



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA CORTADORA
DE PAPAYA, MELÓN Y SANDÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ENSALADA DE
FRUTAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: JAIME GONZALO CARRASCO CARASCO

TUTOR: FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

Quito - Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jaime Gonzalo Carrasco Carrasco con documento de identificación N° 0802819763 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 26 de abril del año 2022

Atentamente,



Jaime Gonzalo Carrasco Carrasco

0802819736

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jaime Gonzalo Carrasco Carrasco con documento de identificación N° 0802819763, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño y Construcción de Prototipo de una Máquina Cortadora de Papaya, Melón y Sandía para la Elaboración de Ensalada de Frutas”, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de abril del año 2022

Atentamente,



Jaime Gonzalo Carrasco Carrasco

0802819736

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fué desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE PAPAYA, MELÓN Y SANDÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ENSALADA DE FRUTAS, realizado por Jaime Gonzalo Carrasco Carrasco con documento de identificación N° 0802819763, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de abril del año 2022

Atentamente,



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera, PhD

1707982169

Agradecimiento.

A Dios principalmente, mi familia y a Vane, por todo el apoyo incondicional y motivación en todo momento a lo largo de mi carrera, por estar en cada paso que di durante este proceso, guiándome y corrigiéndome cuando fallaba.

A mi director de proyecto, Ingeniero Fabio Obando, por apoyar con sus conocimientos para que este proyecto tenga éxito, así como, a las autoridades de la carrera.

Gracias por su ejemplo les dedico el presente proyecto.

Jaime Gonzalo Carrasco

Índice

CAPÍTULO 1:	3
1.1. Ensalada de frutas	3
1.2. Corte de frutas:.....	3
1.3. Oxidación de las frutas.....	4
1.4. Frutas a utilizar en la ensalada	4
1.4.1. Papaya.....	4
1.4.2. Melón.....	5
1.4.3. Sandía	6
1.5. Elementos de la máquina cortadora de frutas neumática.....	6
1.5.1. Cilindro neumático	7
1.5.2. Compresor	7
1.5.3. Regulador de presión	8
1.5.4. Electroválvula.....	8
1.6. Elementos de la máquina cortadora de frutas por mecanismo biela manivela ...	8
1.6.1. Biela.....	9
1.6.2. Manivela	9
1.7. Materiales de construcción de la máquina cortadora de frutas	9
1.7.1. Acero AISI 304.....	9
1.7.2. Acero AISI 316.....	10
1.8. Elementos electrónicos de la máquina cortadora de fruta.....	11
1.8.1. Microcontrolador	11
1.8.2. Servomotor	11
1.9. Rejilla de corte	11
1.10. Elementos para las uniones de la estructura.....	12
1.10.1. Soldadura por electrodo o SMAW	12
1.10.2. Electrodo de acero inoxidable E308L-16	12

1.10.3. Electrodo de acero inoxidable E316L-16	13
1.10.4. Electrodo para acero al carbono E-6011.....	13
1.10.5. Soldadura TIG o GTAW	14
CAPÍTULO 2:	15
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	15
2.1. Alternativa 1: Máquina cortadora de frutas mediante cilindro neumático.....	15
2.2. Alternativa 2: Máquina cortadora de frutas mediante mecanismo biela – manivela.....	15
2.3. Selección de la mejor alternativa	16
2.3.1. Matrices de selección.....	16
2.4. Evaluación de selección.....	18
CAPÍTULO 3:	19
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	19
3.1. Cargas de trabajo.....	19
3.2. Selección del servomotor para mecanismo.....	20
3.3. Mecanismo biela-manivela	22
3.4. Selección de rejilla de corte	24
3.5. Selección del servomotor para base.....	27
3.6. Simulación	28
3.6.1. Diseño Mecánico	28
3.6.2. Diseño electrónico. Ver anexo 11.....	31
3.7. Pseudocódigo. Ver anexo 8.....	31
3.7.1. Diagrama de flujo. Ver anexo 8.....	33
CAPÍTULO 4:	34
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
4.1. Resultados.....	34
4.2. Análisis y discusión	37

4.3.	Estudio de costos.....	38
4.3.1.	Costos directos.....	38
4.3.2.	Costos indirectos.....	40
4.4.	Análisis económico: VAN y TIR.....	41
4.5.	Evaluación del proyecto.....	50
	CONCLUSIONES.....	50
	REFERENCIAS	52
	ANEXOS	55
7.1.	Datasheet Arduino Mega	55
7.2.	Datasheet electrodo E308L-16.....	56
7.3.	Datasheet electrodo E316L-16.....	57
7.4.	Datasheet electrodo 6011	58
7.5.	Datasheet servomotor MG995	58
7.6.	Propiedades de la cuchilla.....	59
7.7.	Datasheet servomotor SM-S4315R	60
7.8.	Código de programación (Arduino IDE)	60
7.9.	Tasa de interés Marzo 2022	61

Índice de figuras

Fig. 1 Taxonomía de la papaya	5
Fig. 2 Taxonomía del melón	5
Fig. 3 Taxonomía de la sandía	6
Fig. 4 Partes de un cilindro neumático	7
Fig. 5 Partes de un compresor	7
Fig. 6 Partes de un regulador de presión	8
Fig. 7 Giro de un servomotor	11
Fig. 8 Esquema de soldadura.....	12
Fig. 9 Esquema de soldadura TIG	14
Fig. 10 Funcionamiento de cortadora neumática	15
Fig. 11 Funcionamiento de cortadora mediante mecanismo biela-manivela	16
Fig. 12 Papaya cortada mediante cuchilla cuadrículada.....	19
Fig. 13 Melón cortado mediante cuchilla cuadrículada	19
Fig. 14 Sandía cortada mediante cuchilla cuadrículada	20
Fig. 15 Representación del mecanismo biela- manivela	22
Fig. 16 Análisis de rejilla – Von Mises	24
Fig. 17 Análisis de rejilla – Desplazamientos	25
Fig. 18 Análisis de rejilla – Deformación Unitaria	26
Fig. 19 Cuchilla de acero AISI 316.....	27
Fig. 20 Diseño del prototipo (exterior).....	28

Fig. 21 Diseño del prototipo (interno).....	29
Fig. 22 Diseño electrónico	31
Fig. 23 Primer ensamble del prototipo	34

Índice de tablas

TABLA I Tipos de corte de precisión de frutas en forma cuadrada.....	4
TABLA II Composición nutricional de la papaya en 100 gramos de alimento	5
TABLA III Composición nutricional del melón en 100 gramos de alimento	6
TABLA IV Composición nutricional de la sandía en 100 gramos de alimento	6
TABLA V Propiedades mecánicas y físicas del acero aisi 304	10
TABLA VI Propiedades mecánicas y físicas del acero aisi 316	10
TABLA VII Composición química del electrodo e308l-16	12
TABLA VIII Composición química del electrodo e316l-16.....	13
TABLA IX Composición química del electrodo e-6011	14
TABLA X Análisis cualitativo	16
TABLA XI Valorización de criterios	17
TABLA XII Calificación de alternativas.....	17
TABLA XIII Calificación ponderada.....	18
TABLA XIV Fuerza aplicada a papaya en kg	19
TABLA XV Fuerza aplicada a melón en kg	19
TABLA XVI Fuerza aplicada a sandía en kg	20
TABLA XVII Peso a cargar servomotor para mecanismo.....	21
TABLA XVIII Parámetros del servomotor.....	22
TABLA XIX Peso a cargar servomotor.....	27
TABLA XX Ejes principales de inercia.....	30

TABLA XXI Momentos principales de inercia l. elaboración propia.....	30
TABLA XXII Momentos principales de inercia i. elaboración propia	30
TABLA XXIII Resultados de corte de papaya.....	35
TABLA XXIV Resultados de corte de melón	36
TABLA XXV Resultados de corte de sandía	36
TABLA XXVI Tiempos de corte manual.....	37
TABLA XXVII Tiempos de corte automático	37
TABLA XXVIII Costos directos	39
TABLA XXIX Costos indirectos	40
TABLA XXX Resumen de costos	41
TABLA XXXI Proceso de elaboración del producto	42
TABLA XXXII Equivalencia y porciones	42
TABLA XXXIII Cantidad y costo de frutas	43
TABLA XXXIV Promedio de costos	43
TABLA XXXV Costos de elaboración.....	44
TABLA XXXVI Proyección de ventas	45
TABLA XXXVII Gastos obtenidos	46
TABLA XXXVIII Ventas obtenidas.....	47
TABLA XXXIX Flujo de caja.....	48

RESUMEN

El presente proyecto está orientado al diseño y construcción de un prototipo de máquina cortadora de frutas, utilizadas para la elaboración de ensaladas, y su propósito es optimizar el tiempo de corte y brindar seguridad al operador, busca también garantizar el cumplimiento de las necesidades y expectativas para el área de procesamiento y corte de alimentos en pequeños emprendimientos dedicados a brindar este servicio.

Se ha recolectado información digital y física en distintos establecimientos alimenticios, utilizando el estudio comparativo se seleccionó la mejor alternativa para encontrar la solución al problema que pretende ayudar dicho proyecto.

Palabras clave: corte de alimentos, frutas, máquina, proyecto, prototipo.

ABSTRACT

The present project is oriented to the design and construction of a prototype of a fruit cutting machine, used for the preparation of salads, and its purpose is to optimize the cutting time and provide safety to the operator, it also seeks to guarantee the fulfillment of the needs and expectations for the area of food processing and cutting in small businesses dedicated to providing this service.

Digital and physical information has been collected in different food establishments, using the comparative study the best alternative was selected to find the solution to the problem that this project intends to help.

Keywords: food cutting, fruit, machine, project, prototype.

Introducción

El proyecto denominado a continuación, tiene como fin el diseño y construcción del prototipo de una máquina cortadora de papaya, melón y sandía para la elaboración de ensalada de frutas, el cual está enfocado en la solución a los problemas de tiempo, seguridad, dinero y salubridad. El corte de frutas será más rápido y seguro que el método convencional referente al corte manual.

El proceso del corte de frutas generalmente se realiza a mano, para ello se utiliza un cuchillo con el cual se procede a ejecutar el corte, de esta manera se realiza dicho trabajo en la actualidad, no obstante, existe maquinaria especializada para ello, de gran tamaño y valor económico. En este proyecto, se ha automatizado el proceso del corte de frutas grandes antes mencionadas, existirá una cuchilla cuadrículada la cual estará ejerciendo un movimiento lineal y realizará dos cortes de fruta en forma cúbica completando un ciclo, es decir, el movimiento lineal será en ambos sentidos (ida y vuelta), todo esto accionado mediante botones. El proceso evidentemente será más rápido que el convencional, dando solución a los problemas vistos anteriormente

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de una máquina cortadora de papaya, melón y sandía para la elaboración de ensalada de frutas.

Objetivos específicos

- Analizar tipos de cortadoras de frutas, materiales utilizados, características y tipos de corte aplicados a frutas específicas como son papaya, melón y sandía.

- Calcular y comprobar mediante software elementos mecánicos y electrónicos del prototipo.
- Construir prototipo de una cortadora automática de frutas y realizar pruebas de funcionamiento comparando el proceso de corte de la máquina frente al operario.

CAPÍTULO 1:

MARCO TEÓRICO

1.1. Ensalada de frutas

La ensalada de frutas es una combinación de varias frutas picadas en pedazos pequeños generalmente cúbicos, en algunos casos acompañada del jugo de frutas, incluso existen platos donde se acompaña a las frutas con helado dando un resultado gustoso.

1.2. Corte de frutas:

Existen varios tipos de cortes de frutas, todos ellos disponibles para este proyecto; sin embargo, se mantiene el corte clásico de fruta tipo cuadrado. Según la EXPOhoreca magazine, a este corte se lo llama “Parmentier: Es un tipo de corte que consiste en cubos de aproximadamente de 2 cm” [1]. A su vez, existe otro corte llamado “Maxime”, que es utilizado comúnmente en papas, teniendo un corte de precisión en cubos de 1.5 cm. Siendo su dimensión una alternativa para el tipo de corte propuesto, sin embargo, basándonos en la experiencia propia del corte de fruta, se concluye que mientras más corta sea la rebanada de fruta, más difícil será la manipulación para el proceso de corte, como también, para el cliente.

Es importante resaltar que una fruta mientras más madura está, más jugosa se vuelve, por ello aumenta su dificultad al momento de cortar ya que se vuelve resbalosa al contacto con la piel, concluyendo que las medidas más pequeñas para los cortes ocasionan más inconvenientes, que manipular medidas más grandes, sin dejar de lado, que las rebanadas de fruta no deben exceder el tamaño de la boca, músculos y nervios que se encuentran cerca de la mandíbula trabajan conjuntamente para abrir y cerrar la boca. El común de las personas pueden abrir la boca una distancia aproximada de 35 a 55 milímetros equivalente a 1.4 a 2.2 pulgadas, lo que se asemeja al ancho de 3 dedos [1]. Ya que cada pedazo está

medido para ser ingerido uno a la vez y no obligar al comensal a reducir su tamaño. Ver tabla I.

TABLA I

TIPOS DE CORTE DE PRECISIÓN DE FRUTAS EN FORMA CUADRADA [2]

PARMENTIER	2 cm x 2 cm x 2 cm
MAXIME	1.5 cm x 1.5 cm x 1.5 cm
BATAILLE	1 cm x 1 cm x 1 cm

1.3. Oxidación de las frutas

Según la página oficial de Kenwood dice que la fruta en estado de oxidación no es la que está deteriorada u oscurecida, sino, la que se corta o pela y no se ingiere inmediatamente. Dicho proceso también se produce cuando experimenta daños o roturas en su superficie externa, lo que ocasiona que el alimento se torne de color café, la característica más notable de la oxidación. Ingerir una fruta oxidada no representa un riesgo para la salud, pero disminuye sus nutrientes y puede incluso alterar su sabor. Para aprovechar todo su valor nutricional, lo mejor es ingerir la fruta inmediatamente sea pelada o cortada [3].

1.4. Frutas a utilizar en la ensalada

Las frutas generalmente utilizadas en la elaboración de ensaladas frutales son: papaya, mango, manzana, sandía, melón, durazno, plátano, kiwi, pera, uvas, entre otros.

Para este proyecto se ha escogido 3 frutas principales y de características similares en tamaño que son:

1.4.1. Papaya

Es un fruto tropical jugoso que se come por su pulpa, que suele ser de color naranja y de dulce sabor, mencionando también que sus pepas son utilizadas como desparasitante natural. Se puede comer la fruta fresca, hecha dulce o en diversos preparados como jugos

y mermeladas. Es un alimento que contiene bajas calorías y es muy digestivo [4]. Ver figura 1, tabla II.



Fig. 1 Taxonomía de la papaya [5]

TABLA II

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PAPAYA EN 100 GRAMOS DE ALIMENTO [8]

Energía	Agua	Proteínas	Grasa total	Carbohidratos totales	Carbohidratos disponibles	Fibra dietética
32 kcal	90.8 g	0.4 g	0.1 g	8.2 g	6.4 g	0.5 g

1.4.2. Melón

Es una fruta generalmente redonda, de corteza verde-amarilla según la variedad. La pulpa tiene un olor característico, es también jugosa y de sabor dulce, resultando una buena opción para calmar la sed, sus características se detallan en la tabla III [6]. Ver figura 2.

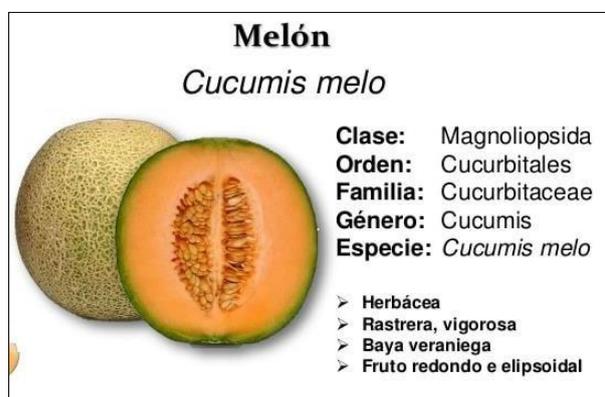


Fig. 2 Taxonomía del melón [8]

TABLA III

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MELÓN EN 100 GRAMOS DE ALIMENTO [9]

Agua	Proteínas	Grasa total	Carbohidratos totales	Carbohidratos disponibles	Fibra dietética	Cenizas
90.15 g	0.84 g	0.19 g	8.16 g	7.86 g	0.9 g	0.65 g

1.4.3. Sandía

Es una fruta grande y ovalada, suele ingerirse dentro del postre. Su interior es color rojo y de un dulce sabor. Resulta un gran alimento y es muy refrescante ya que al igual que las otras opciones, es una fruta jugosa llena de nutrientes [5]. Ver figura 3, tabla IV.

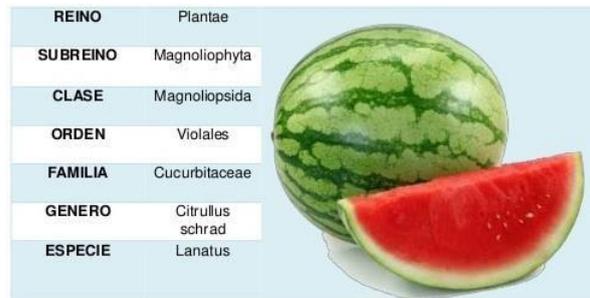


Fig. 3 Taxonomía de la sandía [8]

TABLA IV

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA SANDÍA EN 100 GRAMOS DE ALIMENTO [7]

Energía	Agua	Proteínas	Grasa total	Carbohidratos totales	Carbohidratos disponibles	Fibra dietética
29.9 kcal	91.87 g	0.5 g	0.3 g	6.3 g	6.3 g	0.29 g

1.5. Elementos de la máquina cortadora de frutas neumática

Se explicará brevemente los componentes mecánicos que se utilizarán dentro de este proyecto.

1.5.1. Cilindro neumático

Son actuadores que convierten la energía potencial (fuerza conservativa) del aire ceñido en energía cinética o en fuerza (neumática) [9]. En resumen es un tanque cilíndrico abastecido de un pistón. Al insertar una determinada cantidad de aire ceñido, éste se dilata dentro de la cámara provocando un movimiento lineal por parte del vástago como se muestra en la figura 4.

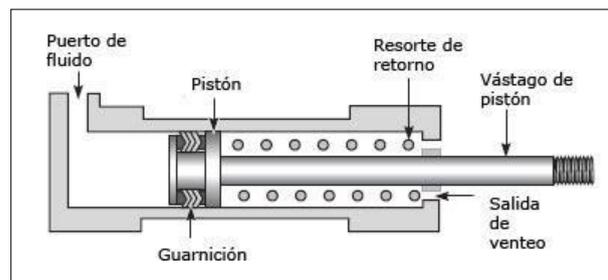


Fig. 4 Partes de un cilindro neumático [10]

1.5.2. Compresor

Es un tipo de máquina de la serie térmica, diseñada para aumentar o generar presión de ciertos tipos de fluidos comprimibles. La compresión se logra a través de la conmutación de energía entre la máquina y el fluido, donde se transfiere el trabajo realizado por el compresor al fluido incrementando gradualmente la presión y la energía cinética [11]. Ver figura 5.

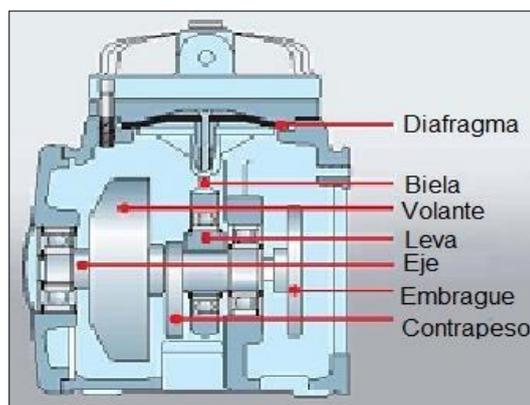


Fig. 5 Partes de un compresor [12]

1.5.3. Regulador de presión

Como su nombre lo indica, regula la presión pre establecida por el operario como se muestra en la figura 6. Es un instrumento de protección y control neumático [13].

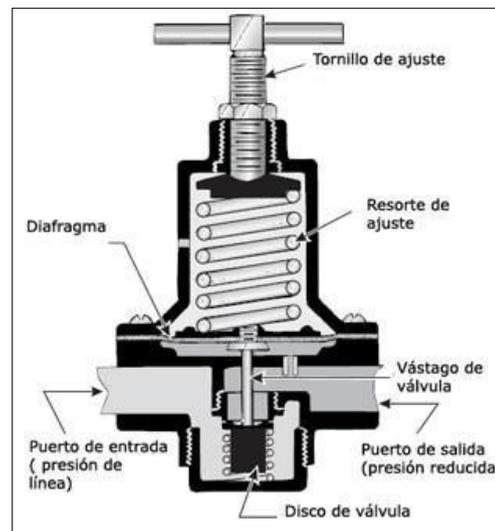


Fig. 6 Partes de un regulador de presión [14]

1.5.4. Electroválvula

Es una válvula de tipo electromecánica, diseñada para el control del movimiento de fluido a través de una tubería. La válvula es movida por una bobina de solenoide. Por lo general, son de dos posiciones: abierta y cerrada. Las válvulas con solenoides se utilizan en muchas intervenciones para el control de flujo. La electroválvula tiene dos componentes básicos que la constituyen, estos son: solenoide y válvula. El solenoide transforma la energía eléctrica a través de magnetismo a energía mecánica, para operar la válvula [15].

1.6. Elementos de la máquina cortadora de frutas por mecanismo biela manivela

El mecanismo Biela manivela convierte el movimiento circular uniforme en movimiento lineal y en sentido contrario.

1.6.1. Biela

Es un componente inflexible alargado que permite el enganche de la manivela con el pistón. Está formado por: cabeza, palo o tronco y pie. La estructura y sección transversal de la biela pueden ser muy diversas, pero debe poder soportar la fuerza del impacto [16].

1.6.2. Manivela

Es una barra que funciona como palanca, un lado sobre el eje de rotación y el otro en el extremo grande. Cuando la biela se mueve hacia adelante y hacia atrás alternativamente, la rotación de la manivela se logra mediante el movimiento común de la biela [16].

1.7. Materiales de construcción de la máquina cortadora de frutas

Acero inoxidable

Los aceros, por naturaleza contienen la básica composición de hierro (Fe) y carbono (C), sin embargo, el acero inoxidable contiene además algo de cromo, siendo esta, la que le da resistencia a la corrosión, de ahí proveniente la palabra inoxidable, aunque complica su manejo [17]. El acero inoxidable debe tener una cantidad de cromo al menos de 10.5%. Variando según el grado, puede obtener niveles mucho más altos de cromo y metales adicionales como aleación.

El acero inoxidable AISI 304 y 316 son los grados que más se encuentra en el mercado como acero inoxidable. No obstante, se pueden diferenciar en que el acero AISI 316 llamado acero quirúrgico es recomendado para utensilios de cocina porque contiene molibdeno (Mo) como aleación, por lo que es más resistente a la corrosión [17], dejando sin esa composición al AISI 304.

1.7.1. Acero AISI 304

El acero inoxidable AISI 304 es muy común gracias a su resistencia corrosiva y a su precio. El acero AISI 304 logra resistir a la corrosión de los ácidos muy oxidativos. Esa

durabilidad hace que sea más fácil de desinfectar como se muestra en la Tabla V y por ende, es perfecto para la utilización de productos que tengan contacto con alimentos [18].

TABLA V

PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL ACERO AISI 304 [20]

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la tensión (Su)	85 ksi – 586 Mpa
Resistencia a la fluencia (Sy)	35 ksi – 241 Mpa
Porcentaje de elongación	60 % en 50.8 mm
Módulo de elasticidad	200 Gpa – 29000 ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	201
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	8.03g/cm ³ (0.28 lb/plg ³)

1.7.2. Acero AISI 316

El llamado acero inoxidable 316 es la segunda forma más común después del mencionado anteriormente. Este acero contiene alrededor de 2 a 3 porciento de molibdeno (Mo), lo que le lleva a su fama de ser quirúrgico [19]. Ver tabla VI.

TABLA VI

PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL ACERO AISI 316 [20]

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la tensión (Su)	80 ksi – 552 Mpa
Resistencia a la fluencia (Sy)	30 ksi – 207 Mpa
Porcentaje de elongación	60 % en 50.8 mm
Módulo de elasticidad	190-210 Gpa – 27600-30500 ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	160 - 190
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	8.03g/cm ³ (0.28 lb/plg ³)

1.8. Elementos electrónicos de la máquina cortadora de fruta

Se explicará brevemente los componentes tanto eléctricos como electrónicos que se utilizarán dentro de este proyecto.

1.8.1. Microcontrolador

Es un circuito integrado que se puede programar, es capaz de realizar mandatos grabados en la memoria. Contiene varios bloques trabajando conjuntamente para llevar a cabo una orden específica. Un microcontrolador además incorpora dentro de él, las principales unidades funcionales que contiene una computadora [21]. Ver anexo 1.

1.8.2. Servomotor

Es un tipo de actuador rotativo que concede un control preciso de la posición angular, mencionando también que su estructura de fábrica nos permite seleccionar un límite máximo de la rotación, jugando también con la aceleración y la velocidad observados en la figura 7 [22].

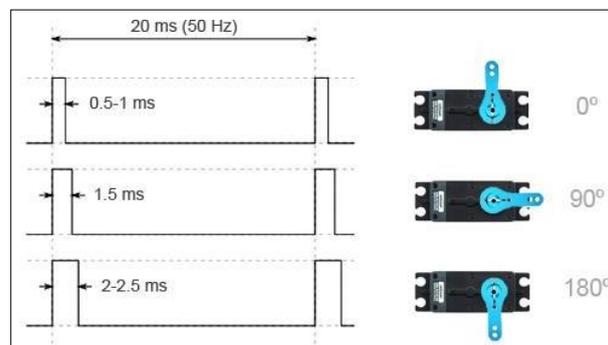


Fig. 7 Giro de un servomotor [23]

1.9. Rejilla de corte

Es una pieza que une elementos, creando espacios idénticos o repetitivos. Este instrumento es la creación de la cuchilla necesaria para este proyecto, en este caso se trata de una rejilla realizada con acero inoxidable ya que estará en contacto con alimentos, dicha pieza tendrá una dimensión suficiente para cubrir el área de corte de las frutas.

1.10. Elementos para las uniones de la estructura

Se explicará brevemente las uniones y juntas que se utilizarán dentro de este proyecto.

1.10.1. Soldadura por electrodo o SMAW

Este tipo de soldadura se realiza con un electrodo revestido, definido SMAW por AWS, es una técnica de soldadura por arco eléctrico generado por el electrodo al contacto con el metal base, dando como resultado un cordón de soldadura, conecta las piezas. El arco creado por el electrodo genera una temperatura de 3500 ° C, visto en la figura 8 [24].

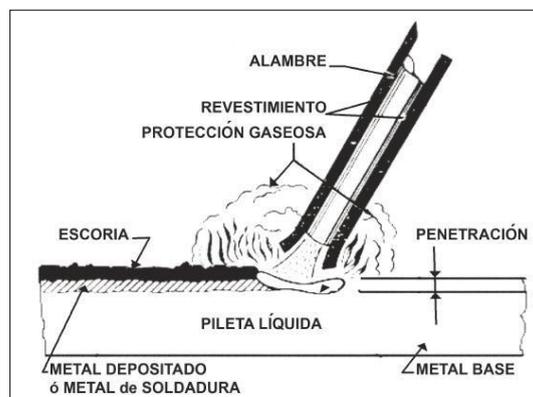


Fig. 8 Esquema de soldadura SMAW [24]

1.10.2. Electrodo de acero inoxidable E308L-16

TABLA VII

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ELECTRODO E308L-16 [26]

Composición química del metal depositado	
C	0.030 %
Si	0.55 %
Mn	0.87 %
S	0.011 %
Ni	9.63 %
Mo	0.22 %
Cr	19.86 %
Cu	0.12 %

Este electrodo está diseñado para soldar el acero inoxidable AISI 304L o equivalentes como se observa en la Tabla VII, cuenta con una gran resistencia corrosiva en ambientes oxidantes [25]. Ver anexo 2.

1.10.3. Electrodo de acero inoxidable E316L-16

Este electrodo está diseñado para soldar el acero inoxidable AISI 316L o equivalentes, especialmente para soldeo “in-situ”. Es de fácil soldabilidad variando las posiciones, también conocido por su penetración total y fácil eliminación de escoria [25]. Ver tabla VIII, anexo 3.

TABLA VIII

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ELECTRODO E316L-16 [27]

Composición química del metal depositado	
C	0.020 %
Si	0.77 %
Mn	0.63 %
S	0.009 %
Ni	11.7 %
Mo	2.70 %
Cr	18.5 %
P	0.022 %

1.10.4. Electrodo para acero al carbono E-6011

Funciona mediante corriente alterna, sin embargo, se puede usar con corriente continua, es de tipo celulósico siendo un electrodo positivo. Cuenta con una rápida solidificación del metal depositado [28]. Ver tabla IX, anexo 4.

TABLA IX

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ELECTRODO E-6011 [28]

Composición química del metal depositado	
C	0.11 %
Si	0.23 %
Mn	0.41 %
S	0.017 %
Ni	0.02 %
Mo	0.01 %
Cr	0.02 %
P	0.17%

1.10.5. Soldadura TIG o GTAW

Caracterizada por el uso de electrodo constante de wolframio conocido también como tungsteno (W), aleado a veces con uno de estos dos tipos de elemento químico que son: torio (Th) o circonio (Zr) con porcentaje menor al 2%. El propósito de esta soldadura es realizar cordones más resistentes y dúctiles con la facilidad de que no se debe limpiar después de terminar la soldadura. No existen salpicadura ni chispas al momento de circular el metal [29]. Ver figura 9.

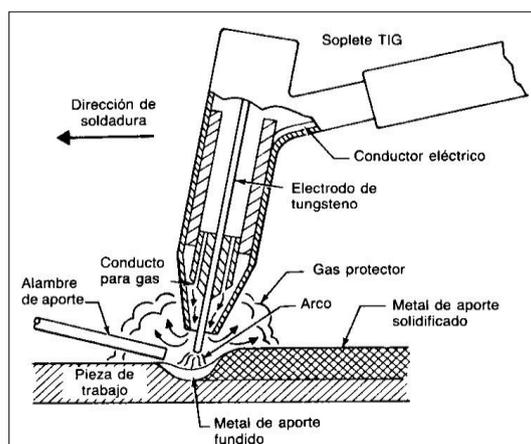


Fig. 9 Esquema de soldadura TIG [29]

CAPÍTULO 2:

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1. Alternativa 1: Máquina cortadora de frutas mediante cilindro neumático

Para esta alternativa se utilizará un cilindro neumático sin vástago el cual estará soldado a la rejilla de corte con la dimensión establecida, alimentado con un compresor pequeño utilizando una electroválvula. Mediante un botón, se accionará el cilindro y la rejilla de corte ejecutará división de la fruta, la base estará unida a un servomotor el cual genera el movimiento de 90 grados para así volver a ejecutar el corte de regreso mediante la cuchilla, obteniendo cubos de dimensión seleccionada, todo esto programado en un microcontrolador. Ver figura 10.

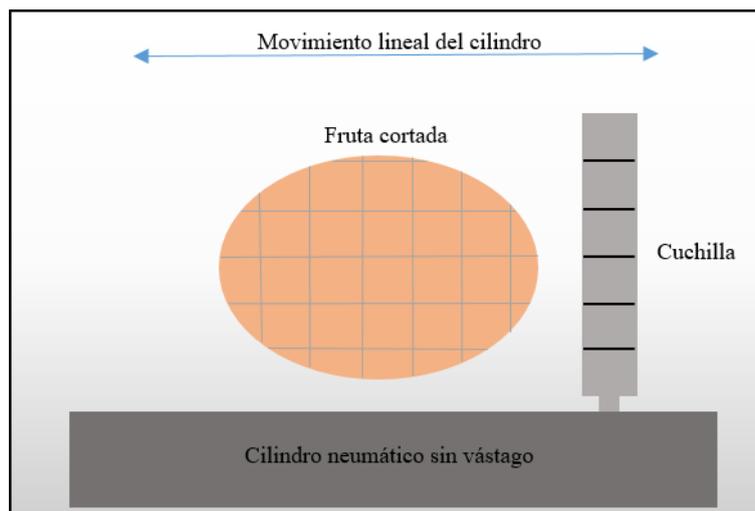


Fig. 10 Funcionamiento de cortadora neumática

2.2. Alternativa 2: Máquina cortadora de frutas mediante mecanismo biela – manivela.

Para esta alternativa se utilizará un mecanismo biela manivela, el cual funcionará con un motor y un sensor, al final del mecanismo, estará soldada la rejilla de corte. Mediante un botón, se accionará el servomotor 1, dando inicio al mecanismo y produciendo el corte de la fruta, el sensor es el encargado de enviar una señal cuando se complete un ciclo, es

decir, cuando el motor ha girado 360 grados, lo cual detendrá el motor y esperará la siguiente orden, la base estará unida a un servomotor 2, el cual genera el movimiento de 90 grados para así volver a ejecutar el corte, obteniendo cubos de dimensión seleccionada todo esto programado en un microcontrolador. Ver figura 11.

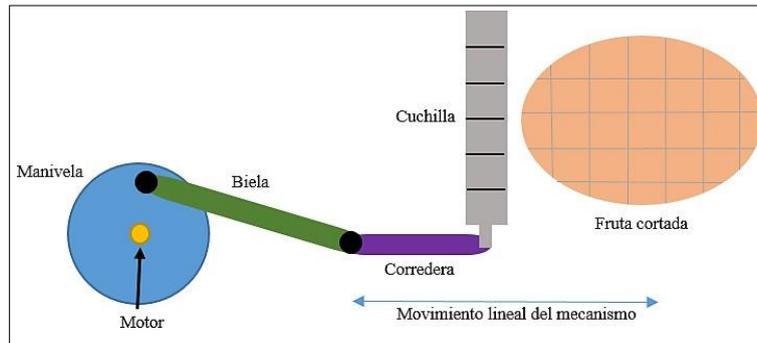


Fig. 11 Funcionamiento de cortadora mediante mecanismo biela-manivela.

2.3. Selección de la mejor alternativa

A continuación se detallará tablas en las cuales se expondrá el análisis de cada alternativa mencionada y aplicada para este proyecto

2.3.1. Matrices de selección

TABLA X

ANÁLISIS CUALITATIVO

	Ventajas	Desventajas
A1	Menor esfuerzo de montaje	Mayor costo
		Mayor peso
A2	Peso ligero	Mayor tamaño
	Facilidad de mantenimiento	Dificultad de construcción

En la Tabla X se detalla un análisis cualitativo mencionando las ventajas y desventajas que cada alternativa presenta.

TABLA XI**VALORIZACIÓN DE CRITERIOS**

CRITERIOS	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	0 - 3	4-7	8-10
Construcción	Costoso	Normal	Económico
Operación	Difícil	Normal	Fácil
Tamaño	Grande	Mediano	Pequeño
Montaje y desmontaje	Difícil	Normal	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Normal	Fácil
Existencia de materiales	Escaso	Normal	Común
Seguridad	Inseguro	Normal	Seguro

En esta Tabla XI se expone una valorización de criterios aplicados a las alternativas que se utilizarán para la construcción de este proyecto.

TABLA XII**CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Ítem	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Real
CALIFICACIÓN				
1	Construcción	8	6	10
2	Operación	9	9	10
3	Tamaño	7	8	10
4	Montaje y desmontaje	8	7	10
5	Mantenimiento	6	8	10
6	Existencia de materiales	5	9	10
7	Seguridad	9	9	10
Sumatorio		52	56	70
Índice porcentual		52/70	56/70	100
Orden de selección		74.29%	80.00%	100%

En la Tabla XII se presenta la calificación de las alternativas en índice porcentual para la selección de la mejor puntuada.

TABLA XIII**CALIFICACIÓN PONDERADA**

Ítem	Criterio	Alternativa 1			Alternativa 2		
		Nota	% pond	Nota final	Nota	% pond	Nota final
1	Construcción	8	0.2	1.6	6	0.2	1.2
2	Operación	9	0.1	0.9	9	0.1	0.9
3	Tamaño	7	0.1	0.7	8	0.1	0.8
4	Montaje y desmontaje	8	0.2	1.6	7	0.2	1.4
5	Mantenimiento	6	0.1	0.6	8	0.1	0.8
6	Existencia de materiales	5	0.1	0.5	9	0.1	0.9
7	Seguridad	9	0.2	1.8	9	0.2	1.8
Sumatoria				7.7	7.8		

En la tabla XIII se obtiene la sumatoria de todas las calificaciones tanto nota y porcentaje ponderado obteniendo una nota final por alternativa.

2.4. Evaluación de selección

Con los resultados obtenidos en las matrices de selección, se observa que la mejor opción en la alternativa 2 (Ver tabla 11 y 12), ya que con este se espera tener un trabajo rápido, seguro y de fácil construcción, sin mencionar que sea liviano y fácilmente transportable.

Con esta alternativa se espera tener una fácil construcción que no se requiera de herramientas especiales o de difícil obtención para su ensamble, así como, no se necesitará mano de obra que sea en gran medida competente.

Se aspira que la máquina sea fácil para operarla e intuitiva y que opere de modo que no dañe ni desperdicie la fruta.

El montaje junto con el desmontaje será de forma fácil e incluso innecesaria, salvo que sea para su mantenimiento o reparación, el proyecto debe estar integrado con el menor número de piezas para poder reemplazar cualquiera rápidamente y que la máquina sea más económica.

CAPÍTULO 3:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1. Cargas de trabajo

Para la medición de fuerza de corte de frutas, se realizó el siguiente experimento que consiste en registrar pesos de diferentes pedazos de frutas necesarias mencionadas anteriormente, encerar la balanza, colocar una cuchilla sobre la fruta para poder aplicar peso sobre la misma y así medir la fuerza (kg) necesaria. La rejilla de corte tiene una dimensión de 6 cm X 6 cm con una separación cúbica de 1cm.

TABLA XIV

FUERZA APLICADA A PAPAYA EN KG

Fruta	(kg)	
Papaya	0.6	
	0.58	
	0.62	

Fig. 12 Papaya cortada mediante cuchilla cuadrículada

TABLA XV

FUERZA APLICADA A MELÓN EN KG

Fruta	(kg)	
Melón	3	
	3.12	
	3.43	

Fig. 13 Melón cortado mediante cuchilla cuadrículada

TABLA XVI

FUERZA APLICADA A SANDÍA EN KG

Fruta	(kg)
Sandía	1.3
	1.35
	1.37

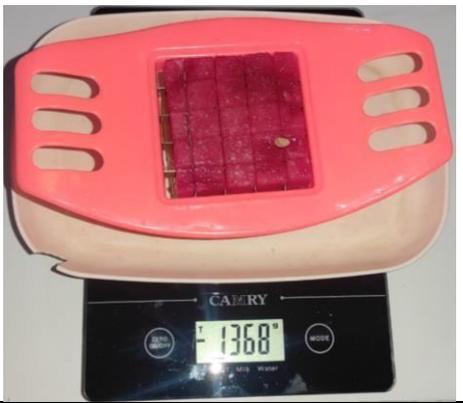


Fig. 14 Sandía cortada mediante cuchilla cuadrículada

Como conclusión respectiva al tema se obtiene que la fruta que necesita más fuerza de corte es el melón, con una masa de 3.43 kg.

$$kg * 9.80665 m/s^2 \quad \text{Ec.1}$$

$$3.43 * 9.80665 m/s^2$$

$$F_1 = 33.64 N$$

Donde:

kg: Kilogramos

F_1 : Fuerza teórica

3.2. Selección del servomotor para mecanismo

Para encontrar el servomotor adecuado a esta función, se debe estimar el peso que va a soportar, para ello se observa la tabla XVIII.

El peso a cargar es de 0.8 kg, a esta operación hay que sumarle el peso máximo para el corte de las frutas que es de 3.43 kg.

TABLA XVII

PESO A CARGAR SERVOMOTOR PARA MECANISMO

Objeto	Peso (kg)
Mecanismo	0.5
Rejilla de corte	0.3
Total	0.8

$$Pt_1 = 0.8 \text{ kg} + 3.43 \text{ kg} \quad \text{Ec.2}$$

$$Pt_1 = 4.23 \text{ kg}$$

Donde:

Pt_1 : Sumatoria de cargas del servomotor 1

Según el libro “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” se debe utilizar un factor de seguridad > 1.67 , por ello se utiliza en este estudio, un factor de seguridad de 2, ya que asegura que se encuentra en la zona elástica del elemento diseñado, con eso se garantiza que se comporta bajo la ley de Hooke [31].

Al valor Pt_1 se le debe multiplicar por dicho factor, teniendo la siguiente ecuación.

$$Cs = Pt_1 * 2 \quad \text{Ec.3}$$

$$Cs = 8.46 \approx 10 \text{ kg}$$

El giro necesario que debe realizar el servomotor en este proceso es de 360 grados, más el peso a cargar es de 10 kg aproximadamente. Seleccionando en el mercado el servomotor MG995, con un torque de 10 kg/cm en 6 voltios. Ver anexo 5.

TABLA XVIII

PARÁMETROS DEL SERVOMOTOR [30]

Voltaje [V]	Velocidad angular [m]
6 v	62.5 rpm

$$1rpm = \frac{2\pi}{60} rad/s$$

Ec.4

$$62.5rpm = \frac{125\pi}{60} rad/s$$

$$\omega = 6.5 rad/s$$

3.3. Mecanismo biela-manivela

Datos

ω : 6.5 rad/s

r: 11.5 cm

l: 25 cm

φ : 25°

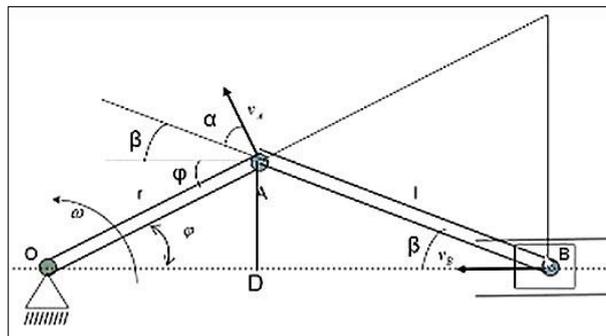


Fig. 15 Representación del mecanismo biela- manivela [32]

Donde:

ω : Velocidad angular del servomotor

r: Distancia de la manivela

l: Distancia de la biela

φ : Ángulo entre base y manivela

$$Va = \omega * r$$

Ec.5

$$Va = 6.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0.115 \text{ m}$$

$$Va = 0.75 \text{ m/s}$$

Donde:

Va: Velocidad en el punto A

$$Va * \cos \alpha = Vb * \cos \beta \quad \text{Ec.6}$$

Vb: Velocidad en el punto B

$$AD = r * \sin \varphi = l * \sin \beta \quad \text{Ec.7}$$

$$\beta = \text{Arc sen} \left(\frac{r}{l} * \sin \varphi \right) \quad \text{Ec.8}$$

$$\beta = \text{Arc sen} \left(\frac{0.115 \text{ m}}{25^\circ} * 0.42 \right)$$

$$\beta = 0.11^\circ$$

$$\varphi + \beta + \alpha = 90^\circ \quad \text{Ec.9}$$

$$\alpha = 90^\circ - \varphi - \beta \quad \text{Ec.10}$$

$$\alpha = 90^\circ - 25^\circ - 0.11^\circ$$

$$\alpha = 64.89^\circ$$

$$Vb = \frac{Va * \cos \alpha}{\cos \beta} \quad \text{Ec.11}$$

$$Vb = \frac{0.75 \text{ m/s} * \cos(64.89^\circ)}{\cos(0.11^\circ)}$$

$$Vb = 0.31 \text{ m/s}$$

$$Vb = 31.83 \text{ cm/s}$$

La velocidad del movimiento lineal de este mecanismo es de 0.31 m/s o 31.83 cm/s tomando en cuenta un voltaje de 6v.

3.4. Selección de rejilla de corte

El material seleccionado para la rejilla de corte es el Acero inoxidable AISI 304, ya que este es adecuado para trabajar con alimentos, sobrepasa al AISI 316 en relación a costo/beneficio. La rejilla tiene una dimensión de 24cm x 16cm x 2cm. A esta rejilla se le ha realizado un estudio de fuerzas como se pueden observar en las figuras 14, 15 y 16. Ver anexo 6.

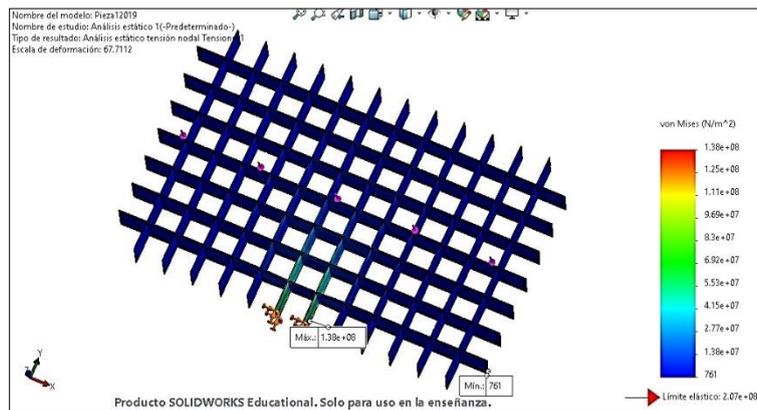


Fig. 16 Análisis de rejilla – Von Mises

Aplicando el estudio de tensión de Von Mises al diseño de la rejilla realizado en el software SolidWorks, se obtiene los siguientes datos los cuales fueron aplicados al material AISI-304.

$$\sigma_{min} = 761 \text{ N/m}^2 \quad \text{Ec.12}$$

$$\sigma_{max} = 1.38 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{Ec.13}$$

$$\sigma_y = 2.07 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{Ec.14}$$

Donde:

σ_{min} : Tensión mínima

σ_{max} : Tensión máxima

σ_y : Límite elástico

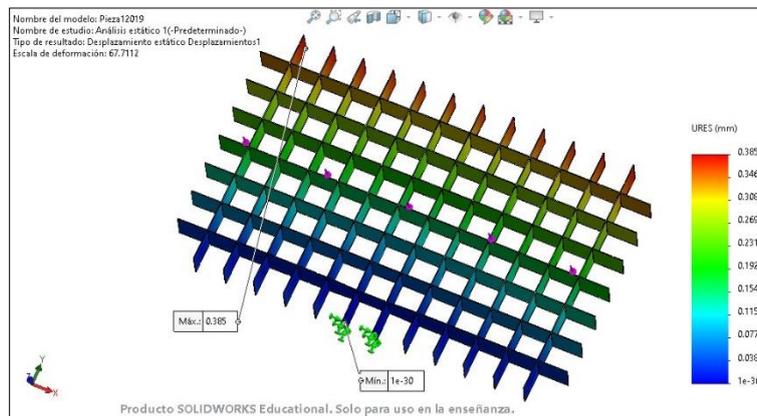


Fig. 17 Análisis de rejilla – Desplazamientos

Aplicando el estudio de desplazamientos, se obtuvieron los siguientes datos en escala URES.

$$t_{min} = 1 \times 10^{-30} \text{ mm} \quad \text{Ec.15}$$

$$t_{max} = 0.385 \text{ mm} \quad \text{Ec.16}$$

Donde:

t_{min} : Desplazamiento mínimo

t_{max} : Desplazamiento máximo

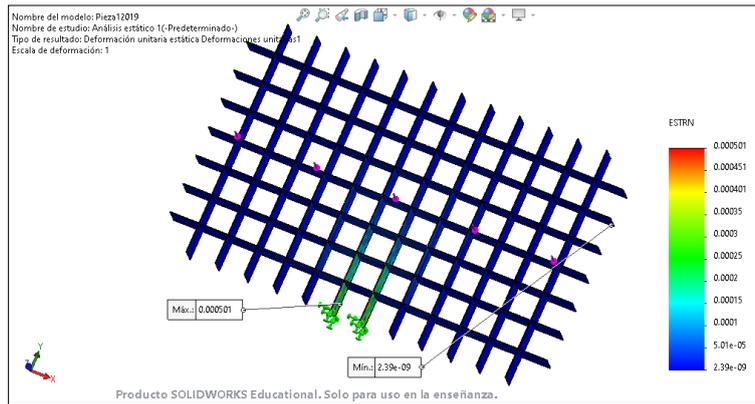


Fig. 18 Análisis de rejilla – Deformación Unitaria

Aplicando el estudio de deformación unitaria equivalente (ESTRN), se obtuvieron los siguientes datos:

$$E_{min} = 2.39 \times 10^{-9} \quad \text{Ec.17}$$

$$E_{max} = 0.000501 \quad \text{Ec.18}$$

Donde:

E_{min} : Deformación unitaria equivalente mínima

E_{max} : Deformación unitaria equivalente máxima

Los resultados obtenidos de la simulación de la rejilla de corte, se expresan de forma satisfactoria como se esperaban, no obstante, se menciona que se podría tener un desplazamiento de 0.39 mm en la parte opuesta del lado del acople de la rejilla, siendo un valor ínfimo que no conllevaría a problemas de funcionamiento ni duración.

La implementación de este diseño al ensamblaje de la cuchilla se basa en la unión de láminas de acero AISI 316 con unas dimensiones de 20 cm x 1.5 cm x 0.07 cm, con destajes cada 2 cm para la unión de las demás piezas para formar la matriz cuadrículada.

Ver figura 19.



Fig. 19 Cuchilla de acero AISI 316

3.5. Selección del servomotor para base

Para encontrar el servomotor adecuado para este proyecto se debe estimar el peso que va a soportar, para ello se observa la tabla XIX.

TABLA XIX

PESO A CARGAR SERVOMOTOR

Objeto	Peso (kg)
Fruta	7
Base para fruta	0.3
Total	7.3

El peso aproximado de la sandía que es la fruta de mayor tamaño de las ya mencionadas, es de 15 kg, sin embargo, se debe retirar la cascara o corteza, lo que nos da 14 kg en primera instancia, siendo este, el valor a tomar en cuenta. El mejor corte de la fruta se lo realiza convencionalmente partiéndola por la mitad y luego en rodajas, si se toma ese dato, la sandía tendría un peso de 7 kg, a eso se añade la base en la cual se asienta la fruta con un valor de 0.3 kg, obteniendo como resultado 7.3 kg aproximadamente que debe cargar el servomotor.

$$Cs_2 = Pt * Fs \quad \text{Ec.19}$$

$$Cs_2 = 7.3 \text{ kg} * 2$$

$$Cs_2 = 14.6 \text{ kg} \approx 15 \text{ kg}$$

Donde:

Cs_2 : Carga final del servomotor 1 en kg.

Pt: Sumatoria de pesos en kg.

Fs: Factor de seguridad

El giro necesario que debe realizar el servomotor en este proceso es de 90 grados, más el peso a cargar es de 15 kg. Seleccionando en el mercado el servomotor SM-S4315R, con un torque de 15kg/cm. Ver anexo 7.

3.6. Simulación

En las siguientes figuras se observa el diseño mecánico realizado a través del software SolidWorks.

3.6.1. Diseño Mecánico

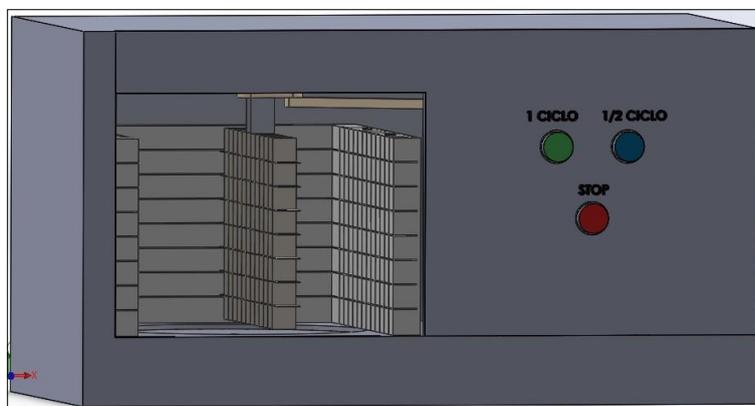


Fig. 20 Diseño del prototipo (exterior)

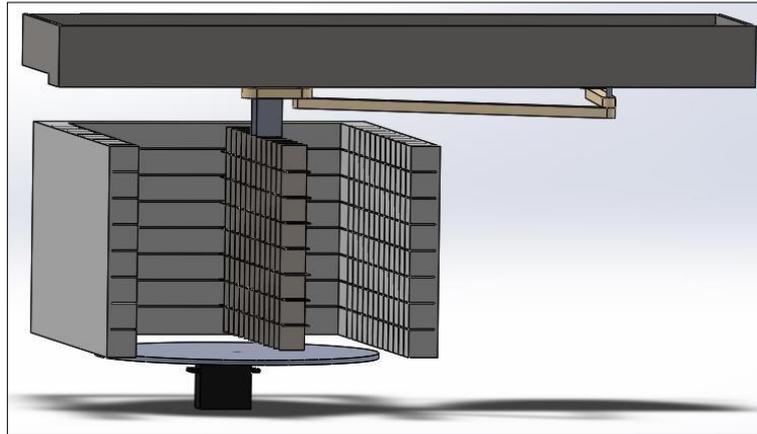


Fig. 21 Diseño del prototipo (interno)

El diseño mostrado en las figuras 20 y 21 tiene unas dimensiones de 31.4 cm x 57 cm x 32.2 cm en el siguiente orden: altura, longitud, anchura. Cuenta con una masa aproximada de 15.62 kg.

3.6.1.1. Propiedades físicas del diseño mecánico.

Masa = 15622.86 gramos

Volumen = 10942185.81 milímetros cúbicos

Área de superficie = 3272805.56 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

$$X = -22.37$$

$$Y = 174.63$$

$$Z = -4.78$$

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el centro de masa.

TABLA XX

EJES PRINCIPALES DE INERCIA

$I_x = (0.99, 0.09, -0.04)$	$P_x = 339707516.68$
$I_y = (-0.06, 0.26, -0.96)$	$P_y = 654121893.53$
$I_z = (-0.08, 0.96, 0.26)$	$P_z = 681998093.89$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

TABLA XXI

MOMENTOS PRINCIPALES DE INERCIA L. ELABORACIÓN PROPIA

$L_{xx} = 343200677.30$	$L_{xy} = 31851777.45$	$L_{xz} = -11606650.33$
$L_{yx} = 31851777.45$	$L_{yy} = 677051258.78$	$L_{yz} = -8219219.48$
$L_{zx} = -11606650.33$	$L_{zy} = -8219219.48$	$L_{zz} = 655575568.02$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

TABLA XXII

MOMENTOS PRINCIPALES DE INERCIA I. ELABORACIÓN PROPIA

$I_{xx} = 819996385.56$	$I_{xy} = -29178264.82$	$I_{xz} = -9935851.71$
$I_{yx} = -29178264.82$	$I_{yy} = 685226065.47$	$I_{yz} = -21262516.98$
$I_{zx} = -9935851.71$	$I_{zy} = -21262516.98$	$I_{zz} = 1139831919.17$

Diseño electrónico. Ver anexo 11.

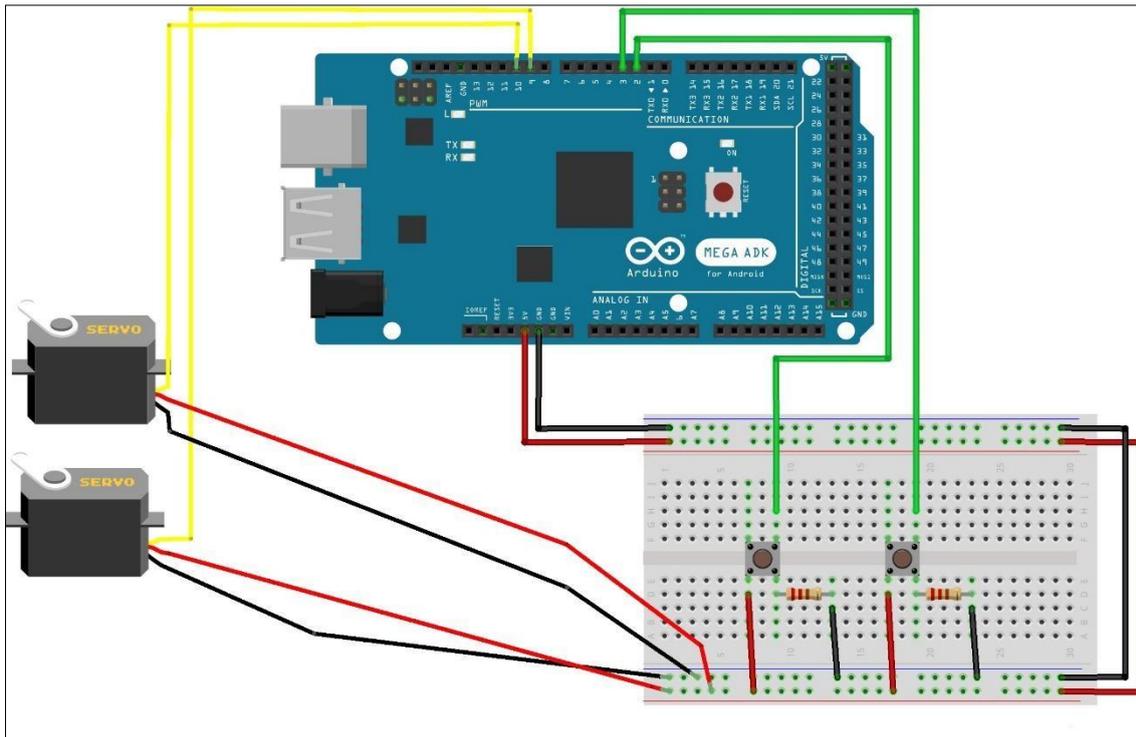


Fig. 22 Diseño electrónico

3.7. Pseudocódigo. Ver anexo 8.

Proceso 1

//Girar el servomotor 180 grados, el motor a pasos 90 grados y regresar el servomotor a 0 grados.

//Análisis.

//Entradas: Pulsador 1 (Variable pulsador1).

//Salidas: Cuatro salidas del motor a pasos (Variables IN1, IN2, IN3 y IN4) y servomotor 1 (Variable servo1).

//Variables: pulsador1, IN1, IN2, IN3, IN4 y servo1 de tipo entero (int).

Definir pulsador1, IN1, IN2, IN3, IN4 y servo1 como enteros;

Leer pulsador1;

Girar 180 grados servo1;

Girar motor a pasos 90 grados;

Regresar servo1 a 0 grados;

FinProceso1

Proceso 2

//Evaluar el ángulo rotado de servo1 y mover al sentido contrario.

//Análisis.

//Entradas: Pulsador 2 (Variable pulsador2).

//Salidas: Servomotor 1 (Variable servo1).

//Variables: pulsador2 y servo1 de tipo entero (int)

Definir pulsador2 y servo1 como enteros;

Leer pulsador2;

Evaluar estado = 0;

servo1 girar a posición de 180 grados;

Evaluar estado = 180;

servo1 girar a posición de 0 grados;

FinProceso2

Proceso 3

//Detener todo proceso y regresar a posición inicial (servo1 a 0 grados).

//Análisis.

//Entradas: Pulsador 3 (Variable pulsador3).

//Salidas: Cuatro salidas del motor a pasos (Variables IN1, IN2, IN3 y IN4) y servomotor 1 (Variable servo1).

//Variables: pulsador3, IN1, IN2, IN3, IN4 y servo1 de tipo entero (int).

Definir pulsador3, IN1, IN2, IN3, IN4 y servo1 como enteros;

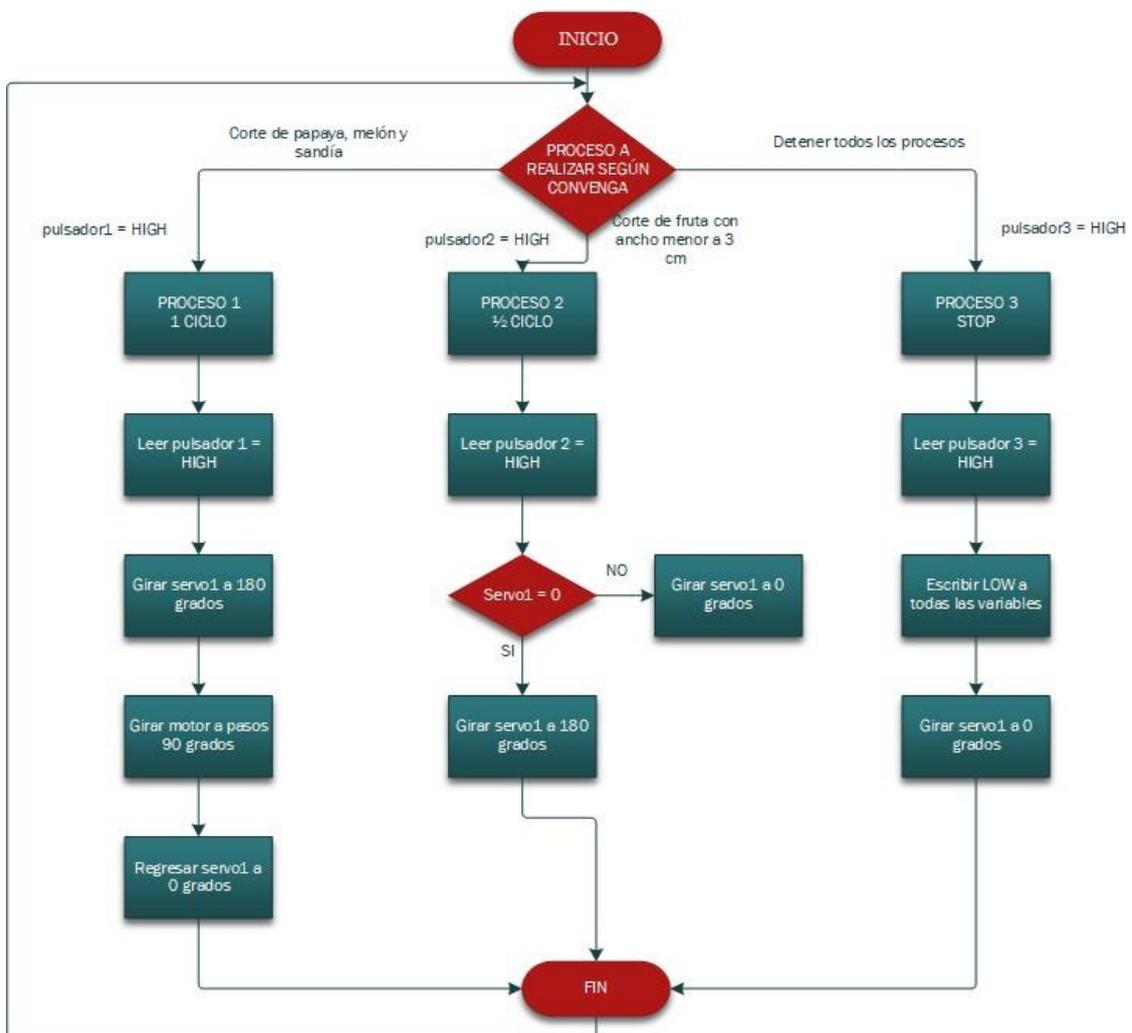
Leer pulsador3;

Escribir LOW a todas las variables;

Girar servo 1 a 0 grados.

FinProceso3

3.7.1. Diagrama de flujo. Ver anexo 8



CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

En el capítulo presente se expondrá los resultados que se han obtenido a partir de la construcción del prototipo (ver figura 23), se ha puesto en marcha la comparación de la máquina contra el operario, para ello se ha realizado las diferentes pruebas, con las diferentes frutas que este proyecto abarca.

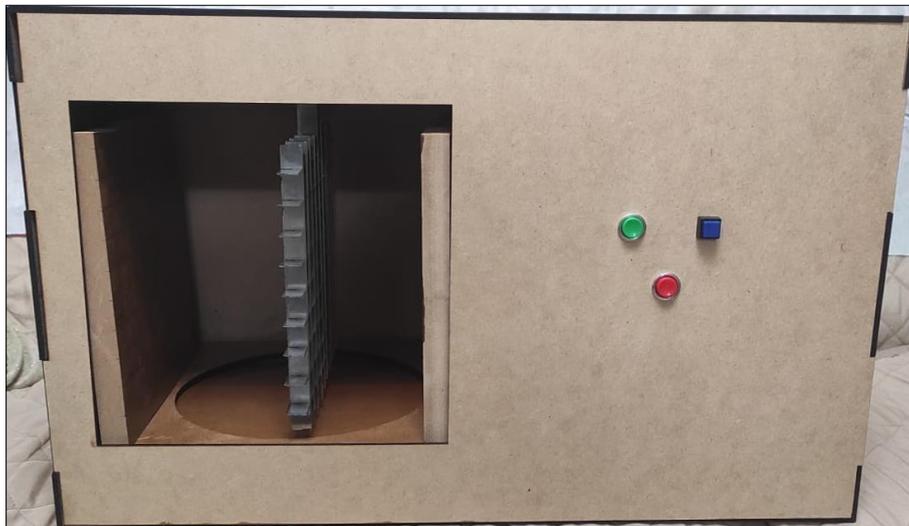


Fig. 23 Primer ensamble del prototipo

La función de este prototipo es cortar la fruta y obtener una dimensión normalizada, siendo esta de 2 cm, ya sea que la fruta esté tierna o madura.

Se realizó el mismo tipo de corte de forma automática con la máquina y de forma manual con un cuchillo simple como se suele hacer tradicionalmente, tomando el tiempo de cada proceso para su comparación. Cabe mencionar que la fruta debió pasar por un proceso de pelado o retirado de cáscara y en el caso de la papaya y el melón, se debió extraer las pepas, para continuar con el proceso de corte. Después de estos detalles se procedió con las pruebas y se obtuvo los siguientes resultados:

La primera prueba se hizo con una papaya de dimensiones 9 cm x 7 cm x 10 cm

La máquina tardó un tiempo de 14 s.

El operario tardó un tiempo de 42 s.

Se repitió el proceso con una porción de papaya de dimensiones 11 cm x 9 cm x 11 cm y los resultados fueron:

La máquina tardó un tiempo de 14 s.

El operario tardó un tiempo de 1.29 min.

Obteniendo el primer resultado esperado que es el tiempo que tarda la máquina en cortar la fruta. El intervalo que ofrece la máquina oscila entre 13 segundos a 15 segundos, esta variación de 2 segundos depende del estado de maduración de la fruta, con estos datos continuaron las pruebas y se han obtenido las tablas XXIII, XXIV y XXV.

TABLA XXIII

RESULTADOS DE CORTE DE PAPAYA

Dimensiones redondeadas (largo x ancho x alto) cm	Fruta	Modo de corte	Tiempo (min)
15 x 12 x 10	Papaya	Automático	0.14
		Manual	1.41
Automático		0.14	
Manual		1.39	
Automático		0.14	
Manual		1.35	
Automático		0.13	
Manual		1.28	
11 x 9 x 7	Automático	0.14	
	Manual	1.35	
12 x 8 x 8	Automático	0.13	
	Manual	1.28	
11 x 10 x 6	Automático	0.14	
	Manual	1.37	

En la Tabla XXIII se puede observar los resultados de corte de la papaya en modo de corte y tiempo.

TABLA XXIV**RESULTADOS DE CORTE DE MELÓN**

Dimensiones redondeadas (largo x ancho x alto) cm	Fruta	Modo de corte	Tiempo
16 x 15 x 8	Melón	Automático	0.15 s
		Manual	2.02 min
8 x 9 x 4		Automático	0.14 s
		Manual	1.42 min
12 x 12 x 6		Automático	0.15 s
		Manual	1.35 min
11 x 9 x 5		Automático	0.14 s
		Manual	1.28 min
8 x 7 x 6	Automático	0.14 s	
	Manual	1.37 min	

En la Tabla XXIV se puede observar los resultados de corte del melón en modo de corte y tiempo.

TABLA XXV**RESULTADOS DE CORTE DE SANDÍA**

Dimensiones redondeadas (largo x ancho x alto) cm	Fruta	Modo de corte	Tiempo
20 x 22 x 14	Sandía	Automático	0.15 s
		Manual	1.57 min
16 x 18 x 10		Automático	0.14 s
		Manual	1.33 min
19 x 20 x 12		Automático	0.15 s
		Manual	1.51 min
15 x 12 x 11		Automático	0.14 s
		Manual	1.40 min
22 x 21 x 14	Automático	0.15 s	
	Manual	1.59 min	

4.2. Análisis y discusión

Se han analizado los resultados obtenidos anteriormente y se expone los aciertos que ha logrado la máquina frente al método convencional manual los cuales tenemos las tablas 26 y 27 para detallar mejor esta información.

TABLA XXVI

TIEMPOS DE CORTE MANUAL

Fruta	Tiempo min	Tiempo max
Papaya	1.28 min	1.41 min
Melón	1.36 min	2.02 min
Sandía	1.33 min	1.29 min

En la Tabla XXVI se expone los tiempos de corte manual de las frutas utilizadas en este proyecto.

TABLA XXVII

TIEMPOS DE CORTE AUTOMÁTICO

Fruta	Tiempo min	Tiempo max
Papaya	0.13 s	0.14 s
Melón	0.14 s	0.15 s
Sandía	0.14 s	0.15 s

En la Tabla XXVII se expone los tiempos de corte automático de las frutas utilizadas en este proyecto.

Como se pudo observar, el trabajo producido por la máquina (prototipo) fue el más conveniente para el proceso de corte. A este tiempo antes expuesto hay que añadirle el tiempo que se demora en servir, este valor no está tomado en cuenta ya que lo realiza en ambos casos el operario, este proceso parte desde que la fruta se encuentra cortada, es

decir, el operario deberá sacar la fruta cortada de la máquina y pasarla a un plato manualmente todo.

Se añade también, que los pedazos cortados manualmente son de diferentes dimensiones, ya que se antepone la velocidad antes que la precisión cuando se realiza este trabajo manual, no obstante, esto no sucede con los pedazos cortados por la máquina, todos son uniformes al ojo humano, pero si se miden, estos podrían llegar a una pequeña diferencia de milímetros ocasionada por el giro de 90° del servomotor que se encuentra ubicado debajo de la fruta.

En este proceso se ha evitado en gran parte la manipulación de las frutas, esto ayuda a que la fruta no pierda su forma cuando se encuentra en estado maduro, debido a que se vuelve más blanda su textura, lo que no ocurre en el corte manual ya que se debe sostener para realizar el corte.

El corte de las frutas ocasiona pérdida de líquido o zumo, el cual se derrama por el interior de la máquina, para ello se ha implementado un sistema de descarga, debajo de la base se encuentra un pequeño almacenador para solucionar este inconveniente.

4.3. Estudio de costos

En esta sección del presente capítulo se determina los valores requeridos para evaluar el proyecto “Diseño y construcción de prototipo de una máquina cortadora de papaya, melón y sandía para la elaboración de ensalada de frutas”.

Esta valoración se divide en costos directos y costos indirectos presentados a continuación.

4.3.1. Costos directos

Son valores económicos principales para llevar a cabo la construcción del mencionado proyecto con los siguientes parámetros:

- Materia prima bruta
- Materiales mecánicos y eléctricos

TABLA XXVIII

COSTOS DIRECTOS

Producto	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
Plancha acero inox AISI 304L (1.22 m x 2.44 m x 0.6 mm)	1	\$71	\$71
Plancha de aluminio liso (1.22 m x 2.44 m x 2 mm)	2	\$83	\$83
Plancha madera (244 cm x 122 cm x 2 cm)	1	\$36.27	\$36
Arduino Mega	1	\$50	\$50
Cables M-M	10	\$0.10	\$1
Resistencia 330 ohm	5	\$0.10	\$0.50
Resistencia 1k ohm	5	\$0.10	\$0.50
Fuente 6V - 2A	1	\$14	\$14
Pasador acero M303	3	\$2.5	\$5
Servomotor MG995	1	\$14	\$14
Servomotor SM-S4315R	1	\$18	\$18
Pieza de vidrio 26 cm x 20 cm x 0.4 cm	1	\$12	\$12
Tornillo de madera 1 1/2'	6	\$0.20	\$1.20
Clavo de vidrio	10	\$0.01	\$0.10
Tornillo 2' X 4 mm	20	\$0.20	\$4.00
Tuerca 4 mm	20	\$0.10	\$2.00
Botón pulsador	3	\$0.50	\$1.50
		Subtotal	\$314.07
		IVA 12%	\$37.69
		TOTAL	\$351.76

4.3.2. Costos indirectos

Esta valoración se realiza en función de precios reales y el análisis de tiempos estimados para la fabricación de cada parte destinada al ensamblaje. Los valores están basados en el costo de hora de trabajo de cada operador, o bien, el costo final por obra dividido para el tiempo que se tardó en la entrega de la pieza maquinada.

TABLA XXIX

COSTOS INDIRECTOS

Costo externo	Horas	Costo unitario	Costo total
Corte de acero	8	\$4.50	\$36
Corte de madera	4	\$2.50	\$10
Corte de vidrio	1	\$2.50	\$2.50
Afilamiento de cuchillas	4	\$7.50	\$30
Mano de obra	240	\$3.00	\$720
		Subtotal	\$798.50
		TOTAL	\$798.50

Esta valoración se realiza tras observar la tabla 23 y 24 para encontrar el valor final de este proyecto, tomando en cuenta costos adicionales y/o imprevistos, que pueden ser de hasta el 15% del valor del proyecto.

El resumen de los costos toma en cuenta los siguientes ítems:

- Costos directos
- Costos indirectos
- Imprevistos

TABLA XXX

RESUMEN DE COSTOS

Costos directos	\$351.76
Costos indirectos	\$798.50
Imprevistos 15%	\$172.54
TOTAL	\$1322.80

El valor final del proyecto técnico es de \$1322.80, donde se puede apreciar que la inversión mayor es el costo indirecto ya que en este, está tomado en cuenta la mano de obra calificada propia, en base al tiempo de construcción. La inversión menor es el costo directo ya que aquí solo es el resultado de la sumatoria de los materiales y materia prima adquiridos.

4.4. Análisis económico: VAN y TIR

El producto ensalada de frutas es un envase conteniendo porciones de las 3 frutas principales base de las cuales se basa este proyecto. Las frutas adicionales que puede incluir en la preparación de este producto son: piña, plátano, kiwi y manzana.

Se utiliza la cortadora de frutas para cortar en cubos de 2 centímetros la fruta, un tercio del contenido del envase corresponde a los trozos de fruta adicional.

El producto se presenta en tres tamaños que corresponden a la capacidad del envase plástico: 23, 14 y 9.5 onzas.

La tabla siguiente muestra el proceso y tiempo empleado en la elaboración del producto, el tiempo que se consume es de 10.24 minutos, se deduce que la capacidad para realizar este proceso es de 5 veces por hora y en un día 40.

TABLA XXXI**PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO**

Proceso	Duración	Unidad
Limpieza y corte de corteza de fruta	1.22	m
Corte de una fruta	16	s
Entre corte	1.3	m
Preparación de producto	40	s
Total	3.48	m
Producto (3 frutas)	10.24	m

Para determinar los costos del producto, las frutas se agrupan por tamaño y se calculan equivalencias según el volumen; por ejemplo la cantidad de cubos que se obtienen de una sandía corresponden a las que se obtienen de tres papayas. La tabla siguiente muestra las equivalencias y porciones. Por ejemplo, de una sandía se obtendrían 16 porciones para la preparación de un envase de 23 onzas.

TABLA XXXII**EQUIVALENCIA Y PORCIONES**

Equivalencia	Porciones		
	23oz	14oz	9.5oz
1 sandía 3 papayas	16	9.6	6.4
1 piña 2 melones	8	4.8	3.2
1 plátano 1 manzana	1	0.6	0.4

Los precios de la fruta se determinan mediante un promedio del mercado, por ejemplo una sandía cuesta \$3.50, una piña \$1.50, plátanos por \$1.0; a continuación se muestra la tabla con la información de cantidad y costos.

TABLA XXXIII

CANTIDAD Y COSTO DE FRUTAS

		Precio USD	Cantidad	PRODUCTO			PRODUCTO			Reducción		
				Porciones			Para Venta(1/3)			Costos		
Código	Fruta			23oz	14oz	9.5oz	23oz	14oz	9.5oz	23oz	14oz	9.5oz
A	Sandía	3.5	1	16	9.6	6.4	5.33	3.20	2.13	0.21875	0.36	0.55
B	Papaya	2	1	8	4.8	3.2	2.67	1.60	1.07	0.25	0.42	0.63
C	Piña	1.5	1	8	4.8	3.2	2.67	1.60	1.07	0.1875	0.31	0.47
D	Melón	0.5	1	4	2.4	1.6	1.33	0.80	0.53	0.125	0.21	0.31
E	Plátano	1	14	14	8.4	5.6	4.67	2.80	1.87	0.071429	0.12	0.18
F	Manzana	1	6	6	3.6	2.4	2.00	1.20	0.80	0.166667	0.28	0.42

Para determinar los costos de cada producto se realizan combinaciones de frutas y se obtiene el promedio.

TABLA XXXIV

PROMEDIO DE COSTOS

	PRODUCTO		
	Costos		
Combinaciones	23oz	14oz	9.5oz
ABC	0.65625	0.39375	0.2625
ABD	0.59375	0.35625	0.2375
ABE	0.54017857	0.32410714	0.21607143
ABF	0.63541667	0.38125	0.25416667
BCD	0.5625	0.3375	0.225
BCE	0.50892857	0.30535714	0.20357143
BCF	0.60416667	0.3625	0.24166667
CDE	0.38392857	0.23035714	0.15357143
CDF	0.47916667	0.2875	0.19166667
DEF	0.36309524	0.21785714	0.1452381
Costo Promedio	0.5327381	0.31964286	0.21309524

La siguiente tabla muestra los costos de elaboración de los productos: frutas, materiales, costos operativos y de producción, se aplica una utilidad y se fija el precio de venta.

TABLA XXXV

COSTOS DE ELABORACIÓN

		Costo elaboración del producto / Precio de Venta								
		Envase	Frutas	Cuchara	Servil	MO	Costos Operativ.	Costos Produc.	% utilidad	Precio Venta
23 oz	25u \$1.6	0.064	0.53	0.06	0.02	0.26	0.6	1.54	23%	2
14 oz	25u \$1.37	0.0548	0.32	0.06	0.02	0.26	0.6	1.32	12%	1.5
9.5 oz	25u \$1.17	0.0468	0.21	0.06	0.02	0.26	0.6	1.2	-20%	1

4.1.1. Proyección de ventas

La proyección de ventas se refiere a estimar la cantidad de producto en cada una de sus presentaciones que se venderán mensualmente. Inicialmente se considera la venta diaria de 2 a 3 unidades de cada presentación y en los meses de julio y agosto un incremento debido al efecto de vacaciones estudiantiles (entre 3 y 4 diarios).

TABLA XXXVI

PROYECCIÓN DE VENTAS

	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			Mes 7		
Año	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz
1	50	50	50	55	55	55	60	60	60	55	55	55	57	57	57	60	60	60	70	70	70
2	55	55	55	60	60	60	65	65	65	60	60	60	62	62	62	65	65	65	75	75	75
3	60	60	60	65	65	65	70	70	70	65	65	65	67	67	67	70	70	70	80	80	80
4	65	65	65	70	70	70	75	75	75	70	70	70	72	72	72	75	75	75	85	85	85
5	70	70	70	75	75	75	80	80	80	75	75	75	77	77	77	80	80	80	90	90	90
6	70	70	70	75	75	75	80	80	80	75	75	75	77	77	77	80	80	80	90	90	90

	Mes 8			Mes 9			Mes 10			Mes 11			Mes 12			Total Anual		
Año	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz
1	80	80	80	65	65	65	70	70	70	50	50	50	70	70	70	742	742	742
2	85	85	85	70	70	70	75	75	75	55	55	55	75	75	75	802	802	802
3	90	90	90	75	75	75	80	80	80	60	60	60	80	80	80	862	862	862
4	95	95	95	80	80	80	85	85	85	65	65	65	85	85	85	922	922	922
5	100	100	100	85	85	85	90	90	90	70	70	70	90	90	90	982	982	982
6	100	100	100	85	85	85	90	90	90	70	70	70	90	90	90	982	982	982

Se deducen entonces los gastos que se obtendrían para satisfacer esa demanda en USD.

TABLA XXXVII

GASTOS OBTENIDOS

	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			Mes 7		
Año	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz
1	26.64	15.98	10.65	29.30	17.58	11.72	31.96	19.18	12.79	29.30	17.58	11.72	30.37	18.22	12.15	31.96	19.18	12.79	37.29	22.38	14.92
2	29.30	17.58	11.72	31.96	19.18	12.79	34.63	20.78	13.85	31.96	19.18	12.79	33.03	19.82	13.21	34.63	20.78	13.85	39.96	23.97	15.98
3	31.96	19.18	12.79	34.63	20.78	13.85	37.29	22.38	14.92	34.63	20.78	13.85	35.69	21.42	14.28	37.29	22.38	14.92	42.62	25.57	17.05
4	34.63	20.78	13.85	37.29	22.38	14.92	39.96	23.97	15.98	37.29	22.38	14.92	38.36	23.01	15.34	39.96	23.97	15.98	45.28	27.17	18.11
5	37.29	22.38	14.92	39.96	23.97	15.98	42.62	25.57	17.05	39.96	23.97	15.98	41.02	24.61	16.41	42.62	25.57	17.05	47.95	28.77	19.18
6	37.29	22.38	14.92	39.96	23.97	15.98	42.62	25.57	17.05	39.96	23.97	15.98	41.02	24.61	16.41	42.62	25.57	17.05	47.95	28.77	19.18

	Mes 7			Mes 8			Mes 9			Mes 10			Mes 11			Mes 12			Total Anual		
Año	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz
1	37.29	22.38	14.92	42.62	25.57	17.05	34.63	20.78	13.85	37.29	22.38	14.92	26.64	15.98	10.65	37.29	22.38	14.92	395.29	237.18	158.12
2	39.96	23.97	15.98	45.28	27.17	18.11	37.29	22.38	14.92	39.96	23.97	15.98	29.30	17.58	11.72	39.96	23.97	15.98	427.26	256.35	170.90
3	42.62	25.57	17.05	47.95	28.77	19.18	39.96	23.97	15.98	42.62	25.57	17.05	31.96	19.18	12.79	42.62	25.57	17.05	459.22	275.53	183.69
4	45.28	27.17	18.11	50.61	30.37	20.24	42.62	25.57	17.05	45.28	27.17	18.11	34.63	20.78	13.85	45.28	27.17	18.11	491.18	294.71	196.47
5	47.95	28.77	19.18	53.27	31.96	21.31	45.28	27.17	18.11	47.95	28.77	19.18	37.29	22.38	14.92	47.95	28.77	19.18	523.15	313.89	209.26
6	47.95	28.77	19.18	53.27	31.96	21.31	45.28	27.17	18.11	47.95	28.77	19.18	37.29	22.38	14.92	47.95	28.77	19.18	523.15	313.89	209.26

Las ventas se encuentran expresadas en la siguiente tabla:

TABLA XXXVIII

VENTAS OBTENIDAS

	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			Mes 7		
Año	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz
1	100	75	50	110	82.5	55	120	90	60	110	82.5	55	114	85.5	57	120	90	60	140	105	70
2	110	82.5	55	120	90	60	130	97.5	65	120	90	60	124	93	62	130	97.5	65	150	112.5	75
3	120	90	60	130	97.5	65	140	105	70	130	97.5	65	134	100.5	67	140	105	70	160	120	80
4	130	97.5	65	140	105	70	150	112.5	75	140	105	70	144	108	72	150	112.5	75	170	127.5	85
5	140	105	70	150	112.5	75	160	120	80	150	112.5	75	154	115.5	77	160	120	80	180	135	90
6	140	105	70	150	112.5	75	160	120	80	150	112.5	75	154	115.5	77	160	120	80	180	135	90

	Mes 8			Mes 9			Mes 10			Mes 11			Mes 12			Total Anual		
Año	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz	23 oz	14 oz	9.5 oz
1	160	120	80	130	97.5	65	140	105	70	100	75	50	140	105	70	1484	1113	742
2	170	127.5	85	140	105	70	150	112.5	75	110	82.5	55	150	112.5	75	1604	1203	802
3	180	135	90	150	112.5	75	160	120	80	120	90	60	160	120	80	1724	1293	862
4	190	142.5	95	160	120	80	170	127.5	85	130	97.5	65	170	127.5	85	1844	1383	922
5	200	150	100	170	127.5	85	180	135	90	140	105	70	180	135	90	1964	1473	982
6	200	150	100	170	127.5	85	180	135	90	140	105	70	180	135	90	1964	1473	982

TABLA XXXIX

FLUJO DE CAJA

	Valor	Unidad	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos									
Ventas									
Frutas 23oz	\$ 2.00	USD		1484	1604	1724	1844	1964	1964
Frutas 14oz	\$ 1.50	USD		1113	1203	1293	1383	1473	1473
Frutas 9.5oz	\$ 1.00	USD		742	802	862	922	982	982
TOTAL INGRESOS				3339	3609	3879	4149	4419	4419
Egresos									
Costos fijos									
Arriendo Local	100	mes		1200	1200	1440	1440	1440	1440
Servicios Básicos (luz, agua)	15	mes		180	180	198	198	198	198
Transporte	11	mes		132	132	145.2	145.2	145.2	145.2
Compras									
Frutas 23oz	0.53	unidad		211.50	243.46	275.43	307.39	339.35	339.35
Frutas 14oz	0.32	unidad		126.90	146.08	165.26	184.43	203.61	203.61
Frutas 9.5oz	0.21	unidad		84.60	97.38	110.17	122.96	135.74	135.74
Envase 23oz (25u \$1.6)	0.064	unidad		47.49	51.33	55.17	59.01	62.85	62.85
Envase 14oz (25u \$1.37)	0.0548	unidad		40.66	43.95	47.24	50.53	53.81	53.81
Envase 9.5oz (25u \$1.17)	0.0468	unidad		34.73	37.53	40.34	43.15	45.96	45.96
Cuchara /Pincho (25u)	0.0592	unidad		43.93	47.48	51.03	54.58	58.13	58.13
Cervilleta (100u)	0.0215	unidad		15.95	17.24	18.53	19.82	21.11	21.11
Otros									

Cortadora de Frutas Inversión Inicial)			1322.80						
TOTAL EGRESOS			1322.80	2117.75	2196.46	2546.36	2625.07	2703.77	2703.77
Saldo de período			-1322.80	1221.25	1412.54	1332.64	1523.93	1715.23	1715.23
Flujo de Caja			-1322.80	-101.55	1231.09	2755.02	4470.25	6185.47	6185.47
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	16.77%								
VALOR ACTUAL				1045.86	1.46E+06	1.49E+09	2.90E+12	6.84E+15	1.00E+19
VAN	3882.34								
TIR	98.74%								

El costo del capital de la inversión del proyecto calculada mediante VAN es \$3882.34, significa que este proyecto generará ganancias, por lo tanto es factible.

Tasa de interés que convierte al valor actual neto en 0, o el límite de la tasa de interés de la inversión del proyecto que no genera ganancias. El TIR al ser mayor que 16.77% significa que el proyecto es rentable.

También se observa que la recuperación del capital invertido se lograría en el segundo año.

4.5. Evaluación del proyecto

Después de recolectar y analizar los datos, se ha logrado llegar a la meta esperada en ahorro de tiempo, mejor estética, mayor higiene; sin embargo se encontró algunos detalles que pueden ser mejorados al momento de construir la máquina con los materiales reales.

Cuando la cuchilla corta la fruta en su ciclo completo (ida y regreso) existe un sobrante de fruta en la base, siendo este, la distancia que existe entre la base y la cuchilla, esta distancia es de 0.9 mm, resultando en cubos con ese material extra sin cortar, lo cual se considerará como material de uso a conveniencia.

El movimiento del servomotor ocasiona pequeños desplazamientos en las tiras de fruta cortada lo que resulta en cubos con dimensiones oscilantes entre 1.9 cm y 2.2 cm, siendo una distancia despreciable al momento de consumirla.

CONCLUSIONES

- Se examinó los tipos diferentes del corte de fruta, mencionados en el primer capítulo, donde se llega a establecer el corte Parmentier como la mejor opción para este proyecto, con una dimensión cúbica de 2 cm, siendo un tamaño razonable para el consumo de una porción sin tener que volverlo a cortar para ingerirlo, ya que la mandíbula se abre una distancia entre 3 cm a 5 cm, siendo el tamaño ideal para ingerir este tipo de frutas cortadas, de una manera fácil y sutil.
- En la selección de alternativas estudiadas en el capítulo 2, siendo parejos los resultados, se obtuvo que la mejor alternativa fue el mecanismo biela manivela para el proceso de corte, no obstante, la opción de un sistema neumático también tuvo buena puntuación para ser tomada en cuenta en futuros proyectos, para ello se realizó el diagrama neumático que se encuentra en el anexo 9.

- Todas las piezas y elementos encontrados en este prototipo fueron obtenidos en función al análisis, estudio y cálculos encontrados en el capítulo 3, recalcando que los elementos que no tenían equivalencia con el mercado fueron sobredimensionados para garantizar su resistencia y funcionamiento.
- Se realizó el diseño y construcción de una máquina cortadora de frutas específicas con los conocimientos adquiridos en esta carrera, como una propuesta de fácil manejo, así como, de fácil mantenimiento y limpieza.
- Basados en el estudio de costos, se concluyó que este proyecto está evaluado en 1322.80 USD, siendo una buena opción de precio tomando en cuenta su inexistencia en el mercado nacional.
- Se aplicó un análisis financiero para determinar el VAN y TIR de este máquina ya en el mercado, es decir, puesto en marcha en un negocio. Se estableció que este proyecto es factible y rentable, con una recuperación de capital de dos años.

REFERENCIAS

- [1]. EXPOhoreca magazine. “Técnicas de cortes básicos de cocina”, 2021.
- [2]. Silvio Guillén. “Cortes básicos de cocina para restaurantes, hotelería y turismo”. Disponible en: Gestipolis.com, 2019.
- [3]. Food Lovers Blog. “¿Por qué se oxidan los alimentos?”. Disponible en: cookingacademy.es, 2020.
- [4]. Frutas & Hortalizas. Disponible en: www.frutas-hortalizas.com/Frutas, 2020.
- [5]. Cultivo de papaya, Anatomía –“Plataforma tecnológica agrícola para el cultivo de papaya”. Disponible en: cultivopapaya.org
- [6]. Shirley Angulo. “Manual de campo, cultivo de melón en el vivero de la UTLVT campus mutile”, 2018.
- [7]. ICBF – “Tabla de composición de alimentos”, 2005.
- [8]. Joshman Valarezo. “Taxonomía de animales y plantas”, 2014.
- [9]. Micro automación. Cilindro neumático, disponible en: ar.microautomacion.com/es/que-es-un-cilindro-neumatico/, 2019.
- [10]. Miguel Morales. “Neumática industrial para todos”
- [11]. Richard Widman y Omar Linares. “Compresores – Su funcionamiento y mantenimiento”. Publicado en: Widman International SLR, 2008.
- [12]. Ingemecánica. “Diseño de Sistemas de Aire Comprimido”, Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn201.html>
- [13]. Mundo HVAC&R, “Reguladores de Presión”. Disponible en: www.mundohvacr.com.mx/2007/09/reguladores-de-presion/, 2007.
- [14]. Sensoricx. “Regulador de presión de aire”, Disponible en: <https://sensoricx.com/mediciones-e-instrumentacion/todo-sobre-el-regulador-de-presion-de-aire/>

- [15]. Internet archive. “¿Qué es una electroválvula y para qué sirve?”, 2014.
- [16]. Grewe, Klaus, “La máquina romana de serrar piedras. La representación en bajorrelieve de una sierra de piedras de la antigüedad, en Hierápolis de Frigia y su relevancia para la historia técnica”, 2010.
- [17]. AZO Materials. “Acero Inoxidable – Grado 316 (UNS S31600) “. azom.com
- [18]. Asociación Australiana para el Desarrollo de Acero Inoxidable. (ASSDA) “304: El Lugar para Empezar“. assda.asn.au, 2016.
- [19]. Asociación Australiana para el Desarrollo de Acero Inoxidable. (ASSDA) “316: El Primer Paso Adelante“. assda.asn.au, 2016.
- [20]. Lonny López, Bernabé Vintimilla. “Diseño y construcción de una máquina cortadora de manzanas, platanos, piña y papaya con dimensiones de 40 cm. X 40 cm. X 150 cm. para la empresa El Salinerito”. UPS, 2019.
- [21]. Gunther Gridling y Bettina Weiss. “Introduction To Microcontrollers”, Vienna University of Technology, 2007.
- [22]. Centro de formación técnica para la industria – Aula21, “¿Qué es un servomotor y para qué sirve?”, 2020.
- [23]. Luis Llamas. “Controlar un servo con arduino”, Ingeniería, informática y diseño, 2021.
- [24]. Centro de conocimiento ESAB. “Proceso de soldadura – SMAW”. Disponible en: <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm>
- [25]. Solyman – Soldadura y mantenimiento S. L. “Electrodos de aceros inoxidable”, 2020.
- [26]. Jet-Arco España. “Ficha técnica electrodo revestido E308L-16” [Online].
- [27]. Indura. “Ficha técnica electrodo 316L (AWS E316L-16)”, [Online]. 2021.

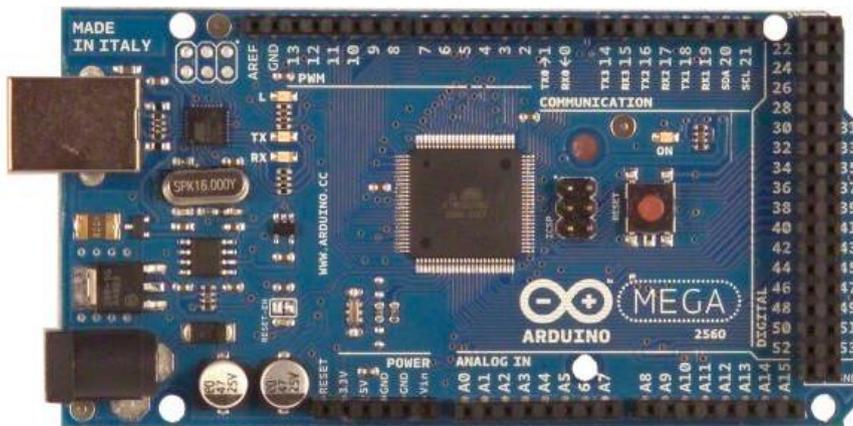
- [28]. Indura. “Electrodos para aceros al carbono”, [Online]. 2014.
- [29]. M. Rodríguez Ghiso. “Proceso de Soldadura - TIG.” [Online]. Disponible en:
http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso_soldadura_tig.cfm.
- [30]. Datasheetpdf.com. “Datasheet MG995 High Speed Metal Gear Dual Ball Bearing Servo”. [Online]. Disponible en:
<https://datasheetpdf.com/pdf/839879/ETC/MG995/1>, 2014.
- [31]. Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. “Diseño de ingeniería mecánica de Shigley”. Novena Edición, 2012.
- [32]. Juan Vallejos. “Mecanismo biela-manivela. Cálculo de la velocidad de un punto y de la velocidad angular de la biela”, [Online]. Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=Issp2Z_cNvA

ANEXOS

7.1. Datasheet Arduino Mega



Arduino Mega 2560 Datasheet



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

7.2. Datasheet electrodo E308L-16

CLASIFICACIÓN	
AWS A5.4	E308L-16
ISO 3581-A	E 199 L R 3 2
DIÁMETRO x LONGITUD (mm/Pulg)	
J128EL	2,0 mm x 300 mm → 5/64" x 12"
J108EL	2,5 mm x 350 mm → 3/32" x 14"
J109EL	3,2 mm x 350 mm → 1/8" x 14"
CARACTERÍSTICAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Puede soldar en todas las posiciones produciendo un arco suave y consistente. • Escoria de fácil remoción. • Los cordones presentan un aspecto plano y suave. • Posee una buena resistencia a la corrosión intergranular debido a su bajo contenido de carbono. 	
APLICACIONES TÍPICAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo para soldadura de aceros inoxidable de tipo rutilico. • Pueden soldar aceros de tipo AISI 304 y 304L, pudiendo también con aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L. 	



COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO)				
C	Si	Mn	S	Ni
0,030	0,55	0,87	0,011	9,63
Mo	Cr	Cu		
0,22	19,86	0,12		

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS, SOBRE EL METAL DEPOSITADO				
	R. Tensión (mpa)	Lím. Elástico (mpa)	Elongación (%)	Resistencia al impacto
Standard	≥ 520	≥ 320	≥ 35	–
Valores típicos	557	440	39	70

AMPERAJE RECOMENDADO SEGÚN DIÁMETRO	
Diámetro x longitud mm / (pulg.)	Rango de corriente (A)
2,0 x 300 (5/64" x 12")	30 - 50
2,5 x 350 (3/32" x 14")	40 - 75
3,2 x 350 (1/8" x 14")	60 - 110

POSICIONES DE SOLDADURA					
PA	PB	PC	PE	PF	PH
Posición plana	Posición en ángulo	Posición transversal	Posición en techo	Posición vertical ascendente	Posición ascendente p/tubo

TIPO DE CORRIENTE
CA / CC

CERTIFICACIONES / BAJO NORMA DE				
AWS	BAC	CNAS	IAF	ISO 9001: 2008

Referencia	Diámetro por longitud mm / (pulg.)	Tipo de Presentación	Gramos por electrodos aprox.	Electrodos por empaque aprox.	Peso del empaque (Kg)	Empaques por caja (uds.)	Peso de la caja (Kg)	Cajas por palet (uds.)	Peso total del palet (Kg.)	Color de la presentación del empaque
J128EL	2,0 x 300 (5/64" x 12")	Empaque 2 Kg	10,8	163	2	10	20	50	1000	
J108EL	2,5 x 350 (3/32" x 14")	Empaque 2 Kg	18,4	93	2	10	20	50	1000	
J109EL	3,2 x 350 (1/8" x 14")	Empaque 2 Kg	36,5	55	2	10	20	50	1000	

7.3. Datasheet electrodo E316L-16

CLASIFICACIÓN

AWS A5.1 **E316L-16**
 ISO 2560 -A **E 19 12 3 L R 1 2**

DIÁMETRO x LONGITUD (mm/Pulg)

J120EL **2,0 mm** x 300 mm → **5/64" x 12"**
 J114EL **2,5 mm** x 350 mm → **3/32" x 14"**
 J115EL **3,2 mm** x 350 mm → **1/8" x 14"**
 J129EL **4,0 mm** x 350 mm → **5/32" x 14"**

CARACTERÍSTICAS

- Electrodo rutilo-básico, para soldadura de 316L o de aceros inoxidable equivalentes.
- Alta resistencia a la corrosión general e intergranular.
- Suave apariencia del cordón.
- Fácil eliminación de escoria.

APLICACIONES TÍPICAS

- AISI 316L y grados de acero similares.
- La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.



COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO)

C	Si	Mn	P	S
0,03	0,62	0,85	0,028	0,012
Ni	Cr	Mo	Cu	
11,86	19,0	2,50	0,16	

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS, SOBRE EL METAL DEPOSITADO

	R. Tensión (mpa)	Lim. Elástico (mpa)	Elongación (%)	Resistencia al impacto
Standard	≥ 490	≥ 320	≥ 30	≥ 40
Valores típicos	560	450	44	48

AMPERAJE RECOMENDADO SEGÚN DIÁMETRO

Diámetro x longitud mm / (pulg.)	Rango de corriente (A)
2,0 x 300 (5/64" x 12")	30 - 50
2,5 x 350 (3/32" x 14")	40 - 75
3,2 x 350 (1/8" x 14")	60 - 110
4,0 x 350 (5/32" x 14")	80 - 150

POSICIONES DE SOLDADURA



TIPO DE CORRIENTE

CA / CC

CERTIFICACIONES / BAJO NORMA DE

AWS BAC CNAS IAF ISO 9001: 2008

Referencia	Diámetro por longitud mm / (pulg.)	Tipo de Presentación	Gramos por electrodos aprox.	Electrodos por empaque aprox.	Peso del empaque (Kg)	Empaques por caja (uds.)	Peso de la caja (Kg)	Cajas por palet (uds.)	Peso total del palet (Kg.)	Color de la presentación del empaque
J120EL	2,0 x 300 (5/64" x 12")	Empaque 2 Kg	10,8	163	2	10	20	50	1000	
J114EL	2,5 x 350 (3/32" x 14")	Empaque 2 Kg	18,4	93	2	10	20	50	1000	
J115EL	3,2 x 350 (1/8" x 14")	Empaque 2 Kg	36,4	55	2	10	20	50	1000	
J129EL	4,0 x 350 (5/32" x 14")	Empaque 2 Kg	52,98	38	2	10	20	50	1000	

7.4. Datasheet electrodo 6011

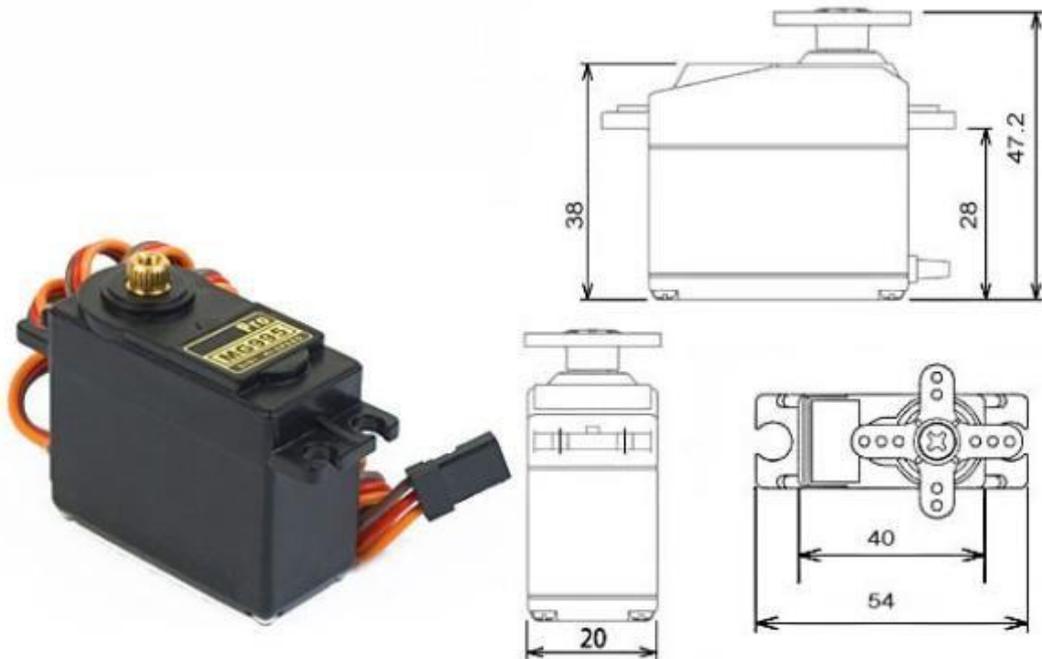
Análisis Típico del metal depositado (% en peso)							
C, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %
0,11	0,41	0,23	0,010	0,017	0,02	0,02	0,01

Propiedades Mecánicas Típicas del Metal Depositado				
Tratamiento Térmico	Esf. Fluencia en 0.2%, MPa	Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %	E. Absorbida Ch-v
S/T.T	424	495	27	34J a -30° C

Parámetros de Soldadura y Datos				
Diámetro, mm	2.4	3.2	4.0	4.8
Longitud, mm	300	350	350	350
Int. de Corr., A	40 - 80	80 - 110	110 - 150	150 - 210
Nº elect/Kg	74	34	24	17

7.5. Datasheet servomotor MG995

MG995 High Speed Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



Especificaciones:

Weight: 55 g	Stall torque: 8.5 kgf·cm (4.8 V), 10 kgf·cm (6 V)
Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.	Operating speed: 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V)

Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V	Dead band width: 5 μ s
Temperature range: 0 °C – 55 °C	Stable and shock proof double ball bearing design

7.6. Propiedades de la cuchilla

Propiedades de masa

Configuración: Predeterminado

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --Densidad = 0.00 kilogramos por milímetro cúbico

Masa = 0.30 kilogramos

Volumen = 36980.00 milímetros cúbicos

Área de superficie = 150318.00 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = 130.00

Y = -5.00

Z = 10.00

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el centro de masa.

$I_x = (1.00, 0.00, 0.00)$ $P_x = 567.04$

$I_y = (0.00, 1.00, 0.00)$ $P_y = 1551.44$

$I_z = (0.00, 0.00, 1.00)$ $P_z = 2098.69$

Momentos de inercia: (kilogramos * milímetros cuadrados). Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

$L_{xx} = 567.04$ $L_{xy} = 0.00$ $L_{xz} = 0.00$

$L_{yx} = 0.00$ $L_{yy} = 1551.44$ $L_{yz} = 0.00$

$L_{zx} = 0.00$ $L_{zy} = 0.00$ $L_{zz} = 2098.69$

Momentos de inercia: (kilogramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$I_{xx} = 604.14$ $I_{xy} = -192.95$ $I_{xz} = 385.89$

$I_{yx} = -192.95$ $I_{yy} = 6597.69$ $I_{yz} = -14.84$

$I_{zx} = 385.89$ $I_{zy} = -14.84$ $I_{zz} = 7122.68$

7.7. Datasheet servomotor SM-S4315R

43R Servo(360° Rotation) Specification

Thank you for choosing Spring Model's product

MODEL	TYPE	WEIGHT		4.8V			6V			DESCRIPTION	
		g	oz	SPEED	TORQUE		SPEED	TORQUE		GEAR	BEARING
				r/min	kg.cm	oz.in	r/min	kg.cm	oz.in		
SM-S4303R	Analog	44	1.55	60	3.3	45.8	70	4.8	66.7	1Metal Gear+ 4Plastic Gear	2
SM-S4306R		44	1.55	60	5.0	69.4	50	6.2	86.1	1Metal Gear+ 4Plastic Gear	2
SM-S4309R		60	2.12	58	7.9	109.7	49	8.7	120.8	Metal Gear	2
SM-S4315R		60	2.12	62	14.5	201.4	53	15.4	213.9	Metal Gear	2

7.8. Código de programación (Arduino IDE)

```

void loop() {
    if(pulsador1==HIGH){
        servo1.write(180);
        estado=180;
        delay(3000);
        servo1.write(0);
        estado=0;
        delay(2000);

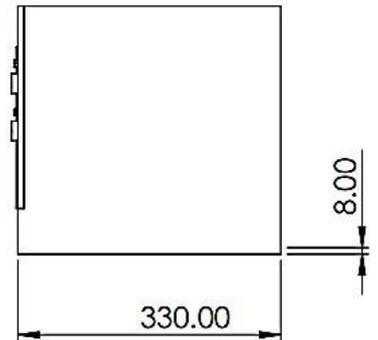
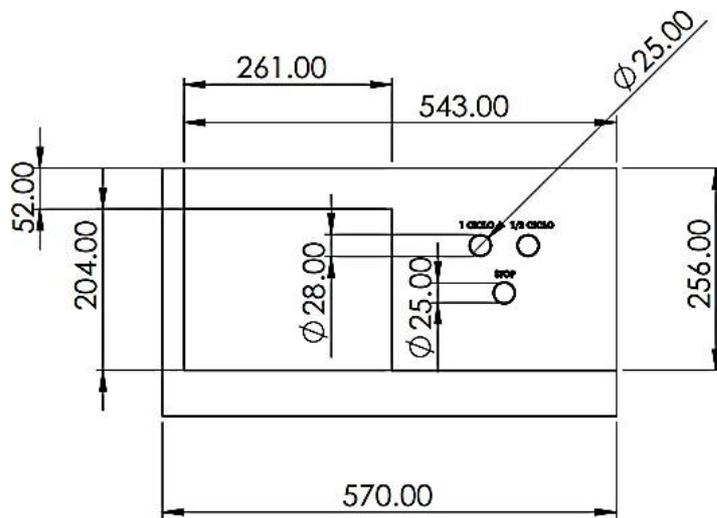
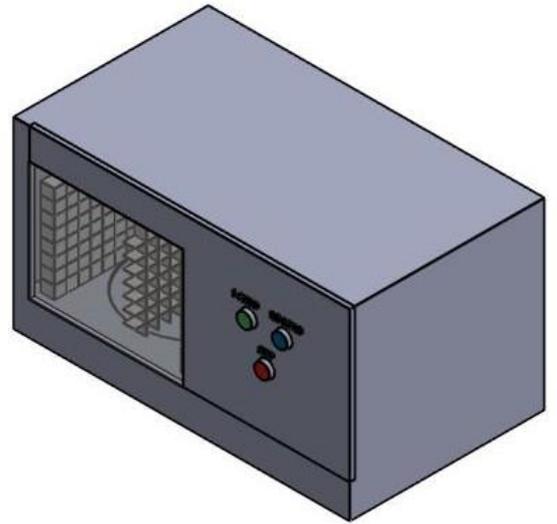
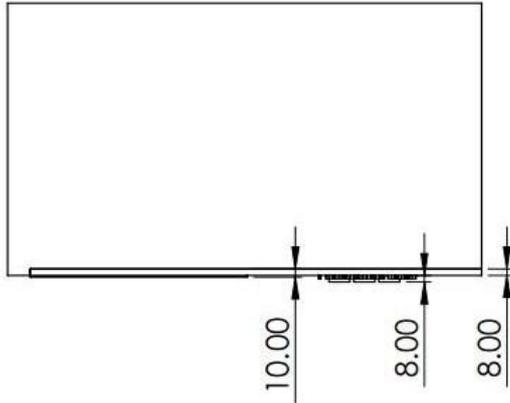
        for (int i = 0;i<128;i++)//512*4=2048
        pasos
        {
            for(int i = 0; i < 4; i++)
            {
                digitalWrite(IN1,paso[i][0]);
                digitalWrite(IN2,paso[i][1]);
                digitalWrite(IN3,paso[i][2]);
                digitalWrite(IN4,paso[i][3]);
                delay(demora);
            }
            digitalWrite(IN1,LOW);
            digitalWrite(IN2,LOW);
            digitalWrite(IN3,LOW);
            digitalWrite(IN4,LOW);
        }
        delay(2000);
        servo1.write(180);
        estado=180;
    }
    if(pulsador1==LOW) {
    }
    if(pulsador2==HIGH && k==1)
    {
        delay(60);
        k=0;
        Serial.println("Pulsador 2");
        if(estado == 0)
        {
            servo1.write(180);
            estado=180;
            Serial.println(estado);
            delay(1000);
        }
        else if(estado == 180)
        {
            servo1.write(0);
            estado=0;
            Serial.println(estado);
            delay (1000);
        }
    }
    if(pulsador2==LOW) {
        k=1;
    }
}

```

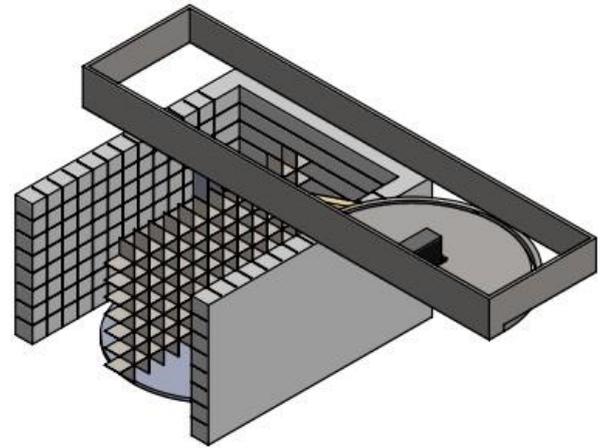
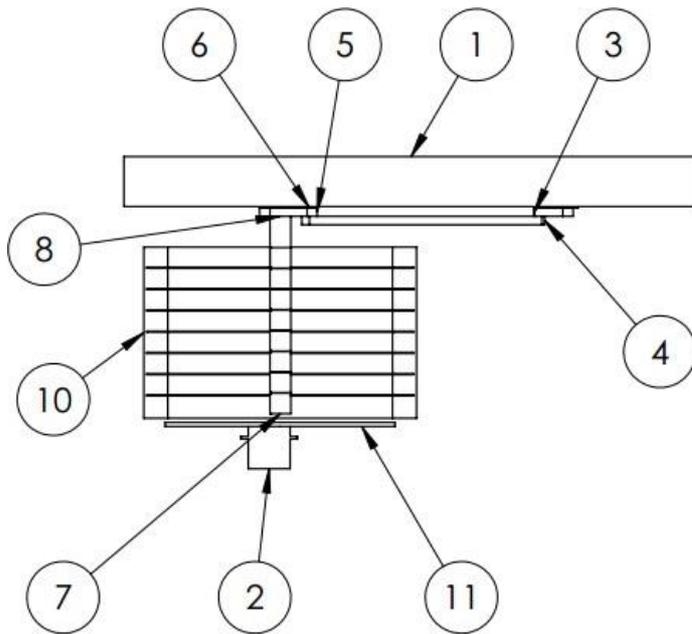
7.9. Tasa de interés Marzo 2022

Tasas de Interés			
Marzo 2022			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas*	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	7.23	Productivo Corporativo	8.86
Productivo Empresarial	9.04	Productivo Empresarial	9.89
Productivo PYMES	9.94	Productivo PYMES	11.26
Consumo	15.98	Consumo	16.77
Educativo	8.58	Educativo	9.50
Educativo Social	5.49	Educativo Social	7.50
Vivienda de Interés Público	4.98	Vivienda de Interés Público	4.99
Vivienda de Interés Social	4.98	Vivienda de Interés Social	4.99
Inmobiliario	9.34	Inmobiliario	10.40
Microcrédito Minorista	19.81	Microcrédito Minorista	28.23
Microcrédito de Acumulación Simple	20.38	Microcrédito de Acumulación Simple	24.89
Microcrédito de Acumulación Ampliada	19.76	Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.05
Inversión Pública	8.28	Inversión Pública	9.33

*De acuerdo a la Resolución 603-2020-F, de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.
De acuerdo a la Resolución JPRF-F-2021-004, de la Junta de Política y Regulación Financiera*

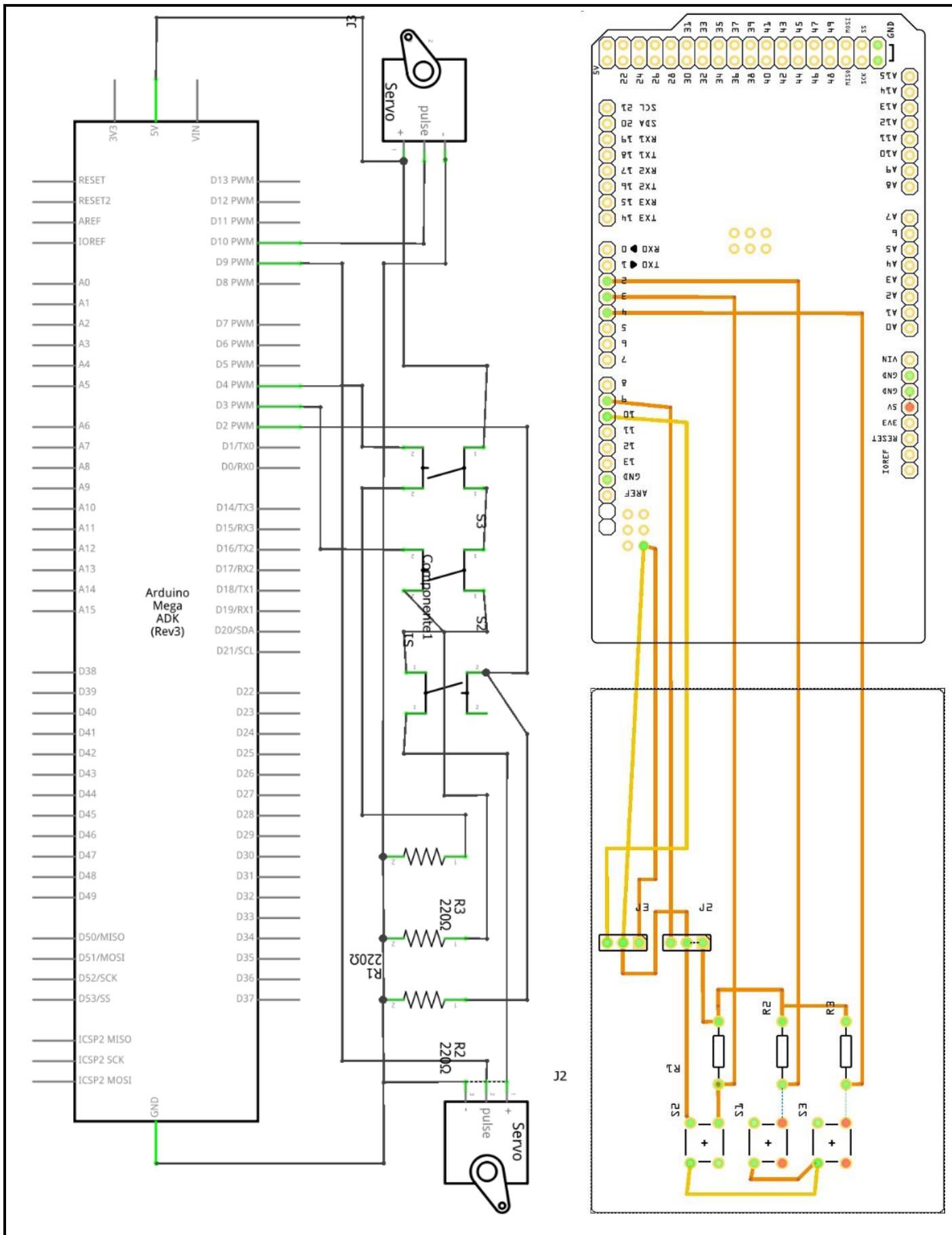


Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutos:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Dibujó:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Revisó:	Ing. Obando Fabio	2022 - 02 - 12	
PLANO GENERAL	Escala: 1:8	Código:	10.9763.01	Tol. Gral.:	NA

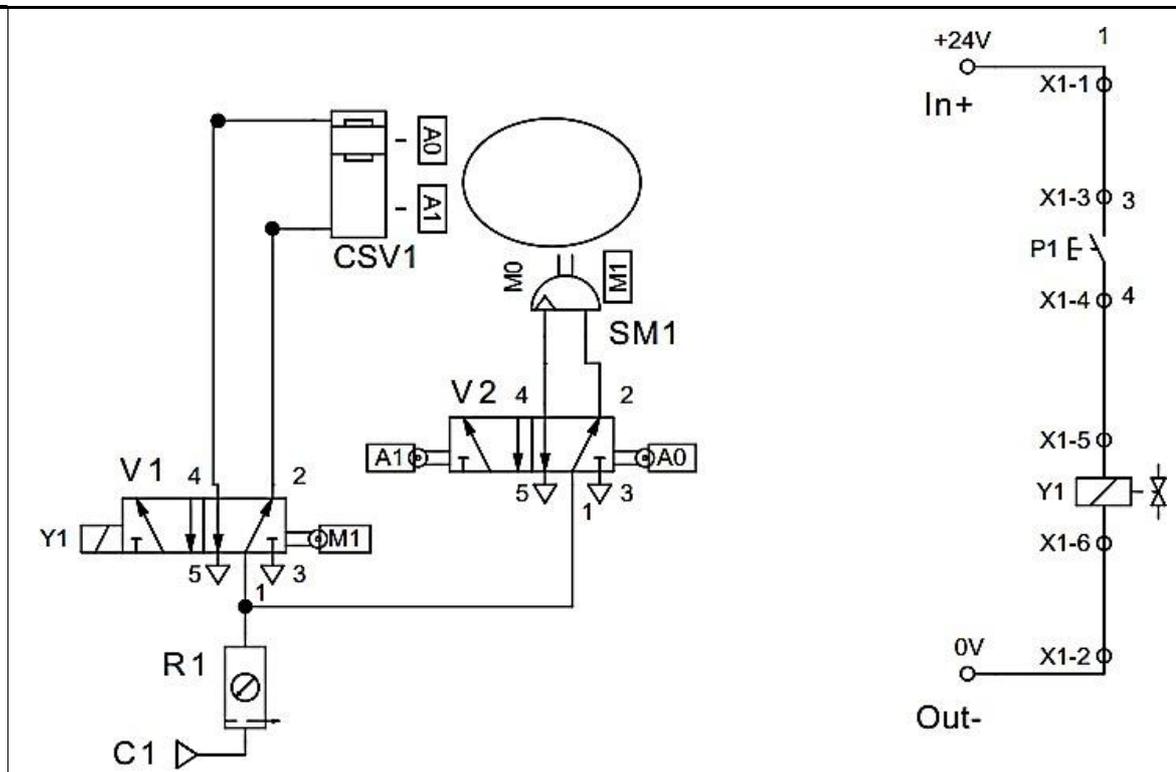


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Mecanismo	1
2	Servomotor	2
3	Manivela	1
4	Biela	1
5	Soporte Mecanismo	1
6	Pasador	3
7	Cuchilla	1
8	Acople Cuchilla	1
9	Coraza	1
10	Protección	1
11	Base Servo	1
12	Puerta	1
13	Tapa Vidrio	1

Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutos:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Dibujó:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Revisó:	Ing. Obando Fabio	2022 - 02 - 12	
PLANO CONJUNTO	Escala: 1:8	Código:	10.9763.02	Tol. Gral.: NA	

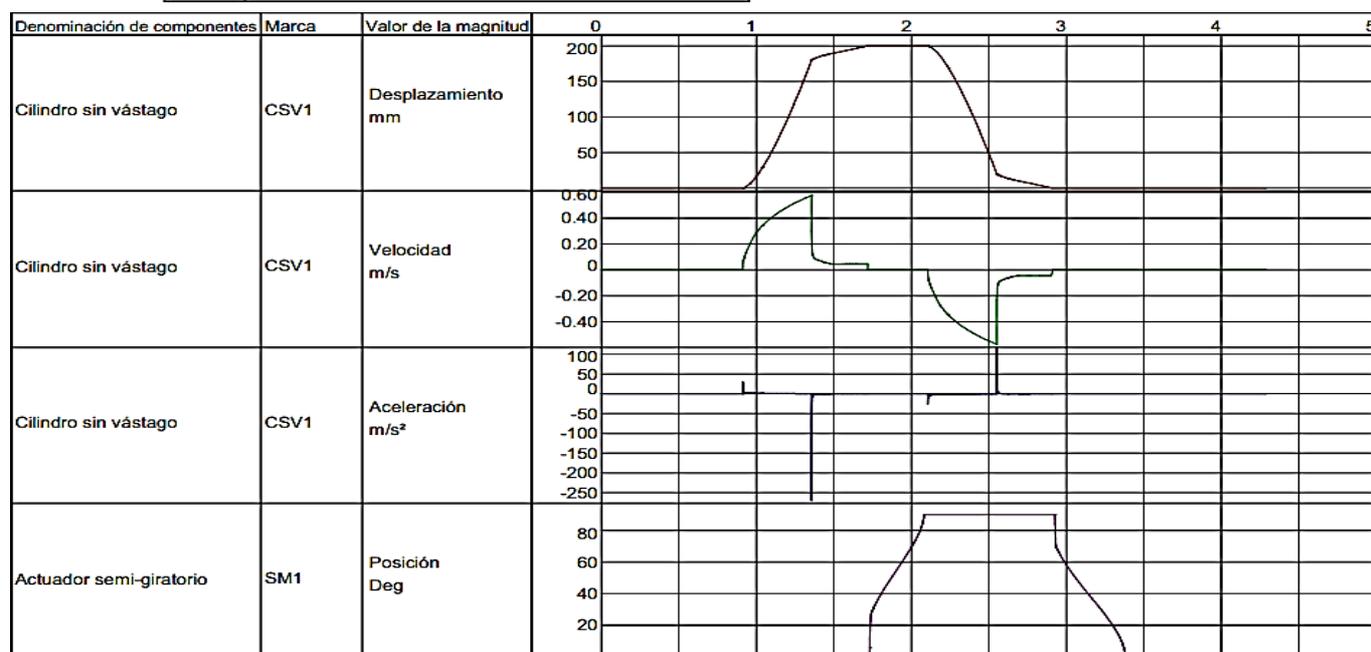


Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutos:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Dibujó:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Revisó:	Ing. Obando Fabio	2022 - 02 - 12	
PLANO ELECTRÓNICO ESQUEMÁTICO y PCB	Escala: NA	Código:	10.9763.03	Tol. Gral.: NA	



Marca	Denominación de componentes
SM1	Actuador semi-giratorio
CSV1	Cilindro sin vástago
C1	Fuente de aire comprimido
Out-	Fuente de tensión (0V)
In+	Fuente de tensión (24V)
P1	Pulsador (Obturador)
CSV1	Regla de válvula
Y1	Solenoides de válvula
R1	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
V2	Válvula de 5/n vías
V1	Válvula de 5/n vías

Diagrama de asignación de terminales					
X1					
In+	+24V	○	1	X1	3
Out-	0V	○	2	X1	6
P1	3	○	3	X1	1
P1	4	○	4		
Y1		○	5		
Y1		○	6	X1	2



Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutos:	NA
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Dibujó:	Carrasco Jaime	2022 - 02 - 11	
		Revisó:	Ing. Obando Fabio	2022 - 02 - 12	
PLANO NEUMÁTICO	Escala: NA	Código:	10.9763.04	Tol. Gral.:	NA

