

# TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

---

Robot IRB20 con gripper para estación  
de trabajo

Proyecto de investigación

Que para obtener el título de  
Ingeniero en Mecatrónica

Con la especialidad de Automatización

Presenta

Marco Antonio Martínez Madrigal

Matrícula: 201520728

Coacalco de Berriozábal, Marzo/ 2024

## RESUMEN.

El robot es, sin duda, uno de los inventos más populares del siglo XX. La robótica representa la confluencia de varias materias: mecánica, electricidad, electrónica, automática e informática, que hacen que el estudio de un robot resulte enormemente atractivo para especialistas

A lo largo de los años, la necesidad de robots y procesos automatizados se han vuelto cada vez más indispensables en la industria, y en la vida moderna cotidiana. El uso de aparatos electrónicos nos facilita el día a día, agiliza procesos, son exactos y son cada vez más indispensables.

La domótica juega un papel fundamental en la era moderna, ya que cada vez son más las personas que optan por automatizar sus hogares para facilitar o hacer más eficientes algunas tareas, algo que se ve más en algunos países asiáticos que en América, pero que con el tiempo se irá adoptando esta forma de automatización en mayor medida.

Existen muchos robots de este tipo, desde aspiradoras automáticas, luces automáticas, hasta dispositivos que se interconectan entre ellos para tener un control más amplio en el hogar o zona de trabajo por medio de control de voz o por medio de sensores.

En la actualidad los robots son un elemento imprescindible tanto para sustentar en gran medida la disposición de bienes de consumo de cuya fabricación masiva son piezas clave como para facilitar las tareas del día a día en la casa, en la oficina entre otros.

# ÍNDICE.

## CONTENIDO

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                     | 2  |
| ÍNDICE.....                                                      | 3  |
|                                                                  |    |
| CAPITULO 1.....                                                  | 7  |
| GENERALIDADES DEL PROYECTO.....                                  | 7  |
| 1.1 INTRODUCCIÓN.....                                            | 8  |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN.....                                           | 14 |
| 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                              | 15 |
| 1.4 OBJETIVOS. ....                                              | 16 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....                                      | 16 |
| 1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO:.....                                  | 16 |
|                                                                  |    |
| CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO .....                                  | 17 |
| 2.1 ANTECEDENTES DE UN GRIPPER.....                              | 18 |
| 2.2 ¿QUÉ ES UN GRIPPER Y PARA QUÉ SIRVE? .....                   | 20 |
| 2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE AGARRE PARA UN BRAZO ROBÓTICO .....     | 20 |
| 2.4 ¿QUÉ ES UN SISTEMA MÓVIL DE AGARRE? .....                    | 24 |
| 2.4.1 TIPOS DE ACCIONAMIENTO EN SISTEMAS MOVILES DE AGARRE ..... | 24 |
| 2.5 SENSORES DE HUMEDAD .....                                    | 26 |
| 2.5.1 TIPOS DE SENSORES DE HUMEDAD .....                         | 26 |
| 2.5.2 SENSOR HL69.....                                           | 28 |
| 2.5.3 SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO.....                          | 29 |
| 2.6 SERVOMOTORES .....                                           | 30 |
| 2.6.1 TIPOS DE SERVOMOTORES: .....                               | 30 |
| 2.6.2 TIPOS DE SERVOMOTORES: OTRA CLASIFICACIÓN .....            | 31 |
| 2.6.3 ¿CÓMO FUNCIONAN?.....                                      | 33 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7 BOMBA HIDRAULICA.....                                                 | 34 |
| 2.6.1 HISTORIA .....                                                      | 34 |
| 2.6.2 TIPOS DE BOMBAS SEGÚN SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....          | 35 |
| 2.8 CAD.....                                                              | 36 |
| 2.7 CAM .....                                                             | 37 |
| 2.8 MECANISMOS.....                                                       | 38 |
| CAPITULO 3: DISEÑO .....                                                  | 39 |
| 3.1 MODELADO 3D DE GRIPPER.....                                           | 40 |
| 3.2 ANÁLISIS DE ESFUERZOS (PRUEBA A 4 MATERIALES). .....                  | 47 |
| 3.2.1 ANÁLISIS DE FUERZAS EN 2 TIPOS DE MATERIALES (BASE DE GRIPPER)..... | 51 |
| 3.3 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA GRIPPER.....                               | 55 |
| 3.4 DISEÑO PARA SISTEMA DE RIEGO .....                                    | 56 |
| 3.4.1 SENSORES .....                                                      | 57 |
| 3.4.2 VALVULAS SOLENOIDES .....                                           | 58 |
| 3.4.3 TUBERÍA .....                                                       | 59 |
| CAPITULO 4: DESARROLLO.....                                               | 60 |
| 4.1 PROGRAMACIÓN DE ROBOT .....                                           | 61 |
| 4.2 ELECTRÓNICA DEL ROBOT .....                                           | 62 |
| 4.3 PROGRAMACION DE SISTEMA DE RIEGO .....                                | 64 |
| 4.4 CONEXIONES Y ELECTRÓNICA DE SISTEMA DE RIEGO.....                     | 65 |
| 5 RESULTADOS FINALES .....                                                | 67 |
| CONCLUSIÓN.....                                                           | 69 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                         | 71 |
| GLOSARIO .....                                                            | 72 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 PRIMER GRIPPER PARA SUJECCIÓN Y AGARRE.....         | 18 |
| Figura 2 PRIMER GRIPPER CON GUÍA MULTIDENTADA.....           | 19 |
| Figura 3 GRIPPER CON PINZAS DE DOS DEDOS .....               | 20 |
| Figura 4 GRIPPER CON PINZA DE 3 DEDOS .....                  | 21 |
| Figura 5 GRIPPER CON DEDOS FLEXIBLES.....                    | 21 |
| Figura 6 GRIPPER DE BOLA .....                               | 22 |
| Figura 7 GRIPPER CON PINZAS DE VACÍO.....                    | 22 |
| Figura 8 GRIPPER CON PINZAS PARA PALETIZACIÓN .....          | 23 |
| Figura 9 REPRESENTACION DE IMAN PERMANENTE.....              | 23 |
| Figura 10 CIRCUITO INTERNO DE UN HL69.....                   | 28 |
| Figura 11 SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO .....                 | 29 |
| Figura 12 SERVOMOTOR DE RANGO LIMITADO .....                 | 30 |
| Figura 13 SERVOMOTOR DE ROTACION CONTINUA.....               | 30 |
| Figura 14 SERVOMOTOR DE CORRIENTE CONTINUA .....             | 31 |
| Figura 15 SERVOMOTOR DE CORRIENTE ALTERNA.....               | 31 |
| Figura 16 SERVOMOTOR BRUSHLESS.....                          | 32 |
| Figura 17 SERVOMOTOR PASO A PASO.....                        | 32 |
| Figura 18 SEÑALES PWM. ....                                  | 33 |
| Figura 19 TORNILLO DE ARQUIMIDES .....                       | 34 |
| Figura 20 BOMBA REVERSIBLE.....                              | 34 |
| Figura 21 BOMBA VOLUMÉTRICA .....                            | 35 |
| Figura 22 BOMBA RADIAL.....                                  | 35 |
| Figura 23 DISEÑO EN CAD.....                                 | 36 |
| Figura 24 DISEÑO EN CAM.....                                 | 37 |
| Figura 25 TIPOS DE MECANISMOS. ....                          | 38 |
| Figura 26 BASE SOPORTE.....                                  | 40 |
| Figura 27 UNIÓN DE PINZAS .....                              | 41 |
| Figura 28 ENGRANE 1.....                                     | 42 |
| Figura 29 ENGRANE 2.....                                     | 42 |
| Figura 30 MÉNSULA.....                                       | 43 |
| Figura 31 ENGRANE CONDUCTOR.....                             | 43 |
| Figura 32 PINZA SUJETADORA. ....                             | 44 |
| Figura 33 MODELADO 3D DE GRIPPER ENSAMBLADO (RETRAÍDO).....  | 45 |
| Figura 34 MODELADO 3D DE GRIPPER ENSAMBLADO (ESTIRADO). .... | 45 |
| Figura 35 GRIPPER SUJETO A CHASIS .....                      | 46 |
| Figura 36 EL GRIPPER Y SU MOVIMIENTO. ....                   | 46 |
| Figura 37 ANÁLISIS DE UNA PROBETA DE ACERO. ....             | 47 |
| Figura 38 ANÁLISIS DE UNA PROBETA DE ACERO 1020.....         | 48 |
| Figura 39 ANÁLISIS DE ESFUERZOS CON ABS.....                 | 49 |
| Figura 40 ANÁLISIS DE ESFUERZOS CON ALUMINIO. ....           | 50 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 41 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO CON ALUMINIO ..... | 51 |
| Figura 42 ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN Y FUERZAS APLICADAS.....       | 52 |
| Figura 43 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO CON ABS/PLA.....   | 53 |
| Figura 44 ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN Y FUERZAS APLICADAS.....       | 54 |
| Figura 45 DISEÑO COLOCAMIENTO DE SENSOR EN MACETA.....           | 57 |
| Figura 46 SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO A DETALLE.....            | 58 |
| Figura 47 ELECTROVÁLVULA SOLENOIDE .....                         | 58 |
| Figura 48 ESQUEMA DE SISTEMA DE RIEGO.....                       | 59 |
| Figura 49 POSICIÓN DE MACETAS Y SUS TUBERIAS .....               | 59 |
| Figura 50 PROGRAMACIÓN PARA ROBOT CON GRIPPER .....              | 61 |
| Figura 51 ESQUEMA DE CONEXIONES PARA PUENTE H L298.....          | 62 |
| Figura 52 CREMALLERA .....                                       | 63 |
| Figura 53 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO .....                | 64 |
| Figura 54 ELECTRÓNICA DE SISTEMA DE RIEGO .....                  | 65 |

## **CAPITULO 1**

# **GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## **1.1 INTRODUCCIÓN.**

El proyecto a realizar aborda el diseño, programación y electrónica de un prototipo de un brazo robótico IRB20 capaz de mover macetas utilizando un gripper, así mismo medir la humedad de la tierra y activar un sistema de riego tomando en cuenta aspectos de antecedentes previos de a su historia, evolución y tipos de aplicación de acuerdo a sus características.

El presente proyecto consiste en el diseño, construcción y control de un robot con gripper, sensores y sistema de riego. Se utilizarán principios de electrónica y programación para realizar la ejecución del sistema, además de conocimientos en diseño para lograr automatizar de manera óptima las partes de la estructura y componentes electrónicos.

Mediante el software CAD se genera la estructura y las piezas a utilizar tomando en cuenta dimensiones de modelos reales de brazos robóticos IRB20 para el desarrollo de ensambles que ayuden a comprobar los resultados mediante simulaciones y realizar trayectorias de modelos CAM para las piezas necesarias del mismo finalizando con la validación de los resultados generados por la simulación en el software de diseño SolidWorks.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN.**

Analizando los movimientos de todos y cada uno de los robots para manipular objetos se genera el proyecto con el objetivo de diseñar un prototipo de un brazo robótico tomando en cuenta las necesidades al que va orientado. Se analizaron y seleccionaron entre muchas opciones distintos componentes electrónicos adecuados para el fin de este proyecto y de acuerdo a las condiciones en las que se va a trabajar dicho robot.

El proyecto a desarrollar brindará conocimientos amplios del funcionamiento de un robot automatizado siendo diseñado y programado en para diferentes funciones y que podrá actuar de acuerdo a las condiciones climáticas, así como la manipulación apoyada por softwares.

El proyecto a realizar tiene como finalidad diseñar y realizar un prototipo el cual trabaje de manera conjunta con cada uno de los elementos diseñados y como resultado obtener un robot con movimientos precisos el cual pueda ser sometido en áreas de trabajo húmedas y este pueda ayudar a desplazar objetos disminuyendo el esfuerzo humano.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

A lo largo de la historia en la humanidad, la industria ha sufrido cambios drásticos en innovando sus métodos o técnicas para la producción de ciertos artefactos específicos.

El desarrollo tecnológico que presentan las empresas o industrias está íntimamente ligado a la demanda por parte de los consumidores esto orillado a las empresas a buscar maneras tecnológicas de cumplir con dicha demanda una de estas formas ha sido el desarrollo de nuevas tecnologías

Si llegase a ser bueno su producto, la sociedad se verá involucrada en aumentar la demanda de tal creación, entonces entre más su demanda, más trabajo tendrá la empresa que desarrollar, y entre más trabajo, más tiempo de espera y costos deberá adquirir.

El gran tiempo de espera para la elaboración del producto será un factor a competir, también como los altos consumos de energía (eléctrica, cómo, por ejemplo) y altos costos de presupuesto para costear la mano de obra.

Debido al surgimiento de nuevas necesidades, y gracias al avance tecnológico surgen nuevas ideas para solucionar dichos problemas, o agilizar procesos.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar y programar los elementos de un robot IRB20 con gripper para sujetar macetas y activar sistema de riego automatizado.

### **1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO:**

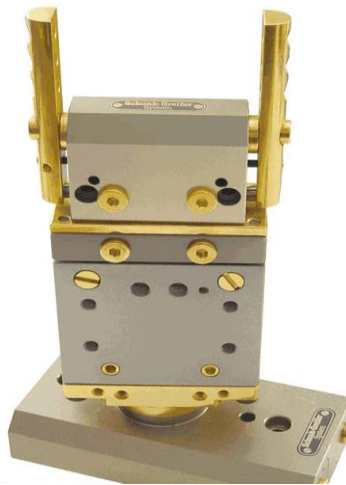
- Investigar robots automatizados y tipos de gripper
- Realizar bocetos a mano alzada del chasis, gripper, tubería y componentes electrónicos.
- Analizar los tipos de materiales en base a sus propiedades impermeables
- Realizar el prototipo 3D del robot y sistema de riego
- Diseñar mediante software CAD los elementos del sistema
- Utilizar las tecnologías en electrónica para diseñar los circuitos
- Ensamblar los componentes electrónicos en chasis del robot y sistema
- Implementar el sistema de control incorporando los sensores y actuadores necesarios
- Programar las funciones del robot, gripper y sistema
- Realizar pruebas de funcionamiento eléctrico
- Instalar las condiciones finales

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

## 2.1 ANTECEDENTES DE UN GRIPPER

A principios de los 80, el director gerente de SCHUNCK GmbH se dio cuenta de que las herramientas de agarre, desarrolladas individualmente para los robots, eran pesadas. Con el fin de que los robots y otros sistemas y otros sistemas de manipulación tuvieran más éxito, se necesitaban grippers compactos, ligeros, precisos y más económicos comparado con las soluciones que había en el momento, "Solo las innovaciones hacen progresar a una empresa", es también aplicada de forma consecuente por el hijo. La empresa SCHUNK va en camino de convertirse en el líder.

En 1983, SCHUNK, introduce en el mercado a nivel mundial, el primer gripper estándar para módulos de sujeción y sistemas de agarre. Lo llamarón "la mano industrial", siendo el punto de partida, para un eficiente desarrollo en los sistemas de agarre, que continua ofreciendo mejores alternativas. (Axioma, 2013)



*Figura 1 PRIMER GRIPPER PARA SUJECCIÓN Y AGARRE*

En el año 2000 la compañía SCHUNK crea el primer gripper patentado con guía multi dentada. PGN-plus-P se convirtió en el gripper más utilizado en el mercado.

Ahora, cuenta con lubricación permanente en la guía multi-dentada. Además, proporciona larga vida útil libre de mantenimiento. (Monkman, 2006)

Al mismo tiempo, el PGN-plus-P se beneficia del exclusivo programa de accesorios SCHUNK para un espectro casi completo de aplicaciones factibles de automatización.



*Figura 2 PRIMER GRIPPER CON GUÍA MULTIDENTADA*

2006 SDH - Mano de 3 dedos adecuada para la industria de la robótica de servicio  
2008 LEG - Simbiosis de construcción ligera, modularidad y Mecatronica  
2010 MPG-plus - mini-gripper paralelo compacta  
2011 EGP - Gripper de accionamiento eléctrico compacto para piezas pequeñas  
2012 Mano de 5 dedos - Casi tan talentosa como un modelo humano  
2013 CGH - El primer gripper ligero estándar con carcasa CFC

Hoy en día SCHUNK ofrece más de 10,000 componentes, desde el programa estándar de módulos de agarre más grande a nivel mundial, así como un programa de módulos para sistemas de sujeción que es único. Además cuenta con unidades de giro, ejes lineales, unidades Pick&Place, sistemas de agarre, hasta los compactos accesorios de robótica. A través de los años, se formaron muchas intersecciones dentro del programa de técnicas de sujeción SCHUNK, así que muchos usuarios se benefician. (Axioma, 2013)

## 2.2 ¿QUÉ ES UN GRIPPER Y PARA QUÉ SIRVE?

Un gripper en castellano significa pinza. Las pinzas de agarre es un accesorio robótico que se utiliza en máquinas automatizadas con el objetivo de aumentar la productividad de un proceso. Por lo general simulan los movimientos de una mano humana y son el punto de unión entre un robot y una pieza. Han sido confeccionados para todo tipo de agarres, ya sea para ensamblaje de piezas, para Pick & Place o paletizado. (Maijneke, 2011)

## 2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE AGARRE PARA UN BRAZO ROBÓTICO

- **Gripper con pinzas de dos dedos:** Este tipo de pinza de sujeción es el más utilizado para la manipulación de piezas. Son pinzas que se adaptan fácilmente a la geometría de los objetos y generalmente suelen ser planas o gripper paralelos, aunque también tienes a tu disposición angular.



*Figura 3 GRIPPER CON PINZAS DE DOS DEDOS.*

- **Gripper de tres dedos:** El sistema que utiliza es muy parecido a la pinza de dos dedos, únicamente se diferencian entre ambos porque la de tres dedos ofrece mayor precisión a la hora de recoger una pieza. Esta garra se utiliza cuando las necesidades del producto lo requieren.



*Figura 4 GRIPPER CON PINZA DE 3 DEDOS*

- **Gripper con pinzas de dedos flexibles o blandos:** Estas soluciones de agarre pueden ser consideradas como novedosas ya que hasta hace pocos años no existían en el mercado.
- Están especialmente indicadas para productos que requieren un elevado grado de sensibilidad en la manipulación. (Kusuda, 2017).



*Figura 5 GRIPPER CON DEDOS FLEXIBLES*

- **Gripper con forma de bola flexible.** Los gripper creados con materiales blandos pueden tener forma de bola para aumentar las capacidades de agarre. Normalmente han sido fabricadas con materiales de látex y en su interior llevan granos. El sistema de agarre de un objeto es sencillo, ya que se crea en su interior una succión por vacío que es capaz de agarrar el objeto deseado.



*Figura 6 GRIPPER DE BOLA*

- **Gripper con pinzas de vacío:** Los grippers de vacío utilizan ventosas como dispositivos de recogida. Hay diferentes tipos de ventosas y los vasos están generalmente hechos de poliuretano o caucho y pueden ser utilizados a temperaturas entre -50 y 200 ° C. La ventosa se puede clasificar en cuatro tipos diferentes: Ventosas universales, ventosas planas con barras, ventosas con fuelle y las ventosas de profundidad. (Bolmsjo, 2006).



*Figura 7 GRIPPER CON PINZAS DE VACÍO.*

- **Gripper con pinzas para paletización:** Por citar un ejemplo, las pinzas para paletizado de sacos se utilizan en células de paletizado y pueden incorporar múltiples sistemas de accionamiento, tanto neumáticos, hidráulicos como eléctricos. Se caracterizan porque al igual que sucede con las garras para robots soldadores, se realizan a medida de cada proceso.

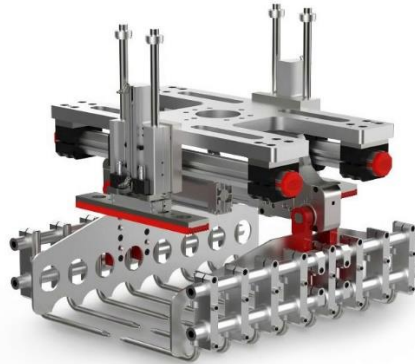


Figura 8 GRIPPER CON PINZAS PARA PALETIZACIÓN

- **Grippers magnéticos:** Hay dos tipos de grippers magnéticos que son de imanes permanentes y de electroimanes. Este tipo de grippers sólo son aptos para recoger objetos ferrosos y son muy fáciles de controlar para funciones de recoger y soltar. Un imán permanente es un objeto que está hecho de un material magnetizado, Los imanes permanentes requieren un mecanismo para liberar el objeto. (Gareth J. Monkman, 2007).

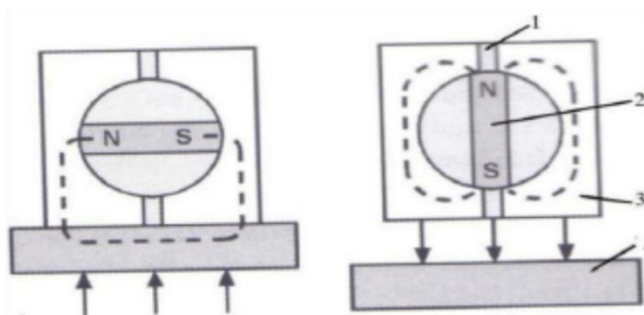


Figura 9 REPRESENTACION DE IMAN PERMANENTE

- **Gripper con pinzas fabricados en 3D:** Los avances producidos en la impresión 3D está revolucionando el sector ya que tú mismo puedes

imprimirlos en pocas horas en tu propia impresora 3D. Estas pinzas destacan por su poco peso permitiendo la mejora de los procesos productivos. Hoy en día puedes comprar un gripper a tu proveedor y poder personalizarlo modificando parámetros en la oficina técnica de tu empresa. Estas pinzas te dejan suprimir los tiempos de espera cuando sufre desperfectos un accesorio.

## **2.4 ¿QUÉ ES UN SISTEMA MÓVIL DE AGARRE?**

Existen una serie de sistemas móviles de agarre que se usan en equipos en batería o autónomos para soluciones industriales avanzadas. Dichas soluciones se pueden emplear en el transporte de materiales en almacenes, puestos de montaje o puestos de verificación en sectores industriales, farmacéutico, la industria química, domótica o en entornos sanitarios. (Ramirez, 2018)

Los sistemas de sujeción actuales para aplicaciones robóticas ofrecen al sector industrial nuevas soluciones mecatrónicas que aumentan la durabilidad de las operaciones y generan menor fricción en la manipulación de piezas. (Ollero, 2001).

### **2.4.1 TIPOS DE ACCIONAMIENTO EN SISTEMAS MOVILES DE AGARRE**

Al igual que la cinemática, los sistemas de accionamiento tienen una gran influencia sobre los valores de velocidad y aceleración alcanzables. Para respetar la definición de eje y que cada movimiento sea independiente del otro, cada eje individual del robot debe tener su propio sistema de accionamiento. (Barrientos, 1997).

La elección de cada tipo de accionamiento depende de la inversión a realizar, condiciones de funcionamiento, características de la carga a manipular y la tarea a realizar. Desde el punto de vista de mantenimiento y economía, los preferibles son los accionamientos neumáticos, siendo por el contrario los más caros los accionamientos eléctricos. Con respecto a la complejidad de la regulación de sus movimientos, los tres se encuentran al mismo nivel de complejidad, ya que los

neumáticos e hidráulicos necesitan servo válvulas proporcionales y los eléctricos un servoamplificador para controlarlos. (Gareth J. Monkman, 2007).

- **Accionamiento neumático:** Este tipo de sistema es el más empleado. Tienen la particularidad porque son muy ligeros y por su reducido tamaño, detalle que puede ser clave a la hora de integrar equipos. El ahorro de energía es considerable respecto a otros equipos y son más rápidos que los eléctricos y conllevan tener que integrar electroválvulas, mangueras y un controlador (PLC).
- **Accionamiento hidráulico:** Esta opción es la más indicada para levantar grandes pesos. La instalación que requiere es más grande pero hay que destacar que es un sistema muy fiable y duradero. Como todo equipo hidráulico necesita tubos para el circuito hidráulico, electroválvulas, un PLC y bombas de presión.
- **Accionamiento servo eléctrico o eléctrico:** La pinza utiliza un controlador adicional que suele ser muy intuitivo a la hora de programar. Este tipo de accionamiento apenas tiene mantenimiento del mismo modo que las pinzas magnéticas para manipulación de piezas.

Los accionamientos finales según Leon14 automatizados se pueden clasificar en dos grupos: las garras o pinzas no antropomórficas y las herramientas especializadas. Los robots industriales actuales emplean especialmente pinzas para mover objetos o realizar trabajos especializados, las garras son utilizadas para el capturar objetos por el área interna o externa, los mecanismos implementados para este tipo de manipuladores son diversos entre ellas las más utilizadas son:

- Mecanismos de manivela y guía de extensión.
- Mecanismos de manivela y guía de retracción.
- Mecanismos de dedos pivotantes mecanismos.
- Mecanismos cuatro barras paralelas.
- Mecanismos de cuatro barras con piñón y cremallera.

(Simanca, 2005, págs. 97-102)

## **2.5 SENSORES DE HUMEDAD**

Un sensor de humedad es un aparato que permite detectar y controlar el porcentaje de agua del aire o de cualquier material o superficie. Su nombre técnico es higrómetro y resulta un elemento indispensable en meteorología. Sin embargo, cada vez es incluido con mayor asiduidad en los sistemas de climatización domésticos y comerciales

Estos dispositivos, generalmente, transforman las magnitudes de humedad detectadas en una señal eléctrica de entre 4 y 20mA. Después, un material semiconductor se encarga de determinarlas con precisión a través de un valor numérico. En función de él, el usuario puede actuar para incrementar o reducir el porcentaje de humedad.

Existen sensores de humedad que detectan la cantidad de flujo de electrones entre 2 puntas detectoras, como es en el caso del sensor

### **2.5.1 TIPOS DE SENSORES DE HUMEDAD**

¿Qué tipos de sensores de humedad podemos encontrar a nivel general en su funcionamiento?

- Sensores mecánicos. Hacen uso de los cambios de dimensiones de algunos materiales en contacto con la humedad, como son las fibras orgánicas.
- Sensores de sales higroscópicas. Obtienen el valor de la humedad en el ambiente gracias a una molécula con gran afinidad con el agua.
- Sensores de conductividad. El agua es conductora de corriente, así que pasa por unos finos filamentos que deducen el valor de la humedad.
- Sensores capacitivos. Determinan la humedad gracias al cambio de capacidad de un condensador.

- Sensores resistivos. Utilizan un principio de conductividad de la tierra. Cuanta más agua se encuentra en la muestra, más alta es la conductividad de la tierra.
- Sensores por infrarrojos. Absorben la radiación contenida en el vapor de agua mediante dos fuentes infrarrojas.

El uso del sensor de humedad es muy práctico junto a los sistemas de ventilación mecánicos de doble flujo. Gracias a ellos, la renovación del aire se automatiza también en función de la humedad en el ambiente. Mediante esta acción, en nuestros hogares podemos disfrutar de aire de calidad sin los efectos adversos del vapor de agua en el ambiente.

## 2.5.2 SENSOR HL69

Mejor conocido como sensor de humedad en tierra, es un sensor que posee dos electrodos, por los cuales se mide la resistencia/flujo de electrones a través de estos dos. Este sensor entra en el catálogo de sensores resistivos, y puede ser usado perfectamente para medir la humedad de la tierra en macetas, viveros, cultivo, etc.

Mencionado lo anterior, este sensor detecta una resistencia alta cuando hay poca humedad o nula, y cuando se sumerge en agua o existe mucha humedad, la resistencia disminuye o simplemente no existe.

Este sensor posee un circuito analógico el cuál a través de un comparador es transformado a una señal digital.

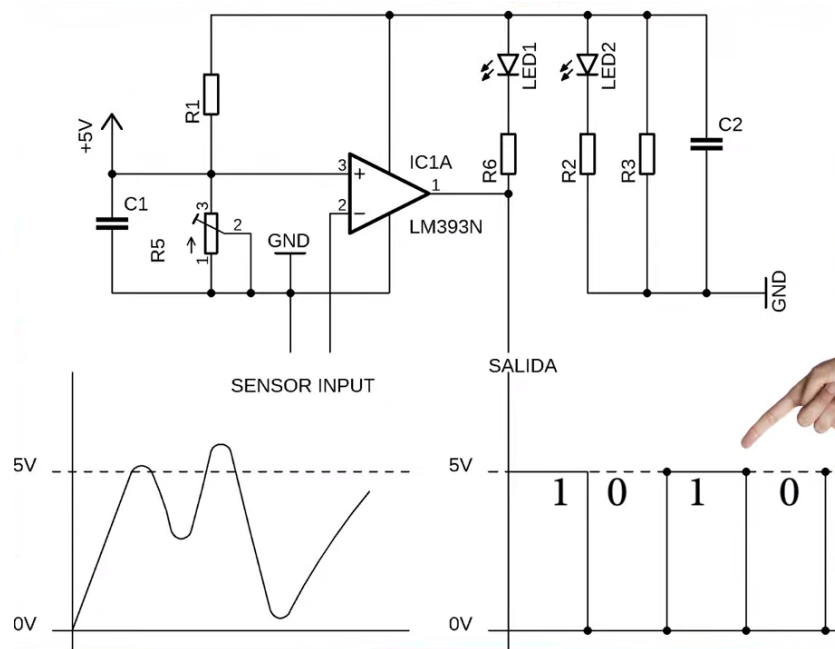


Figura 10 CIRCUITO INTERNO DE UN HL69

### 2.5.3 SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO

Ideal para agricultura, jardinería, cultivos, etc. Este sensor capacitivo, al contrario del anterior, mide el tiempo en que su capacitor se descarga, lo cual variará con el nivel de humedad donde éste se encuentre. (Samir Kouro, 2001)

Este sensor está equipado con un circuito integrado 555 y gracias a su construcción en materiales inoxidables, es resistente a la corrosión y a fertilizantes, lo que, al contrario del sensor HL69, es resistente a corrosiones y a cualquier tipo de fertilizantes.

Al igual que el sensor HL69, es compatible con arduino e incluye 3 pines: positivo, negativo y datos.



*Figura 11 SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO*

## 2.6 SERVOMOTORES

Los diferentes tipos de servomotores ayudan en diferentes sectores industriales como la minería y la construcción. También en el modelaje de vehículos de tierra, mar y aire. Ahora son los pilares sobre los que se sustenta la robótica. (Alamilla, 2019).

### 2.6.1 TIPOS DE SERVOMOTORES:

Hay una clasificación nueva que atiende a las características de rotación ya que, en un principio, solo existían los primeros. Ahora hay dos tipos de servomotores:

- **Servomotores de rango de giro limitado.** Son los más comunes. Permiten una **rotación del eje de 180 grados**. A pesar de no tener una rotación completa puesto que, como su nombre indica, su rango de giro es limitado se pueden adecuar para que funcionen como los siguientes.



*Figura 12 SERVOMOTOR DE RANGO LIMITADO*

- **Servomotores de rotación continua.** Son similares a un motor convencional, pero con las características y beneficios de un servo. Son capaces de girar 360 grados. Dan, por tanto una rotación completa. Es posible controlar, tanto su posición como su velocidad de giro en un momento determinado. (González, 2016)



*Figura 13 SERVOMOTOR DE ROTACION CONTINUA*

## 2.6.2 TIPOS DE SERVOMOTORES: OTRA CLASIFICACIÓN

Hay otra jerarquía que divide los tipos de servomotores en cuatro. Vuelven a dividirse según su uso y pero también por el **sistema mixto de piezas electromecánicas y electrónicas que los componen**.

- **Servomotores de corriente continua.** Los más comunes y asequibles, pero no por ello los más utilizados en todos los campos. Su funcionamiento deriva de utilizar un motor de corriente continua de pequeño tamaño. Este servomotor se controla por modulación por ancho de pulso (PWM).



*Figura 14 SERVOMOTOR DE CORRIENTE CONTINUA*

- **Servomotores de corriente alterna.** La pieza central, el motor, es de CA. Se les puede utilizar con corrientes más potentes y que su utilidad cambie por la de mover grandes fuerzas.



*Figura 15 SERVOMOTOR DE CORRIENTE ALTERNA.*

- **Servomotores brushless o de imanes permanentes.** Brushless, significa «sin escobillas» en inglés, y de ahí que sea otro tipo diferente. Se utilizan para grandes torques o fuerzas y para altas velocidades. Son los más usados en la industria. Están basados en los motores síncronos.



*Figura 16 SERVOMOTOR BRUSHLESS.*

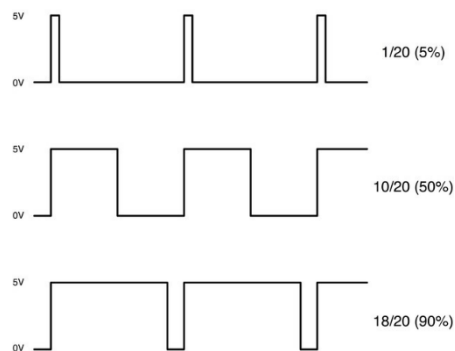
- **Motor Paso a Paso.** Especialmente indicado para el campo de la robótica. El motor eléctrico que lo compone tiene una discrepancia con respecto al resto. No gira, sino que avanza un «paso». De ahí su nombre. Se mueven por número de grados y no haciendo rotaciones completas. Cada determinado número de grados es un paso y se mueven por pulsos de corriente que se le aplican.



*Figura 17 SERVOMOTOR PASO A PASO.*

### 2.6.3 ¿CÓMO FUNCIONAN?

Los servomotores se controlan enviando un pulso eléctrico de ancho variable, o modulación de ancho de pulso (PWM), a través del cable de control. Hay un pulso mínimo, un pulso máximo y una frecuencia de repetición. Por lo general, un servomotor sólo puede girar 90° en cualquier dirección para un movimiento total de 180°. La posición neutra del motor se define como la posición en la que el servo tiene la misma cantidad de rotación potencial tanto en el sentido de las agujas del reloj como en el sentido contrario. El PWM enviado al motor determina la posición del eje, y se basa en la duración del pulso enviado a través del cable de control; el rotor girará a la posición deseada. (Sanz, 2020).



*Figura 18 SEÑALES PWM.*

Cuando se les ordena a los servos que se muevan, estos se moverán a la posición y mantendrán esa posición. Si una fuerza externa empuja contra el servo mientras el servo mantiene una posición, el servo se resistirá a salir de esa posición. La cantidad máxima de fuerza que puede ejercer el servo se denomina par de torsión del servo. Sin embargo, los servos no mantendrán su posición para siempre; el pulso de posición debe repetirse para indicar al servo que se mantenga en posición. (D'Addario, 2017).

## 2.7 BOMBA HIDRAULICA

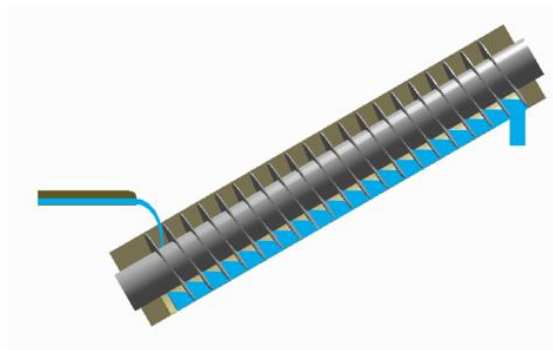
Una bomba hidráulica (bomba de agua o bomba de aceite) es una máquina que transforma la energía mecánica de un motor (generalmente) en energía del fluido incompresible que mueve.

Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura.

En general una bomba hidráulica se utiliza para mover el fluido de una zona de menor presión a otra de mayor presión.

### 2.6.1 HISTORIA

La primera bomba conocida fue descrita por Arquímedes en el siglo III a. C. y se conoce como tornillo de Arquímedes, aunque un sistema parecido había sido utilizado anteriormente por Senaquerib, rey de Asiria en el siglo VII a. C.1.



*Figura 19 TORNILLO DE ARQUIMIDES*

En el siglo XII, Al Jazarí describió e ilustró diferentes tipos de bombas, incluyendo bombas reversibles, bombas de doble acción, bombas de vacío, bombas de agua y bombas de desplazamiento positivo. (Soriano, 2011)



*Figura 20 BOMBA REVERSIBLE*

## 2.6.2 TIPOS DE BOMBAS SEGÚN SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

- **Bombas volumétricas:** en las que su principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo.



Figura 21 BOMBA VOLUMÉTRICA

- **Radiales o centrífugas:** cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.

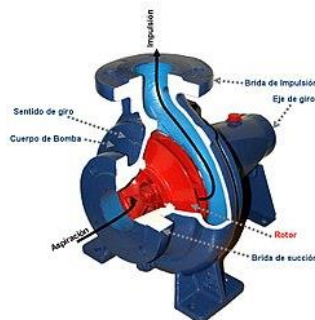


Figura 22 BOMBA RADIAL

## 2.8 CAD

CAD (Computer-Aided Design) o Diseño Asistido por Computadora se refiere al conjunto de herramientas digitales tipo software utilizadas en el proceso de diseño.

El CAD es utilizado actualmente en múltiples áreas de la industria como la industria mecánica, automotriz, naval, aérea, aeroespacial, de medicina, de construcción y arquitectura, tecnología de información, publicidad, moda, interiorismo, etc.

El CAD se divide en:

Programas de Dibujo o Diseño 2D

Programas de Diseño 3D. (PcAcademia, 2021).

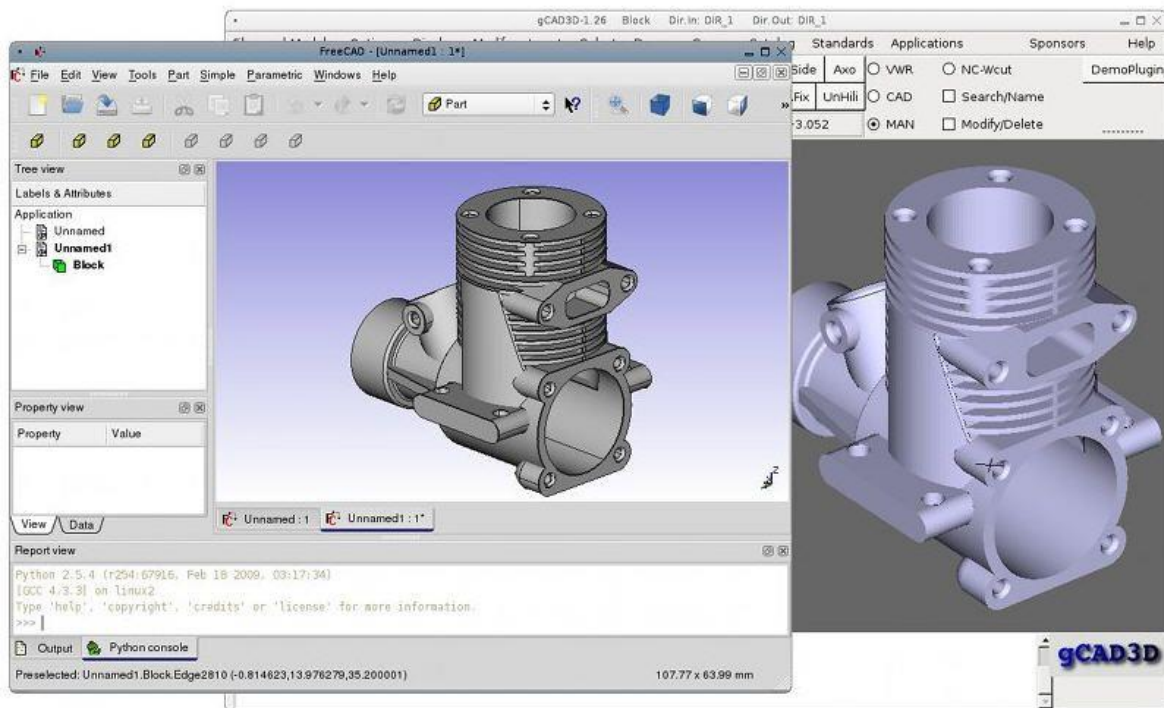


Figura 23 DISEÑO EN CAD

## 2.7 CAM

El mecanizado CAM es un término inglés que define la fabricación asistida por ordenador (computer-aided manufacturing) para controlar, entre otras aplicaciones, máquinas-herramienta CNC en la fabricación de piezas manufacturadas, como puede ser un perfil de tubo o una plancha de metal, y prototipos.

Se trata de software que hace de puente entre la tecnología CAD (responsable de los diseños de planos 2D y 3D de piezas que conocemos) y el lenguaje de programación de las máquinas-herramienta (las líneas de palabras CNC que dan instrucciones cuando forman frases) para fabricar las piezas diseñadas. El CAM utiliza los modelos y ensamblajes creados en el software CAD para generar las trayectorias de las herramientas dirigidas por las máquinas, y así convertir los diseños en planos virtuales en partes físicas. (Leonardo Paneque, 2019).

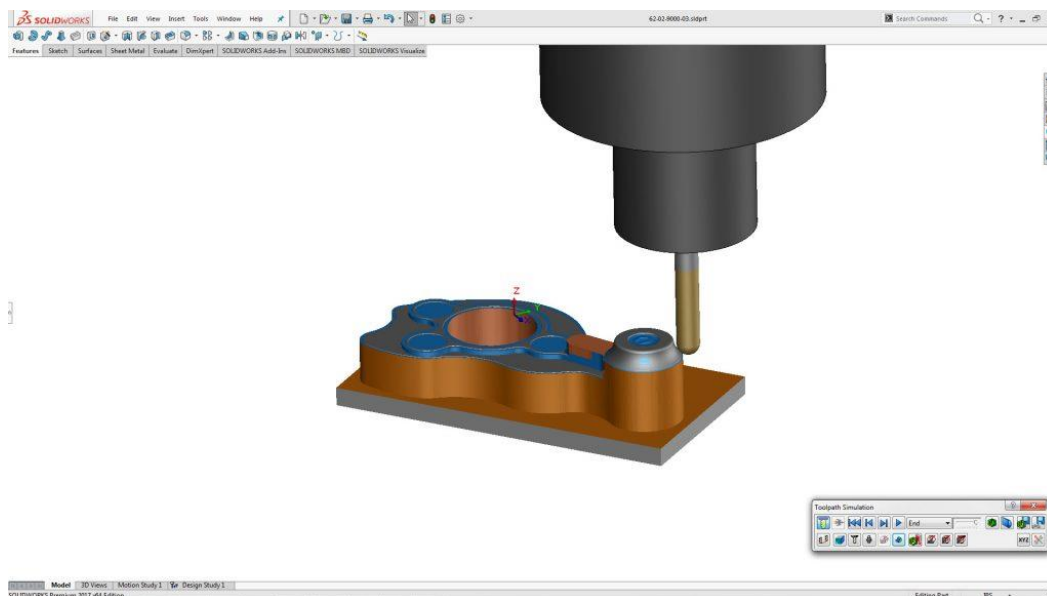


Figura 24 DISEÑO EN CAM.

## 2.8 MECANISMOS

Son elementos de una maquina capaces de transmitir y transformar movimientos y fuerzas desde un elementos motriz o conductor hasta un elemento conducido.

Los movimientos que realizan los mecanismos pueden ser de cuatro tipos:

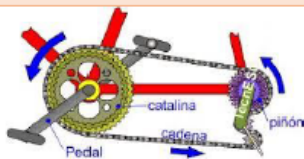
| Movimiento Lineal                                                                   | Movimiento Alternativo                                                                                            | Movimiento De rotación                                                               | Movimiento Oscilante                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Sigue una trayectoria de línea recta. Por ejemplo, una polea que sube un peso       | Sigue una trayectoria de línea, pero de avance y retroceso. Por ejemplo, la hoja de corte de una sierra de calar. | Sigue una trayectoria de circunferencia, Por ejemplo, el pedal de una bicicleta.     | Sigue una trayectoria de arco y de avance y retroceso. Por ejemplo, un péndulo.       |
|  |                                |  |  |

Figura 25 TIPOS DE MECANISMOS.

## **CAPITULO 3: DISEÑO**

### 3.1 MODELADO 3D DE GRIPPER

Para la base de la estructura del gripper se usará una lámina impresa en donde irán sujetadas las piezas que conforman la totalidad del mismo eligiendo este material por su gran resistencia y bajo peso, con él se espera obtener facilidad de movimiento así como poder manipular objetos con peso moderado sin que se deforme o rompa el mismo.

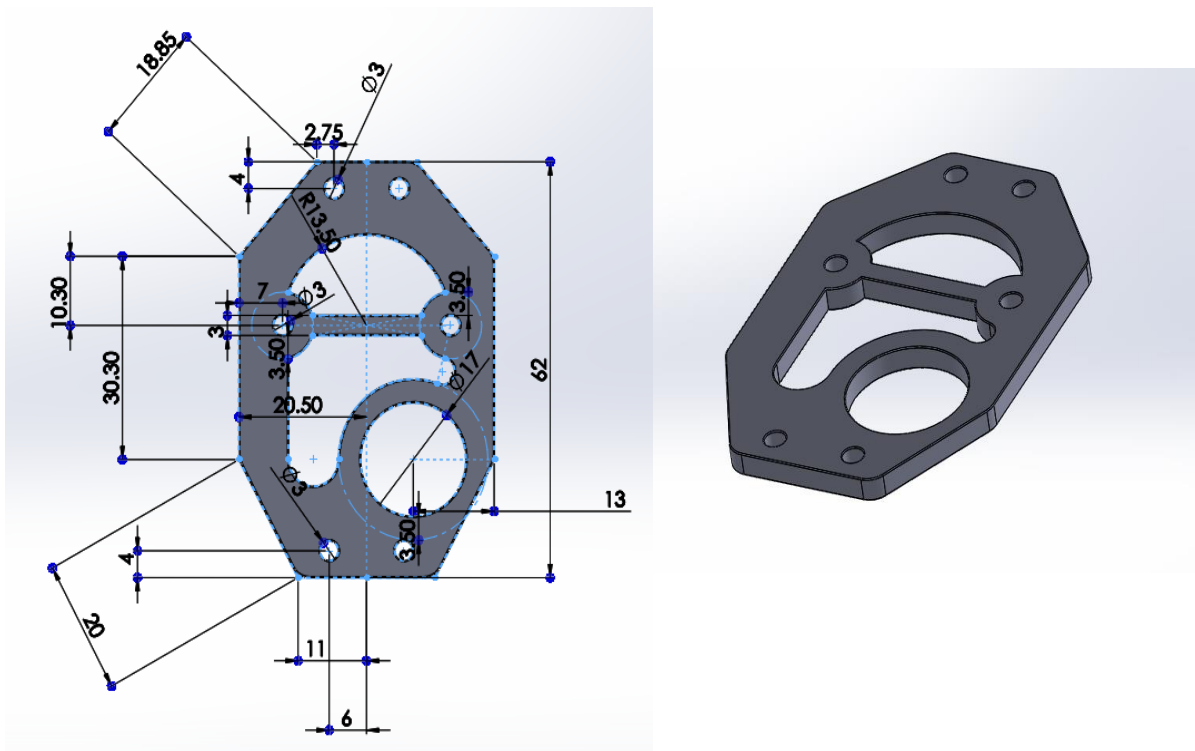


Figura 26 BASE SOPORTE.

En el orificio circular grande se coloca el engrane conductor el cual está sujeto a un servomotor, para mover los siguientes 2 engranes (pinzas) y lograr el movimiento que hace cerrar las pinzas con fuerza.

En la figura 33 se muestra el elemento que se encargará de unir las dos articulaciones de las pinzas y los engranes al chasis del gripper por medio de tornillos, y el que definirá parte del comportamiento del gripper ya que este debe contar con un tamaño y dureza para poder soportar el peso y movimiento del robot así como los objetos que cargara al ponerlo en funcionamiento. Así mismo este elemento permite que las pinzas no se abran más de lo debido y haya algún problema de agarre.

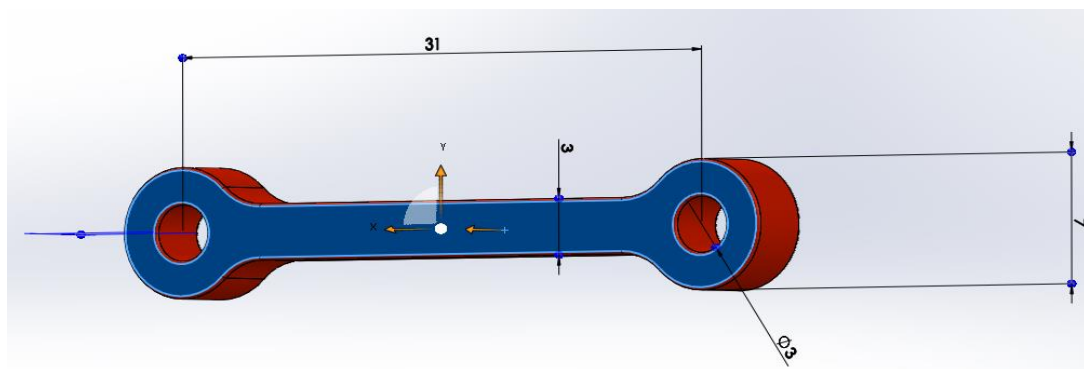


Figura 27 UNIÓN DE PINZAS

Para este elemento, se usarán un tipo de clavos que permitan el movimiento libre, pero que al mismo tiempo mantengan las articulaciones unidas con firmeza, ya que un tornillo con rosca hacen que sea más firme, pero no permiten el movimiento adecuado.

Engrane conducido con orificios 1, el cual se encargará de recibir el movimiento del engrane principal y de transmitir el movimiento al engrane 2, estirando la pinza derecha o retrayéndola. Este engrane es directamente sujetado al chasis del gripper para obtener mayor precisión a la hora de sujetar un objeto.

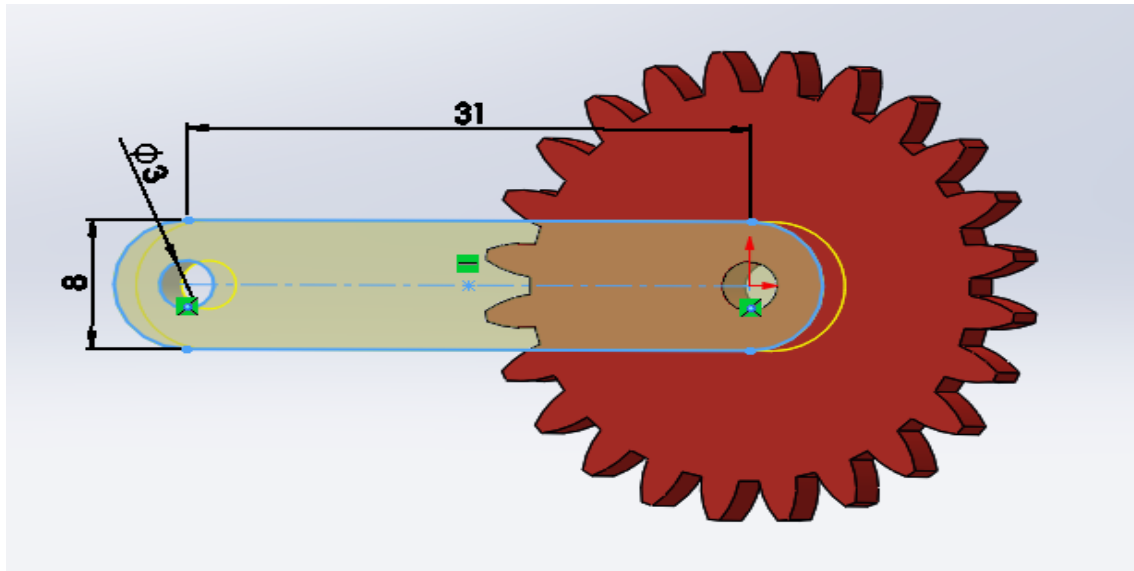


Figura 28 ENGRANE 1

Engrane conducido 2, el cual se encarga de recibir el movimiento del engrane 1, estirando la pinza izquierda o retrayéndola. Sujetado directamente al chasis del gripper comportándose como un soporte al igual que estar transmitiendo movimiento al objeto que se desee mover o sujetar.

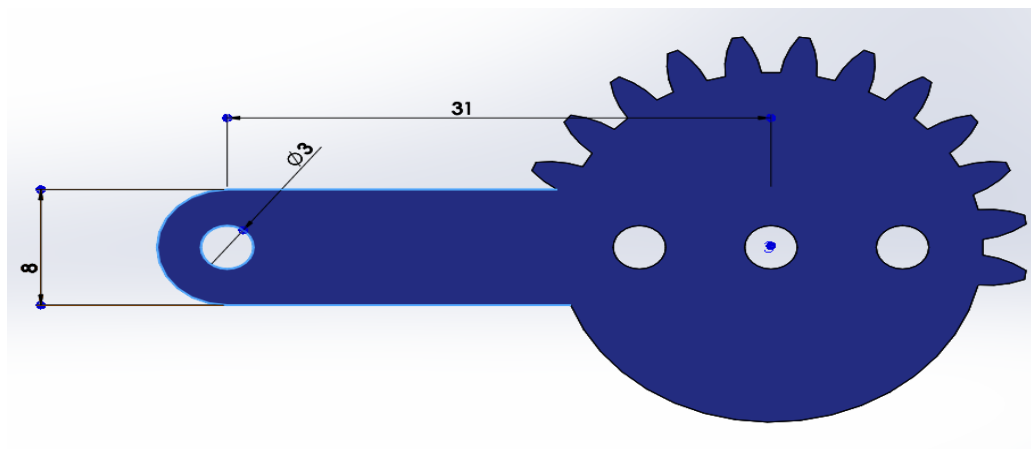


Figura 29 ENGRANE 2

Ménsula que sujeta toda la estructura del gripper hacia el robot siendo de gran utilidad para la estabilidad y soporte de los mecanismos.

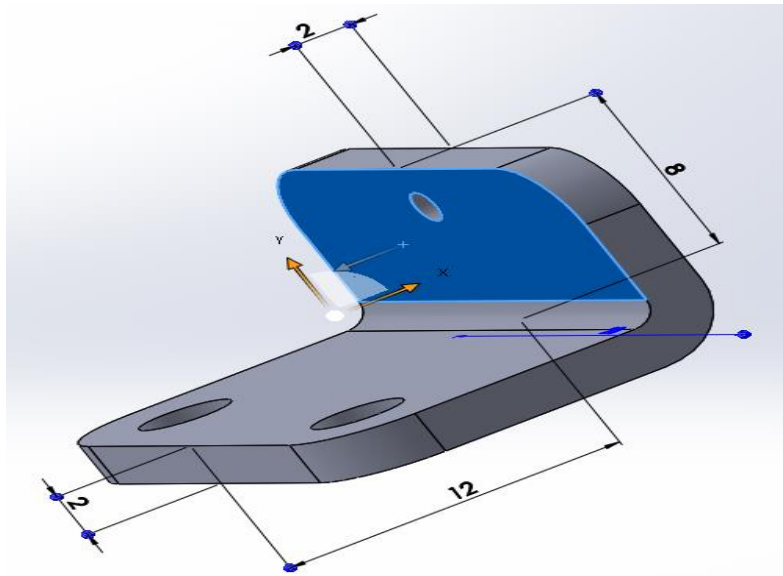


Figura 30 MÉNSULA.

Engrane conductor, el cual transmite el movimiento a los otros engranes desde un servo motor que está programado mediante Arduino y alimentado desde la estructura del robot para una mayor precisión y transmisión de movimiento entre engranes y elementos antes mencionados.

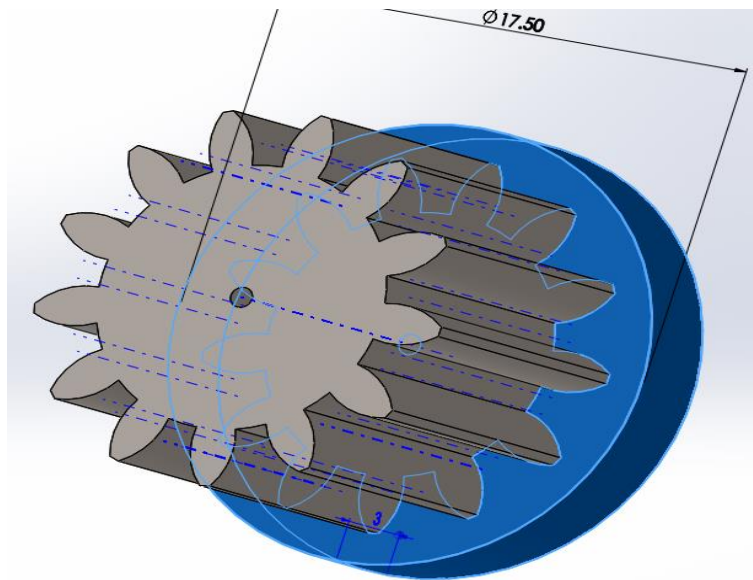


Figura 31 ENGRANE CONDUCTOR

Pinza sujetadora: Este elemento juega el papel más importante en el robot ya que sus terminaciones tienen un diseño redondeado adaptado al tipo de uso que se le pretende dar, sujetar macetas, los cuales se pueden intercambiar por otros más amplios o más reducidos para obtener un mejor resultado a la hora de sujetar algún objeto .

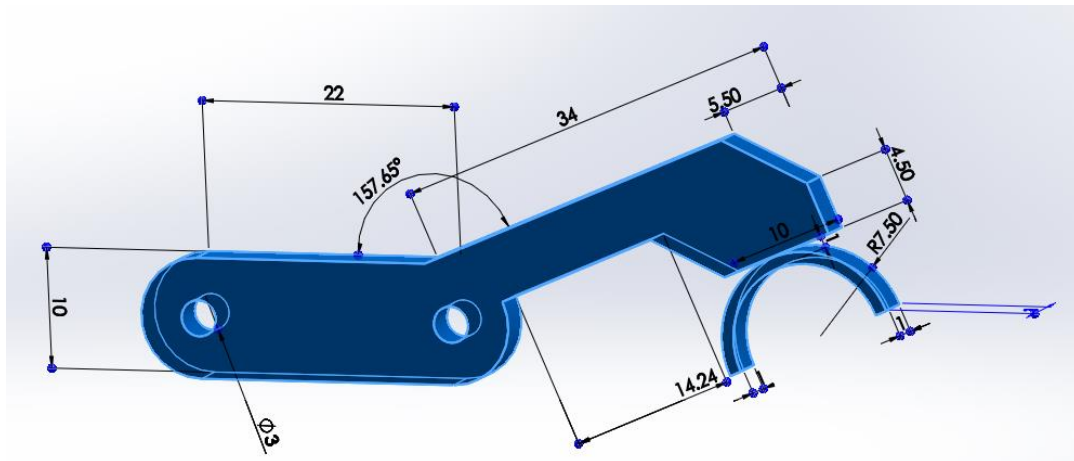


Figura 32 PINZA SUJETADORA.

Una vez realizada la serie de elementos que se mencionan anteriormente se procedió a realizar el ensamblaje siendo apoyado por el software SolidWorks, siendo este el que mejor resultado brindo ya que es de suma importancia saber cuál será el diseño del proyecto tomando en cuenta las dimensiones así como la manera de acoplar todas la piezas y estas realicen la función que se desea como se muestra en las figuras 39 y 40 del modelado en 3D.

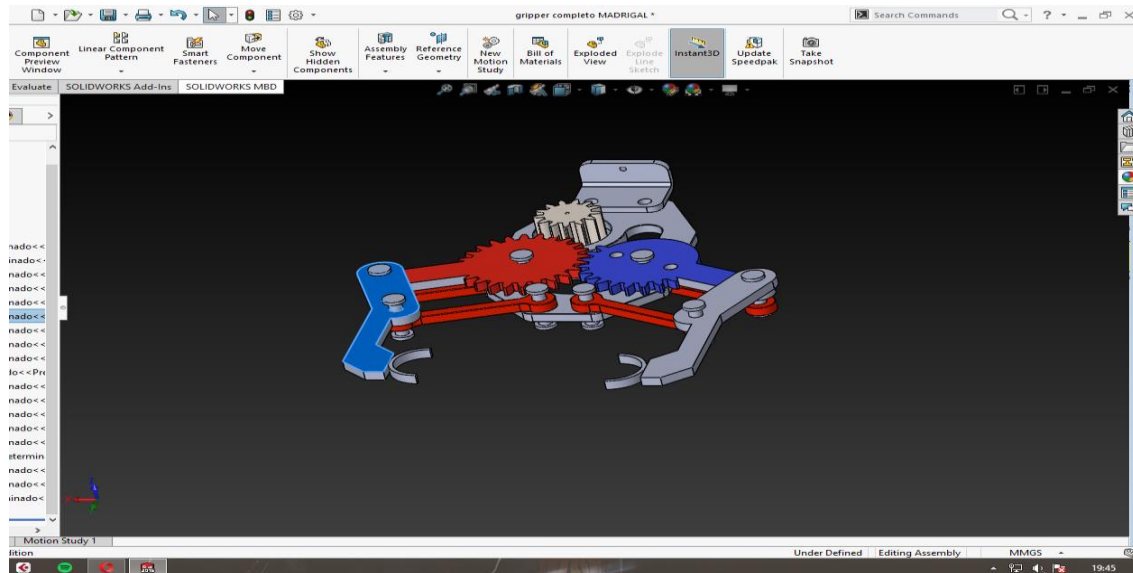


Figura 33 MODELADO 3D DE GRIPPER ENSAMBLADO (RETRAÍDO).

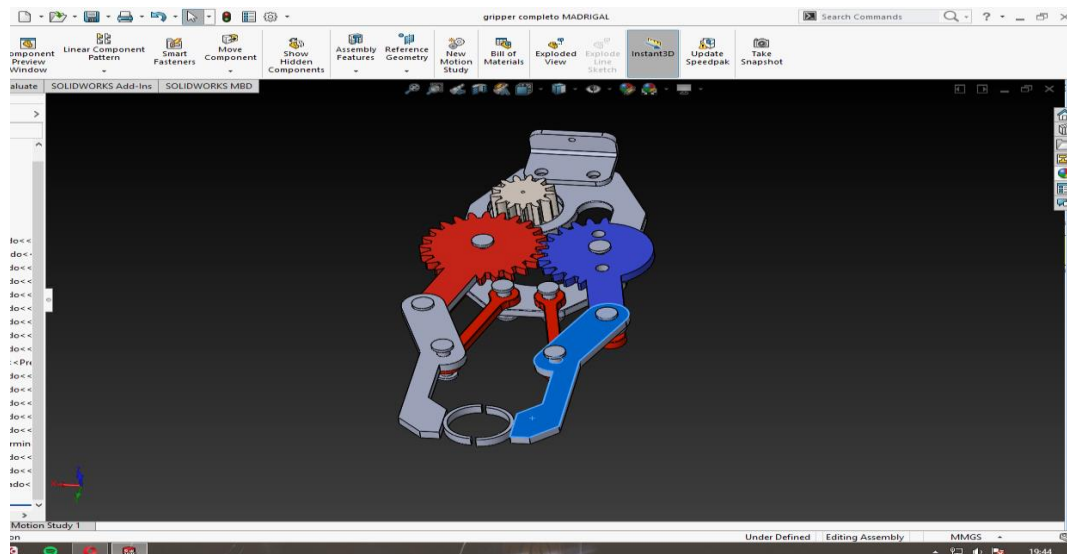


Figura 34 MODELADO 3D DE GRIPPER ENSAMBLADO (ESTIRADO).

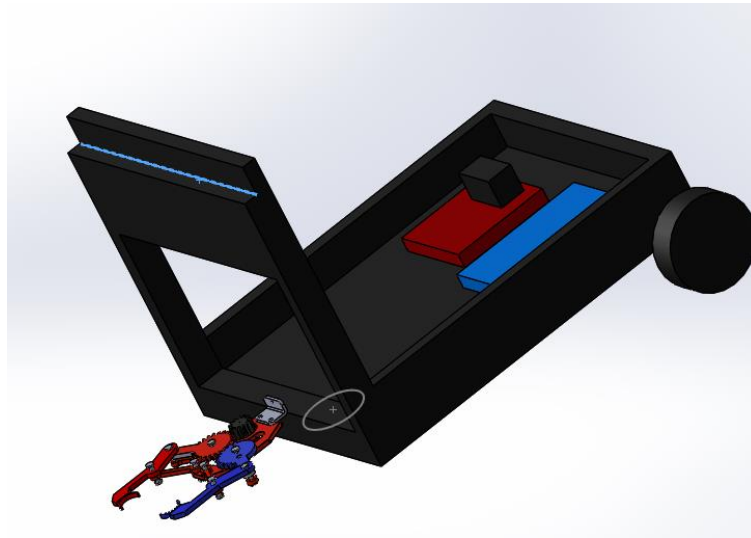


Figura 35 GRIPPER SUJETO A CHASIS

El movimiento en el eje de la “Y” en el gripper depende de la plataforma a la que está sujeto el mismo, este chasis permite que el robot entero se desplace a cualquier lugar mediante sus ruedas, tome el objeto, lo levante y lo lleve al lugar deseado. Con ayuda de la programación, esta tarea se automatizará y se realizará con precisión y en tiempos reducidos.

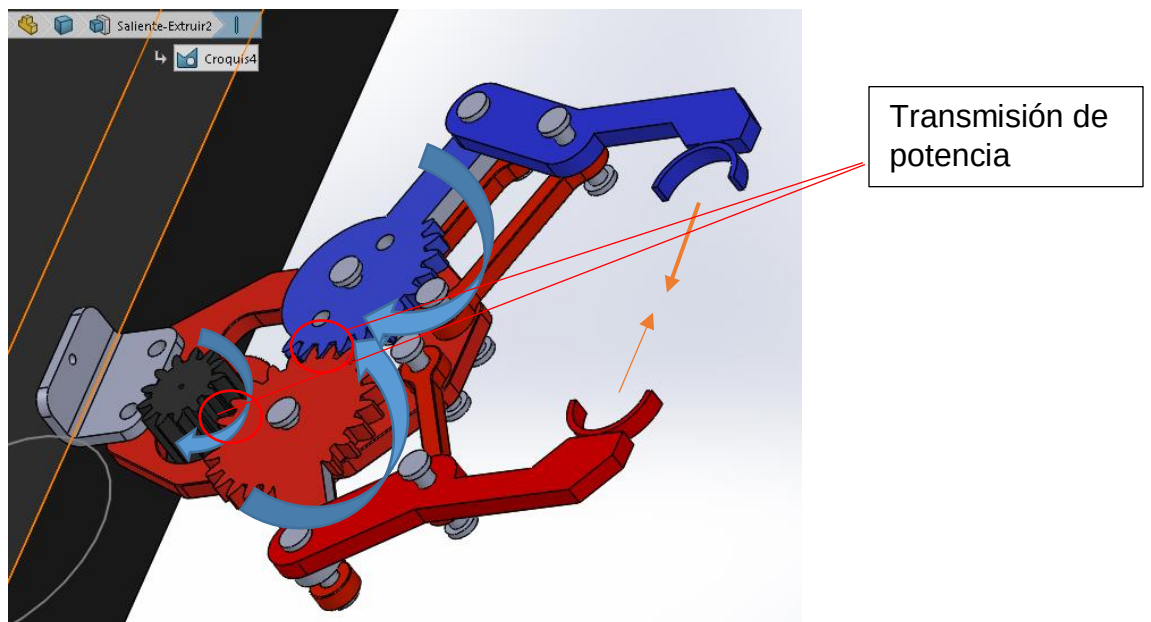


Figura 36 EL GRIPPER Y SU MOVIMIENTO.

### 3.2 ANÁLISIS DE ESFUERZOS (PRUEBA A 4 MATERIALES).

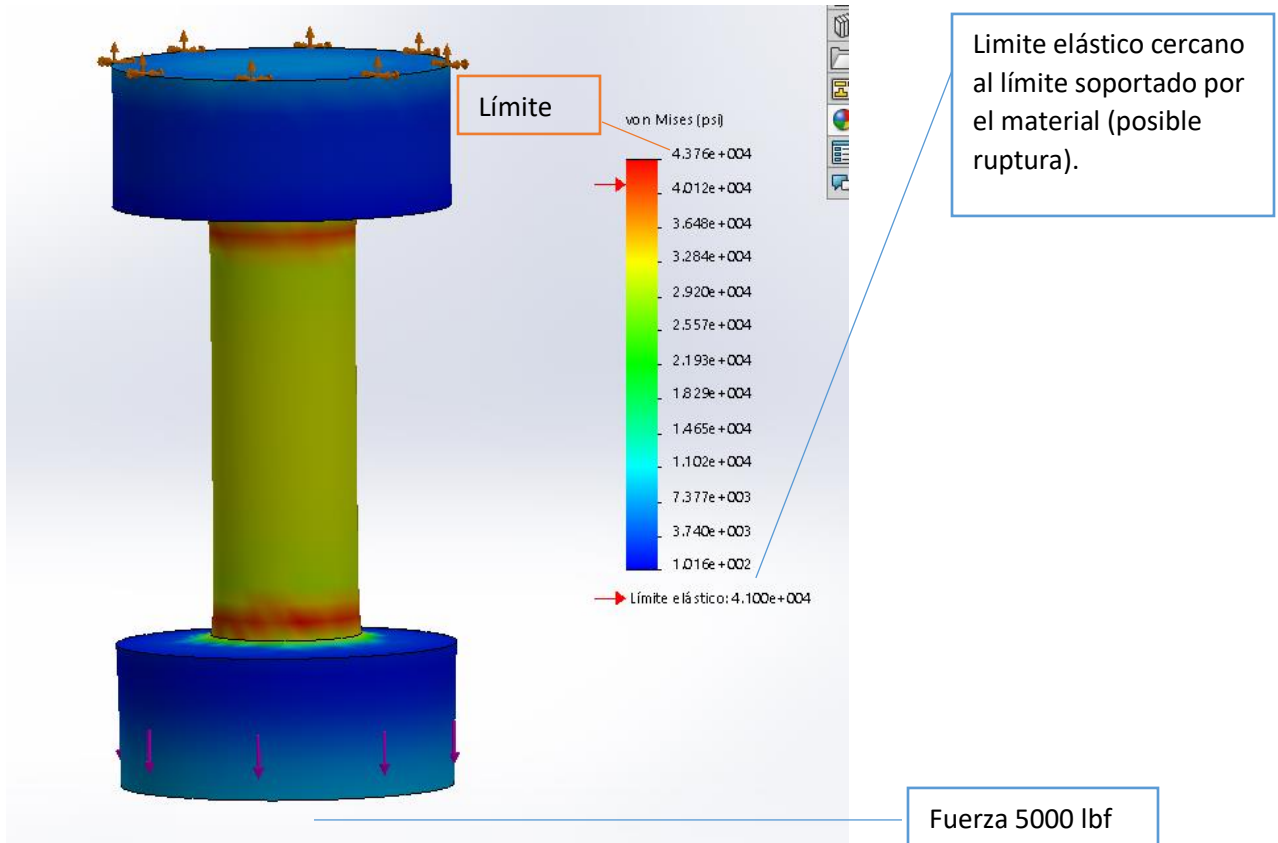


Figura 37 ANÁLISIS DE UNA PROBETA DE ACERO.

Usar acero conlleva aumentar el peso, y al mismo tiempo la dureza, lo cual se convierte en una opción no factible para este caso. Además de que es más costoso y difícil de manufacturar.

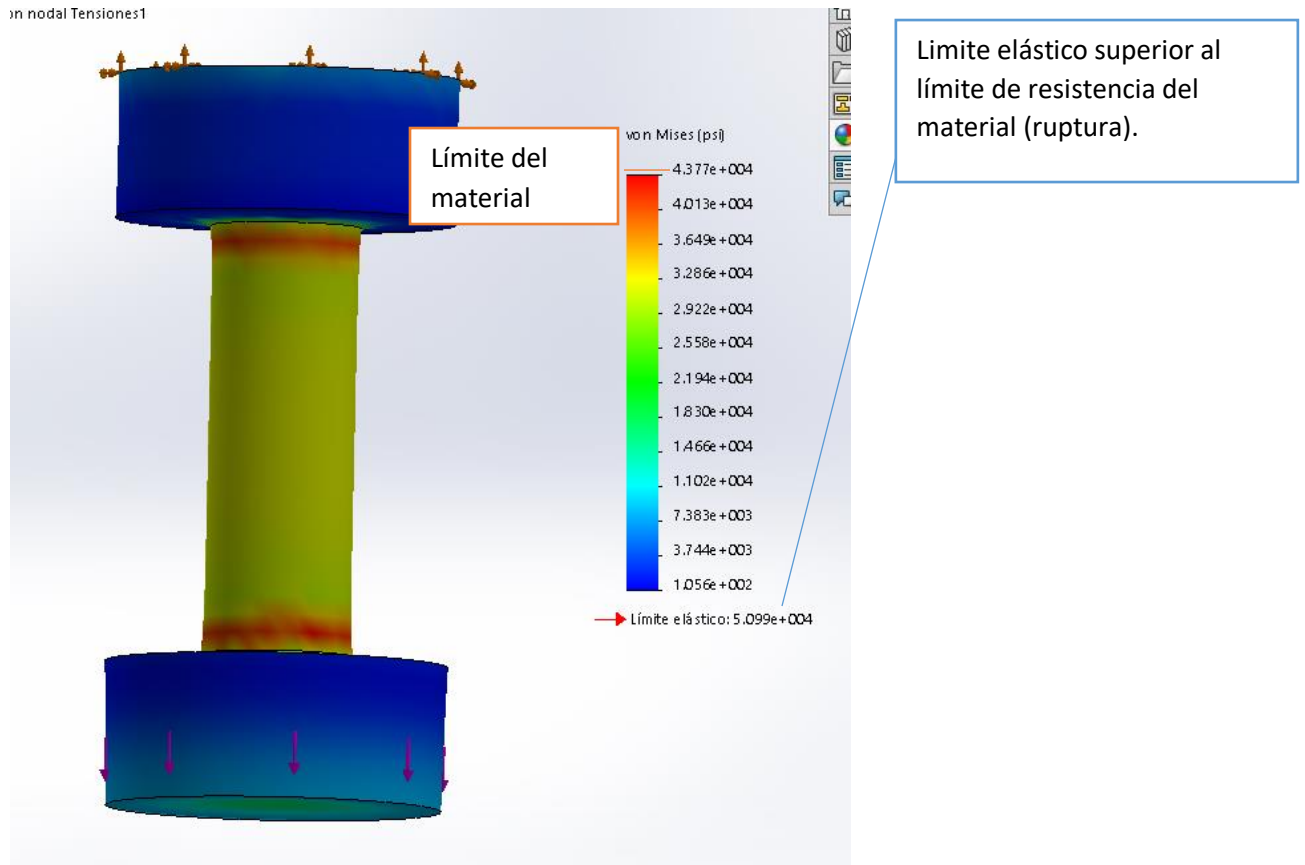


Figura 38 ANÁLISIS DE UNA PROBETA DE ACERO 1020.

La aleación de acero (1020) no es apta para someter a un esfuerzo de 5000lbf, su resistencia es menor a la aleación anterior, por lo cual se descarta, además que el peso sigue siendo el mismo, no contiene ningún beneficio para lo que se requiere.

Se requiere hacer la prueba con diferentes materiales de menor peso y mayor flexibilidad.

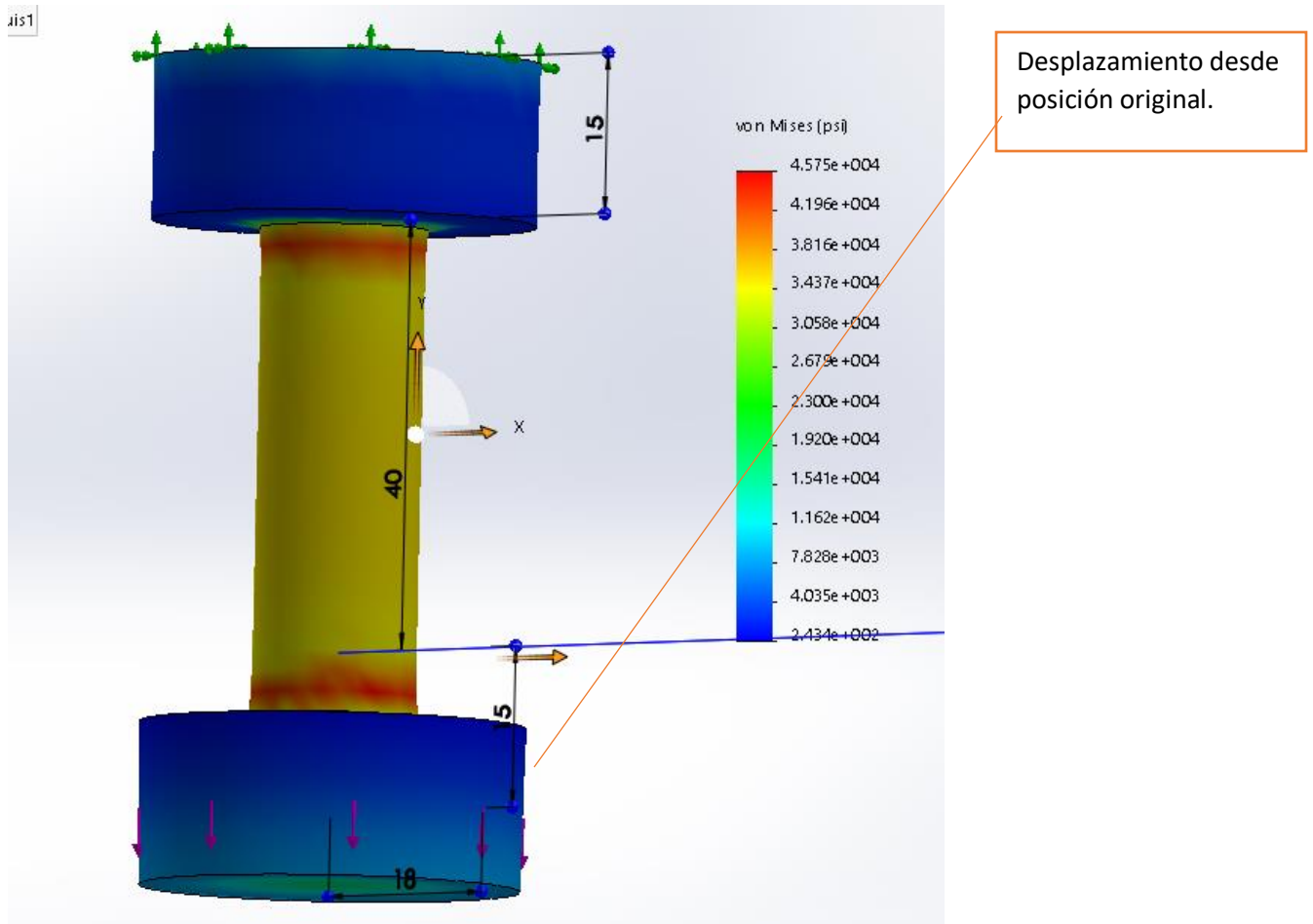


Figura 39 ANÁLISIS DE ESFUERZOS CON ABS.

Se puede observar un ligero desplazamiento/estiramiento lo cual confirma que este material tiene propiedades de flexibilidad a comparación con los anteriores materiales, y tomando en cuenta que es un material impermeable, barato y fácil de manufacturar, se considerará como una opción.

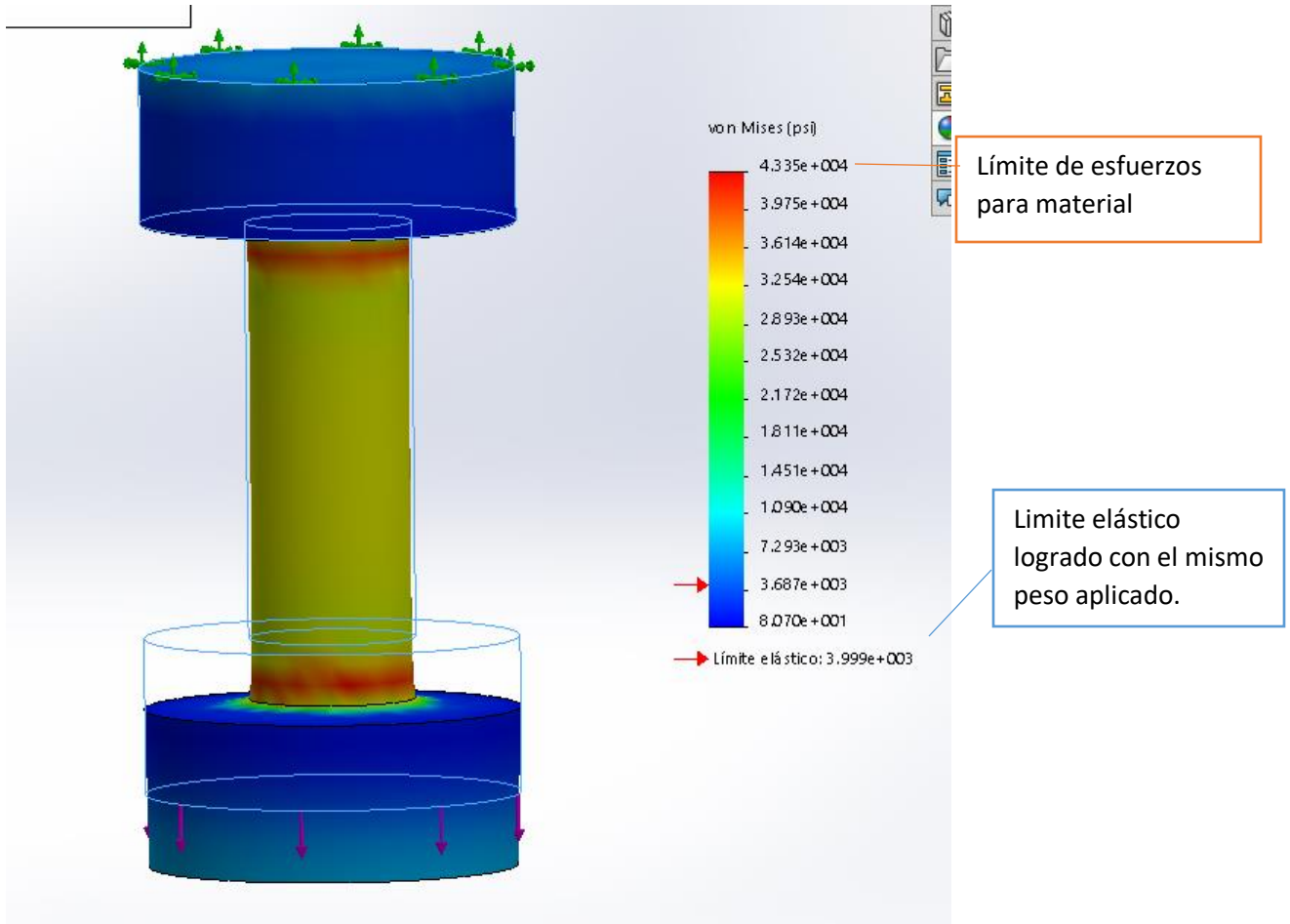


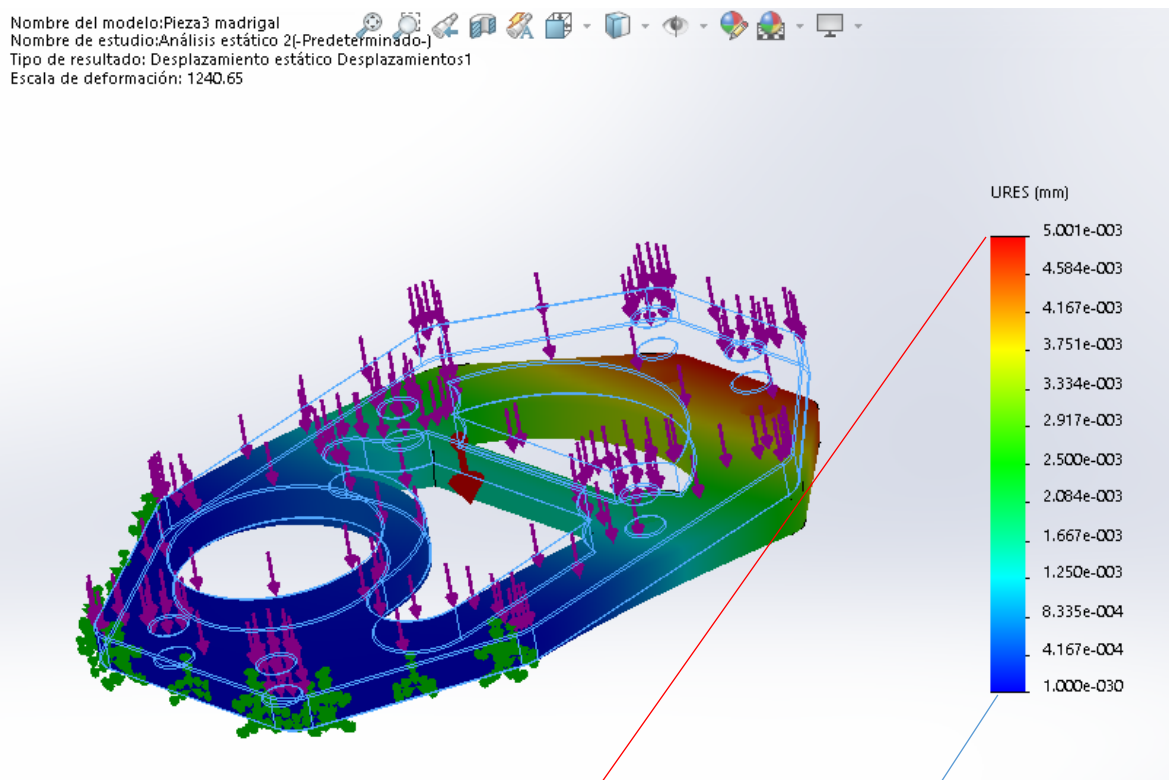
Figura 40 ANÁLISIS DE ESFUERZOS CON ALUMINIO.

El aluminio es un material resistente y blando, lo cual apunta a que es una buena opción para manufacturar, eso sin contar que es un material que se oxida con facilidad y es muy blando a comparación de los materiales anteriormente probados.

### 3.2.1 ANÁLISIS DE FUERZAS EN 2 TIPOS DE MATERIALES (BASE DE GRIPPER).

**Aluminio:** Material regularmente resistente, flexibilidad regular, ligero, barato.  
Buena opción para utilizar.

- Bajo costo
- Ligero
- Muy flexible
- Se oxida



Deformación máxima con respecto al eje de sujeción (mm)  
Con  $1 \text{ N/m}^2$ . Mayor deformación a comparación del Acero, debido a su mayor flexibilidad

Deformación mínima.

Figura 41 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO CON ALUMINIO

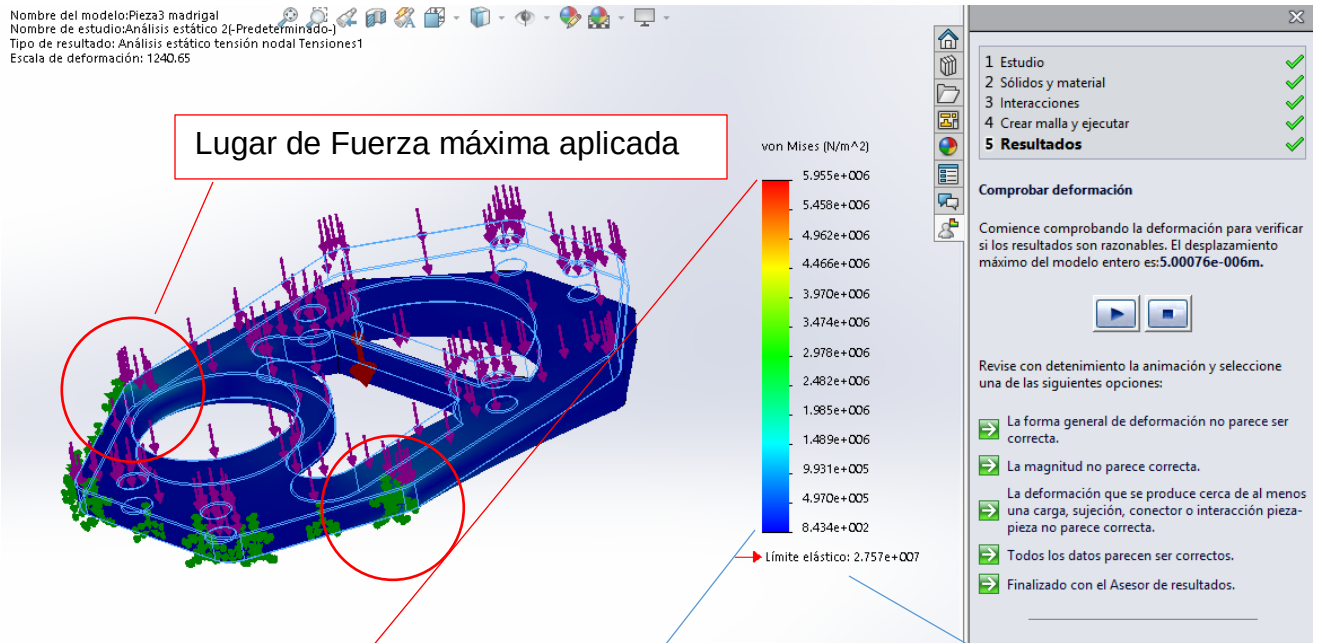


Figura 42 ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN Y FUERZAS APLICADAS

Fuerza máxima aplicada en N/m<sup>2</sup>

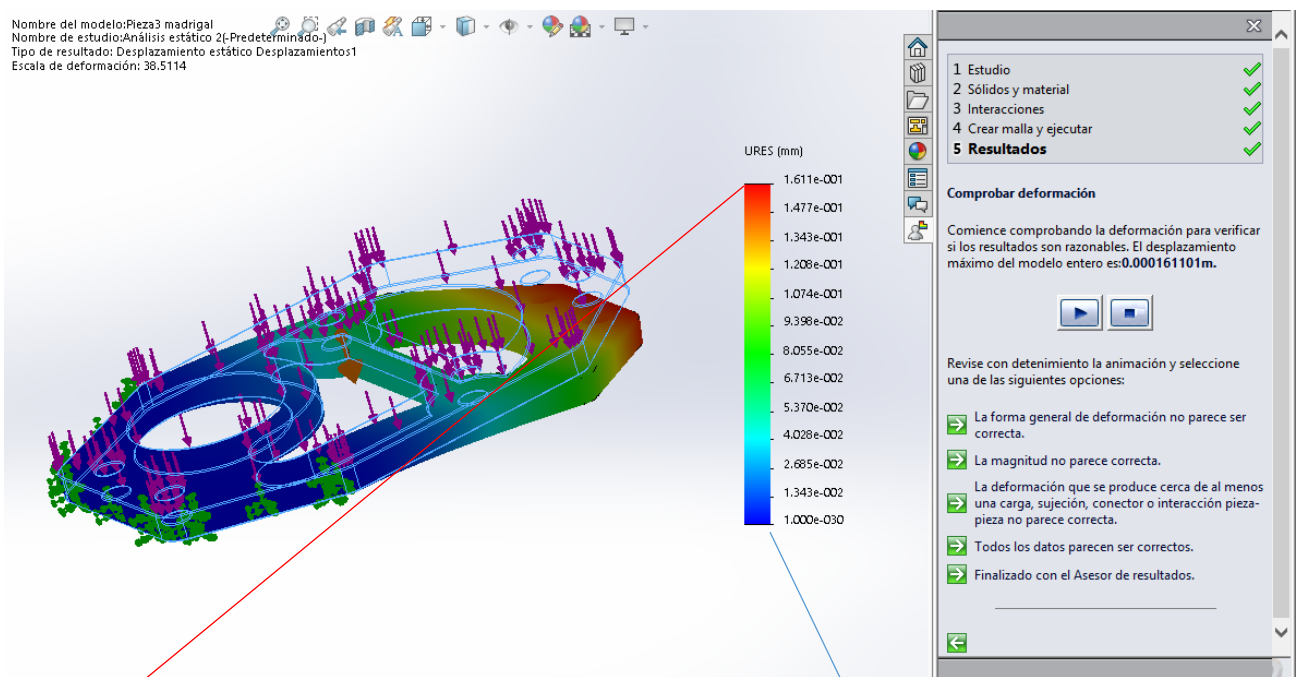
Fuerza mínima en N/m<sup>2</sup>

Límite elástico

Aquí se puede observar que el límite elástico está por debajo de los límites soportados por la pieza en cuestión, lo cual es señal de resistencia, pero sigue habiendo cierta deformación en algunos puntos específicos.

**ABS/PLA (filamento para impresora 3D):** Plástico resistente, flexible y de fácil manufactura.

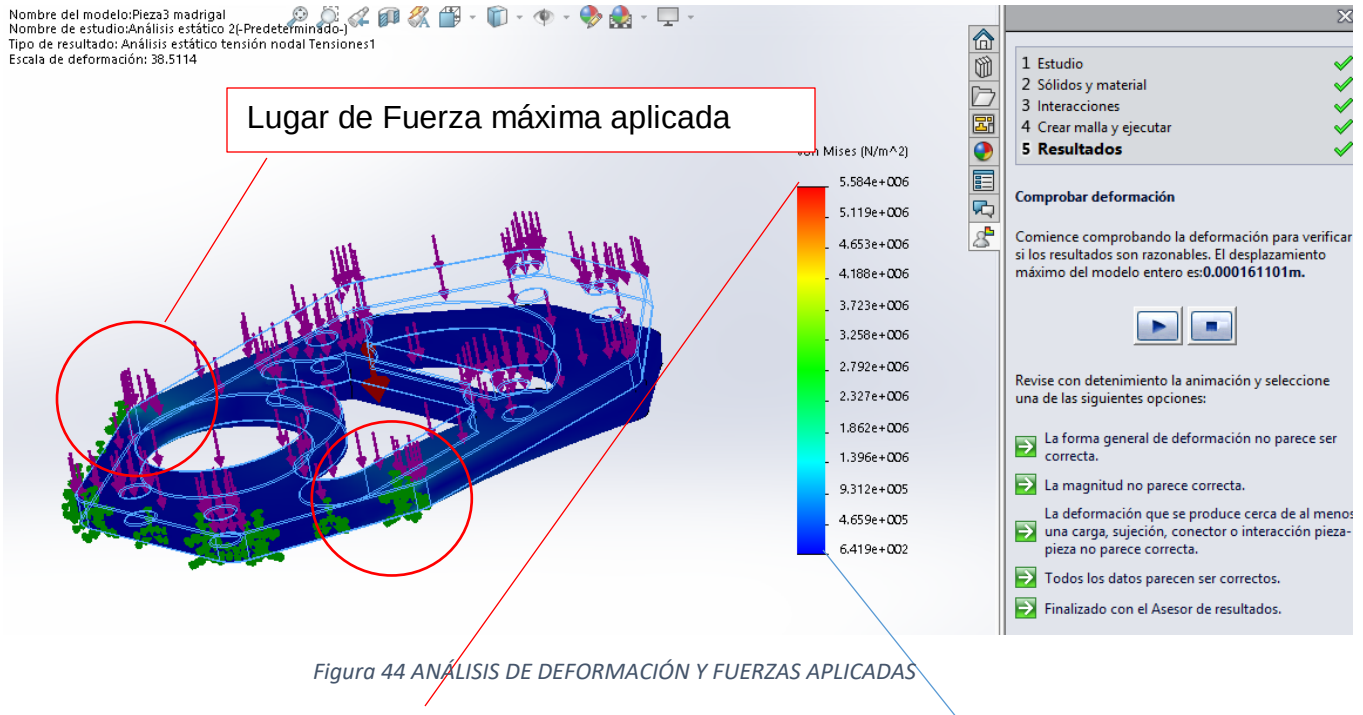
- Fabricación precisa y sencilla
- Bajo costo
- Tiempo de manufactura bajo
- Menos flexible que aluminio
- No se oxida
- Fácil corrección de errores



Deformación máxima con respecto al eje de sujeción (mm)  
 Con 1 N/m<sup>2</sup>. Poca deformación.

Deformación mínima.

Figura 43 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO CON ABS/PLA



Fuerza máxima aplicada en N/m<sup>2</sup>

Fuerza mínima en N/m<sup>2</sup>

### 3.3 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA GRIPPER

Cada material tiene distintas propiedades, las cuales se tienen que analizar para seleccionar el material adecuado, tomando en cuenta las condiciones de humedad en las que se tiene que trabajar, el peso del chasis y la resistencia que debe tener el gripper.

Por un lado se tiene el acero, que como se muestra en la figura 42 tiene una baja deformación cuando se aplica el peso, debido a su dureza, pero se trata de un material pesado que desbalancea la estructura y dificultará el movimiento en motores.

Por otro lado se tiene el aluminio, un material que encaja con los requerimientos en cuanto a flexibilidad y costo se refiere, pero tomando en cuenta que el ambiente de trabajo es un lugar húmedo y que posiblemente las macetas a maniobrar estén mojadas, será inevitable su oxidación.

Y finalmente se tiene el ABS/PLA, que son materiales plásticos usados para impresoras 3D; que es ligero, de bajo costo, y no se oxida, además de que será fácil realizar correcciones y ajustes. Y como se muestra en el análisis de desplazamiento estático, tiene una baja deformación (figura 48). Es por eso que el material correcto en este caso será ABS/PLA.

### **3.4 DISEÑO PARA SISTEMA DE RIEGO**

Para esta sección, se diseña un sistema completo el cual complementará el robot con gripper y le dará una aplicación más útil. Este sistema consta de una serie de sensores capacitivos, los cuales se mencionaron anteriormente, y se seleccionaron de acuerdo a las necesidades y el ambiente húmedo en el cual va a interactuar, además de sus propiedades como lecturas exactas sin importar el uso de fertilizantes, y su larga vida útil. También puede ser agregada una bomba a este sistema, la cual podría enviar agua desde un tanque que almacena agua de lluvia para hacerlo más ecológico.

Este sistema de riego consta de 5 partes principales:

- Sensores
- Válvulas solenoides
- Tubería
- Control

### 3.4.1 SENSORES

Se va a utilizar un sensor por maceta en caso de que las mismas se encuentren separadas por una distancia considerable como para que la humedad varíe entre ellas. En caso de que las macetas estén juntas, que la tierra sea un cultivo completo de gran área o que cada maceta contenga una planta distinta con requerimientos distintos, se usará un sensor para cada cual.

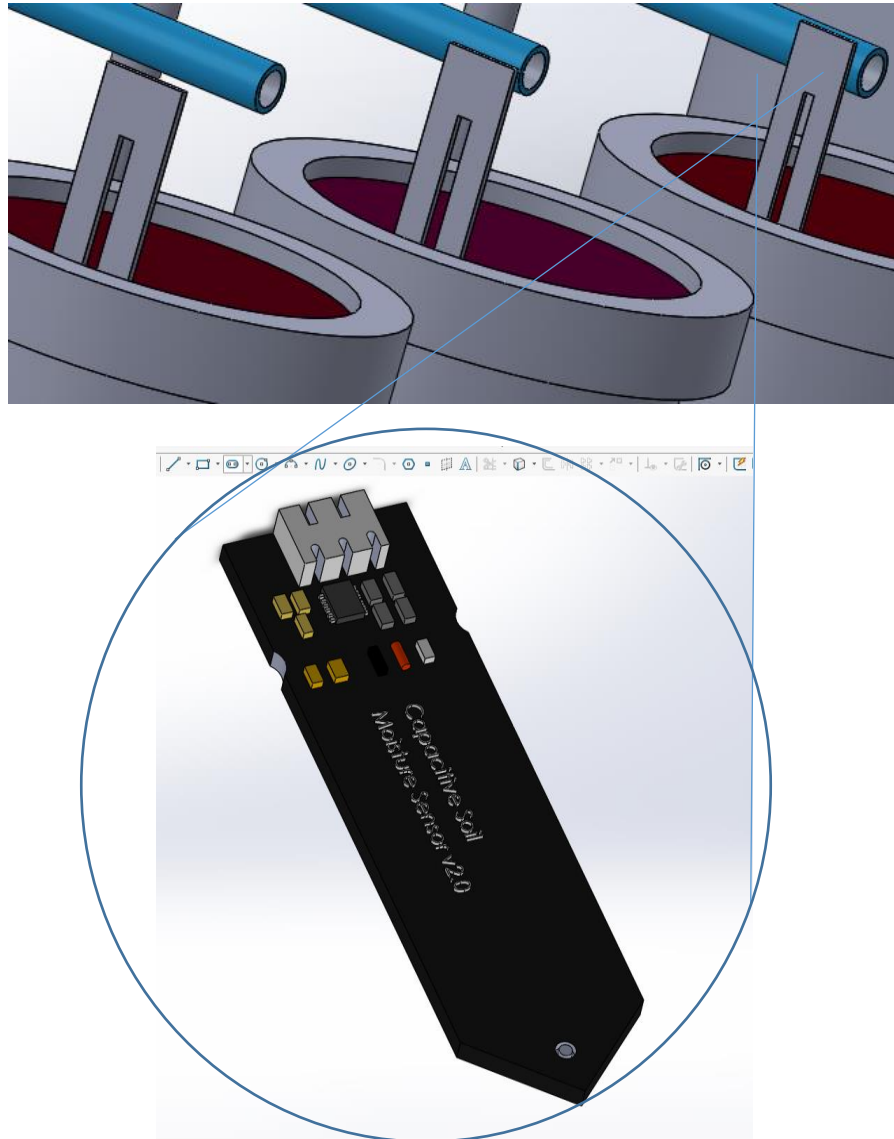
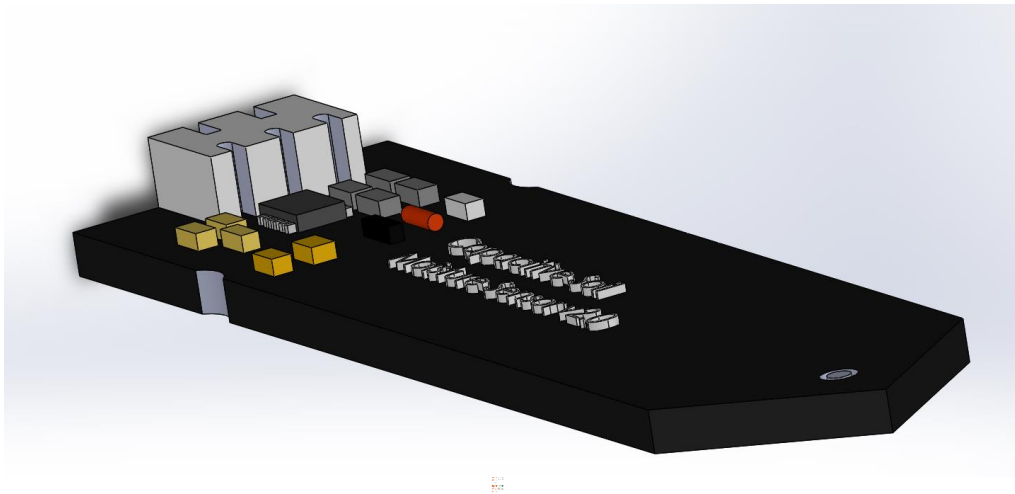


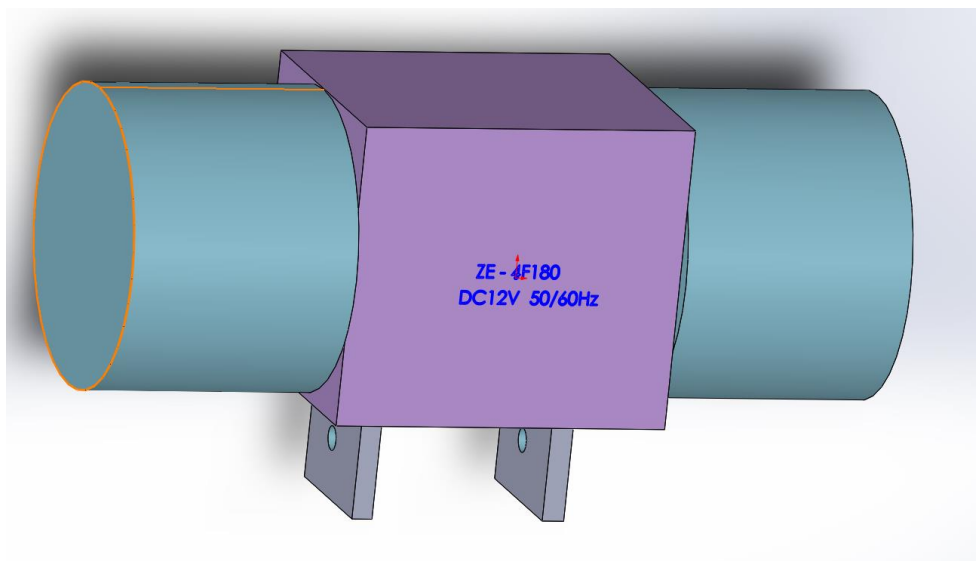
Figura 45 DISEÑO COLOCAMIENTO DE SENSOR EN MACETA



*Figura 46 SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO A DETALLE*

El cableado del sensor capacitivo estará recubierto con material impermeable, además de que la carcasa que contendrá la electrónica estará completamente sellada con empaques.

### 3.4.2 VALVULAS SOLENOIDES



*Figura 47 ELECTROVÁLVULA SOLENOIDE*

Válvula hecha para funcionar con 12v, compatible con arduino y normalmente cerrada, ya que cuando se aplica voltaje, la misma abre paso al flujo.

### 3.4.3 TUBERÍA

Este circuito de tuberías estará diseñada con pvc, será subterráneo y tendrá un diámetro de 20mm de espesor. Este sistema estará compuesto por 6 regadores para 6 diferentes macetas que están separadas, serán regadores fijos sin importar el cambio de macetas que realiza el robot, el cual las irá retirando y colocando nuevas siempre en las mismas posiciones.

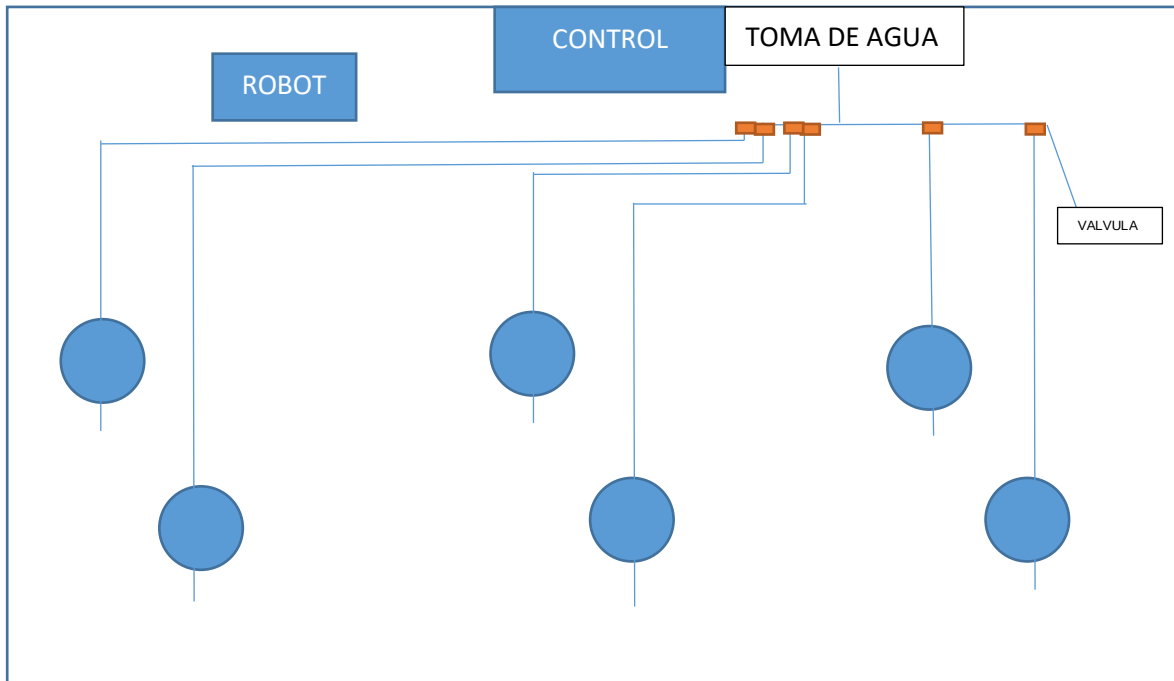


Figura 48 ESQUEMA DE SISTEMA DE RIEGO

El espesor de 20 milímetros de la tubería permite tener una presión de 25 psi y un flujo aproximado de 21 litros por minuto, lo cual es suficiente para regar 6 macetas simultáneamente.



Figura 49 POSICIÓN DE MACETAS Y SUS TUBERIAS

## **CAPITULO 4: DESARROLLO**

## 4.1 PROGRAMACIÓN DE ROBOT

```
#include <Servo.h>
Servo servomarco;
int IN1=2;
int IN2=3;
```

```
int IN3=7;
int IN4=8;
```

```
void setup() {
```

```
servomarco.attach(6);
```

```
pinMode(IN1,OUTPUT);
pinMode(IN2,OUTPUT);
```

```
pinMode(IN3,OUTPUT);
pinMode(IN4,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
servomarco.write(10);
delay(500);
```

```
digitalWrite(IN1,LOW);
digitalWrite(IN2,LOW);
```

```
digitalWrite(IN3,LOW);
digitalWrite(IN4,HIGH);
```

```
delay(1000);
```

### INICIO DE MOVIMIENTOS

```
servomarco.write(180);
delay(1000);
```

```
digitalWrite(IN3,HIGH);
digitalWrite(IN4,LOW);
delay(4000);
```

### TRASLACION CON PLATAFORMA ELEVADA Y PINZA CERRADA

```
servomarco.write(180);
digitalWrite(IN3,HIGH);
digitalWrite(IN4,LOW);
digitalWrite(IN1,LOW);
digitalWrite(IN2,HIGH);
delay(1000);
```

```
//bajada
```

```
digitalWrite(IN1,LOW);
digitalWrite(IN2,LOW);
digitalWrite(IN3,LOW);
digitalWrite(IN4,HIGH);
servomarco.write(180);
delay(1000);
```

```
}
```

Figura 50 PROGRAMACIÓN PARA ROBOT CON GRIPPER

Este programa permite que desde su posición en frente de la maceta cierre su gripper, se mueva mientras mantiene el gripper cerrado a una ubicación especificada y abra su gripper soltando la maceta, repitiéndose en bucle. La programación puede ser modificada según los requerimientos (distancias, cantidad de macetas con su respectiva ubicación, así mismo se pueden colocar sensores de proximidad, como los robots mini sumo para acercarse a la maceta requerida).

## 4.2 ELECTRÓNICA DEL ROBOT

Para darle vida a la programación se van a utilizar varios componentes electrónicos, sencillos pero que son suficientes para darle movimientos exactos a nuestro robot.

Componentes:

- Puente H
- Motorreductores
- Arduino
- Batería de 5v
- Pila LiPo de 12v
- Pila Lipo de 6v
- Servomotor

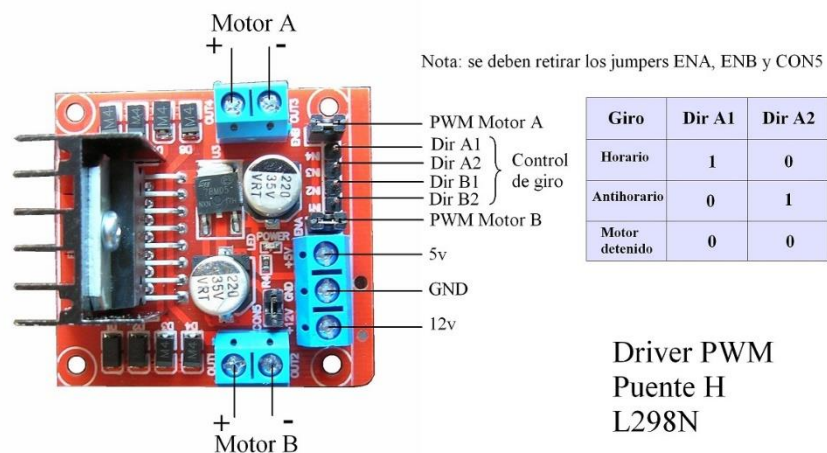


Figura 51 ESQUEMA DE CONEXIONES PARA PUENTE H L298

Este circuito puente H estará alimentado mediante una pila lipo de 12v, lo cual servirá para dar una buena velocidad a los motores, que igualmente funcionan a 12v. Los motores A y B serán motores motorreductores tipo pololu, usados normalmente para robots mini sumo, suficientes para empujar hasta 4 kilos.

Los pines A1 A2 y B1 B2 irán directamente conectados hacia cualquier pin del arduino, los cuales pueden ser desde la entrada 0 hasta la 13, en la programación se escriben los pines usados.

Como se mostró en la programación del robot, los pines utilizados serán en este caso 2, 3, 7 y 8.

En este caso los pines 3 y 4 irán conectados hacia un motor DC con una cremallera, que hará que el gripper suba o baje.



*Figura 52 CREMALLERA*

Y como se explicó anteriormente, el gripper contará con un sistema de engranajes el cual será activado mediante un servomotor, el cual se cerrará una vez la plataforma esté abajo, después esta se elevará, el robot se moverá a la posición especificada, bajará la plataforma y abrirá sus pinzas.

## 4.3 PROGRAMACION DE SISTEMA DE RIEGO

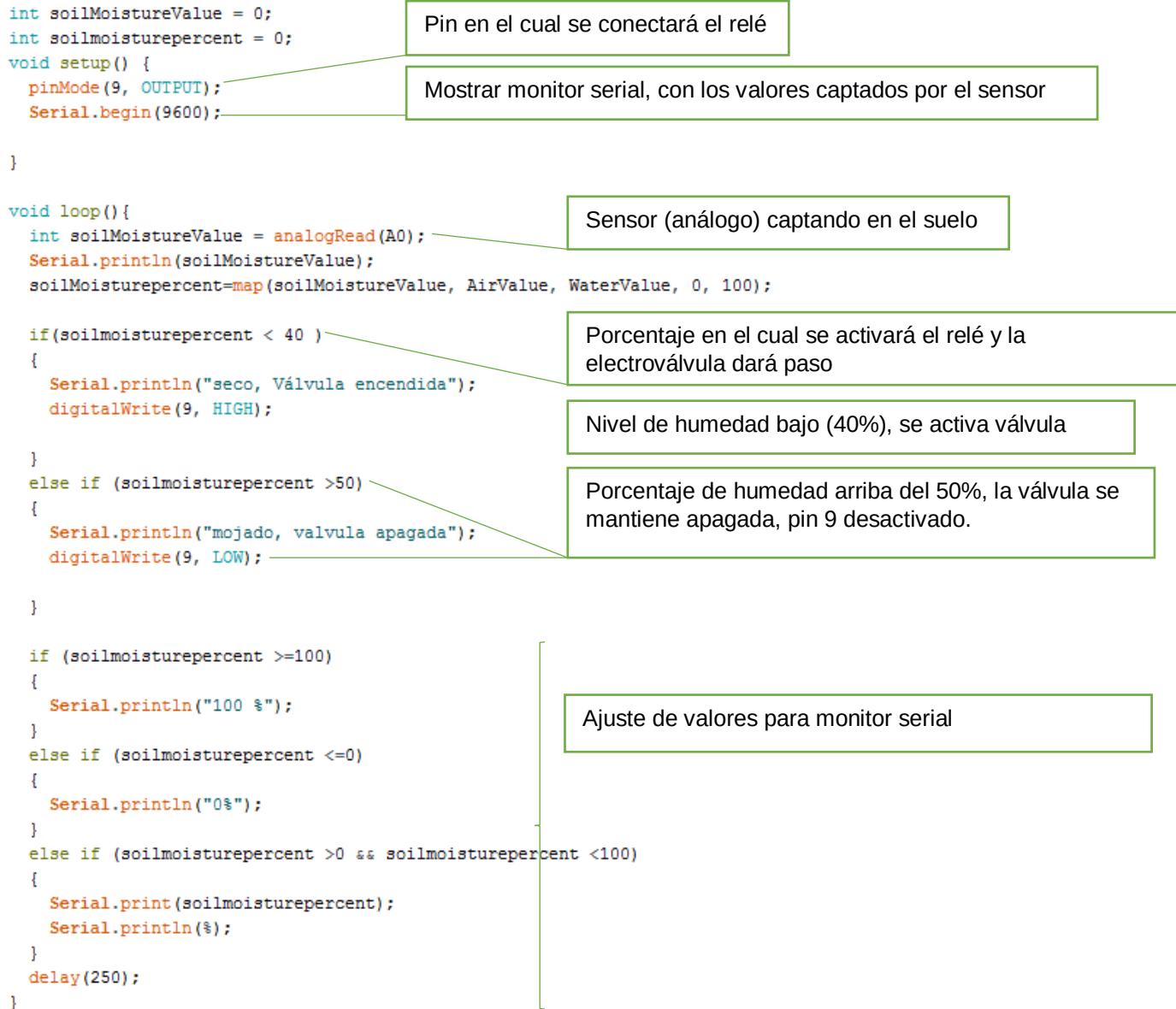


Figura 53 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

## 4.4 CONEXIONES Y ELECTRÓNICA DE SISTEMA DE RIEGO

Para este circuito se usarán los siguientes componentes:

- Relé
- Arduino
- Sensor de humedad capacitivo
- Pila lipo de 12v

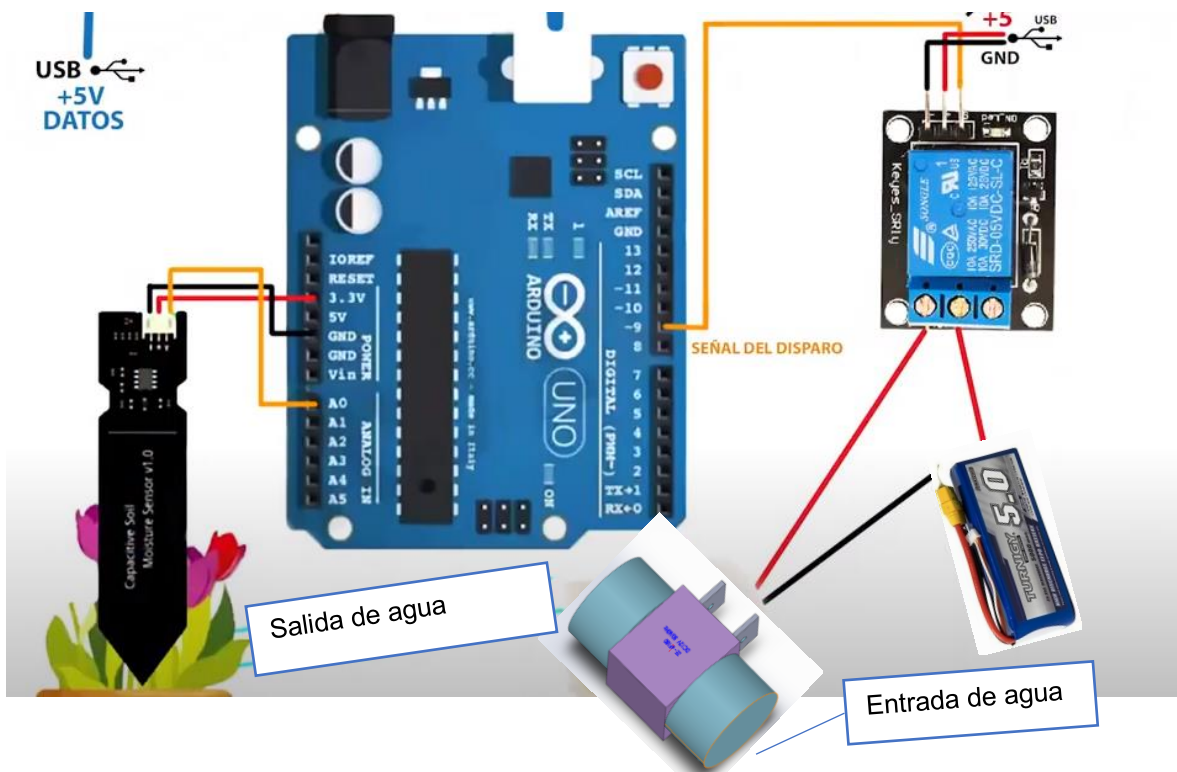


Figura 54 ELECTRÓNICA DE SISTEMA DE RIEGO

Como se puede observar en el esquema anterior, y en conjunto con el programa mostrado en arduino, el sensor de humedad detectará el porcentaje de humedad detectado en la maceta, al detectar un nivel de humedad por debajo del 40% arduino mandará un voltaje de 5v hacia el relé lo cual hará que este se active y cierre el circuito de 12v, probando que la pila LiPo envíe 12v hacia la electroválvula activándola y dando paso al flujo de agua que irá a través de la tubería hasta llegar a las macetas requeridas.

## **5 RESULTADOS FINALES**

A lo largo del desarrollo del proyecto se realizó un robot con gripper adaptado con elementos que brindaran mayor eficacia con bajo costo y más rápida manipulación de objetos al ser veloz y preciso, contando con características que en la mayor parte de los robots de este estilo no se maneja, entre las cuales destacan:

- Robot con rodamientos de alta velocidad.
- Habilidad de mover objetos con mayor rapidez.
- Reprogramable para ajustar el gripper y poderse usar en diferentes tamaños de productos.
- Factibilidad de adquisición (bajo costo de acuerdo a las características).

Así mismo se buscó adaptar un sistema compatible con dicho robot, el cual moverá macetas, pero al mismo tiempo habrá un sistema que permita programar un riego a dichas macetas dependiendo su humedad sin necesidad de la intervención humana, lo cual es indispensable para cultivos, invernaderos, macetas del hogar, ya un precio accesible.

Mediante la creación de bocetos se permitió crear una serie de diseños los cuales mediante mejoras daría resultado al diseño más acertado, aplicando una herramienta de tipo CAD 3D para la creación de los planos de tipo 2D y ensamblajes 3D.

Mediante el rumbo que se fijó en el proyecto se lograron obtener una serie de características únicas en el modelo.

Debido a las características del proyecto es necesario que los materiales contengan un grupo de características las cuales destacan el precio el cual debe ser económico en la mayor medida posible, resistencia a la deformación enfocado a lo que será la estructura del gripper y en el caso del sensor de humedad, sus lecturas no serán afectadas por el uso de fertilizantes.

## CONCLUSIÓN

La funcionalidad del robot y el sistema de riego podría seguir creciendo dada a la facilidad de movimientos, fácil programación e incorporación de electrónica. Por ejemplo, ya se había pensado introducir un elevador para no solo tomar y transportar elementos si no también poder elevar y/o bajar el objeto y de esta manera darle un mejor uso al robot, y se implementó. Dentro de las mejoras que se podrían realizar están las siguientes:

- Añadir un control mejor y más estable, de manera que se pueda acelerar la velocidad así como aumentar la fuerza del gripper para levantar objetos pesados.
- Implementar una bomba además de la electroválvula para utilizar agua de lluvia que se almacene en un estanque.
- Mejorar la comunicación entre tarjetas, utilizando, por ejemplo, el cable USB que se utiliza para alimentar el Arduino y de esta manera pueda realizar tareas más largas o incluso utilizarlo en alguna área de manufactura.
- Implementar funciones de detección de patrones, para poder indicar al robot los sitios a los que se puede mover, levantar, sujetar, ordenarle que hacer en cada sitio, etc.
- Añadir funcionalidades de machine learning, para que el robot sea capaz de detectar objetos, y sepa reaccionar. Por ejemplo, se pueden añadir Stops, detección de colores, etc. Y que el robot sepa que hacer dependiendo de la señal, o del color del objeto. Así que como se puede ver, hay muchas cosas para poder integrar en el robot. La detección de la línea no deja de ser la punta del iceberg de todo lo que puede hacer un robot con un módulo de visión artificial y los sensores adecuados. Realmente este proyecto no deja de ser una base de partida para poder llegar a realizar un robot autónomo, que funcione de manera similar a otros robots de mayor precio y complejidad que ya existen en la industria.

Este robot ha logrado cumplir con sus objetivos y requerimientos establecidos, desde cumplir sus funciones requeridas (sujetar, subir, bajar y mover objetos), así

como ser un prototipo bastante barato en cuestión a lo que ofrece. Por último, queda esperar a que este robot pueda ayudar a más colegas dándoles un punto de referencia pudiéndolo tomar o mejorar lo que les pueda ser de utilidad de dicho proyecto agregando nuevas mejoras para poder ser utilizado con fines industriales o didácticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alamilla, S. F. (2019). *Fundamentos de programación: un enfoque práctico*. Tecnológico de Monterrey.
- Axioma. (2013). *EL GRIPPER DE SCHUNK ES LÍDER EN EL MERCADO DESDE HACE 30 AÑOS*. Axioma.
- Barrientos, A. (1997). *Fundamentos de robótica*.
- Bolmsjo, G. S. (2006). *Industriell roboteknik*.
- Carlos, B. A. (2007). *Fundamentos de robótica*. MacGraw.
- D'Addario, I. M. (2017). *Mecatrónica: Procesos, métodos y sistemas*. Createspace.
- Factor evolución. (19-Octubre-2018). *Motod DC*. CDMX.
- Gareth J. Monkman, S. H. (2007). *Robot Grippers*. Wiley-VCH.
- González, A. G. (2016). *¿Qué es y cómo funciona un servomotor?*
- H., A. (2019). *Fundamentos de programación: un enfoque práctico*. Tecnológico de Monterrey.
- Juan Carlos Hernández Matías, A. V. (2015). *Sistemas de automatización y robótica para PYMES españolas*. Madrid: Medio ambiente industria y energía.
- Kusuda, Y. (2017). *High speed vision sensor and quick robotic hand enable a robot to catch a ball*.
- Leonardo Paneque, A. P. (2019). *Empiece a Programar. Un enfoque Multiparadigma con C#*.
- Maijneke, C. (2011). *Performance assessment of an underactuated hand for industrial applications*. Universidad de Delft.
- Monkman, G. J. (2006). *Robot Grippers*. Wiley-Vch.
- Ollero, A. (2001). *Robótica, Manipuladores y robots móviles*. Barcelona: Boixareu.
- Partes y Refacciones para Vehículos Eléctricos. (2014). *DIFERENCIAS ENTRE UN MOTOR AC Vs. DC*.
- Partes y Refacciones para Vehículos Eléctricos. (5-Agosto-2014). *DIFERENCIAS ENTRE UN MOTOR AC Vs. DC*.
- PcAcademia. (2021). *¿Qué es CAD? Para que sirve y ejemplos*.
- Ramirez, A. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo gripper industrial*.
- Samir Kouro. (2001). *Automatización industrial: Sensores de Humedad*. Universidad Tecnológica Federico Santa Maria.
- Sanz, D. (2020). *Programación y robótica educativa: por dónde empezar y cómo continuar*. Kindle.
- Simanca, P. L. (2005). *Dedos para grippers robóticos*.
- Soriano, J. A. (2011). *Bombas Hidráulicas*.

## GLOSARIO

- **Automatización:** La automatización es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano. Estos normalmente se utilizan para optimizar y mejorar el funcionamiento de una planta industrial, pero igualmente puede utilizarse la automatización en un estadio, una granja o hasta en la propia infraestructura de las ciudades.
- **Gripper:** Un gripper es una pinza de agarre que puede retener un objeto mientras se ejecuta una operación concreta. Es la parte inferior de un brazo robótico industrial, y en su conjunto, se conoce también como un robot manipulador industrial.
- **Robot:** Máquina automática programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotada de sensores, que le permiten adaptarse a nuevas situaciones.
- **CAD:** El diseño asistido por ordenador (CAD) consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto.
- **CAM:** CAM son las siglas en inglés de Computer Aided Manufacturing, cuyo significado en español se traduce como Fabricación Asistida por Computadora. CAM se refiere al uso de la computación en los procesos de manufactura en la industria, tales como operaciones coordinadas de forma

automática en los sistemas de transporte, máquinas cortadoras o remachadoras y máquinas de soldar.

- **Fatiga:** La fatiga es un proceso de degeneración de un material sometido a cargas cíclicas de valores por debajo de aquellos que serían capaces de provocar su rotura mediante tracción. Durante dicho proceso se genera una grieta que, si se dan las condiciones adecuadas crecerá hasta producir la rotura de la pieza al aplicar un número de ciclos suficientes. El número de ciclos necesarios dependerá de varios factores como la carga aplicada, presencia de entallas
- **Motores:** Un motor es la parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía, en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.
- **Sensor:** Dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema.
- **Sujeción:** Unión con que algo está sujeto de modo que no puede separarse, dividirse o inclinarse. Acción de sujetarse.
- **Capacitancia:** Capacidad de un componente o circuito para recoger y almacenar energía en forma de carga eléctrica,