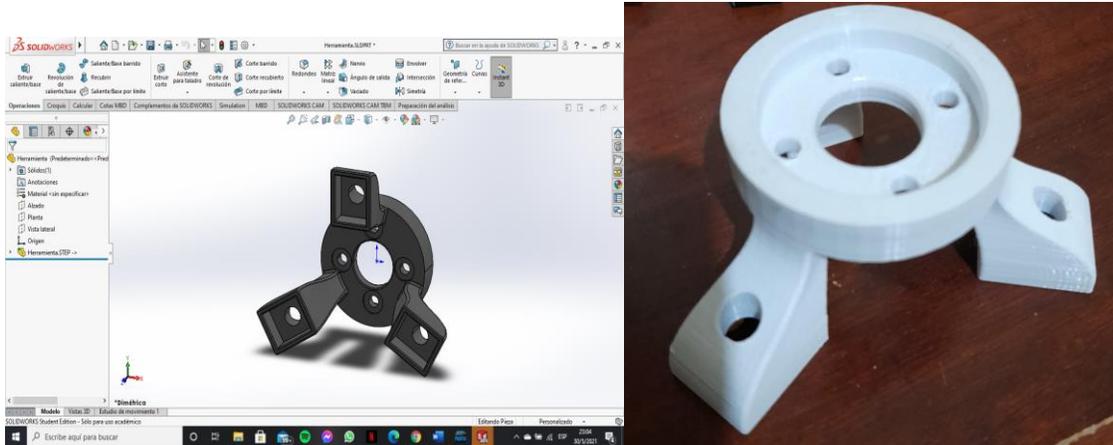


Ilustración 11 Manipulador Suave

Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración.12 pueden observar el ensamblaje final, como debe verse físicamente el actuador en el manipulador suave, cada uno de los 3 dedos en su respectiva base, recordar que cada una de estas bases tiene un orificio para poder ensamblar las mangueras, por las cuales se suministrara el aire comprimido a los dedos hechos de elastómeros.

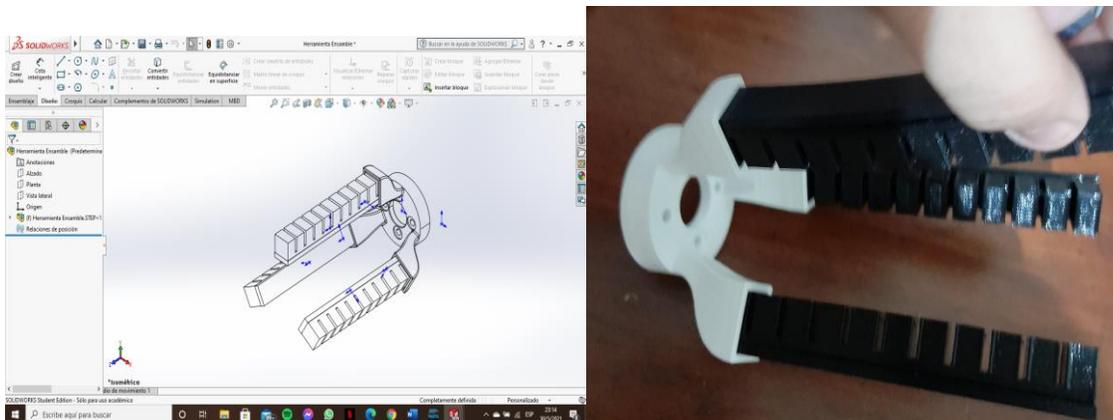


Ilustración 12 Ensamble de manipulador y actuador suave

Fuente: Elaboración propia

Ahora, se realizarán las respectivas pruebas de al manipulador suave, el material del housing estará hecho de Plástico PLA+ ya que nos da ciertas ventajas, así como lo estipula (Sanchez Restrepo, 2020)

“El filamento PLA+ es el plástico más utilizado en impresión 3D. Se utiliza en la carrocería de automóviles, electrodomésticos y fundas de teléfonos móviles. Es un termoplástico que contiene una base de elastómeros a base de polibutadieno, lo que lo hace más flexible y resistente a los golpes.” (pág. 2)

Las pruebas que se realizaran son de cómo afectaría una fuerza de 250 N, (56 lbs/f) al Housing, la primera prueba a realizar es la de las tensiones. Observaran que la mayor tensión recibida es donde ensambla el manipulador con el robot y también en el punto de unión de las bases de los dedos. En caso de llegar a romperse o deteriorarse, ahí sería donde ocurriría la falla. Así como se aprecia en la Ilustración.13

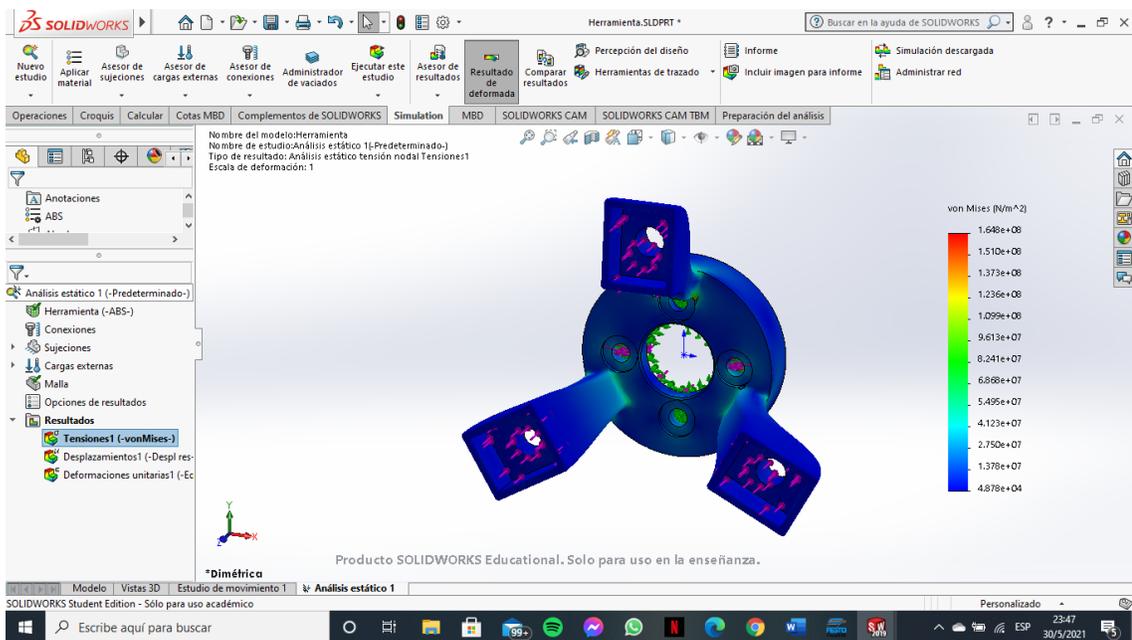


Ilustración 13 Prueba de tensiones en housing

Fuente: Elaboracion propia

La siguiente prueba que realizara, sera la de desplazamiento por fuerza en la zona aplicada, la Ilustración.14 muestra que el lugar donde es mas factible que la pieza llegue a desplazarse es en la zona baja de las bases de los dedos, luego de varios usos cierta parte puede llegar a un punto critico, recordando que es una fuerza de 250N.

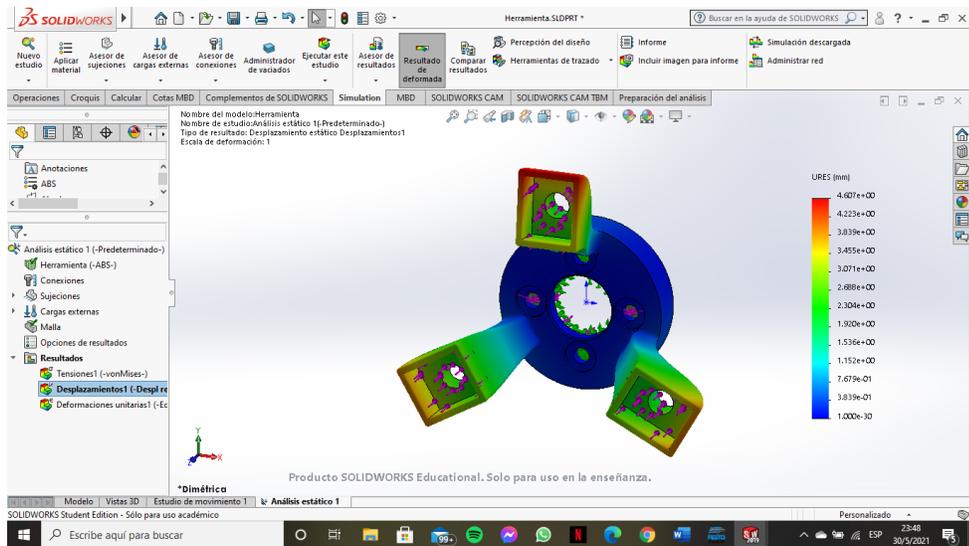


Ilustración 14 Prueba de desplazamiento

Fuente: Elaboracion propia

La ultima prueba que realizaran es la de deformacion unitaria, como apreciaran en la Ilustración.15, realmente no hay porque preocuparse por deformaciones en la pieza con una fuerza de 250 N. Ya que es minimo, pero si llegara a fallar seria en la union de las bases.

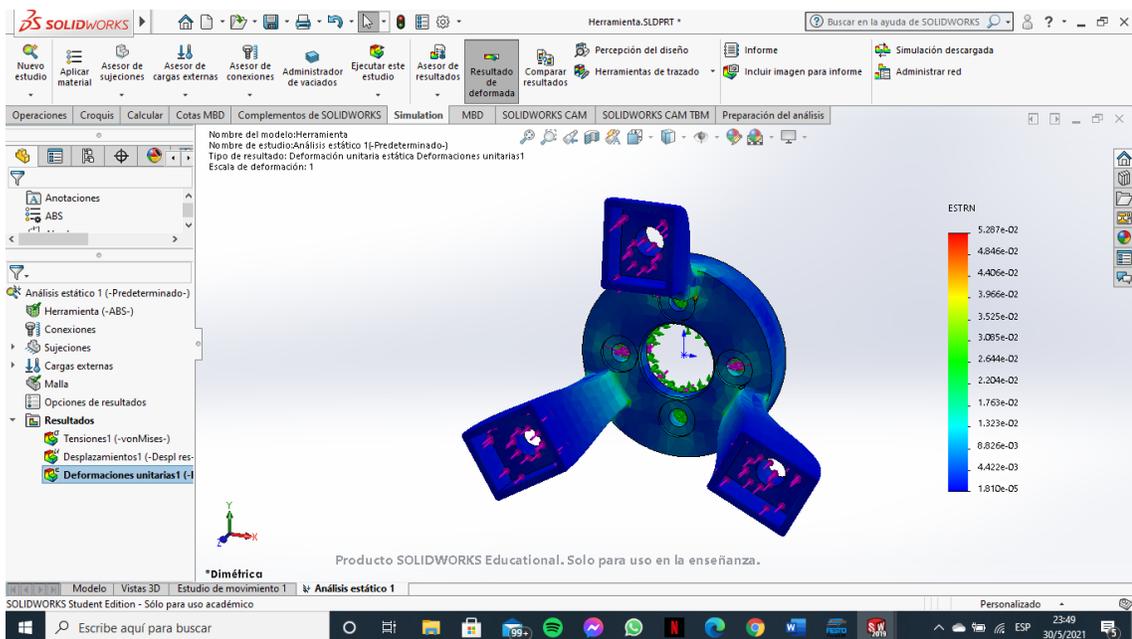


Ilustración 15 Deformación Unitarias

Fuente: Elaboración propia

5.4 Análisis de la inyección de Aire comprimido al dedo de elastómero

Una forma de poder analizar cómo se comportará el elastómero al momento de hacerlo en físico es mediante simulaciones. Un programa que nos permite calcular esto es el ABAQUS, nos permite calcular como se comportara la pieza, así como lo muestra la Ilustración.16 , pueden observar cómo se comporta un elastómero ya realizado y podrán ver que el programa al insertar los datos experimentales se comporta de la misma manera.

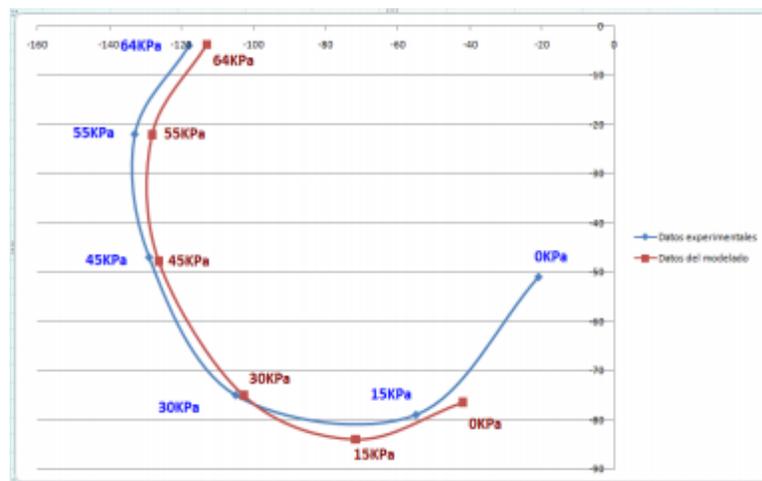


Ilustración 16 Comportamiento Experimental

Fuente: (Suárez & Hernández, 2015)

Es posible simular el comportamiento de un elastómero mediante el programa Abaqus. Es necesario conocer la densidad y el módulo de Young del material.

Datos:

Módulo de Young: 0.125 MPA (Shintake,2017)

Gravedad Especifica: 1.07 g/cm³ (Ecoflex Smooth On, 2020)

Al no tener la densidad debemos despejar la gravedad específica, que es la relación de la densidad de una sustancia con el agua:

$$1.07 \left(\frac{\text{Densidad de Fluido}}{1 \frac{g}{m^3} (\text{Agua})} \right) = \text{Densidad de Fluido} = \frac{1.07g}{cm^3}$$

$$1.07 \frac{g}{cm^3} \left(\frac{1Kg}{1000g} \right) \left(\frac{1,000,000 cm^3}{1m^3} \right) = \frac{1070kg}{m^3} = 1070e - 12$$

Ecuación 2 Densidad del elastómero

Luego introducimos estos datos en ABAQUS, así como la muestra la Ilustración.17.

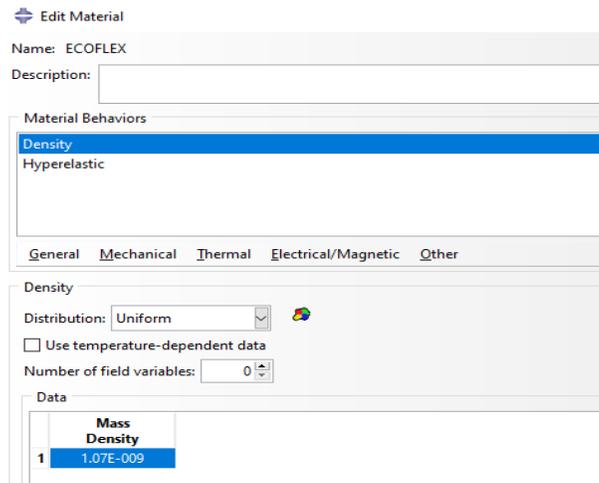


Ilustración 17 Densidad en ABAQUS

Fuente: Elaboracion propia

En las Ilustraciones 18,19,20 y 21 observaran cómo se comporta el elastómero que ha sido diseñado previamente en Solidworks y luego mediante el archivo .STEP, leve introducirse al programa ABAQUS, en él se añadieron los datos del ECOFLEX 00-30, cabe recordar que este material tiene un 900% de elongación antes de fallar y puede aguantar hasta 200 psi. de presión. A continuación, podrán ver como el actuador se comporta aplicándole diferentes presiones:

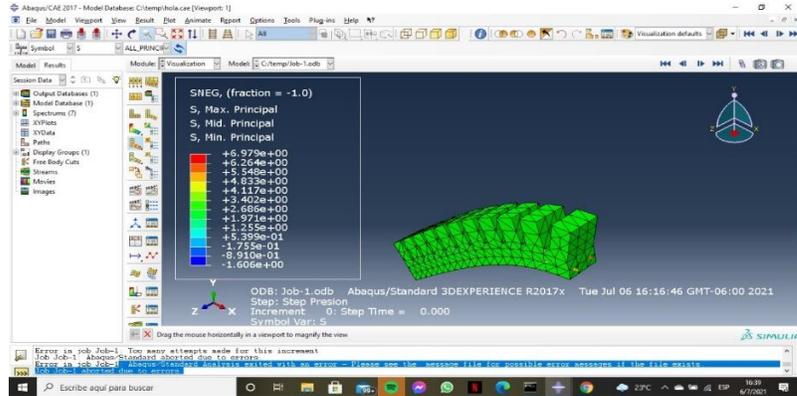


Ilustración 18 Prueba 1 comportamiento del elastómero con una presión de (0.080MPa= 11.6 Psi)

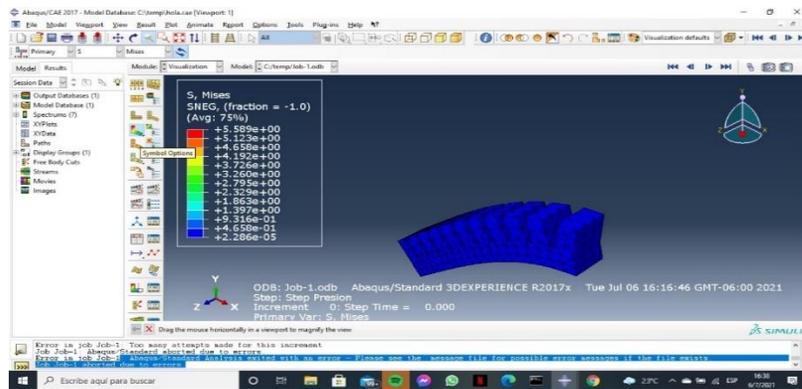


Ilustración 19 Prueba 2 comportamiento del elastómero con una presión de (0.080MPa= 11.6 Psi)

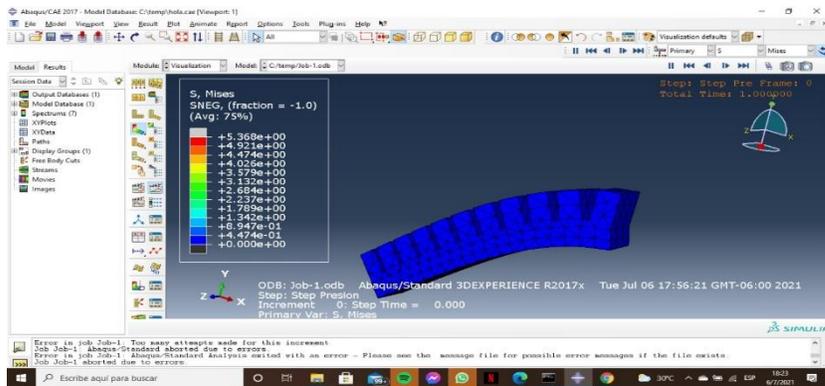


Ilustración 20 Prueba 1 comportamiento del elastómero con una presión de (1.1MPa= 15.3 Psi)

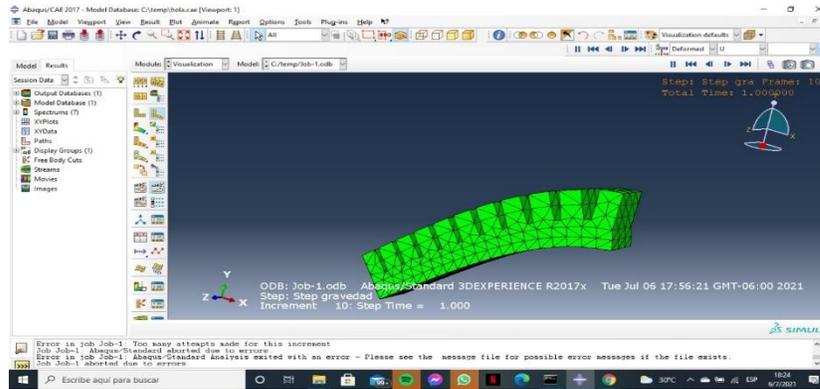


Ilustración 21 Prueba 2 comportamiento del elastómero con una presión de (1.1MPa= 15.3 Psi)

5.5 Parte mecánica para la inyección de aire

La parte mecánica permite introducir la cantidad de aire comprimido que se necesita a cualquier objeto. Para que el proyecto funcione es necesario que los 3 dedos sean activados al mismo tiempo. Para el siguiente circuito necesitaremos los siguientes materiales:

1. Compresor de aire que pueda generar mínimo 40 psi, que tenga medidor
2. Una válvula cierre rápido
3. 14 pies de manguera de 1/4 transparente
4. 3 Fitting de 1/4
5. 3 unión niple de bronce
6. Tubo en forma de cruz de bronce
7. Abrazaderas

En la siguiente Ilustración.22 podrán observar el circuito ya terminado y en la Ilustración.23 las mangueras en el manipulador.



Ilustración 22 Circuito Neumático

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 23 Mangueras en el Manipulador

Fuente: Elaboración propia

5.6 Prueba de Agarre

Las pruebas de agarre fueron realizadas con distintos objetos, en la Ilustración.23 se observa el efector final tomando un cuaderno, este tiene dos de sus superficies planas, por lo cual hace más fácil el agarre de dos de los dedos.



Ilustración 24 Efector final tomando un cuaderno

Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración.24 podemos observar el efector final tomando una esfera, para este tipo de geometría es más difícil de sujetar ya que no cuenta con una superficie plana por lo cual se debe aumentar la cantidad de aire, para que el efector final pueda ejercer la fuerza necesaria y que no se caiga el objeto.



Ilustración 25 Efector final sujetando una esfera

Fuente: Elaboración Propia

Las siguientes pruebas validan, que el efector final es capaz de tomar objetos de cualquier peso y forma. En este escenario, el efector final sujeta vegetales, así como se aprecia en las siguientes ilustraciones:

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 0.6 lb, utilizando una presión de 12 psi.



Ilustración 26 Sujeción de chile dulce (0.6 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 0.5 lb, utilizando una presión de 11.2 Psi.



Ilustración 27 Sujeción de chile dulce (0.5 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 0.8 lb, utilizando una presión de 15.1 Psi



Ilustración 28 Sujeción de chile dulce (0.8 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 0.9 lb, utilizando una presión de 15.2 Psi



Ilustración 29 Sujeción de chile dulce (0.9 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 0.9 lb, utilizando una presión de 14.5 psi



Ilustración 30 Sujeción de chile dulce (0.9 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 1 lb, utilizando una presión de 15.8 psi



Ilustración 31 Sujeción de chile dulce (1 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Prueba con un vegetal (Chile Dulce) con un peso de 0.9 lb, utilizando una presión de 14.7 psi



Ilustración 32 Sujeción de chile dulce (0.9 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Comparativa de Peso y Presión		
#	Peso Chiles Dulces (lb)	Presión Utilizada (Psi)
1	0.6 lb	<i>12 psi</i>
2	<i>0.5 lb</i>	<i>11.2 psi</i>
3	<i>0.8 lb</i>	<i>15.1 psi</i>
4	<i>0.9 lb</i>	<i>15.2 psi</i>
5	<i>0.9 lb</i>	<i>14.5 psi</i>
6	<i>1 lb</i>	<i>15.8 psi</i>
7	<i>0.9 lb</i>	<i>14.7 psi</i>
8	<i>0.7 lb</i>	<i>13 psi</i>

Tabla 4 comparación entre el peso y la presión necesaria

Fuente: elaboración propia

En la tabla.4 se concluye que las formas irregulares tienen un efecto directo en la presión aplicada para la sujeción del objeto, la presión no depende del peso del objeto, es proporcional a la forma, es decir que depende completamente a los puntos de contacto que necesita el objeto a poder sujetarse.

Capítulo VI. Conclusiones

- Se explico mediante un diagrama de flujo paso a paso como elaborar un efector final, posteriormente se creó un molde para la forma del actuador, que permite que este sea resistente (es capaz de soportar 35 Psi antes de fallar) y no se rompa al momento de inyectarle el aire comprimido proporcionado por el sistema mecánico, también se logró construir un manipulador suave, que permite sujetar los tres actuadores al mismo tiempo.
- Se obtuvo las propiedades del elastómero ECOFLEX 00-30 como ser la densidad 1.07 g/cm³ y el módulo de Young 0.125 MPa, estos datos pudieron introducirse al software ABAQUS, junto al diseño del actuador que realizamos, se concretaron dos pruebas (11.6 psi y 15.3 psi) y así se observó el comportamiento del actuador antes, de fabricarlo en físico. Al comprobarlo físicamente, se apreció que el comportamiento en las simulaciones es similar, al momento de realizarlo en lo real.
- Se realizaron múltiples pruebas experimentales con objetos regulares e irregulares, con pesos que variaban entre (0.5 lb a 2.4 lb). Se pudo observar que las formas regulares tienen 3 puntos de contactos definidos, al contrario de las formas irregulares que son 3 o más. Pudimos concluir que la presión ejercida al actuador para sujetar el objeto no depende del peso de este, depende proporcionalmente a la forma del objeto y los puntos de contacto se tiene. Para comprobar esto se realizó pruebas con vegetales y a la misma vez se hizo una tabla comparativa para poder comprobar el punto anterior. A la misma vez se comprobó que el efector final puede usarse en las líneas de empaques de alimentos.

Capítulo VII. Recomendaciones

- El molde debe tener suficiente espacio para que las paredes no sean tan finas y no haya problemas al momento de verter el aire comprimido. El canal por donde pasa el aire comprimido no debe bloquearse en ningún momento, podrá presentar problemas al inflarse y solo algunos compartimientos tendrán aire.
- Es importante investigar las propiedades del elastómero a utilizar antes de comprarlo, y así poder realizar las pruebas correspondientes en los softwares, para observar si cumple con los requisitos que se necesitan para el prototipo y las tareas que se pretenden realizar.
- Siempre realizar pruebas experimentales con distintos objetos, texturas y geometrías, así se podrá comprobar en que área funciona el efector final, probar con distintas presiones de aire comprimido.

Bibliografía

- Apriaskar, E., Fahmizal, & Fauzi, M. R. (2020). Robotic technology towards industry 4.0: Automatic object sorting robot arm using kinect sensor. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444, 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012030>
- Berkowitz, D. E. (2019). *INDUSTRIA ALIMENTARIA*. 36.
- Ciofu, C., & Stan, G. (2016). Research regarding the influence of driving-wires length change on positioning precision of a robotic arm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 145, 052007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/145/5/052007>
- ESNECA. (2019). *Qué es el brazo robótico y en qué industrias se emplea*. 6.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.). (2010). *2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation: ICRA 2010; Anchorage, Alaska, USA, 3 - 8 May 2010*. IEEE.
- Interempresas. (2019). *La robótica aumenta la productividad en alimentación, envase y embalaje*. 3.
- Ismara, K. I., & Prianto, E. (2020). Safety education management in welding robotic laboratory. *Journal of Physics: Conference Series*, 1446, 012061. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1446/1/012061>
- Jain, R., Nayab Zafar, Mohd., & Mohanta, J. C. (2019). Modeling and Analysis of Articulated Robotic Arm for Material Handling Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 691, 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/691/1/012010>
- Jamali, A., & Mat Darus, I. Z. (2020). Intelligent Evolutionary Controller for Flexible Robotic Arm. *Journal of Physics: Conference Series*, 1500, 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012020>

- Jiang Hao, Zhanchi Wang, Yusong Jin, & Xiaotong Chen. (2020). *Design, Control, and Applications of a Soft Robotic Arm*. 3, 45.
- Juan Rachal. (2019, marzo 24). *Robots médicos, otra arma de batalla contra el COVID-19*. 4.
- Kuka Robots. (2020). *Robots para la industria alimenticia*. 2.
- Kumar, A., Ahmad, D., & Patra, K. (2019). Barium titanate particle filled silicone elastomer composite: Preparation and evaluation of morphology and mechanical behaviour. *Journal of Physics: Conference Series*, 1240, 012049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012049>
- Ma, Q., & Zhu, J. (2020). Research on structure and performance of polyurethane elastomer/superfine talcum powder composite. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 558, 032039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/558/3/032039>
- Mohamad, S. F., Osman, H. N. B., Karoji, M. N. B., Ibrahim, P., Osman Al Edrus, S. S., Hua, L. S., Rahim, N. M. F. H. A., & Guan, C. T. (2021). Insight on the properties of thermoplastic elastomer-based natural rubber and recycled rubber post-treated with electron beam irradiation. *Materials Research Express*, 8(2), 025302. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/abe064>
- Nayab Zafar, Mohd., Mohanta, J. C., & Sanyal, A. (2019). Design and Implementation of an Autonomous Robot Manipulator for Pick & Place Planning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 691, 012008. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/691/1/012008>

- Oguntosin, V., Akindele, A., & Alashiri, O. (2019). Vision Algorithms for Sensing Soft Robots. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378, 032102. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/3/032102>
- Sanchez Restrepo, S. (2020). *Plasticos en la impresion 3D*. <https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/>
- Schmitt, F., Piccin, O., Barbé, L., & Bayle, B. (2018). Soft Robots Manufacturing: A Review. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 84. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00084>
- Sekarsari, K., Ikhsan, D., & Marfin. (2019). Design of 2 dof arm robot control system using ultrasonic sensor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 550, 012014. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012014>
- Siregar, B., Sitompul, O. S., Zarlis, M., & Fahmi. (2021). Development of Electromyography Signal Function to Control Robot Arm Working Adaptively in the Reverse Direction of the Human Arm Movement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1115(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1115/1/012010>
- Smooth On. (2020). *Propiedades y datos ECOFLEX SERIES 00-30*. https://www.smooth-on.com/tb/files/ECOFLEX_SERIES_TB.pdf
- Sowmya Dhanalakshmi, Dr. C., Madhu, Dr. P., Hemachandran, Mr. N., Muthukumar, Mr. V. E., & Harish Arvinth, L. B. (2021). Design and Fabrication of Robotic Arm for the assembly of Phase Selector Switch. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1059(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1059/1/012032>
- Suárez, E. G., & Hernández, J. M. (2015). *TRABAJO DE FIN DE GRADO*. 157.

- Suling, W., Mingzhan, C., Minzheng, J., Kangxing, D., & Yanyan, W. (2019). Experimental Evaluation and Mechanism Analysis of Elastomer Failure Caused by Rapid Gas Decompression. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 242, 032021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/242/3/032021>
- Szolga, L. A., & Flueraș, G. (2021). Robotic arm controlled by Android app through Bluetooth connection for organic solar cell manipulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1032, 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1032/1/012049>
- Tatte, R. N., Thorat, H. T., & Deosant, P. V. (2020). Reduction of positional error in a path of a 2 DOF serial planar manipulator. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1004, 012012. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1004/1/012012>
- TECNOVA. (2019). *La agroindustria acoge la llegada de nuevas técnicas de la Industria 4.0*. 4.
- Thierry Delmas. (2019). *Los efectores finales, claves para romper las barreras de la automatización*. 3.
- Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, Quiñonez, Y., Zatarain, O., Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, Lizárraga, C., Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, Peraza, J., Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, Mejía, J., & Centro de Investigación en Matemáticas, Unidad Zacatecas. (2020). Algoritmo para controlar un brazo antropomórfico usando una transformación lineal. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 36, 65-81. <https://doi.org/10.17013/risti.36.65-81>
- Wolfgang Hanz Rodas. (2020). *DISEÑO DE UN EFECTOR FINAL PARA LA INDUSTRIA PANADERA MEDIANTE ROBOTICA SUAVE*.

Prada, V., Avilés, O., & Mauledoux, M. (2014). *Design of a three-finger end effector for optimal grip*

Diseño de un efector final de tres dedos para agarre óptimo. 10.

Sanchez Restrepo, S. (2020). *Plásticos en la impresión 3D*. [https://www.3dnatives.com/es/plasticos-](https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/)

[impresion-3d-22072015/](https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/)

Smooth On. (2020). *Ecoflex Series*. https://www.smooth-on.com/tb/files/ECOFLEX_SERIES_TB.pdf

