



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAJADORA DE PLÁTANO  
VERDE PARA LA ELABORACIÓN DE EMPANADAS Y BOLONES  
A SER OPERADA POR UNA PERSONA DE LA TERCERA EDAD**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTORES:** JOSUÉ DAVID GAMBOA SANTANA

RICARDO GERMÁN MEJÍA GUDIÑO

**TUTOR:** FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

**QUITO – ECUADOR**

**2023**

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

Nosotros, JOSUÉ DAVID GAMBOA SANTANA con documento de identificación N°1805324389 y RICARDO GERMÁN MEJÍA GUDIÑO con documento de identificación N°1717814667; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



---

Josué David Gamboa Santana  
1805324389



---

Ricardo German Mejía Gudiño  
1717814667

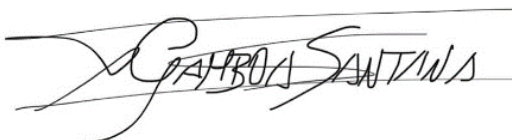
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, JOSUÉ DAVID GAMBOA SANTANA con documento de identificación N°1805324389 y RICARDO GERMÁN MEJÍA GUDIÑO con documento de identificación N°1717814667, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del Dispositivo Tecnológico: “Diseño y Construcción de una Majadora De Plátano Verde para la Elaboración de Empanadas y Bolones a ser Operada por una Persona de la Tercera Edad”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



---

Josué David Gamboa Santana  
1805324389



---

Ricardo German Mejía Gudiño  
1717814667

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación No 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAJADORA DE PLÁTANO VERDE PARA LA ELABORACIÓN DE EMPANADAS Y BOLONES A SER OPERADA POR UNA PERSONA DE LA TERCERA EDAD** , realizado por Josué David Gamboa Santana con documento de identificación No 1805324389 y Ricardo Germán Mejía Gudiño con documento de identificación No 1717814667, 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, marzo del 2023

Atentamente,



---

Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera, MSc  
1707982169

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mi abuelito Marco Gudiño, y a mi abuelita Agustina Llontop, que han hecho llegar sus fuerzas sobrenaturales para alcanzar este objetivo tan deseado por mí, a mis padres, a mi abuelita y a mi hermana, que son mi motivación para superarme y salir adelante, porque sin ellos nada tendría sentido, no ha sido nada fácil llegar hasta aquí, pero me siento orgulloso y muy agradecido.

Estoy seguro de que ahora, que ha culminado una etapa más en mi vida, cada uno recibirá su recompensa por todo lo que han hecho por mí, sin embargo, me siento aún en deuda con ustedes porque ni con toda una vida me bastaría para agradecerles lo que han hecho por mí.

*Ricardo German Mejía Gudiño*

Dedicado para Dios por haberme brindado una familia maravillosa que ha creído siempre en mí, por los dos grandes forjadores que tengo como ser humano, mis padres Mentor y Haydeé, que con su gran esfuerzo han hecho que esto sea posible, por darme el gran ejemplo de humildad, respeto y sacrificio que siempre llevaré presente a todo lado que vaya.

Para mis hermanos Daniel y María por su constante apoyo y amor incondicional, con sus consejos, enseñanzas y palabras de motivación siempre han estado presentes en todo momento.

*Jesú David Gamba Santana*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres, a mi abuelita, a mi hermana y a mis amigos, Bryan, David, Levi, Pablo, Danilo y Josué que han hecho que esto sea posible, por cada vez que supieron motivarme con sus palabras y no permitir que me rinda. Sin ellos nada esto hubiera sido posible, porque han aportado demasiado en mi vida, en todo aspecto y en todo sentido.

También quiero extender un caluroso agradecimiento a todos y a cada uno de los profesores, especialmente al Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc. PhD, al Ing. Byron Ricardo Zapata Chancusig MSc. y al Ing. Germán Barrionuevo MSc. PhD por toda su ayuda, paciencia y conocimiento brindado que me supieron guiar y encaminar en esta etapa estudiantil, porque no solo me prepararon para mi futuro, sino que también me han enseñado valores, a la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana que me supo acoger y prestarme sus instalaciones para sacar el mayor provecho de cada uno de ellos.

*Ricardo German Mejía Gudiño*

A lo largo de mi carrera universitaria he conocido grandes personas y amigos que han hecho que este proceso en la universidad sea una etapa agradable, ya que cada uno de ellos ha aportado sobre mí su granito de arena. Con sus ocurrencias y amistades hemos compartido momentos de alegría dentro y fuera de las aulas. A mi compañero y amigo de tesis Ricardo que con su apoyo hemos logrado concluir este trabajo de titulación.

Para los profesores de la universidad y de la carrera de Mecatrónica que me han brindado sus enseñanzas en todo mi proceso como estudiante que me han impartido su conocimiento en las diversas áreas de aprendizaje, a los ingenieros Fabio Obando, Ricardo Zapata y Germán Barrionuevo una gratitud total por sus consejos y enseñanzas para que este trabajo de titulación saliera adelante de la mejor forma.

*Jesusé David Gamba Santana*



## ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	II
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE .....	VIII
Índice de Figuras.....	XI
Índice de Tablas .....	XIII
RESÚMEN.....	XIV
ABSTRACT .....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	XVI
JUSTIFICACIÓN.....	XVII
OBJETIVOS .....	XVIII
CAPÍTULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1    Plátano Verde .....	1
1.1.2    El plátano verde en el Ecuador.....	1
1.1.2    Variedad de plátano verde en el Ecuador.....	2
1.1.3    Parámetros generales del producto .....	3
1.1.4    Gastronomía .....	3
1.2    Proceso de aplastado .....	5
1.2.1    Desventajas del aplastado manual.....	6
1.3    Material para la construcción de maquinaria alimenticia.....	6
1.4    Elementos neumáticos de la máquina .....	7
1.5    Microcontrolador .....	8
CAPÍTULO 2.....	9
ANÁLISIS DE SELECCIÓN Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	9
2.1    Alternativas de solución .....	9
2.1.1    Alternativa 1: Tornillo de potencia .....	9
2.1.2    Alternativa 2: Prensa neumática .....	9
2.1.3    Alternativa 3: Molino de martillo.....	10
2.2    Sistema de calificación .....	11
2.3    Análisis de alternativas .....	11
2.4    Evaluación de selección.....	12
2.5    Material para la estructura.....	12

2.6	Cilindros neumáticos.....	14
2.7	Controlador.....	15
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>17</b>
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....</b>		<b>17</b>
3.1	Diseño explosionado .....	17
3.2	Diseño ensamblado .....	18
3.3	Presión para la compresión del plátano verde.....	19
3.3.1	Descripción del ensayo .....	19
3.3.2	Resultados .....	19
3.4	Cálculo estructural de la mesa.....	20
3.4.1	Cálculo de reacciones y momentos tomados como viga .....	20
3.4.2	Análisis por tramos.....	22
3.4.3	Esfuerzo Máximo.....	24
3.4.4	Factor de seguridad.....	25
3.4.5	Cálculo de apoyos del marco de la mesa .....	25
3.4.6	Cálculo espesor placa de compresión .....	26
3.5	Cálculo de la resistencia de diseño de la soldadura en el metal base .....	28
3.6	Simulación de las piezas en SOLIDWORKS.....	29
3.6.1	Simulación marco de mesa.....	29
3.6.2	Simulación espesor de placa.....	31
3.6.3	Simulación eje de soporte del cilindro.....	32
3.7	Cálculo cilindro neumático .....	33
3.7.1	Selección del cilindro .....	35
3.8	Cálculo del caudal del compresor.....	35
3.9	Diagrama de flujo del control de la máquina .....	36
3.10	Circuito eléctrico .....	37
3.11	Montaje de la máquina.....	39
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>42</b>
<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>		<b>42</b>
4.1	Comparación manual y en máquina de tiempos para realizar el aplastado de plátano verde. ....	42
4.1.1	Tiempo de cocción del plátano verde .....	42
4.1.2	Prueba de tiempo para aplastar manualmente el plátano verde.....	43
4.2	Evaluación del producto final mediante aplastado manual y en máquina.....	45
4.3	Análisis económico .....	48
4.3.1	Construcción mecánica – Materia prima.....	48

<b>4.3.2</b>	<b>Construcción neumática</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Construcción electrónica</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Mano de obra</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Precio total de la máquina</b> .....	<b>50</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>53</b>
	<b>ANEXO I</b> .....	<b>1</b>
	<b>ANEXO II</b> .....	<b>8</b>
	<b>ANEXO III</b> .....	<b>9</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Plátano tipo barraganete [2].	2
<b>Figura 2.</b> Plátano tipo maqueño [3].	2
<b>Figura 3.</b> Plátano dominico [4].	3
<b>Figura 4.</b> Patacón [6].	4
<b>Figura 5.</b> Bolón de verde [2].	4
<b>Figura 6.</b> Tortillas de verde [7].	5
<b>Figura 7.</b> Proceso de aplastado manual con utensilio [8].	5
<b>Figura 8.</b> Simbología Compresor [12].	7
<b>Figura 9.</b> Simbología depósito [12].	7
<b>Figura 10.</b> Simbología Cilindro doble efecto con amortiguación ajustable [12].	8
<b>Figura 11.</b> Simbología de válvula 5/2 monoestable [12].	8
<b>Figura 12.</b> Microcontrolador AVR 8Bits [14].	8
<b>Figura 13.</b> Tornillo de potencia [15].	9
<b>Figura 14.</b> Prensa Neumática [16].	10
<b>Figura 15.</b> Molino de Martillo [17].	11
<b>Figura 16.</b> Cilindro Simple Efecto [18].	14
<b>Figura 17.</b> Cilindro Doble Efecto [18].	15
<b>Figura 18.</b> Arduino Uno [19].	16
<b>Figura 19.</b> Vista explosionada.	17
<b>Figura 20.</b> Máquina ensamblada.	18
<b>Figura 21.</b> Marco de la mesa como viga con carga puntual.	20
<b>Figura 22.</b> D.C.L.	21
<b>Figura 23.</b> MDSOLID Diagrama de fuerza cortante.	22
<b>Figura 24.</b> Corte primer tramo.	22
<b>Figura 25.</b> Corte segundo tramo.	23
<b>Figura 26.</b> MDSOLID Momento Máximo.	24
<b>Figura 27.</b> Inercia del perfil cuadrado [20].	24
<b>Figura 28.</b> Limite elástico del acero A36.	25
<b>Figura 29.</b> Límite elástico del acero AISI A304.	27
<b>Figura 30.</b> Propiedades mecánicas y parámetros de soldadura del electrodo E 6011 [21].	29
<b>Figura 31.</b> Desplazamiento del marco de mesa.	30
<b>Figura 32.</b> Factor de seguridad de la mesa.	30
<b>Figura 33.</b> Desplazamiento resultante de la placa.	31
<b>Figura 34.</b> Factor de seguridad de la placa.	32
<b>Figura 35.</b> Desplazamiento resultante.	32
<b>Figura 36.</b> Factor de seguridad del eje.	33
<b>Figura 37.</b> Tabla de parámetros normalizados de los cilindros [22].	35
<b>Figura 38.</b> Flujo grama.	37
<b>Figura 39.</b> Esquema eléctrico.	38
<b>Figura 40.</b> Marco y soportes de la mesa.	39
<b>Figura 41.</b> Placa perforada.	39
<b>Figura 42.</b> Mesa ensamblada.	39
<b>Figura 43.</b> Bandeja	40
<b>Figura 44.</b> Eje soporte cilindro	40
<b>Figura 45.</b> Mesa con eje ensamblada.	40
<b>Figura 46.</b> Máquina ensamblada	41

<b>Figura 47.</b> Plátano verde en su primera etapa de cocción. ....	42
<b>Figura 48.</b> Plátano verde en la etapa final de cocción de 30 minutos. ....	43
<b>Figura 49.</b> Masa final por aplastado manual .....	45
<b>Figura 50.</b> Inicio del aplastado en máquina .....	46
<b>Figura 51.</b> Masa final - Primer ciclo por aplastado en máquina .....	46
<b>Figura 52.</b> Moldeo de masa para bolón - Primer ciclo de aplastado en máquina. ....	47
<b>Figura 53.</b> Masa final - Segundo ciclo por aplastado en máquina. ....	47
<b>Figura 54.</b> Moldeo de masa para empana – Segundo ciclo de aplastado en máquina. ....	48

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Longitud de las variedades de plátano verde [1].	3
<b>Tabla 2.</b> Propiedades físicas y mecánicas AISI 304 [9].	6
<b>Tabla 3.</b> Proceso de evaluativo de alternativas.	11
<b>Tabla 4.</b> Análisis de Alternativas.	12
<b>Tabla 5.</b> Propiedades Físicas y Mecánicas ASTM A36 [19].	13
<b>Tabla 6.</b> Propiedades Físicas y Mecánicas ASTM SAE 1018 [18].	13
<b>Tabla 7.</b> Características Arduino Uno [19].	15
<b>Tabla 8.</b> Partes de la máquina.	18
<b>Tabla 9.</b> Dimensiones de la máquina de verde.	19
<b>Tabla 10.</b> Presiones para triturar verde.	19
<b>Tabla 11.</b> Datos para el cálculo estructural de la mesa.	20
<b>Tabla 12.</b> Tiempos de cocción del plátano verde.	42
<b>Tabla 13.</b> Tiempo de aplastado manual	43
<b>Tabla 14.</b> Tiempo de aplastado en máquina.	44
<b>Tabla 15.</b> Resultados	44
<b>Tabla 16.</b> Precio de los materiales para la construcción.	48
<b>Tabla 17.</b> Componentes neumáticos y electrónicos.	49
<b>Tabla 18.</b> Componentes electrónicos.	49
<b>Tabla 19.</b> Costo de mano de obra.	50
<b>Tabla 20.</b> Costo final.	50

## RESÚMEN

En el presente trabajo de titulación, se diseñó y construyó una máquina majadora de plátano verde cocido, para realizar empanadas y bolones. Esta máquina se enfocó para el uso en personas de la tercera edad, con el objetivo de disminuir el esfuerzo físico para realizar esta acción.

En el Capítulo 1 se detallan los conceptos básicos y los fundamentos teóricos, comenzando con una breve descripción de la problemática que conlleva realizar el proceso de aplastado manual. Se muestra una breve reseña histórica de la materia prima, hasta complementar con el estudio de los componentes mecánicos y electrónicos que son utilizados en la construcción esta máquina.

Para el análisis y selección de las alternativas viables, se presentan 3 opciones con diferentes materiales y controladores, con lo cual se automatiza y opera el equipo, como se detalla en el Capítulo 2. Se crea una tabla de ponderaciones que evalúa la mejor alternativa de diseño, garantizando la confiabilidad, un bajo costo y una alta eficacia en la operación del equipo.

En el Capítulo 3 se presenta el diseño y construcción del prototipo; mediante un software de diseño se seleccionaron los componentes de ensamble, a través de un análisis estático se obtiene los resultados de los esfuerzos, factores de seguridad y desplazamientos de las partes críticas que conforman la máquina. Además, se determinó la capacidad máxima de trituración de la máquina, que será de 4 plátanos verdes cocidos sobre una reja perforada con unas dimensiones de 0,2 x 0,12 m. El compresor tiene una potencia de  $\frac{1}{4}$  HP que suministrará una presión máxima de 50 PSI de los cuales solo 8 serán necesarios para aplastar el verde, impulsado por un cilindro neumático doble efecto, el cual ejercerá presión sobre la reja, obteniendo el producto deseado.

**Palabras clave:** majadora, compresor, presión, cilindro doble efecto, diseño, simulación, tercera edad.

## ABSTRACT

In the present titration work, it is oriented in the design and construction of a cooked green banana masher machine, for making empanadas and bolones. It is intended for use in the elderly, with the aim of reducing the physical effort to perform this action. Chapter 1 details the basic concepts and theoretical foundations, starting with a brief description of the problems involved in performing the manual crushing process. It shows a brief historical overview of the raw material, to complement with the study of the mechanical and electronic components that are used in the construction of this machine.

For the analysis and selection of viable alternatives, 3 options are presented with different materials and controllers, which automates and operates the equipment, as shown in Chapter 2. A weighting table is created that evaluates the best design alternative, ensuring reliability, low cost and high efficiency in equipment operation.

In Chapter 3 we present the design and construction of the green machine, through a design software we proceeded with the choice of prototype assembly components, through the static analysis offered by the software we get the results of efforts, safety factors and movement of parts of the machine. As well as the maximum crushing capacity of the machine was determined will be 4 green bananas cooked on a perforated grid with dimensions of 0.2 x 0.12 m. The compressor has a power of  $\frac{1}{4}$  HP that will supply a maximum pressure of 50 PSI of which only 8 will be needed to crush the green, driven by a double acting pneumatic cylinder, which will exert pressure on the grid, thus obtaining the desired product.

**Keywords:** masher, compressor, pressure, double-acting cylinder, design, simulation.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **PROBLEMA DE ESTUDIO**

En el Ecuador existen muchos emprendimientos dedicados a la venta de productos a base del plátano verde, que, para su preparación es obligatorio ser aplastado hasta tener el alimento triturado, tales como son los bolones, empanadas, tigrillos, tortillas, etcétera. El tiempo que conlleva el proceso para que el producto esté totalmente majado es solamente la mitad del camino ya que necesita ser relleno con lo que se va a preparar, dar forma al majado, ponerlo en cocción y finalmente obtener el producto a consumir lo cual es una larga espera.

Varios emprendimientos en la actualidad están bajo el mando de personas de la tercera edad y siendo operados por los mismos, por lo cual la fatiga será mayor, el rendimiento va a ser variable en el transcurso del día debido al proceso que es necesario para obtener el majado de verde, por ende, este problema se verá reflejado en la calidad de producto, pérdida de tiempo y una mala experiencia del consumidor.

## JUSTIFICACIÓN

Todas las personas buscan satisfacer su paladar al degustar un buen producto, en este caso el plátano verde con sus derivados, para lo cual influye en la calidad del proceso en general y cada etapa que interviene hasta llegar a su presentación final deseada.

Los motivos por lo que se ha llegado a la construcción de este prototipo de aplastador de verde se centran en que, este proceso provoca un gran desgaste físico de la persona ya sean jóvenes o adultos mayores debido al constante movimiento del brazo que tiene que ejercer sobre el verde para ir aplastando hasta lograr una consistencia sin grumos y sea fácil de moldear, dependiendo del producto a elaborar.

El tiempo que toma realizar todo este proceso ha ocasionado ciertas incomodidades, lo cual puede reflejarse como una pérdida económica para los emprendimientos. Con esta máquina se optimizará el tiempo para que el operador agilite y sea una experiencia más satisfactoria de elaborar el producto final. Este diseño se construirá a base de los conocimientos mecánicos y electrónicos, los cuales permitirán automatizar y desarrollar una manipulación sencilla de la misma para que sea utilizada por cualquier persona, sobre todo, personas de la tercera edad.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una majadora de plátano verde para la elaboración de empanadas y bolones a ser operada por una persona de la tercera edad.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las características de la materia prima (verde) y los usos en los diferentes productos recopilando información de artículos para entender la reseña histórica de la materia prima.
- Calcular y simular los componentes mecánicos del prototipo mediante software CAD-CAM para definir material y análisis de esfuerzos.
- Realizar pruebas de validación para comprobar que la automatización de la máquina reduce el tiempo y el esfuerzo físico del operario para majar el verde.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detallará los conceptos básicos y la fundamentación teórica, los cuales permitirán una correcta interpretación al lector de lo que se está llevando a cabo.

### **1.1 Plátano Verde**

#### **1.1.1 Historia**

El plátano verde conocido por su nombre científico *Musa X Pradisiaca*, proviene de los continentes asiáticos y africanos, más específicamente se dio a conocer en el Mediterráneo en el año 650 DC. Alejandro Magno llegó a la India y degustó de este alimento, sorprendido por su gran sabor decide llevar este producto hacia Grecia. Su propagación por el mundo es gracias a los navegantes árabes quienes sembraron la semilla en las costas de África Occidental. En 1516 apenas llegó al continente americano con la conquista de los españoles y las constantes corrientes migratorias que existían en esa época. Con el paso del tiempo empezó el crecimiento en la región húmeda y tropical del continente sudamericano [1].

#### **1.1.2 El plátano verde en el Ecuador**

En el Ecuador existe una gran variedad de productos agrícolas, entre ellos el plátano verde, siendo Ecuador el principal exportador de este alimento. También es una de las principales fuentes de consumo que tiene el país a través de sus platos típicos, ya que es un alimento muy versátil dentro de la gastronomía del país [1].

Es un recurso de ingresos y empleos para las familias ecuatorianas, debido a que es uno de los productos básicos en el consumo diario del ecuatoriano, especialmente en la costa del país. Se registra que, anualmente el Ecuador cultiva alrededor de 6 millones de toneladas de este producto, el 59% es exportado hacia la Unión Europea, con un 29% para Estados Unidos, y el 22% restante a varios países más. El plátano verde es cultivado en diversas zonas del país ya que posee excelentes condiciones agrícolas, los únicos lugares donde no se produce el plátano son en las provincias de Tungurahua y Carchi, teniendo un 16,06% de cultivos en la región sierra, siendo la costa el mayor porcentaje de cultivos con un 82,05% y la región oriental con menos producción y cultivos generados [1].

### 1.1.2 Variedad de plátano verde en el Ecuador

El Ecuador posee una variedad de plátanos verdes, donde sobresalen el barraganete, dominico y el maqueño.

- **El Barraganete:** Es producido mayormente en El Carmen cantón de Manabí, donde una de las principales actividades económicas es el cultivo de este. La época para su cultivo es en especial en invierno, exactamente en los meses de abril hasta mayo. Sus dimensiones son entre 22 y 30 centímetros de longitud, teniendo un grosor de 2 a 5 centímetros. En la Figura 1 se muestra el plátano tipo barraganete [1].



**Figura 1.** Plátano tipo barraganete [2].

- **El Maqueño:** Se distingue por su longitud y su peso, ya que alcanza un largo entre 20 a 25 centímetros con un grosor de 2 a 4 centímetros, alcanzado un peso aproximado de 150 a 200 gramos. En su racimo puede llegar a tener hasta 80 dedos (frutos), su color es rosado, en la gastronomía ecuatoriana, este plátano se cocina y se prepara para hacer “La Torta de Maqueño”. Se lo puede encontrar en Santo Domingo, Esmeraldas y Manabí. Tiene una gran popularidad en el mercado de snack donde se los realizan en forma de chifles [1]. En la Figura 2 se muestra el plátano maqueño.



**Figura 2.** Plátano tipo maqueño [3].

- **El Dominico:** Posee unas dimensiones de 2 a 4 centímetros de ancho, su tonalidad es verde, cuando llega a su maduración su tonalidad cambia hacia un color amarillo, con rayas y manchas marrones. Cuando está aún crudo tiene un sabor amargo, es debido a esto que se requiere ser cocido para que su aspecto sea blando y suave, usado en la gastronomía ecuatoriana como un sustituto de la papa [1]. Ver Figura 3.



Figura 3. Plátano dominico [4].

### 1.1.3 Parámetros generales del producto

Las dimensiones estándar de los plátanos de verde se registran en la Tabla 1. Se presentan las medidas de largo y ancho de los 3 tipos principales de plátanos verdes en el Ecuador.

Tabla 1. Longitud de las variedades de plátano verde [1].

	Largo (cm)	Ancho (cm)
<b>Barraganete</b>	22 a 30	2 a 5
<b>Maqueño</b>	20 a 25	2 a 4
<b>Dominico</b>	22 a 30	2 a 4
<b>Promedio</b>	28,3	4,3

En la Tabla 1 se ha obtenido los promedios de largo y ancho de los distintos tipos de verde. Para el promedio se ha tomado los valores más altos de cada variedad.

### 1.1.4 Gastronomía

Con la gran producción que tiene el país del plátano verde, tiene a este mismo como un elemento de consumo muy versátil para transformar en una gran variedad de platos

gastronómicos que caracterizan al país. En las zonas de Guayaquil, Durán y Samborondón está la mayor parte de producción de platos a base del plátano verde [5].

Entre los platos más típicos a base del plátano verde se destacan los siguientes:

- **El Patacón:** Consiste en laminar pedazo de la fruta para posteriormente ser cocido en aceite, luego se los aplana y listo para consumir. Se lo puede acompañar de diversas formas como trozos de queso hasta con mariscos, menestras, ceviches etcétera [5]. Ver Figura 4.



**Figura 4.** Patacón [6].

- **El Bolón:** Para su elaboración se utiliza el plátano dominico. Consiste en ser cocido en agua, una vez haya pasado el tiempo necesario se los retira hacia una bandeja, se procede a aplastarlo hasta tener una especie de masa y condimentarlo al gusto, posteriormente se procede a rellenar ya sea de queso o chicharrón. Dependiendo el gusto se puede freírlo para las personas que disfruten de consumirlo crujiente [5]. En la Figura 5 se muestra el bolón listo para su consumo.



**Figura 5.** Bolón de verde [2].

- **Tortillas de verde:** Se las realiza de similar forma que el bolón de verde se pone a hervir al maduro, previamente retirada la cascara, una vez pasado el tiempo de cocción, retirar y aplastar el verde hasta tener una consistencia de masa, se condimenta al gusto. Se moldea hasta conseguir la forma deseada de tortilla, rellenar con lo que se desee y acompañarlo con un curtido como se muestra en la Figura 6 de cebollas con taza de café.



**Figura 6.** Tortillas de verde [7].

## 1.2 Proceso de aplastado

El proceso que se debe hacer para lograr una consistencia de masa para preparar los diversos platos a base de verde como son los bolones y empanadas se los realizan de forma manual en la mayoría de los casos. Muchos artesanos y familias que realizan varias de las recetas a base del plátano verde lo realizan utilizando utensilios de cocina o bolillos como se muestra en la Figura 7.

El proceso de aplastado se lo realiza cuando ya esté cocido el maduro, y se encuentre blando, posteriormente se procede a aplastarlo hasta tener una masa.



**Figura 7.** Proceso de aplastado manual con utensilio [8].



### 1.2.1 Desventajas del aplastado manual

El proceso que conlleva la ejecución de aplastado de manera manual presenta muchos inconvenientes, entre los cuales existen los siguientes:

- Proceso de triturado tedioso.
- Esfuerzos físicos agotadores.
- Largos tiempos de elaboración.

### 1.3 Material para la construcción de maquinaria alimenticia

Esta máquina va a ser utilizada para procesar un alimento, por lo tanto, es muy importante saber que para estos casos es imprescindible tener en cuenta el material el cual va a ser empleado en el prototipo por salubridad y bienestar del consumidor.

- **Acero Inoxidable:** Este acero es resistente a la agresión corrosiva que está expuesta como las grasas vegetales, animales, sales, frutas etc. Este acero es una aleación entre hierro y carbono, con un porcentaje de 10 a 30% en masa de cromo. Debido a su óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) que se forma gracias a la presencia de oxígeno, hace que esta sea excelente a la resistencia a la corrosión. El más usado es el austenítico con un porcentaje de 18 en masa de cromo y un 8% en masa de níquel. Para procesos alimenticios se recomienda específicamente el AISI (304) [9]. En la Tabla 2 se muestra sus propiedades.

Tabla 2. Propiedades físicas y mecánicas AISI 304 [9].

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	
<b>Módulo de elasticidad</b>	193 – 229 GPa
<b>Dureza Máx. Brinell (HB)</b>	201
<b>Porcentaje de elongación</b>	60
<b>Resistencia a la fluencia (Sy)</b>	35 ksi – 241 Mpa
<b>Resistencia a la tensión (Su)</b>	85 ksi – 586 Mpa
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	
<b>Densidad</b>	7,7 – 8,02 g/cm <sup>3</sup>

#### 1.4 Elementos neumáticos de la máquina

La neumática se lo ejecuta a través del aire comprimido como medio transmisor de potencia. Las señales deben traducirse a escasez o presencia de presión neumática. Sus señales de salida usualmente son las posiciones que toman los cilindros [11]

- **Compresor:** Su principal y único propósito es el de aspirar aire del ambiente (presión atmosférica) y comprimirlo a una presión superior a la atmosférica. En la Figura 8 se muestra su simbología [11].

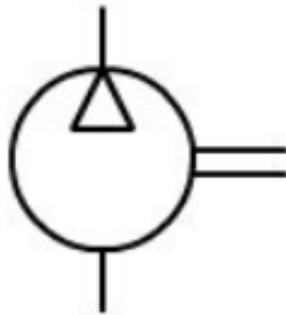


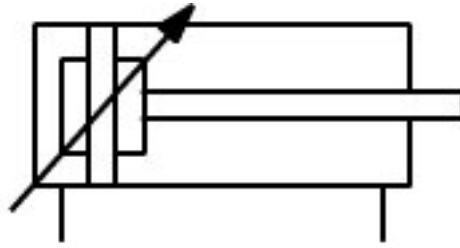
Figura 8. Simbología Compresor [12].

- **Depósito:** Sus funciones son reducir las palpitaciones del caudal de salida de compresor para estabilizar el aire. Almacenar aire, reservar energía y regular la presión requerida. Para pequeños compresores frecuentan ir establecidos debajo del mismo en una posición vertical. En la Figura 9 se muestra su simbología [11].



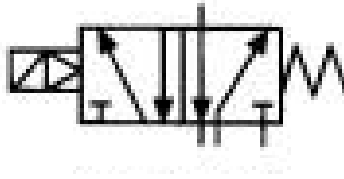
Figura 9. Simbología depósito [12].

- **Actuadores Neumáticos (Cilindros):** Los actuadores neumáticos son los encargados de transformar la energía cuando está el aire comprimido a trabajo mecánico, son denominados también receptores o elementos de trabajo. Los cilindros son los elementos que realizan el trabajo. Encargados de transformar la energía neumática en desplazamientos de avance o retroceso según la necesidad del operador [11].



**Figura 10.** Simbología Cilindro doble efecto con amortiguación ajustable [12].

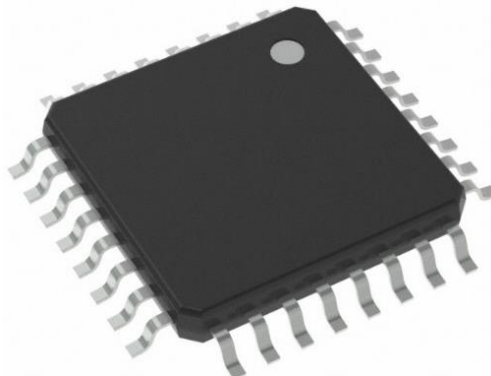
- **Válvulas de control:** O también denominadas válvulas distribuidoras, es la que controla el sentido, paro, y arranque del aire comprimido que está circulando. Su función dentro de un circuito automatizado es la de cambiar o conservar las conexiones entre los conductos para tener una salida acorde a lo programado. En la Figura 11 se muestra un ejemplo de simbología de una válvula 5/2 monoestable [11].



**Figura 11.** Simbología de válvula 5/2 monoestable [12].

## 1.5 Microcontrolador

El microcontrolador es un dispositivo electrónico programable, idóneo para llevar a cabo el control de funcionamiento de tareas específicas, gracias a su pequeño tamaño suele estar unido en la propia máquina a la que gobierna [13].



**Figura 12.** Microcontrolador AVR 8Bits [14].

## CAPÍTULO 2

### ANÁLISIS DE SELECCIÓN Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En este capítulo se presenta las alternativas que se analizarán para que garantice un buen funcionamiento y se encuentre los requerimientos del operador de la máquina, los cuales se evalúan mediante criterios y se elige la de mejor viabilidad.

#### 2.1 Alternativas de solución

##### 2.1.1 Alternativa 1: Tornillo de potencia

Para esta alternativa se tiene un sistema con tornillo de potencia, ver Figura 13. El cual contará con un motor que hará desplazar al maduro cocido. Esta alternativa contará con unas rejas de acero inoxidable, las cuales tendrán varias perforaciones para que salga el maduro hecho puré.

Su estructura metálica será totalmente de acero inoxidable. El controlador que permitirá el funcionamiento automático del prototipo será con STM - 32.

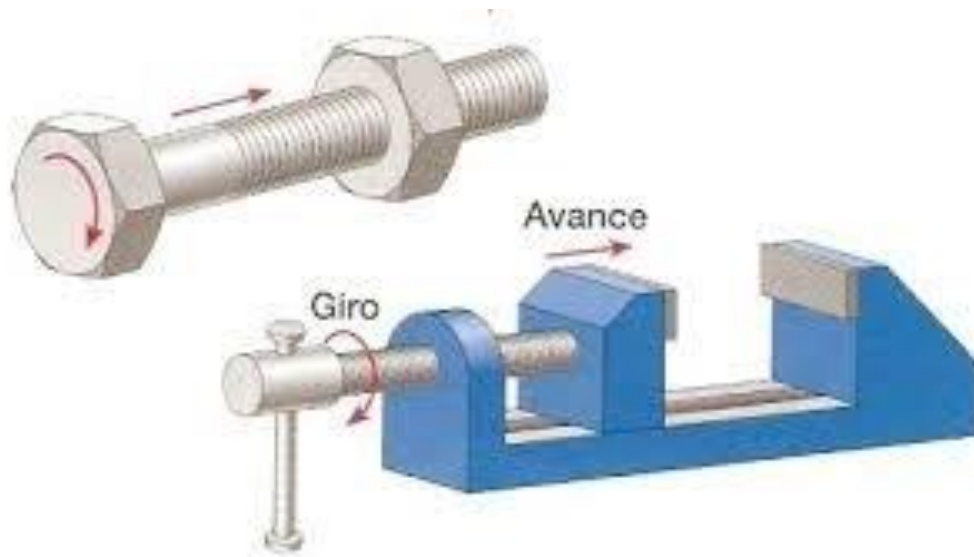


Figura 13. Tornillo de potencia [15].

##### 2.1.2 Alternativa 2: Prensa neumática

En esta alternativa se usará un principio de prensa neumática, la cual contará con un cilindro doble efecto, este ejercerá presión sobre la plancha, donde están ubicados los maduros cocidos, haciendo así el proceso de aplastado. El saliente del producto será por la parte de a debajo de la reja perforada, donde caerá en una bandeja que el operador desee recolectar. Ver Figura 14.

Su estructura será únicamente de acero inoxidable en los lugares donde esté en contacto con el alimento, como son la bandeja y la plancha aplastadora. El controlador que permitirá el funcionamiento automático del prototipo será un Arduino Uno.



**Figura 14.** Prensa Neumática [16].

### **2.1.3 Alternativa 3: Molino de martillo**

Para esta alternativa se usará el principio de molinos similares a los que se trituran el maíz, ver Figura 15. Se usará dos discos que permitirán el proceso, el uno es el dentado que estará fijo, que gira contra otro conocido como disco moledor, este último disco será impulsado por un motor que hará el proceso de trituración del maduro.

Su estructura será de acero negro, mientras que donde reposará el plátano y el canal por donde se va a dar el proceso de trituración serán de acero inoxidable por condiciones de salubridad. Su control será mediante un Arduino Uno.

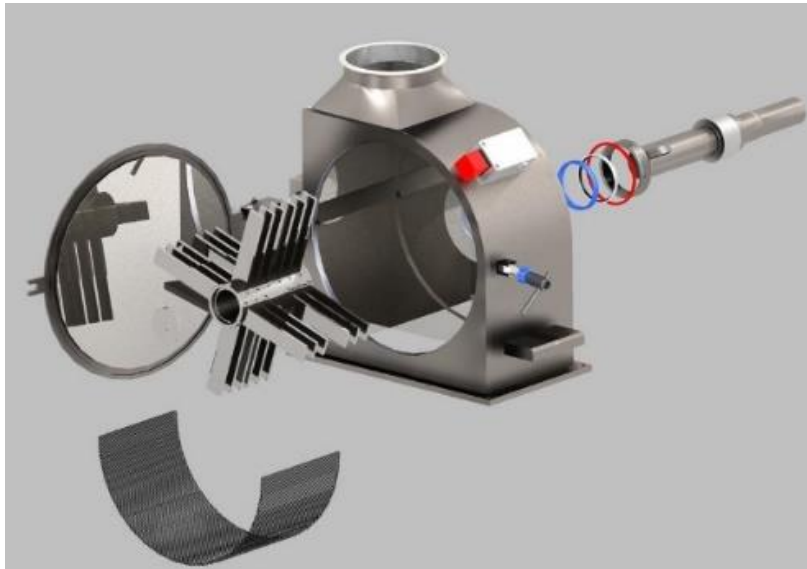


Figura 15. Molino de Martillo [17].

## 2.2 Sistema de calificación

Los parámetros para evaluar los diferentes criterios y seleccionar la alternativa que satisfaga las necesidades para ser implementada se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Proceso de evaluativo de alternativas.

ÍTEM	CRITERIOS POR VALORIZAR	INDICADOR DE EQUIVALENCIA		
		1 - 3	4 - 7	8 - 10
1	Tamaño	Grande	Mediano	Pequeño
2	Mantenimiento (Limpieza)	Difícil	Normal	Fácil
3	Peso	Pesado	Normal	Liviano
4	Eficaz	Mala	Buena	Excelente
5	Costo de implementación	Costoso	Normal	Económico
6	Operación	Difícil	Normal	Fácil

## 2.3 Análisis de alternativas

En este apartado se mostrará el rango de calificaciones que tendrá el aplastador de verde, donde tendrá una escala siendo 1 el valor bajo y 10 el mayor. Ver Tabla 4.

**Tabla 4.** Análisis de Alternativas.

ÍTEM	CRITERIO	CALIFICACIÓN			REAL
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
1	Tamaño	9	6	7	10
2	Mantenimiento (Limpieza)	1	10	1	10
3	Peso	6	4	6	10
4	Eficaz (Sin desperdicio de materia prima)	7	10	4	10
5	Costo de implementación	5	3	6	10
6	Operación	6	9	7	10
<b>Sumatoria</b>		34	42	31	60
<b>Índice Porcentual</b>		56,67 %	70 %	51,6 %	100 %

#### **2.4 Evaluación de selección.**

Según los resultados obtenidos de la Tabla 4 la alternativa ganadora ha sido la 2 con un Índice porcentual de 70 %, quedando así en segundo lugar la Alternativa 1.

Con la Alternativa 2 se tiene un mantenimiento sumamente sencillo de la máquina antes y después de ser usada, así mismo evitando desperdicios de la materia prima a aplastar, también es de fácil uso para el operador ya que permite aplastar de manera eficaz y sencilla el verde cocido.

Con esta alternativa se tiene para su construcción elementos de fácil adquisición para su ensamble, que, en cualquier comercializadora de aceros se puede conseguir, así como para su construcción no se requiere de equipos especiales para su elaboración.

#### **2.5 Material para la estructura**

Para realizar la construcción del prototipo de la majadora de plátano verde se tiene dos tipos de aceros:

- **Acero ASTM A36:** El acero más común para la fabricación de estructuras, con una buena resistencia a la tensión y compresión, además su gran accesibilidad económica la hace excelente para su uso. Tiene aleación de hierro al 98%, contiene no más de 1% de carbono haciendo que su resistencia mejore [17]. Ver Tabla 5 de las propiedades del material.

**Tabla 5.** Propiedades Físicas y Mecánicas ASTM A36 [19].

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	
<b>Módulo de elasticidad</b>	199,948 MPa
<b>Dureza Máx. Brinell (HB)</b>	119 - 162
<b>Porcentaje de elongación</b>	20
<b>Resistencia a la fluencia (Sy)</b>	250 MPa
<b>Resistencia a la tensión (Su)</b>	350 MPa
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	
<b>Densidad</b>	7,7 – 8,02 g/cm <sup>3</sup>

- **ACERO SAE 1018:** Usado comúnmente para elaboración y fabricación de piezas pequeñas que no requieren que esté sometido a grandes esfuerzos. Su composición química es de C, Mn y Si, otra de sus características es su económico precio que haga que el consumidor se interese en este material. Ver Tabla 6 para las propiedades del material.

**Tabla 6.** Propiedades Físicas y Mecánicas ASTM SAE 1018 [18].

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	
<b>Módulo de elasticidad</b>	370 MPa
<b>Dureza Máx. Brinell (HB)</b>	143
<b>Porcentaje de elongación</b>	15
<b>Resistencia a la fluencia (Sy)</b>	235 MPa
<b>Resistencia a la tensión (Su)</b>	440 MPa
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	
<b>Densidad</b>	7,87 g/cm <sup>3</sup>



El material empleado para la construcción estructural del prototipo es el acero A36 debido a sus propiedades mecánicas (ver Tabla 5) que lo hacen resistente cuando este se encuentre sometido a grandes cargas.

## 2.6 Cilindros neumáticos

Para el funcionamiento de la máquina es necesario saber qué tipo de cilindro debe ejercer el trabajo mecánico a realizar ya sea uno con desplazamiento de avance o retroceso.

Por lo cual existen de dos tipos:

### ➤ Cilindro Simple Efecto

Como su nombre lo indica este solo puede realizar un solo movimiento, ya que solo poseen una única entrada de aire comprimido para realizar el desplazamiento en un solo sentido. Su retroceso a su origen es gracias al muelle que el propio cilindro lleva incorporado, o también por fuerzas externas que ejercen sobre el vástago para su regreso a la posición inicial [11]. En la Figura 16 se aprecia el cilindro con sus componentes.

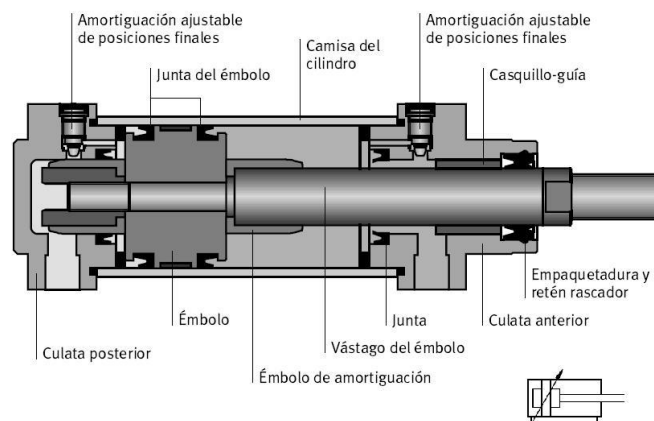
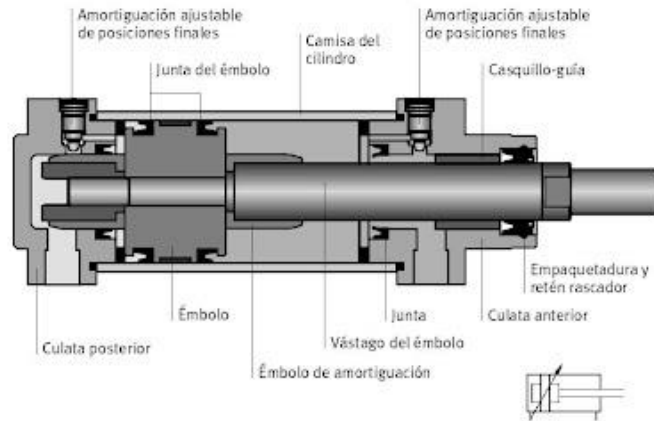


Figura 16. Cilindro Simple Efecto [18].

### ➤ Cilindro Doble Efecto

Sus dos movimientos que posee este cilindro son debidos al aire comprimido que ingresa por sus dos entradas permitiendo así que el émbolo se desplace hacia sus diferentes direcciones con la finalidad de trabajar en ambos sentidos.

Estos son más utilizados gracias a sus numerosas aplicaciones que proporciona en comparación con el de simple efecto aun cuando no se requiere trabajo en algún sentido [11]. Ver Figura 17.



**Figura 17.** Cilindro Doble Efecto [18].

## 2.7 Controlador

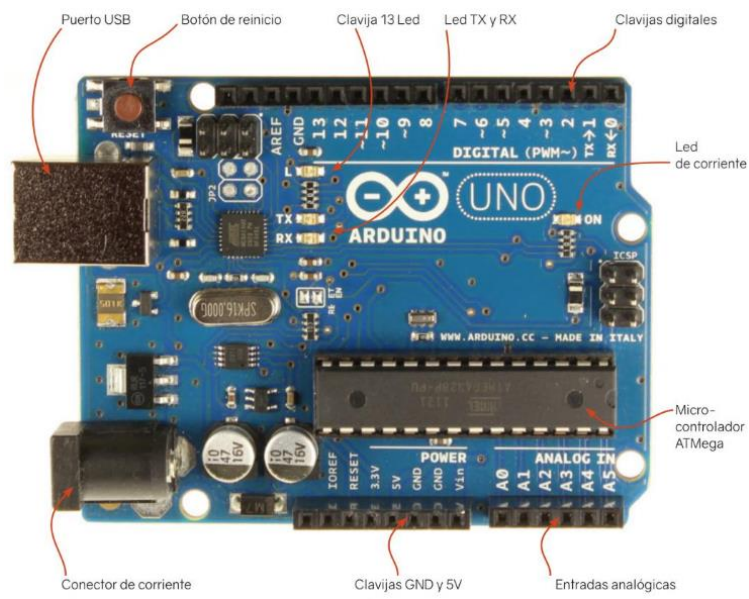
Para dar paso al control del prototipo se requiere que se adapte a las necesidades requeridas para así tener el de mejor eficacia y que satisfaga el propósito del aplastador.

- **Arduino Uno:** Es un microcontrolador con una plataforma de hardware libre. Creada para facilitar proyectos multidisciplinarios en el ámbito de control. Además, es una plataforma electrónica open source con hardware de código abierto, su funcionamiento está basado en una placa del tamaño de la palma de la mano que tiene entradas y salidas (análogas y digitales) [19]. En la Tabla 7 se presentan sus características.

**Tabla 7.** Características Arduino Uno [19].

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>MODELO</b>	Arduino Mini 05
<b>MICROCONTROLADOR</b>	ATmega328
<b>IN/OUT DIGITALES</b>	14
<b>IN/OUT ANÁLOGAS</b>	6
<b>MEMORIA FLASH</b>	32 kb
<b>VELOCIDAD</b>	16MHz

A continuación, se presenta en la Figura 18 se encuentra sus partes y denominaciones del Arduino Uno.



**Figura 18.** Arduino Uno [19].

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se presenta el diseño y construcción de la máquina de verde neumática, así como la fundamentación mediante cálculos de la estructura mecánica, diseño mecánico, neumático y electrónico para su puesta en marcha.

#### 3.1 Diseño explosionado

Con los resultados obtenidos de la selección de alternativa más viable, se procede con su diseño en el Software SolidWorks el cual proporciona un excelente diseño de estructuras en 3D teniendo varias opciones para el usuario como modelar y ensamblar piezas, así como también análisis mecánicos que se requiere para esta máquina. En la Figura 19 se muestra el diseño de manera explosionada.

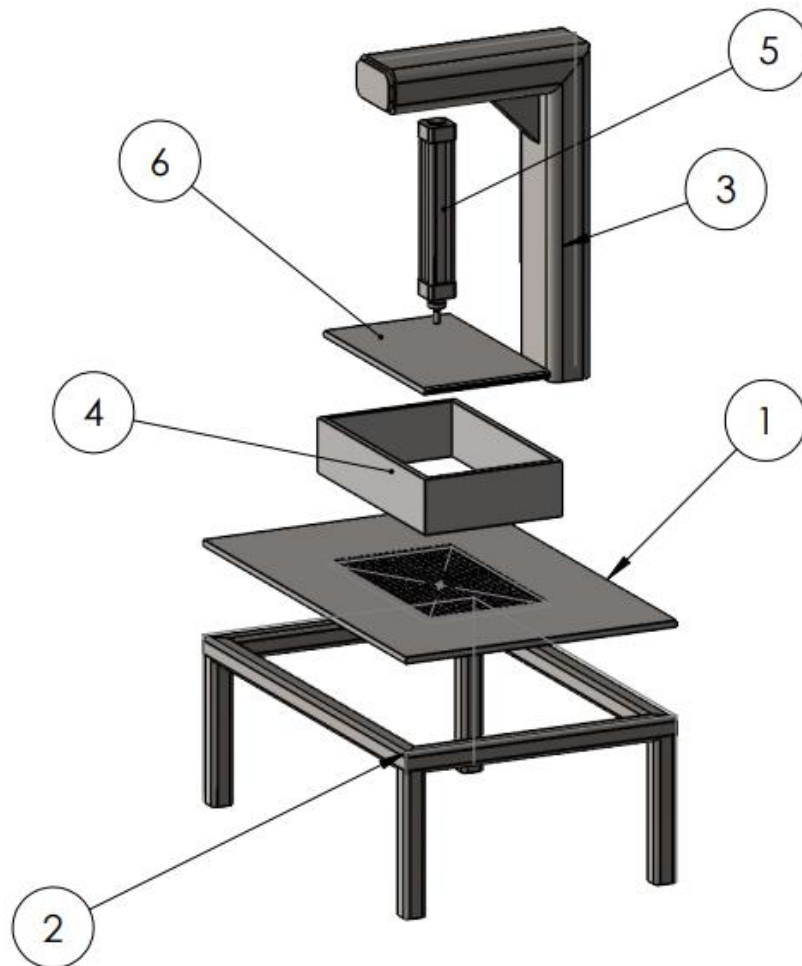


Figura 19. Vista explosionada.

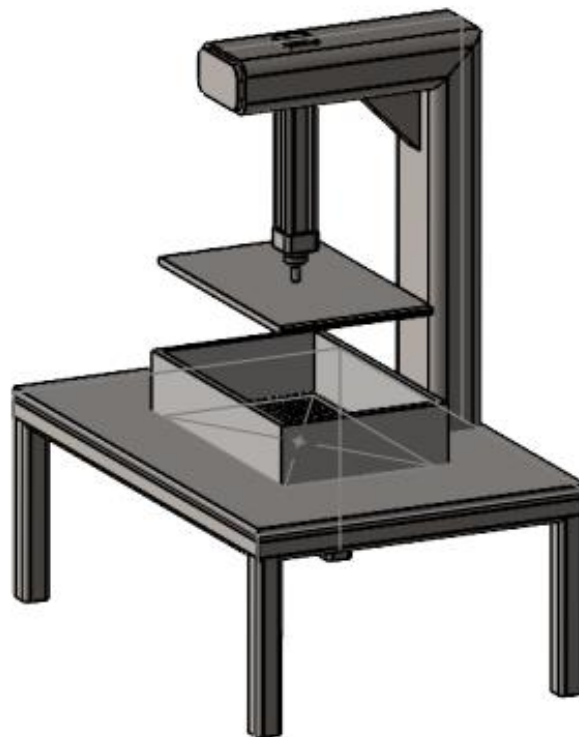
Sus respectivas denominaciones de cada componente de la máquina se pueden apreciar en la siguiente Tabla 8.

**Tabla 8.** Partes de la máquina.

<b>Número</b>	<b>Parte</b>
1	Placa perforada
2	Marco soportes
3	Eje soporte cilindro
4	Bandeja
5	Cilindro
6	Bandeja aplastadora

### 3.2 Diseño ensamblado

Se muestra el dispositivo en la Figura 20 la cual se puede apreciar de manera breve la máquina ensamblada.



**Figura 20.** Máquina ensamblada.

Finalmente, el diseño mediante el software permite conocer las longitudes finales que tendrá la máquina de verde, las cuales se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Dimensiones de la máquina de verde.

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>Medidas</b>	<b>(m)</b>
<b>Largo</b>	0,4
<b>Ancho</b>	0,26
<b>Alto</b>	0,38

### **3.3 Presión para la compresión del plátano verde**

La presión requerida para triturar el plátano verde es un parámetro fundamental para el diseño de la máquina. Para determinar dicho parámetro se realiza un ensayo de compresión.

#### **3.3.1 Descripción del ensayo**

Se procede con la preparación de la materia prima a experimentar:

- Cocción de 3 pedazos de plátano verde a diferentes tiempos de hervor
- Preparar la máquina de ensayo (prensa neumática)
- Colocar una muestra a la vez
- Registrar las mediciones

#### **3.3.2 Resultados**

En la Tabla 10 se obtiene un registro de las 3 muestras a diferentes tiempos de cocción y sus respectivas presiones a las que se trituran.

**Tabla 10.** Presiones para triturar verde.

<b>Tiempos (min)</b>	<b>Presión (PSI)</b>
15	10
22	9
30	7S
<b>PROM.</b>	8,7 ≈ 10

Como resultado del análisis se tiene un promedio de 8.7 PSI, que se ha aproximado a 10 PSI, este valor es la presión máxima que requiere el plátano verde para ser triturado.

### 3.4 Cálculo estructural de la mesa

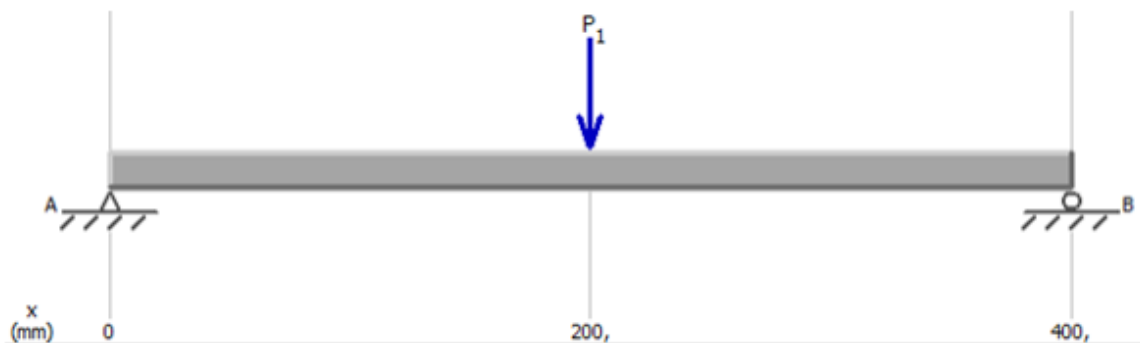
Para el cálculo estructural de la mesa se debe definir las cargas que ejercerán en el marco de esta en los parámetros de diseño: peso del cilindro, placa, presión del cilindro (Tabla 10) y el producto a triturar. Tabla 11.

**Tabla 11.** Datos para el cálculo estructural de la mesa.

Datos	Unidades
<b>Peso cilindro</b>	0,45 Kg
<b>Placa</b>	0,5 Kg
<b>Presión ejercida del cilindro</b>	0,69 Kg
<b>Plátano verde (Materia prima)</b>	1,58 Kg
<b>Total</b>	3,22 Kg
<b>Por seguridad</b>	10 Kg
<b>Transformación de masa a fuerza</b>	98,1 N

#### 3.4.1 Cálculo de reacciones y momentos tomados como viga

Para su análisis de la mesa se lo debe realizar siendo una viga y aplicando una carga puntual.



**Figura 21.** Marco de la mesa como viga con carga puntual.

Se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre del marco de la mesa para definir sus reacciones y la fuerza ejercida sobre la viga. Ver Figura 22.

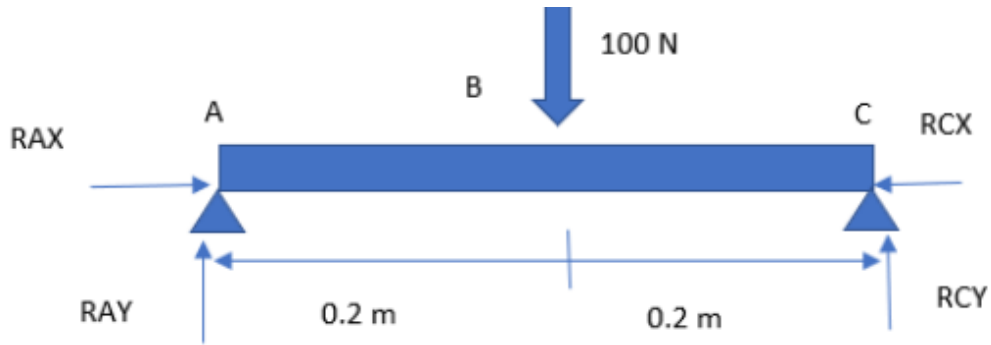


Figura 22. D.C.L.

Empezamos con el análisis de momentos con respecto a la viga a partir de la carga puntual.

$$\begin{aligned} \Sigma MA &= 0 \\ -100N(0,02m) + RCY(0,4m) &= 0 \\ RCY &= 50N \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

- $\Sigma MA$ : Sumatoria de momentos en A.
- P1: Fuerza ejercida sobre el eje en medida Newton [N]
- RCY: Reacción de C en torno al eje Y en medida [N]

Se calcula las reacciones en las vigas, se procede con la sumatoria de reacciones en el eje y.

$$\begin{aligned} \Sigma Fy &= 0 \\ RAY - 100N + RCY &= 0 \\ RAY &= 100N - 50N \\ RAY &= 50N \end{aligned} \quad (2)$$

Donde:

- $\Sigma Fy$ : Sumatoria de fuerzas con respecto al eje Y
- RAY: Reacción A en torno al eje Y en medida [N]

A través del software MDSOLID se realiza el proceso de simulación de las reacciones en los ejes. Ver Figura 23 para el diagrama de fuerza cortante.



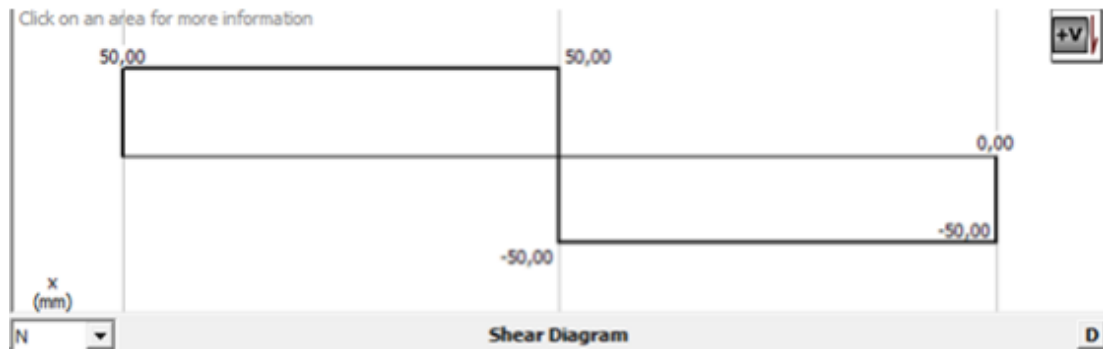


Figura 23. MDSOLID Diagrama de fuerza cortante.

### 3.4.2 Análisis por tramos

El análisis se realiza mediante dos cortes en la viga para obtener el momento máximo, el cual servirá para incluir en el cálculo de esfuerzo a flexión.

- **Tramo – Corte 1:** Primer corte en la viga como se ve en la Figura 24, donde se procede con el cálculo de momentos de este tramo:

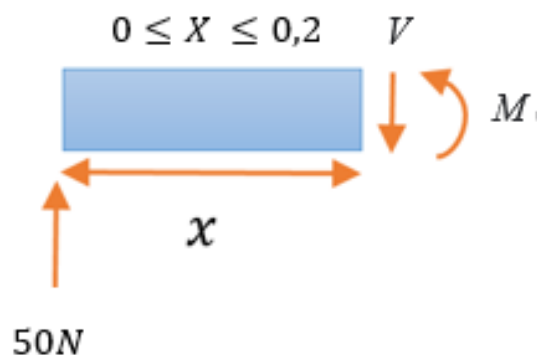


Figura 24. Corte primer tramo.

La ecuación ( 3 ) permite encontrar la sumatoria de momentos en este corte.

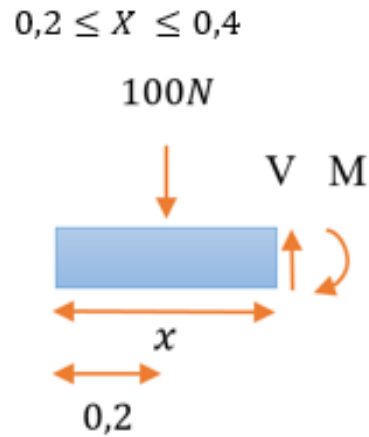
$$\begin{aligned}
 \Sigma M &= 0 \\
 M - 50N \cdot x &= 0 \\
 M &= 50x \\
 M(x = 0) &= 0 \text{ Nm} \\
 M(x = 0,2) &= 10 \text{ Nm}
 \end{aligned}
 \tag{ 3 }$$

Donde:

- $\Sigma M$ : Sumatoria de momentos
- $M$ : Momento flector interno
- $x$ : Distancia del corte

➤ **Tramo – Corte 2**

Segundo corte en la viga, donde se procede con el cálculo de momentos de este tramo:



**Figura 25.** Corte segundo tramo.

La ecuación ( 4 ) permite encontrar la sumatoria de momentos en este segundo corte.

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 0 \\ M - 50N \cdot x + 100(x - 0,2) &= 0 \\ M - 50N \cdot x + 100x - 20 &= 0 \\ M + 50x - 20N &= 0 \quad (4) \\ M &= -50x + 20 \\ M(x = 0,2) &= 10 Nm \\ M(x = 0,4) &= 0 Nm\end{aligned}$$

Donde:

- $\Sigma M$ : Sumatoria de momentos
- $M$ : Momento flector interno
- $V$ : Fuerza cortante interna
- $x$ : Distancia del corte

Se realiza la comprobación en el MDSOLID del momento máximo del eje como se muestra en la Figura 26.

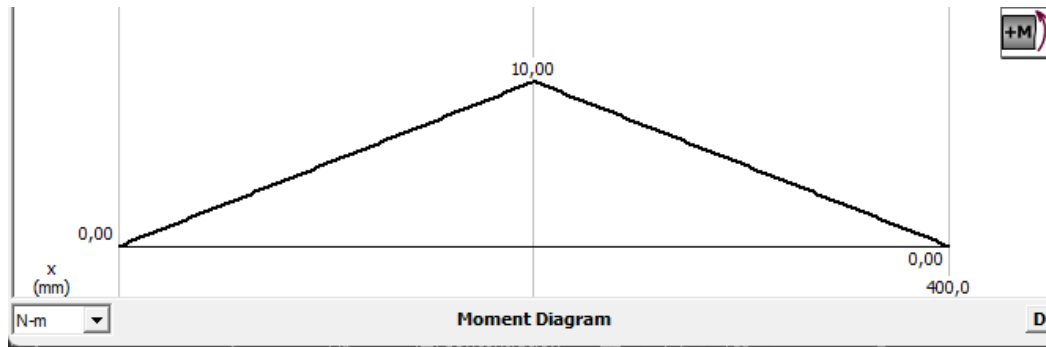


Figura 26. MDSOLID Momento Máximo.

### 3.4.3 Esfuerzo Máximo

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mc}{I}$$

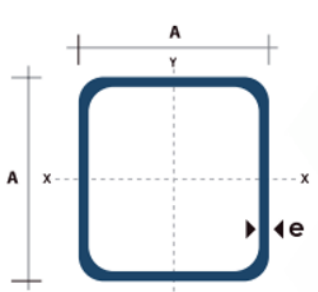
$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{(10 \text{ Nm})(0,01 \text{ m})}{(6,9 \times 10^{-9} \text{ m}^4)} \quad (5)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 14,49 \text{ MPa}$$

Donde:

- $\sigma_{max}$ : Momento máximo medido en [Nm]
- $c$ : Distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto más alejado del eje neutro.
- $I$ : Momento de inercia del área de la sección transversal respecto al eje neutro. [mm<sup>4</sup>]

La inercia se obtiene del perfil tubular cuadrado, del catálogo a la venta hacia el consumidor de DIPAC mostrada en la Figura 27.



Dimensiones			Area	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91

Figura 27. Inercia del perfil cuadrado [20].

### 3.4.4 Factor de seguridad

El factor de seguridad se determina multiplicando el 60% de la resistencia a la fluencia y dividiendo para el esfuerzo admisible.

$$F_s = \frac{0,6 S_y}{\sigma_{adm}}$$
$$F_s = \frac{0,6 (250 \text{ MPa})}{14,49 \text{ MPa}} \quad (6)$$
$$F_s = 10,35$$

Donde:

- $F_s$ : Factor de seguridad
- $S_y$ : Resistencia a la fluencia, medida en Mpa.
- $\sigma_{adm}$ : Esfuerzo admisible

El resultado obtenido en la ecuación ( 6 ) es elevado lo cual indica que el espesor seleccionado del perfil soportará la fuerza y la presión aplicada.

En la Figura 28 se muestra el valor obtenido del límite elástico proporcionado por el software de diseño SOLIDWORKS.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	400000000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	250000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K

Figura 28. Limite elástico del acero A36.

### 3.4.5 Cálculo de apoyos del marco de la mesa

El resultado del análisis que se obtendrá al resolver la ecuación ( 7 ) de esfuerzo normal y se comparará con el límite elástico que se determinó mediante el software de diseño, ver Figura 28.

Se procede a dividir la carga total para los cuatro apoyos que tiene la mesa que será 25 N por cada apoyo.

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

$$\sigma = \frac{25 \text{ N}}{0,000132 \text{ m}^2} \quad (7)$$

$$\sigma = 189,39 \text{ KPa}$$

Donde:

- $\sigma$ : Esfuerzo normal
- $P$ : Carga
- $A$ : Área

Entonces se procede a comparar el resultado del esfuerzo normal obtenido de la ecuación ( 8 ) con el límite elástico del material donde  $189,39 \text{ kPa} < 250 \text{ MPa}$  por lo tanto los apoyos no fallarán.

### 3.4.6 Cálculo espesor placa de compresión

El espesor de la placa se diseña tomando en cuenta el momento máximo calculado anteriormente en los diagramas de momento flector y fuerza cortante como se muestra en las Figura 23 y Figura 26.

Con la ecuación ( 9 ) del módulo de sección se encontrará el espesor mínimo.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_{xx}} \leq \sigma_{\text{material}} = \frac{S_y}{n} \quad (9)$$

$$S_{xx} \geq \frac{M_{\max}}{S_y * n}$$

$$S_{xx} \geq \frac{1000 \text{ N} * \text{cm}}{(2068,07 \text{ N} * \text{cm}^2)(2)}$$

$$S_{xx} \geq 0,24 \text{ cm}^3$$

Si:

- Carga: 100 N
- Límite elástico (Ver Figura 29)
- $n = 2$

Donde:

- $\sigma$  = Esfuerzo normal
- $M_{\max}$  = Momento máximo N \* cm

- $S_y = \text{Límite elástico } N \cdot \text{cm}^2$
- $S_{xx} = \text{Módulo de la sección } \text{cm}^3$
- $n = \text{Factor de seguridad}$

En la Figura 29 se muestra el valor obtenido del límite elástico proporcionado por el software de diseño SOLIDWORKS.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	1.9e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	7.5e+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	8000	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	517017000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	206807000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.8e-05	/K
Conductividad térmica	16	W/(m·K)

**Figura 29.** Límite elástico del acero AISI A304

Mediante la ecuación ( 10 ) se hallar el espesor de la placa

$$S_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$0,24 = \frac{19,6 \cdot h^2}{6}$$

$$h^2 = \frac{(0,24)(6)}{19,6} \tag{10}$$

$$h = \sqrt{\frac{(0,24)(6)}{19,6}}$$

$$h = 0,27 \text{ cm} \approx 3 \text{ mm}$$

Donde:

- $b = \text{Longitud cm}$
- $h = \text{Espesor cm}$

Con el resultado obtenido en la ecuación ( 10 ) del espesor de la placa se selecciona una placa con fácil accesibilidad y disponibilidad en el mercado ecuatoriano de igual o mayor espesor, para evitar el pandeo se selecciona una placa de 6 mm.

### 3.5 Cálculo de la resistencia de diseño de la soldadura en el metal base

En este apartado se asegurará que las uniones por filete longitudinal no fallan cuando esta se encuentra sometida a una fuerza de 100 N.

Para el análisis de resistencia del diseño del metal base A36 se utilizan las siguientes fórmulas:

#### ➤ Fluencia por cortante del elemento

Mediante la ecuación ( 11 ) se calcula la fluencia por cortante

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,60F_y * A_{gv} \\ R_n &= 1 * 0,60F_y * A_{gv} \quad ( 11 ) \\ R_n &= 0,60(250 \text{ Mpa}) * (0,02 \text{ m} * 0,002 \text{ m}) * (2) \\ R_n &= 12 \text{ kN}\end{aligned}$$

Donde:

- $A_{gv}$  = Área bruta sometida a cortante
- $R_n$  = Resistencia nominal
- $F_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero A36 (Tabla 5)
- $\phi = 1$

#### ➤ Ruptura por cortante del elemento

A través de la ecuación ( 12 ) se obtiene la ruptura por cortante

$$\begin{aligned}R_n &= 0,60F_u * A_{nv} \\ R_n &= 0,75 * 0,60 * 350 \text{ MPa} * (0,02 \text{ m} * 0,002 \text{ m}) * (2) \quad ( 12 ) \\ R_n &= 12,6 \text{ kN}\end{aligned}$$

Donde:

- $A_{nv}$  = Área neta sometida a cortante
- $\phi = 0,75$
- $F_u$  = Esfuerzo último del acero A36 (Tabla 5)

Con este análisis de la resistencia de diseño de la conexión soldada del marco de mesa se selecciona el de menor fuerza que es por Fluencia por cortante, teniendo así una resistencia máxima de la junta soldada de 12kN.

Según el catálogo de INDURA se recomienda usar el electrodo E6011, que es el más común ya que es idóneo para todas las aplicaciones de soldadura en acero al carbono, sobre todo en trabajos de alta penetración. En la Figura 30 se puede observar sus propiedades mecánicas y parámetros de soldadura.

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

**Figura 30.** Propiedades mecánicas y parámetros de soldadura del electrodo E 6011 [21].

### 3.6 Simulación de las piezas en SOLIDWORKS.

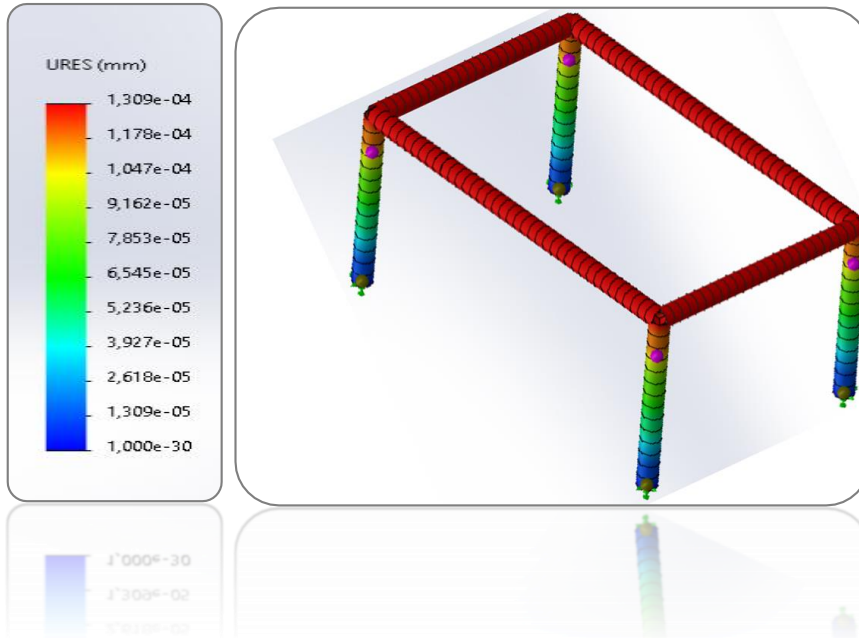
Para la simulación en el Software se especifica los materiales a usar para la construcción de la máquina los cuales son Acero A36 y Acero A304, también seleccionando las dimensiones de los perfiles preestablecidos en el SOLIDWORKS para conseguir los resultados de las simulaciones de cada componente diseñado que conforma la máquina.

#### 3.6.1 Simulación marco de mesa

##### ➤ Desplazamientos resultantes

En la Figura 31 se tiene como resultado un desplazamiento de  $1,309 \times 10^{-4}$  mm, lo cual es una cifra muy mínima y no va a afectar al momento de aplicar una fuerza de 100 N.

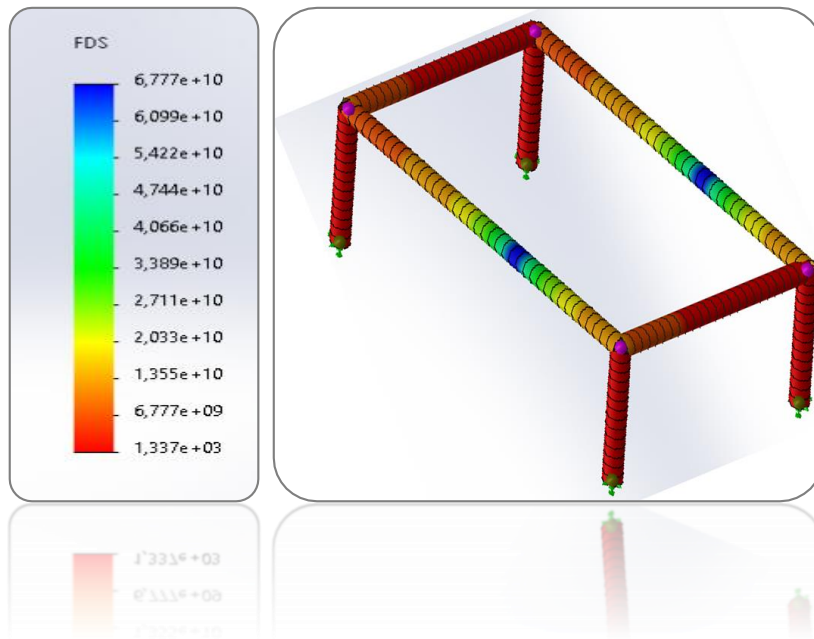




**Figura 31.** Desplazamiento del marco de mesa.

➤ **Factor de seguridad**

En la Figura 32 del diseño ha dado como factor de seguridad máximo de  $6,77 \times 10^{10}$ , y como mínimo de  $1,33 \times 10^3$ , tomando en cuenta que los soportes, son los componentes más críticos, sin embargo, está dentro del parámetro, por lo tanto, es segura la construcción.



**Figura 32.** Factor de seguridad de la mesa.

### 3.6.2 Simulación espesor de placa

#### ➤ Desplazamientos resultantes de la placa

En la Figura 33 el software proporciona un desplazamiento de  $1,298 \times 10^{-3}$  mm, lo cual indica que existe una deformación de la placa, al momento de aplicar la fuerza, sumamente mínima, por lo tanto, el grosor con el que se ha diseñado es seguro para la construcción.

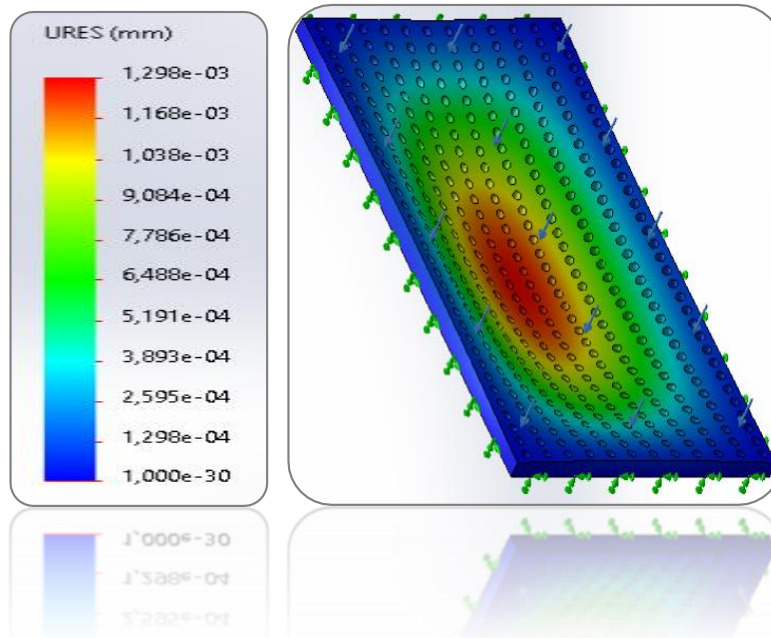


Figura 33. Desplazamiento resultante de la placa.

#### ➤ Factor de seguridad de la placa

En la Figura 34 la plancha tiene un factor de seguridad máximo de  $2,124 \times 10^4$  y de mínimo  $1,385 \times 10^2$ , sin embargo, la plancha va a resistir la presión y fuerza para la que se ha diseñado.

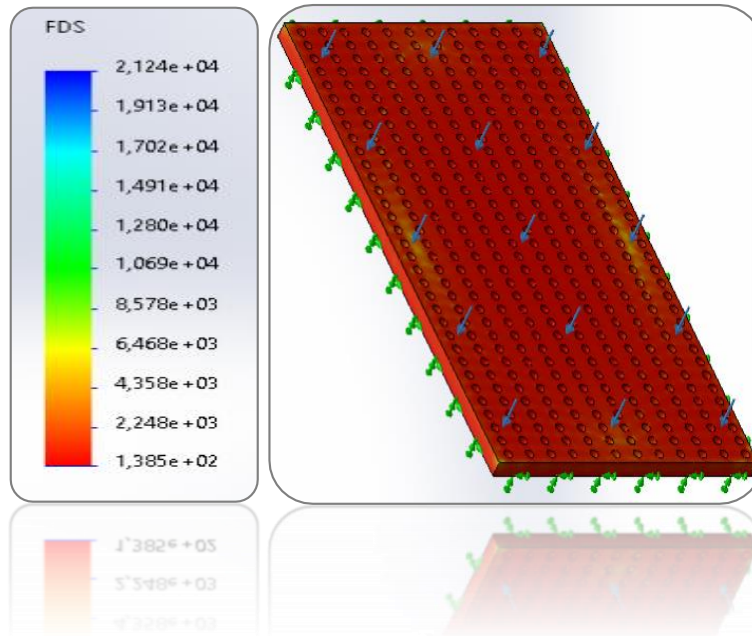


Figura 34. Factor de seguridad de la placa.

### 3.6.3 Simulación eje de soporte del cilindro

#### ➤ Desplazamientos resultantes

En la Figura 35, al momento de aplica el peso del cilindro y la presión para aplastar el verde, tiene una deformación de  $4,689 \times 10^{-3}$  mm, lo cual es una cifra pequeña y el diseño es seguro.

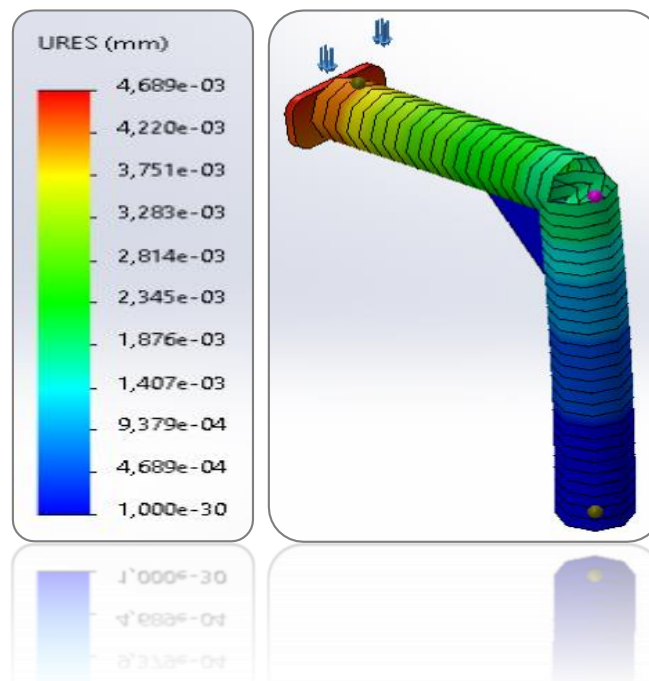


Figura 35. Desplazamiento resultante.

➤ **Factor de seguridad**

En la Figura 36 al momento de realizar el estudio, el factor de seguridad es mínimo, con un  $7,51 \times 10^2$ , lo cual indica que está dentro del rango y las medidas seleccionadas para el diseño son óptimas.

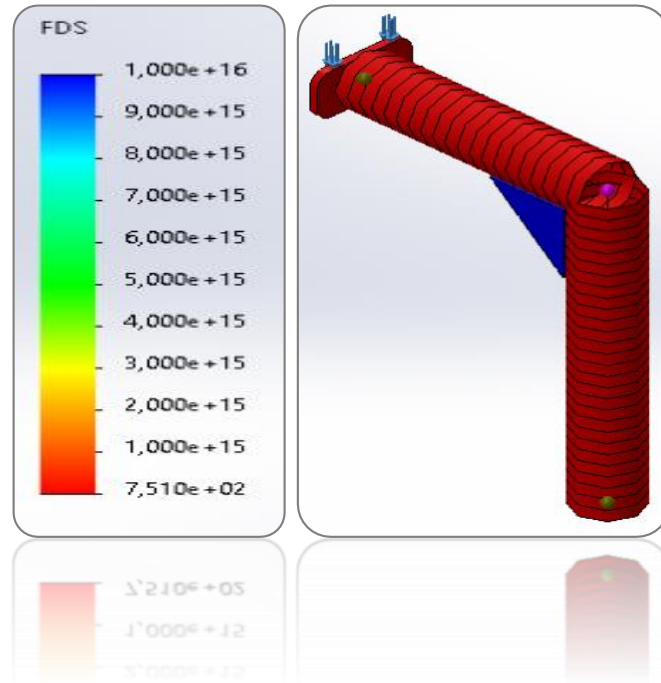


Figura 36. Factor de seguridad del eje.

**3.7 Cálculo cilindro neumático**

En este apartado se selecciona el cilindro, para lo cual los parámetros deben ser iguales o mayores a los calculados para garantizar la adecuada operación.

➤ **Cálculo de la fuerza cilindro doble efecto teórica**

Para determinar la fuerza de avance teórica del cilindro doble efecto neumático se emplea la ecuación ( 13 ).

$$F_a = p * S_a \tag{13}$$

Donde:

- Fa: Fuerza de avance teórica
- p: Presión [ $N/mm^2$ ]
- Sa: Superficie

Para determinar el área de avance teórica del cilindro se emplea la ecuación ( 14 ).

$$\begin{aligned} Sa &= \frac{\pi * D^2}{4} \\ Sa &= \frac{\pi * (20mm)^2}{4} \\ Sa &= 314,16 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (14)$$

Se reemplaza el resultado de la ecuación ( 14 ) en ( 13 ).

$$\begin{aligned} Fa &= (0,6 \frac{N}{\text{mm}^2})(314,16 \text{ mm}^2) \\ Fa &= 188,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Para determinar la fuerza de retroceso teórica del cilindro se emplea la ecuación ( 15 ).

$$Fr = p * Sr \quad (15)$$

Donde:

- Fr: Fuerza de retroceso teórica

Para determinar el área del retroceso teórica del cilindro se emplea la ecuación ( 16 ).

$$\begin{aligned} Sr &= \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \\ Sr &= \frac{\pi * (20\text{mm}^2 - 12\text{mm}^2)}{4} \\ Sa &= 201,06 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (16)$$

Se reemplaza el resultado de la ecuación ( 13 ) en ( 13 ).

$$\begin{aligned} Fr &= (0,6 \frac{N}{\text{mm}^2})(201,06 \text{ mm}^2) \\ Fr &= 120,64 \text{ N} \end{aligned}$$

### ➤ Cálculo de la fuerza cilindro doble efecto real

Para determinar la fuerza de avance real del cilindro doble efecto neumático se emplea la ecuación ( 17 ).

$$\begin{aligned} Fa &= Fat * n \\ Fa &= 188,5 \text{ N} * 0,75 \\ Fa &= 141,38 \text{ N} \end{aligned} \quad (17)$$

Donde:

- Fa: Fuerza de avance real

- Fat: Fuerza teórica de avance

Para determinar la fuerza de retroceso del cilindro se emplea la ecuación ( 18 ).

$$Fr = Frt * n$$

$$Fr = 120,64 \text{ N} * 0,75$$

$$Fr = 90,48 \text{ N}$$
( 18 )

Donde:

- Fr: Fuerza de retroceso real
- Frt: Fuerza teórico de retroceso

### 3.7.1 Selección del cilindro

De acuerdo a la fuerza con la que se ha calculado en cada uno de los apoyos, se ha seleccionado un cilindro de carrera de 150 mm, lo cual es suficiente para la compresión del verde.

La elección se realiza por tablas como se muestra en la Figura 37.

Ø VASTAGO [mm]	Ø EMBOLO [mm]	FUERZA NETA a P = 6 bar [N]	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS [mm]
—	6	15	10, 25, 40, 80
4	12	60	10, 25, 40, 80, 140, 200
6	16	106	10, 25, 40, 80, 140, 200, 300
10	25	260	25, 40, 80, 140, 200, 300
12	35	509	70, 140, 200, 300
16	40	665	40, 80, 140, 200, 300
18	50	1039	70, 140, 200, 300
22	70	2037	70, 140, 200, 300
25	100	4156	70, 140, 200, 300
30	140	8146	70, 140, 200, 300
40	200	16625	70, 140, 200, 300
50	250	25977	70, 140, 200, 300

Figura 37. Tabla de parámetros normalizados de los cilindros [22].

### 3.8 Cálculo del caudal del compresor

Es importante saber la potencia del motor y el caudal de trabajo para ello se emplea la ecuación ( 19 ).

$$Q = \frac{\pi}{4} * d^2 * c * n * p * N * 10^{-6}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (20)^2 * 150 * 2 * 7 * 2 * 10^{-6}$$
( 19 )

$$Q = 1,31 \frac{l}{min} \approx 2 \frac{l}{min}$$

Donde:

- $Q =$  Caudal  $\frac{l}{min}$
- $d =$  Diámetro mm
- $c =$  Carrera de cilindro mm
- $N =$  Número de efectos del cilindro
- $n =$  Número de ciclos completados por minuto
- $p =$  Presión de trabajo + 1 bar

Si:

- $d = 20$  mm
- $c = 150$  mm
- $N = 2$
- $n = 2$
- $p = 7$  bares

El caudal resultante aplicado a la ecuación ( 19 ) es de  $2 \frac{l}{min}$ , por lo cual se necesita un motor con la mínima potencia disponible en el mercado.

### **3.9 Diagrama de flujo del control de la máquina**

Por medio de un flujo grama de la Figura 38 se representa la secuencia de actividad de funcionamiento del majador desde su inicio hasta su finalización del proceso, donde se empieza con la configuración de pines declarando los puertos de entradas y salidas, siendo IN el botón y como OUT el Led. Cuando el pulsador es No el vástago no se extenderá, mientras si se selecciona Si se accionará para dar la salida del vástago durante un tiempo de 2000 ms, luego de completar el tiempo el vástago se retrae en el mismo periodo de tiempo así culminando su ciclo o proceso.

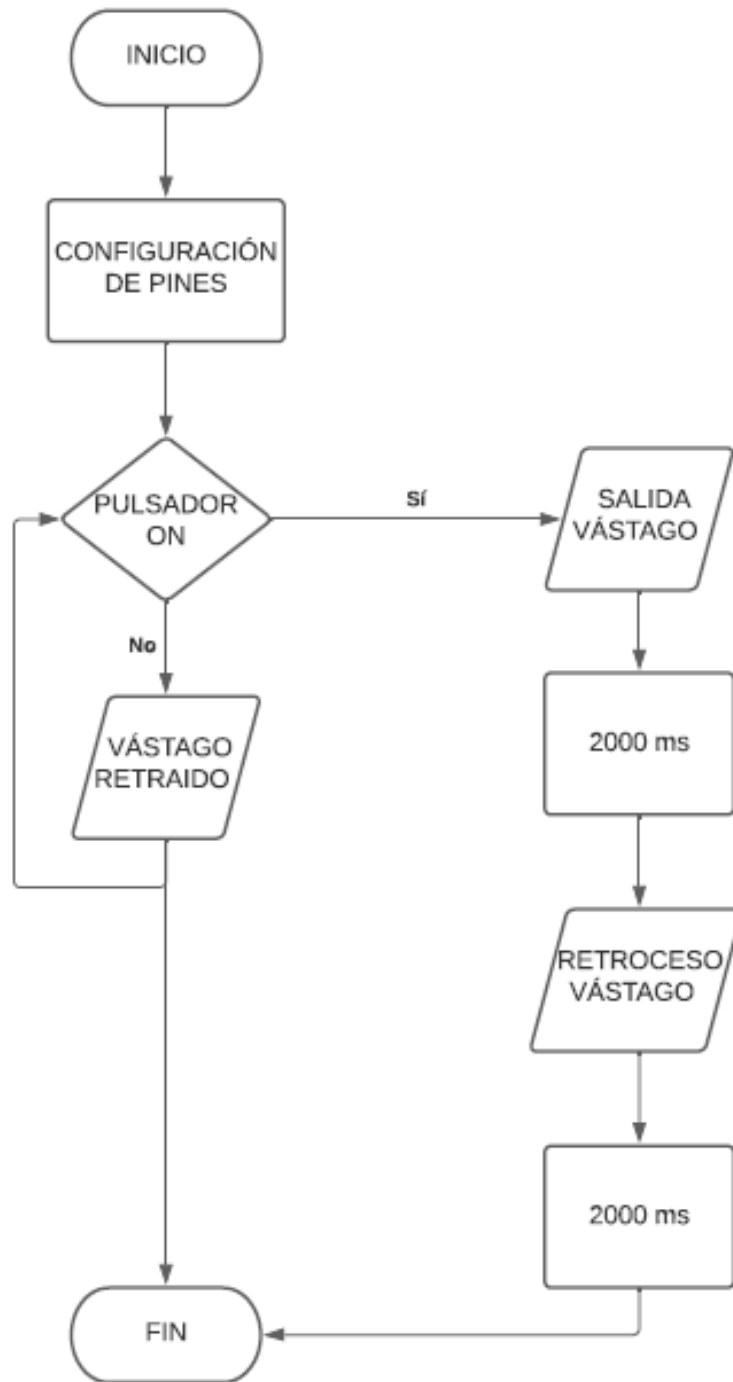


Figura 38. Flujograma

### 3.10 Circuito eléctrico

El esquema realizado para dar paso al control electrónico y su correcto funcionamiento se muestra en la Figura 39 el cual está conformado por un controlador Arduino Uno, dos solenoides que darán el avance o retroceso del cilindro, así como la botonera que dará accionamiento al prototipo.



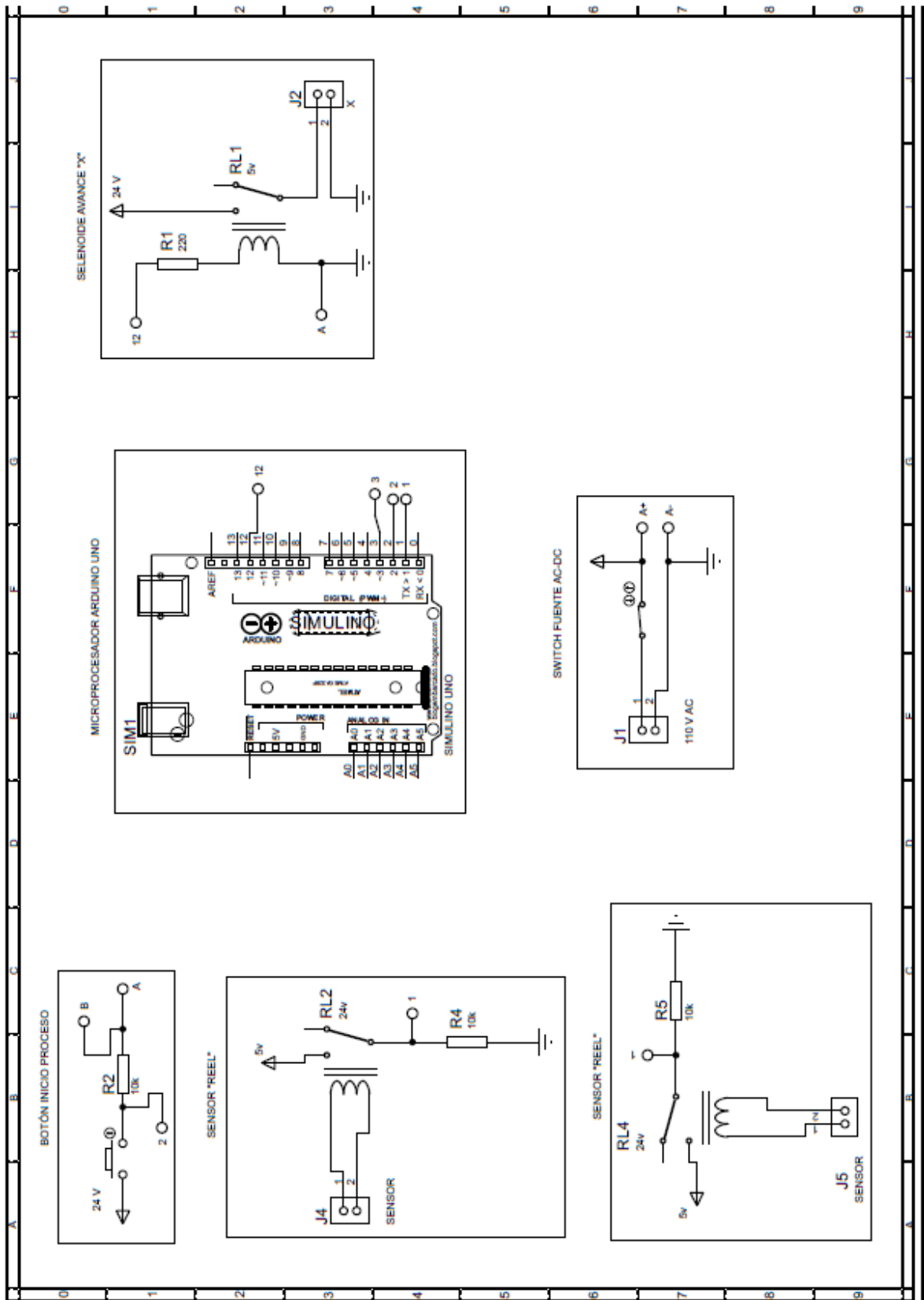


Figura 39. Esquema eléctrico.

### 3.11 Montaje de la máquina

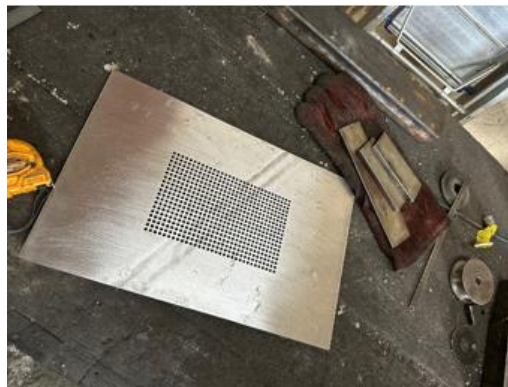
La secuencia del proceso de ensamble de la máquina majadora de plátano verde empieza con:

Construcción del marco y soporte de la mesa como se muestra en la Figura 40.



**Figura 40.** Marco y soportes de la mesa.

En la Figura 41 se muestra la placa perforada con diámetro de 3.5 mm, por donde será aplastado el plátano verde y desfogará por los orificios.



**Figura 41.** Placa perforada.

La placa perforada se ensambla en conjunto con la mesa como se muestra en la Figura 42.



**Figura 42.** Mesa ensamblada.

Se procede a montar la bandeja que soportara los maduros Figura 43.



**Figura 43.** Bandeja

Después, de la construcción de la mesa se realiza el ensamble del eje que soportará a la placa y al cilindro. Ver Figura 44.



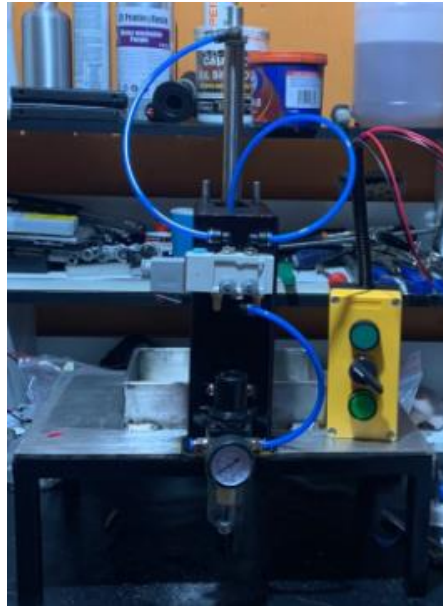
**Figura 44.** Eje soporte cilindro

En la Figura 45 se muestra el montaje del eje con la mesa.



**Figura 45.** Mesa con eje ensamblada.

A continuación, se muestra en la Figura 46 la máquina ensamblada con los componentes neumáticos, mecánicos y electrónicos.



**Figura 46.** Máquina ensamblada

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se analizarán los resultados obtenidos de la máquina, mediante la realización de pruebas con la materia prima y análisis de presupuestos.

#### 4.1 Comparación manual y en máquina de tiempos para realizar el aplastado de plátano verde.

Para realizar el proceso de aplastado primero es fundamental saber a qué tiempo se debe cocinar el maduro para saber su punto exacto de aplastado.

##### 4.1.1 Tiempo de cocción del plátano verde

Para conocer los tiempos a los que el plátano verde se encuentra aún crudo, semi cocido y en su punto final de hervor se ha tomado 3 muestras con diferentes tiempos para saber su estado de cocción.

**Tabla 12.** Tiempos de cocción del plátano verde.

<b>Tiempos de Cocción</b>	
<b>Crudo</b>	0 – 10 min
<b>Semi crudo</b>	10 – 20 min
<b>Cocido</b>	30 min

En la Figura 47 se aprecia el verde en su etapa inicial de cocción.



**Figura 47.** Plátano verde en su primera etapa de cocción.

En la Figura 48 se aprecia al plátano verde en su etapa final de cocción.



**Figura 48.** Plátano verde en la etapa final de cocción de 30 minutos.

#### 4.1.2 Prueba de tiempo para aplastar manualmente el plátano verde

Para calcular el tiempo que conlleva aplastar el plátano verde de forma manual por una persona de la tercera edad se realizó una prueba experimental bajo cronómetro. Esta prueba consiste en que la persona aplastará 3 plátanos verdes con un bolillo de madera hasta tener la masa final para registrar el tiempo empleado y comparar con el proceso en máquina.

Los materiales utilizados para la realización de la prueba son:

- 3 plátanos verdes cocidos a 30 minutos
- 1 bolillo
- 1 cronómetro

El plátano verde empleado para este experimento es el de tipo barraganete ver Figura 1. A continuación, se muestra el resultado obtenido del experimento en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Tiempo de aplastado manual

<b>Tiempo empleado manualmente</b>	
<b>Tiempo [min]</b>	<b>Ejecución</b>
7,5	

### 4.1.3 Prueba de tiempo para aplastar en máquina el plátano verde


Para calcular el tiempo de ejecución que tarda la máquina para majar el plátano verde se realizó la siguiente prueba, que es registrar el valor obtenido por un cronómetro desde que el operario presiona el botón y empieza a accionarse el cilindro, hasta aplastar el plátano verde que se desfoga por la reja para caer en el recipiente que el operario coloque debajo de la máquina, mientras que el vástago del cilindro se retrae a su posición inicial.

Los materiales utilizados para realizar la prueba son:

- 3 plátanos verdes cocidos a 30 minutos
- 1 cronómetro

El plátano verde empleado para este experimento es el de tipo barraganete ver Figura 1. A continuación, se muestra el resultado obtenido del experimento en la Tabla 14.

Tabla 14. Tiempo de aplastado en máquina.

Tiempo empleado en máquina	
Tiempo [min]	Ejecución
0,25	

### 4.1.4 Resultados

En este apartado se mostrará los resultados obtenidos de la prueba experimental realizada.

Tabla 15. Resultados

RESULTADOS (min)	
TIEMPO MANUAL	7,5
TIEMPO EN MÁQUINA	0,25

En la Tabla 15 se presenta los resultados donde se aprecia que la máquina satisface el requerimiento con respecto a tiempos empleados, teniendo así una reducción de tiempo de 96,77%.

#### **4.2 Evaluación del producto final mediante aplastado manual y en máquina.**

En este apartado se mostrará el producto final obtenido por aplastado manual y aplastado en máquina.

##### **➤ Producto final obtenido por aplastado manual.**

La masa obtenida tras haber aplastado el plátano verde con un utensilio de cocina se muestra en la Figura 49. Después de un arduo desgaste físico de la persona se logra obtener una masa con irregularidades y trozos sin aplastar del producto, lo cual se consigue una masa con fragmentos sin aplastar.

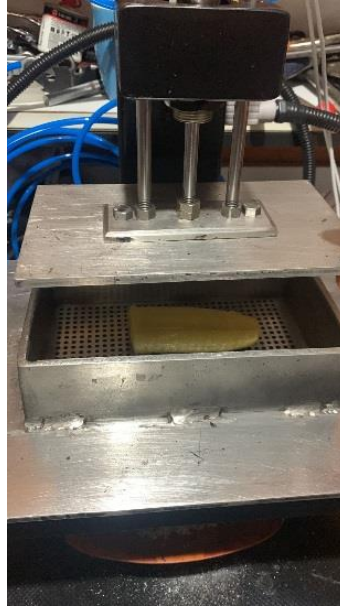


**Figura 49.** Masa final por aplastado manual

##### **➤ Producto final obtenido por aplastado en máquina**

A continuación, se muestra las pruebas realizadas con la máquina para determinar cuántos procesos de aplastado debe tener la materia prima para realizar el propósito dependiendo de la receta que se vaya a elaborar. Cabe recalcar que el operario es quien decide la cantidad de ciclos de aplastado, sabiendo que el ciclo consta de la extensión y retracción del vástago al presionar una vez el botón. En la Figura 50 se aprecia el inicio del proceso en máquina.





**Figura 50.** Inicio del aplastado en máquina

➤ **Primer ciclo de aplastado**

En la Figura 51 se observa que la masa al pasar por un ciclo, el cual consta de la extensión y retracción del vástago al presionar el botón para realizar el aplastado en la máquina, se encuentra regular y con grumos considerablemente pequeños, esta masa es utilizada frecuentemente para la elaboración de bolones, entonces sabiendo esto, y con la prueba realizada con un solo ciclo es recomendable y suficiente para la elaboración de este alimento.



**Figura 51.** Masa final - Primer ciclo por aplastado en máquina

El operador es el encargado de moldear y dar forma a la masa para obtener el producto listo para su preparación como se muestra en la Figura 52.



**Figura 52.** Moldeo de masa para bolón - Primer ciclo de aplastado en máquina.

➤ **Segundo ciclo de aplastado**

Después de haber pasado el plátano verde por un primer ciclo se procede a colocar el producto majado nuevamente sobre la reja para accionar por segunda vez el botón, a este proceso se denomina segundo ciclo de aplastado.

Luego de realizar el proceso de aplastado en máquina por segunda vez se disminuye de manera gradual la cantidad de grumos, esta masa es utilizada frecuentemente para la elaboración de empanadas de verde, entonces comprobando esto, con dos ciclo de aplastado es recomendable y suficiente para la elaboración de este alimento como se ve en la Figura 53.



**Figura 53.** Masa final - Segundo ciclo por aplastado en máquina.

El operador es el encargado de moldear y dar forma a la masa como se muestra en la Figura 54 para obtener el producto listo para freír en aceite.



**Figura 54.** Moldeo de masa para empana – Segundo ciclo de aplastado en máquina.

Finalmente, el funcionamiento de la máquina es efectivo y satisfactorio, sin embargo, se podría hacer más aplastadas, si el operario y el plato a cocinar así lo requieren. Por lo tanto, para la elaboración de empanadas de verde se recomienda hacer 2 ciclos mientras que para el bolón es suficiente con un ciclo de aplastado.

### 4.3 Análisis económico

Para conseguir la construcción de este prototipo se ha tenido gastos, ya sea para su construcción, adquisición de material y mano de obra.

#### 4.3.1 Construcción mecánica – Materia prima

Los materiales fundamentales para el montaje de este dispositivo se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Precio de los materiales para la construcción.

Descripción	Cantidad	Precio [€]
Tubo cuadrado A36 2x2x2	2 m	10
Tubo rectangular A36 8x4x3	0.6 m	5
Placa de acero inoxidable A304 con espesor de 6mm	0,26m x 0,4m	50
Placa de acero inoxidable A304 con espesor de 6mm	0,12m x 0,2m	22,50
<b>Total</b>		<b>\$87,5</b>

### 4.3.2 Construcción neumática

En la Tabla 17 se detallan los componentes neumáticos y electrónicos que darán el proceso de accionamiento a través del aire comprimido.

Tabla 17. Componentes neumáticos y electrónicos.

Descripción	Cantidad	Precio [€]
Compresor	1	84
Válvula distribuidora	1	26
Racores	6	2,50
Silenciadores	2	2
Cilindro doble efecto	1	50
Unidad de mantenimiento	1	30
Manguera	0.6 m	2
<b>Total</b>		<b>\$196,5</b>

### 4.3.3 Construcción electrónica

Se detallará los componentes necesarios para que cumpla un correcto control, los precios están acordes a lo establecido en el mercado ecuatoriano. Ver Tabla 18.

Tabla 18. Componentes electrónicos.

Cantidad	Descripción	Precio
1	Arduino Uno	\$35
2	Sensor reel	\$16
1	Fuente 24V	\$12
2	Pulsadores	\$3
1	Switch	\$1
<b>Total</b>		<b>\$67</b>

### 4.3.4 Mano de obra

Para la mano de obra de la máquina se toma en consideración un salario básico de un Ingeniero en el país, el cual ronda por los \$500 y se divide como se coloca en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Costo de mano de obra.

<b>Mano de obra</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo por hora [\$]</b>	<b>Total [\$]</b>
Torno	4	8	40
Taladro	1	1	1
Corte por plasma	2	8	16
Corte laser	2	25	50
Prensa (Rectificación)	3	5	15
Soldadura	4	3	12
Amoladora	2	3	6
Otros	3	3	9
<b>Total</b>			<b>\$149</b>

#### 4.3.5 Precio total de la máquina

Para la obtención del total se suma el total obtenido en cada tabla. A continuación, se muestra el resultado en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Costo final.

<b>Nombre del costo</b>	<b>Valor [\$]</b>
<b>Construcción mecánica</b>	87,5
<b>Componentes Neumáticos</b>	197,5
<b>Componentes electrónicos</b>	67
<b>Mano de obra</b>	149
<b>Total</b>	<b>\$501</b>

## CONCLUSIONES

- El prototipo de majadora de plátano verde fue diseñado y construido en base a las mejores condiciones de adaptabilidad para las personas de la tercera edad; de manera que con la programación en el microcontrolador se ha dado una manera sencilla de operar a través de un switch y botón. Considerando también que el propósito de la máquina está dirigida a un proceso alimenticio, se ha seleccionado el material AISI 304 por su alta resistencia a la oxidación evitando así algún tipo de contaminación cruzada, en este caso entre el plátano verde y la maquinaria.
- Haciendo la recopilación de información en base a la importancia que el plátano verde tiene en el Ecuador, se evidenció que este es una de las principales materias primas para dinamizar la economía en el sector alimenticio del país, siendo su producción anual de 6 millones de toneladas y con más del 75% de consumo al menos 3 veces por semana. De esta manera la obtención de la materia prima para el majado no será limitante ya que la producción del plátano verde es regular.
- Con el software de simulación de SolidWorks se realizó el diseño estructural de la mesa con dimensiones de: 0.4m, 0.26m y 0.38m para largo, ancho y alto respectivamente; esto nos permitió simular y conocer los valores de desplazamientos y factores de seguridad de cada parte que conforma la estructura del prototipo, sometido a una carga de 100N, resultando que la construcción de la misma presenta funcionalidad y seguridad.
- Se realizó un ensayo de compresión en diferentes tiempos de cocción del verde para identificar la presión que requiere el prototipo para aplastar, lo cual permitió seleccionar de manera correcta el cilindro neumático que convertirá el aire comprimido en trabajo mecánico teniendo así un promedio de 8,7 PSI que es suficiente para lograr el propósito.
- En la puesta en marcha de la máquina se evidenció que el tiempo invertido en el majado del verde se reduce en un 96.77% ya que los minutos utilizados para majar el verde manualmente fueron de 7.5 y con la máquina fue de 0.25, lo que permite que el esfuerzo físico por parte de las personas de la tercera edad y el tiempo se reduzca considerablemente mejorando la calidad del producto final, teniendo una masa fácilmente moldeable y sin grumos considerables como lo haría un proceso manual con más esfuerzo físico y tiempo empleado.

## **RECOMENDACIONES**

- Dar una correcta limpieza a la máquina después de finalizar su uso para que no exista ningún tipo de obstrucción en los orificios de la placa perforada con el plátano verde.
- Considerar el tiempo de cocción del verde debe ser igual o mayor a 30 minutos para obtener el producto deseado.
- Cerciorarse que al momento de accionar la máquina para el majado no exista ningún otro tipo de elemento pudiendo así contaminar el producto final y algún posible daño en la máquina.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Z. P. Rubén Paz, «POTENCIALIDAD DEL PLÁTANO VERDE EN LA NUEVA MATRÍZ PRODUCTIVA DEL ECUADOR,» YACHANA, pp. 1-3, 2013.
- [2] ElUniverso, «El Universo,» 17 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/06/15/nota/7874001/platano-verde-consumo-produccion-pandemia-ecuador/>. [Último acceso: 15 12 2022].
- [3] LaVanguardia, «LaVanguardia,» 11 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/comer/frutas/20180914/4030/frutas-platano-rojo.html>. [Último acceso: 15 12 2022].
- [4] Paula, «La Tercera,» 17 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://www.latercera.com/paula/el-poderoso-verde-ecuadoriano/>. [Último acceso: 15 12 202].
- [5] R. Paz , Z. Pesántez y J. Sernaqué, «El plátano verde en la matriz productiva de la zona 8 de Ecuador,» YACHANA, pp. 1-12, 2015.
- [6] RecetasDeComidaEcuatoriana, «RECETAS DE COMIDA ECUATORIANA,» s.f. [En línea]. Available: <https://lacomidaecuatoriana.com/patacones-ecuatorianos/>. [Último acceso: 15 12 2022].
- [7] Bonella, «Tortillas de verde,» Bonella, s.f. [En línea]. Available: <https://www.bonella.com.ec/receta/tortillas-de-verde-192130>. [Último acceso: 15 12 2022].
- [8] HazloVegan, «Receta Ecuatoriana: Bolón de verde vegano,» HazloVegan, 26 2 2021. [En línea]. Available: <https://hazlovegan.com/recetas/bolon-de-verde-vegano/>. [Último acceso: 15 12 2022].
- [9] C. M. Casals, Aceros Inoxidables, Madrid: Dextra Editorial, 2017.
- [10] D. Aranda y V. Dután, Artists, Estudio de Aceros Estructurales para la Construcción De Carrocerías para Buses. [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2009.

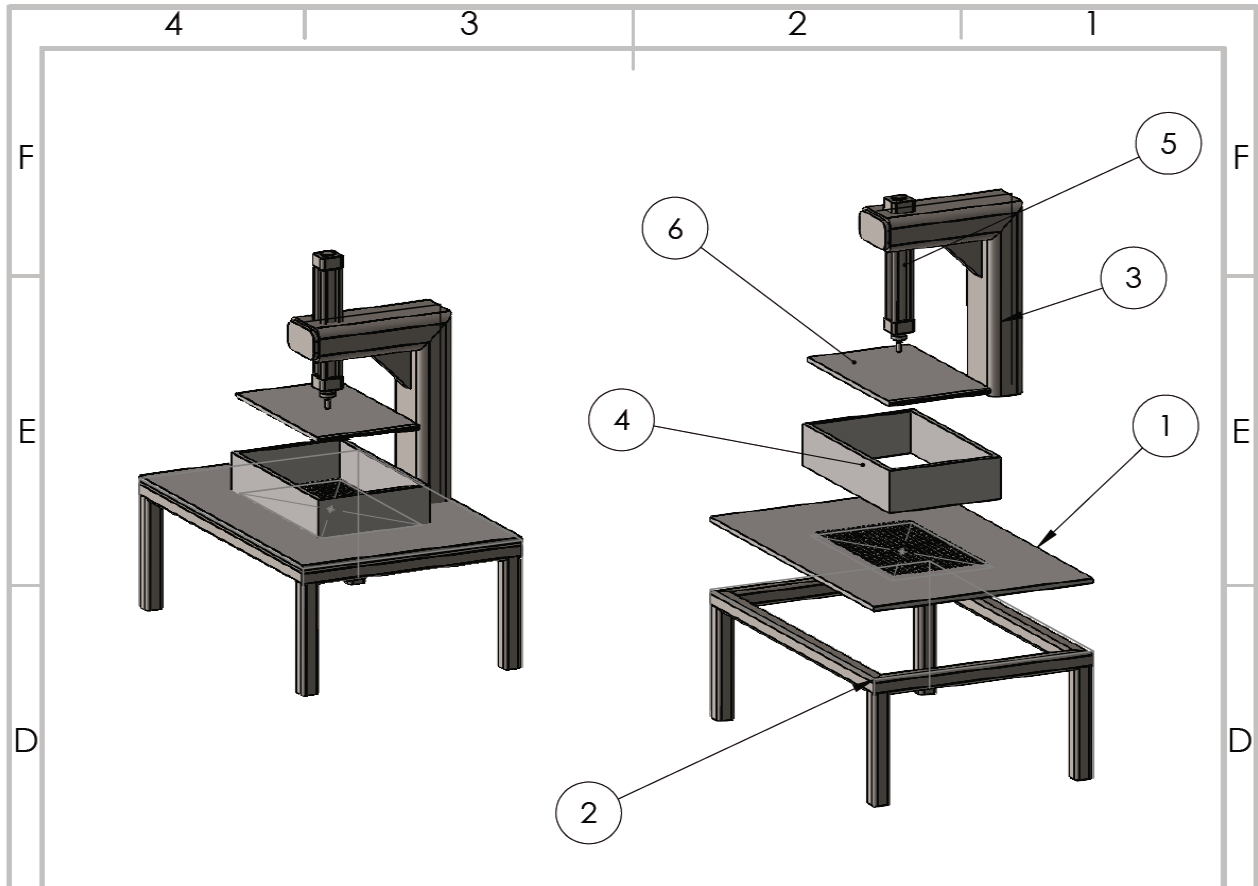


- [11] A. Salvador, Introducción a la neumática, Barcelona: Marcombo, 2009.
- [12] A. Bueno, «Portaleso,» s.f. [En línea]. Available: [http://www.portaleso.com/web\\_simbologia\\_neuma/simbolos\\_neumatica\\_indice.html#indice](http://www.portaleso.com/web_simbologia_neuma/simbolos_neumatica_indice.html#indice). [Último acceso: 20 12 2022].
- [13] A. Usategui y J. María, Microcontroladores PIC: diseño práctico de aplicaciones., Segunda, 2006.
- [14] Zoi, «ATMEGA 16U2-AU - Microcontrolador,» Zoi, s.f. [En línea]. Available: <https://zoi.ec/shop/product/datmega16u2-au-nd-atmega-16u2-au-microcontrolador-avr-8bits-78#attr=>. [Último acceso: 17 1 2023].
- [15] H. R. Galbarro, «Tornillo de Potencia,» s.f. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn131.html>. [Último acceso: 17 01 2023].
- [16] Industriasaz, «Industriasaz,» s.f. [En línea]. Available: <http://www.industriasaz.com/esp/maquinaria/prensas/PN-4000>. [Último acceso: 01 17 2023].
- [17] COS.MEC, «COS.MEC-IT,» s.f. [En línea]. Available: <https://www.cosmec-it.com/es/prodotti/molino-de-martillos>. [Último acceso: 17 01 2023].
- [18] s.n, «Automatización Industrial,» 4 9 2010. [En línea]. Available: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>. [Último acceso: 12 1 2023].
- [19] C. A. Millahual Peña, Descubriendo Arduino, Buenos Aires: Six Ediciones, 2020.
- [20] DIPAC, «DIPACMANTA,» 7 2022. [En línea]. Available: <https://dipacmanta.com/wp-content/uploads/2022/07/Catalogo-actualizado-JULIO-2022.pdf-3.pdf>. [Último acceso: 17 1 2023].
- [21] GrupAirPRODUCTS, «Indura,» s.f. [En línea]. Available: <http://www.indura.com.ec/content/storage/cl/producto/b6ba95a983684ba1a38fbfc3330c924a.pdf>. [Último acceso: 12 02 2023].


- [22] J. ESPARZA y G. BAÑOS, «Actuadores y Simulación,» 10 5 2010. [En línea]. Available: <http://ebapivitoria.blogspot.com/2010/05/cilindros-neumaticos-calculos-y.html>. [Último acceso: 12 02 2023].
- [23] W. S. Sepúlveda, I. Ureta, G. A. Hernández y G. K. Solorzano, «CONSUMO DE PLÁTANO EN ECUADOR: HÁBITOS DE COMPRA Y DISPONIBILIDAD A PAGAR DE LOS CONSUMIDORES,» Agronegocio e Meio Ambiente, pp. 13-20, 2017.

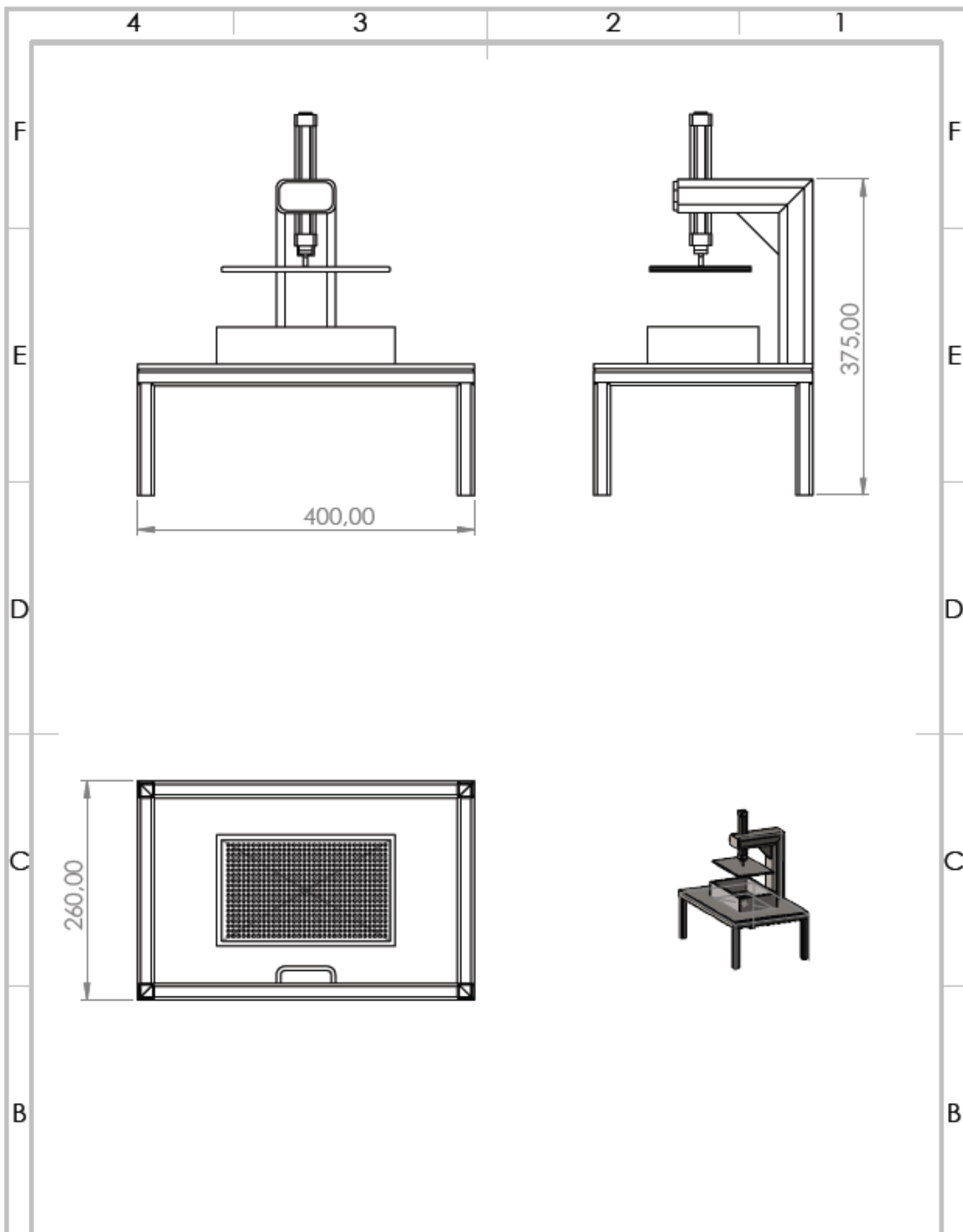
# ANEXO I


## PLANOS

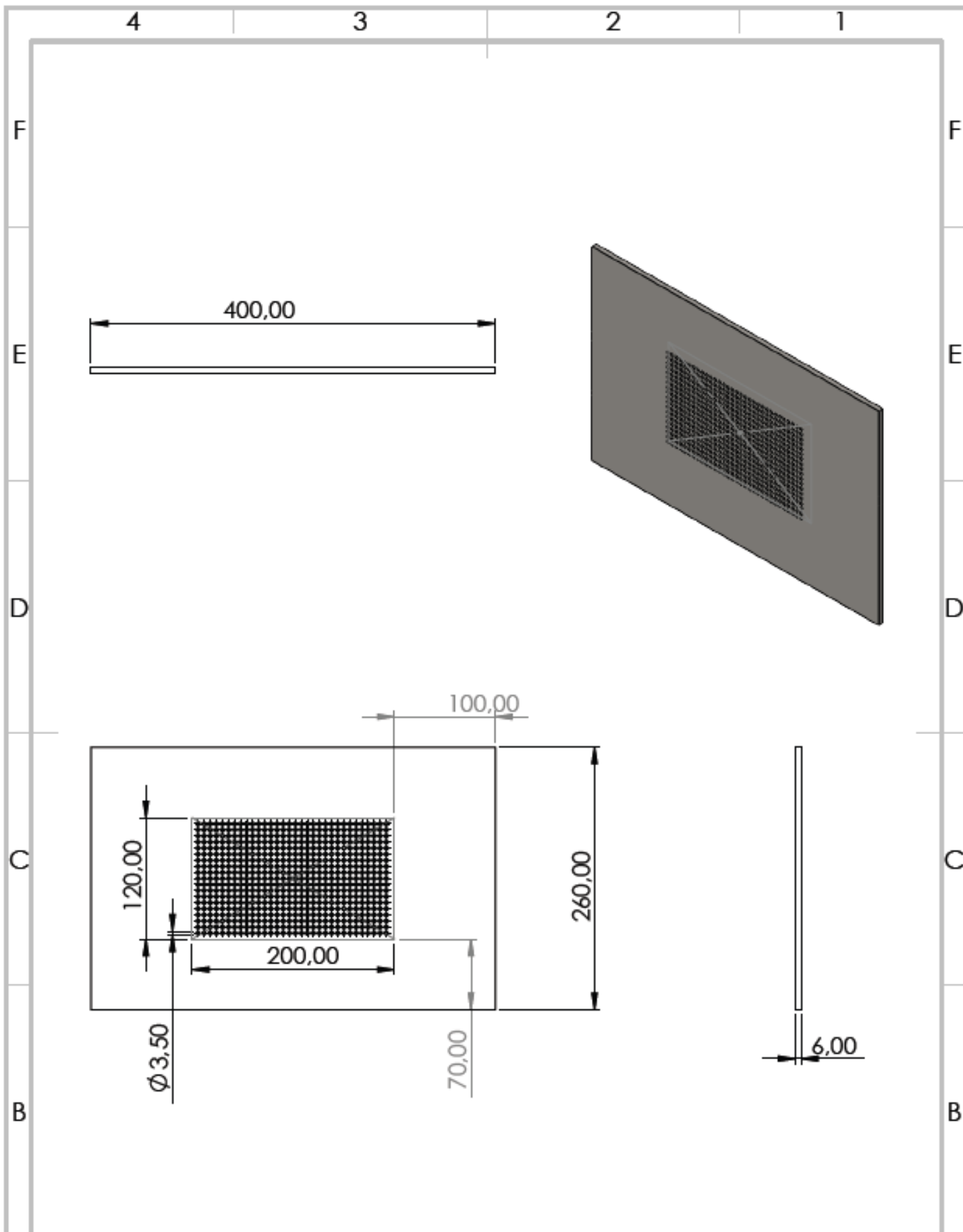



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PLACA PERFORADA	AISI 304	1
2	MARCO DE MESA	ASTM 36	1
3	SOPORTE CILINDRO	ASTM 36	1
4	BANDEJA	AISI 304	1
5	CILINDRO	CILINDRO DOBLE EFECTO CON SISTEMA DE DETECCIÓN Y AMOTIGUACIÓN AJUSTABLE	1
6	PLACA APLASTADORA	AISI 304	1

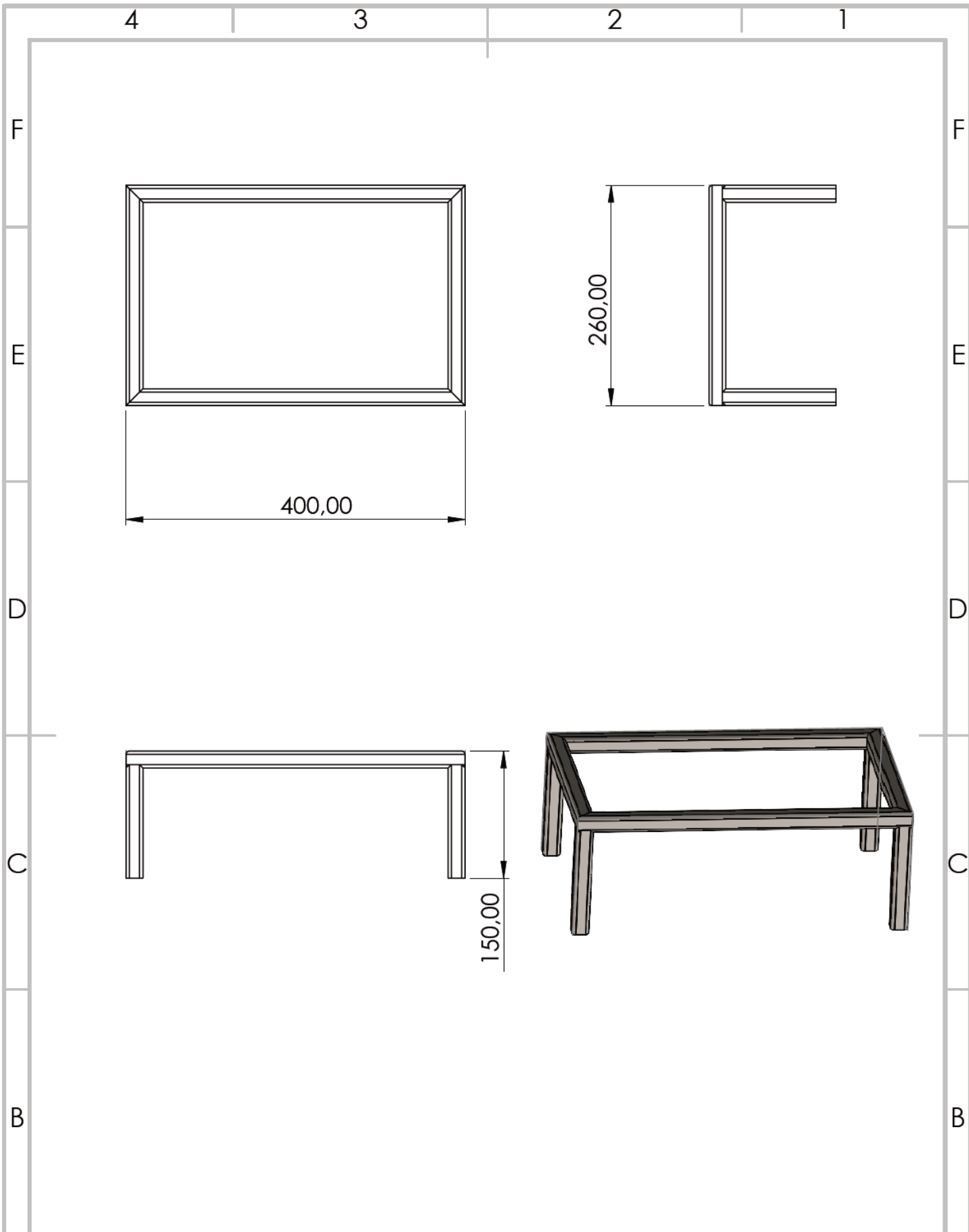
Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	Ninguno
Recubrimiento:	Ninguno				
A CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Título:	ENSAMBLE PROTOTIPO	Fecha	
		Diseño:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Dibujo:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Revisar:	Ing. Fabio Obando	2023-17-01	
Superior	Escala: 1:7	Página:	1 de 7	Tol. Gral.: ± 0.5	



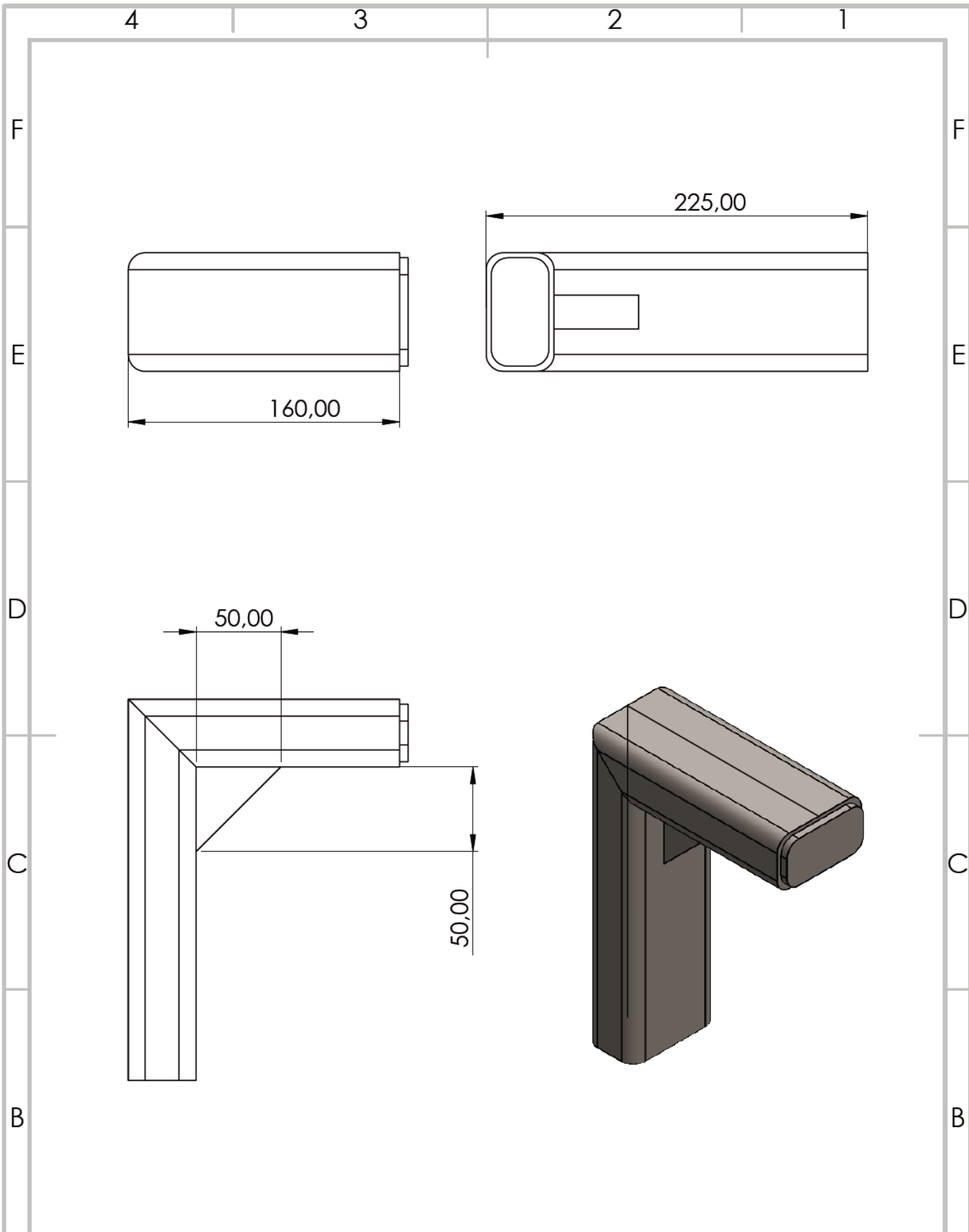
Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	AISI 304		Dim. Brutas:	Ninguno
Recubrimiento:	Ninguno					
A CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA			NOMBRE		Fecha	
		Diseño:	GAMBOA JOSUE Y MEJIA RICARDO		2023-17-01	
		Dibujo:	GAMBOA JOSUE Y MEJIA RICARDO		2023-17-01	
		Revisar:	Ing. Fabio Obando		2023-17-01	
Superior	Escala: 1:3	Página:	2 de 7		Tol. Gral:	± 0.5



Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	AISI 304		Dim. Brutas:	Ninguno
Recubrimiento:	Ninguno					
<b>A</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Título:	PLACA PERFORADA		Fecha	
		Diseño:	GAMBOA JOSUE Y MEJIA RICARDO		2023-17-01	
		Dibujo:	GAMBOA JOSUE Y MEJIA RICARDO		2023-17-01	
		Revisar:	Ing. Fabio Obando		2023-17-01	
Superior	Escala: 1:3	Página:	3 de 7		Tol. Gral:	± 0.5



Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	ASTM 36	Dim. Brutas:	Ninguno
Recubrimiento:	Ninguno			Fecha	
A CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Título:	MARCO DE MESA		
		Diseño:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Dibujo:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Revisar:	Ing. Fabio Obando	2023-17-01	
Superior	Escala: 1:6	Página:	4 de 7	Tol. Gral:	± 0.5



Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	Ninguno
Recubrimiento:	Ninguno			Fecha	
A CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	A
		Dibujo:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Revisar:	Ing. Fabio Obando	2023-17-01	
Superior	Escala: 1:3	Página:	5 de 7	Tol. Gral.: ± 0.5	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

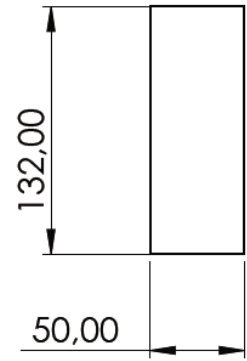
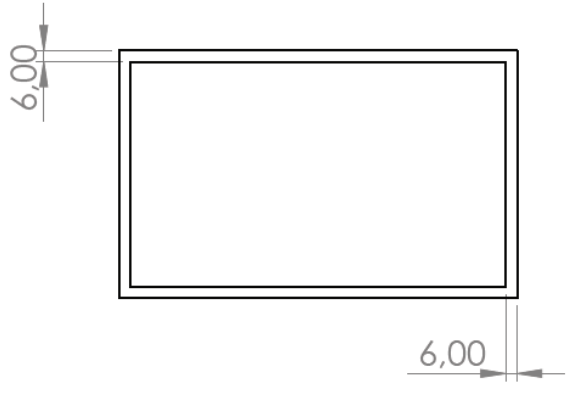
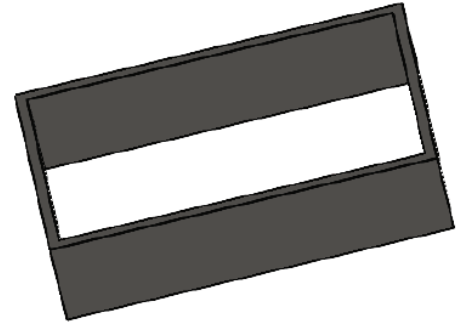
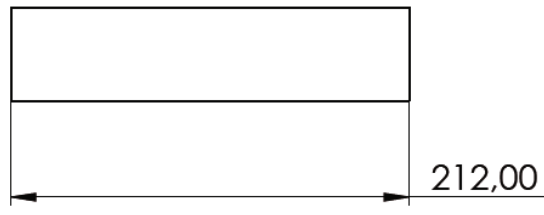
D

C

C

B

B



Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	AISI 304		Dim. Brutas:
Recubrimiento:	Ninguno				Ninguno
A CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Título	BANDEJA		Fecha
		Diseño:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO		2023-17-01
		Dibujo:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO		2023-17-01
		Revisar:	Ing. Fabio Obando		2023-17-01
Superior	Escala: 1:4	Página:	6 de 7		Tol. Gral.: ± 0.5

4

3

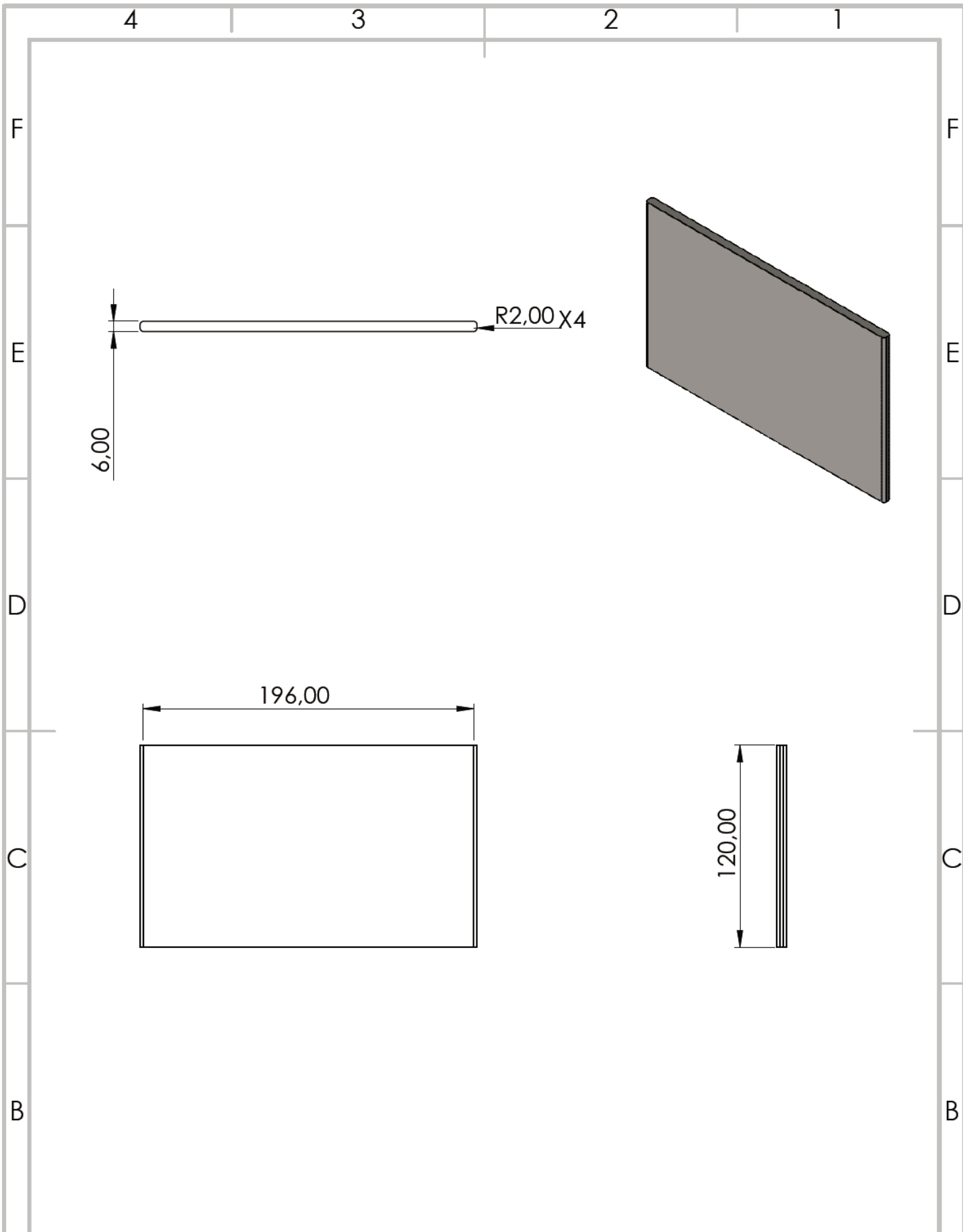
2

1

A

A





Tratamiento Térmico:	Ninguno	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	Ninguno
Recubrimiento:	Ninguno			Fecha	
A CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNCA		Título:	PLACA APLASTADORA		
		Diseño:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Dibujo:	GAMBOA JOSUÉ Y MEJÍA RICARDO	2023-17-01	
		Revisar:	Ing. Fabio Obando	2023-17-01	
Superior	Escala: 1:3	Página:	7 de 7	Tol. Gral:	± 0.5

## ANEXO II

### CÓDIGOS DE ARDUINO

```
int BOTON=2;

int LED=12;

int ESTADO;

void setup() {

pinMode(LED,OUTPUT);

pinMode(BOTON,INPUT);

}

void loop()

{

ESTADO = digitalRead(BOTON);

if(ESTADO==HIGH){

    digitalWrite(LED,HIGH);

    delay (2000);

}

else{

digitalWrite(LED,LOW);

delay (2000);

}

}
```

